



Universidad de Jaén

Facultad de Ciencias Sociales
y Jurídicas

Trabajo Fin de Grado

RESOLUCIÓN ÓPTIMA DE UN PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS. IMPLEMENTACIÓN DE GLPK

Alumno: Juan Diego Galán Berlanga

Junio, 2022

ÍNDICE

1.	RESUMEN/ ABSTRACT.	3
2.	IMPORTANCIA DE IMPLANTAR UN BUEN SISTEMA DE RUTAS.	4
3.	PROBLEMAS DE RUTEOS DE VEHÍCULOS (VRP).....	5
3.1.	¿QUÉ ES EL VRP?	5
3.2.	VARIANTES DEL VRP.	6
3.3.	MÉTODOS DE RESOLUCIÓN.....	7
3.3.1.	MÉTODOS EXACTOS.....	7
3.3.2.	MÉTODOS APROXIMADOS.	8
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	9
4.1.	DEFINICIONES.	9
4.2.	EJEMPLO FICTICIO DE VRP.	10
4.3.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	12
4.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
5.	USO DE GLPK EN GUSEK.	15
5.1.	¿QUÉ ES GLPK?	15
5.2.	¿CÓMO USAR GUSEK?	15
5.2.1.	FICHERO <i>.MOD</i>	15
5.2.2.	FICHERO <i>.DAT</i>	17
5.2.3.	RESULTADOS.	17
6.	SOLUCIÓN MEDIANTE GLPK.	20
6.1.	RUTAS DESDE LA FÁBRICA DE YUNCLER.	20
6.2.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE SEVILLA.	22
6.3.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE GRANADA.	23
6.4.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE ILLESCAS.	24
6.5.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE VALENCIA.	25
6.6.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE ZARAGOZA.	26
6.7.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE MANRESA.	27
6.8.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE VITORIA-GASTEIZ.....	28
6.9.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE VALLADOLID.	29
6.10.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE SANTIAGO.	30
6.11.	RUTAS ZONA DE REPARTO DE PORTUGAL.....	31
7.	MÉTODO HEURÍSTICO DE CLARKE & WRIGHT.....	32
7.1.	¿EN QUÉ CONSISTE EL MÉTODO DE CLARKE & WRIGHT?	32
7.2.	CLARKE & WRIGHT EN EXCEL.....	34
7.2.1.	PLANTILLA EN EXCEL.....	34

7.2.2. PROCEDIMIENTO, RESULTADO Y COMPARATIVA.	36
8. SOLUCIÓN MEDIANTE CLARKE & WRIGHT Y COMPARATIVA CON GLPK.	38
8.1. RUTAS ALMACENES.	38
8.2. RUTAS ZONA DE REPARTO SEVILLA.	39
8.3. RUTAS ZONA DE REPARTO GRANADA.	41
8.4. RUTAS ZONA DE REPARTO ILLESCAS.	41
8.5. RUTAS ZONA DE REPARTO VALENCIA.	42
8.6. RUTAS ZONA DE REPARTO ZARAGOZA.	43
8.7. RUTAS ZONA DE REPARTO MANRESA.	44
8.8. RUTAS ZONA DE REPARTO VITORIA-GASTEIZ.	45
8.9. RUTAS ZONA DE REPARTO VALLADOLID.	46
8.10. RUTAS ZONA DE REPARTO GALICIA.	47
8.11. RUTAS ZONA DE REPARTO DE PORTUGAL.	48
9. COMPARATIVA DE AMBOS MÉTODOS.	49
10. CONCLUSIÓN.	50
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXO: FICHERO .MOD Y .DAT	
ANEXO: SOLUCIONES CLARKE & WRIGHT	
ANEXO: COMPARACIONES	

1. RESUMEN/ ABSTRACT.

En este trabajo se muestra cómo resolver uno de los principales problemas a los que se están enfrentando las empresas a día de hoy: el ruteo de vehículos.

Para ello empezaremos hablando de la importancia que tiene la logística dentro de las empresas. Esto nos ayudará a entender por qué es necesario que resolvamos de manera adecuada estos problemas.

Después estudiaremos los métodos de resolución que podemos usar. Nos referimos a los métodos exactos, donde nosotros usaremos GLPK mediante GUSEK y a los aproximados, donde nos centraremos en el método de ahorro de Clarke & Wright. En ambos explicaremos paso a paso cómo se implementan, intentando resolver todos los problemas que puedan surgir.

Por último, utilizaremos un ejemplo ficticio simulando un caso real que se pueda presentar en cualquier empresa para obtener las soluciones con ambos métodos y así poder realizar una comparativa.

La finalidad de este trabajo es facilitar la resolución de problemas de ruteo de la forma más fácil posible mediante algunos de estos métodos.

This project shows us how to solve one of the main problems that companies face today, we are talking about vehicle routing problems.

To do this, we will start talking about the importance of logistics within companies. This will help us to understand why it is necessary for us to solve these problems.

After we will study the resolution methods that we can use. The exact methods, where we will use GLPK by GUSEK and approximate methods, where we will focus on the Clarke & Wright method. For both methods we will explain step by step how they are used trying to solve all the problems that we could find.

Finally, we will use a fictitious example simulating a real case that can occur in life to obtain the solutions with both methods and thus be able to make a comparison.

The purpose of this work is to facilitate the easiest resolution of routing problems through some of this methods.

2. IMPORTANCIA DE IMPLANTAR UN BUEN SISTEMA DE RUTAS.

Actualmente nos encontramos en un mundo muy globalizado, lo que genera que constantemente tengamos que estar avanzando y buscando nuevos métodos para mantener nuestro negocio a flote. Y por supuesto el sector logístico también ha tenido que sufrir y sigue sufriendo grandes cambios casi día a día.

Pero antes de ver por qué es importante implantar un sistema de ruteos eficiente tenemos que conocer qué es la logística y qué funciones tiene.

Denominamos logística al conjunto de procesos que permiten que las empresas suministren los productos a los consumidores finales. Por tanto, si algo falla en este conjunto de procesos los pedidos podrían, o bien, no llegar a su destino, o bien, llegar pero no en las condiciones en las cuales fueron solicitadas por el cliente.

Las principales fases de la logística son:

- Control de inventario.
- Procesos operativos de almacén.
- Transporte y distribución de mercancías.
- Trazabilidad.
- Logística inversa.

Como comentamos antes, todo ello forma un conjunto donde, si algo falla, lo demás también lo hará. Esto hace indispensable que todo funcione de manera eficiente, sobre todo, el transporte y la distribución de las mercancías, ya que es la parte visible de la logística y la que se encarga de poner en la puerta del consumidor los productos demandados en las condiciones demandadas para satisfacer sus necesidades.

El transporte y la distribución tienen en cuenta la planificación y eficiencia de las rutas y la entrega en última milla, todo ello pensado para conseguir que el cliente esté lo más satisfecho posible.

No tan solo por la globalización, sino también por el crecimiento del *e-commerce*. Como podemos leer en un artículo de El observatorio CETELEM: *“En 2020 en España aproximadamente el 72% de los internautas son consumidores online. Es decir, unos 22'5 millones de personas compran por internet en nuestro país.”*

Teniendo esto en cuenta, podemos decir que los clientes ya no acuden a las tiendas, sino que pretenden que las tiendas manden sus productos a sus domicilios. Por

tanto, tener una logística fuerte nos hace satisfacer a los clientes que cada día son más exigentes y nos ayuda a competir contra el resto de empresas.

Ejemplos actuales españoles donde podemos observar la importancia de la logística son:

- Pandemia Covid-19: Al decretarse el estado de alarma la gente entró en pánico y pensó que íbamos a sufrir un desabastecimiento en los comercios, pero, gracias a la gran labor y gestión de las empresas logísticas, pudimos seguir comprando alimentos y productos de ocio a través de internet. Además, las empresas consiguieron mantener el alto nivel de servicio ofertado a pesar del incremento exponencial de la demanda.
- Huelga de transportistas marzo 2022: Tras la subida del precio del combustible, miles de camioneros de toda España y de todos los sectores decidieron hacer huelga en señal de protesta por los altos precios. Esto ocasionó que se perdieran millones de euros y se produjese un desabastecimiento de muchos productos, lo cual dejó ver que, si el transporte falla, el comercio muere.

3. PROBLEMAS DE RUTEOS DE VEHÍCULOS (VRP).

3.1. ¿QUÉ ES EL VRP?

Podemos definir Problema de Ruteo de Vehículos (Vehicle Routing Problem, VRP) como: buscar la ruta más eficiente para distribuir los productos a los clientes, los cuales se encuentran situados de forma aleatoria.

Los VRP son muy variados, ya que presentan muchas restricciones, aunque cada variante tiene cuatro componentes comunes. Normalmente el VRP está formado por tres componentes: clientes, vehículos y depósitos; y estos, a su vez están englobados dentro de un cuarto llamado red de transporte.

- Los clientes: son la parte más importante ya que son los encargados de establecer la demanda. Además, los clientes también pueden necesitar:
 - Que el producto sea trasladado a otra ubicación.
 - Que el envío sea fraccionado, es decir, que no llegue junto sino en diferentes envíos.
 - Que el producto llegue en un intervalo horario determinado.
 - Que el producto del cliente necesite condiciones especiales de transporte.

- Depósitos: En el VRP no tiene por qué haber un solo depósito o almacén, sino que podemos encontrarnos con distintos depósitos o almacenes que nos ayuden a la distribución de las mercancías.
- Vehículos: Tenemos que identificar qué flota tenemos, ya que puede ser heterogénea u homogénea, y sus características. Además, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta con respecto a los vehículos son los convenios laborales y sus leyes.

3.2. VARIANTES DEL VRP.

Actualmente, con todas las exigencias de los clientes y con todas las posibles variaciones y combinaciones de los elementos anteriormente mencionados, podemos identificar que no solo hay un tipo de VRP, sino que podemos encontrarnos una larga lista de diferentes variantes del problema de ruteo según las restricciones establecidas en el mismo.

A continuación, veremos las variantes más utilizadas.

- CVRP: En este caso nos encontramos ante un problema donde tenemos una flota de vehículos con capacidad homogénea y cuyo objetivo es hallar las rutas que deben de realizar los vehículos, aunque cumpliendo una única restricción: La suma de las demandas de los clientes visitados en una ruta no puede superar la capacidad del vehículo. Este problema tiene como objetivo minimizar el número total de kilómetros recorridos.
- HVRP: En el HVRP tenemos una flota de vehículos con diferentes características, es decir, la flota es heterogénea. Este tipo de problemas también presentan más variantes en función de los tipos de costes: HVRPD, HVRPFD, FSMD, FSMF o FSMFD.
- VRPTW: El cliente requiere que la entrega se realice en un momento de tiempo determinado.
- MDVRP: En esta variante no partimos de un depósito central, sino que contamos con más de uno repartidos por la geografía y de los cuales conocemos su flota. Aquí tenemos que diferenciar:
 - Si los clientes están agrupados en torno a los depósitos: En este caso lo consideraríamos como un CVRP o VRP independientes.
 - Si no están agrupados en torno a los depósitos: Entonces lo consideramos como MDVRP.

- SDVRP: Este es un problema que se da cuando el cliente puede ser atendido en más de una ocasión.
- SVRP: El objetivo es minimizar la distancia total recorrida teniendo en cuenta la aleatoriedad de las variables. En este caso nos podemos encontrar con tres tipos diferentes:
 - Tiempos Estocásticos.
 - Demanda Estocásticas.
 - Clientes Estocásticos.
- VRPB: Este se da cuando disponemos de clientes que necesitan un servicio de entrega (*linehaul*) y también tenemos clientes que tiene un servicio de devolución (*backhaul*).
- VRPP: Similar al VRPB, sin embargo, no es necesario cumplir con sus restricciones. La única restricción a cumplir es que no exceda la capacidad del camión.
- VRPSF: Esto se da cuando los vehículos de la flota se pueden reabastecer sin la necesidad de volver al depósito.

Como mencionamos anteriormente, estas son las variantes VRP más utilizadas, pero no son las únicas y, en función de las restricciones, podemos encontrar cientos de variaciones para el problema de ruteo.

3.3. MÉTODOS DE RESOLUCIÓN.

Desde 1959, momento en el que fueron formulados los primeros problemas de ruteo, han sido propuestos un gran número de métodos para resolverlos. En estos métodos planteados se pueden distinguir dos grupos: los métodos exactos y los aproximados o heurísticos.

La diferencia entre ambos métodos es que los exactos dan una solución óptima del problema, pero requieren de tiempos de resolución muy elevados y una gran carga computacional. En cambio, los heurísticos requieren menor tiempo y carga computacional pero no dan una solución óptima, sino que dan una muy aproximada.

3.3.1. MÉTODOS EXACTOS.

Los métodos exactos más destacados para resolver los problemas de ruteo son los ***algoritmos de ramificación y acotación (Branch and Bound, B&B)***.

Podemos definir un algoritmo de ramificación y acotamiento como la estrategia utilizada para encontrar la solución óptima de un problema de optimización. Este método se lleva a cabo explorando todas las posibles respuestas que nos encontramos en el espacio de soluciones. Su nombre viene dado por la forma en la que se estructuran los datos, esto es, con forma de árbol, donde cada rama nos lleva a una solución posterior a la actual. Este método va acotando mediante restricciones haciendo así que las ramas que no nos llevan a soluciones óptimas vayan siendo eliminadas. Estos algoritmos no son fijos, es decir, durante años muchos expertos han introducido avances, modificaciones y mejoras.

A pesar de que estas técnicas han avanzado mucho y siguen en constante evolución, tienen un gran inconveniente: necesitan elevadas cantidades de tiempo para conseguir una solución, además de la gran carga computacional que estas conllevan. Por ello surgen como alternativa los métodos aproximados o heurísticos.

3.3.2. MÉTODOS APROXIMADOS.

Como mencionamos anteriormente, los métodos aproximados o heurísticos surgen como una alternativa más rápida a los métodos exactos y, como bien indica su nombre, estos métodos nos generan una solución aproximada a la óptima. Aunque no sea exacta, sí la podemos considerar como válida, además de que la podemos obtener de una forma más rápida que con los métodos exactos.

Las técnicas están basadas en ideas donde la mayoría se basan en experiencias de los expertos o en sistemas que podemos encontrar en la naturaleza.

Estos métodos han contribuido a la resolución de problemas con gran cantidad de nodos y a poder introducir muchas restricciones de forma sencilla. Dentro de ellos debemos diferenciar dos tipos: la heurística clásica y la metaheurística.

Tabla 1: Heurística Clásica y Metaheurística.

Heurística Clásica	Constructiva	
	De dos fases	Asignar y enrutar
		Enrutar y asignar
	Métodos de mejoras (A veces confundidos con los constructivos)	
Metaheurística	Recocido simulado	

	Búsqueda tabú
	Algoritmo genético
	Colonia de hormigas
	Redes neuronales

Fuente: Creación propia.

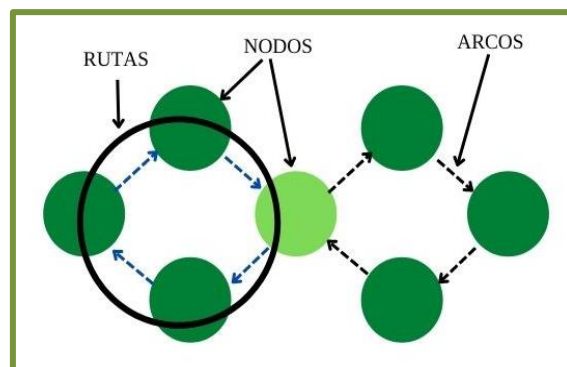
4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

4.1. DEFINICIONES.

Antes de definir cuál es nuestro problema, es necesario que conozcamos cuales son cada uno de los términos que debemos identificar dentro de nuestro problema de ruteo, ya que esto nos ayudará a plantearlo de forma adecuada.

- Nodos: cada uno de los puntos a los que debemos de llegar, incluyendo el depósito.
- Arcos: unión entre nodos.
- Ruta: Conjunto de arcos que unen varios nodos.
- Grafo: Representación gráfica de los nodos y sus rutas.

Figura 1: Nodos, Arcos y Rutas.



Fuente: Creación propia.

- Tabla de distancias: Tabla que recoge la distancia desde un punto hasta los demás.
- Función objetivo: Nos indica nuestro objetivo a conseguir, dependiendo de nuestro problema este lo tendremos que maximizar o minimizar.
- Restricciones: Cada una de las limitaciones que nos encontramos en el problema y las cuales se deben cumplir para resolverlo.

- Demanda: Cantidad de productos solicitada en cada nodo, la cual deberá ser estimada con anterioridad.
- Capacidad: Cantidad máxima que se puede transportar en cada ruta.

4.2. EJEMPLO FICTICIO DE VRP.

La empresa Agropet Iberia S.L. es una empresa líder en productos ganaderos y, recientemente, ha creado un producto innovador: “Perisol P-22”. Este ayuda a desinfectar y eliminar parásitos y malos olores de las explotaciones ganaderas sin ser nocivo para el ganado. Al ser un producto tan deseado por los clientes, espera que la demanda sea alta, es por esto que quiere mejorar su ruta de reparto, que se encuentra repartida a lo largo de toda la península Ibérica, incluyendo Portugal y Andorra.

Su fábrica central se encuentra en Toledo y aquí solo se encargan de recibir las materias primas, elaborar el producto que se envasa en sacos de 25 kilogramos cada uno y distribuir el producto a los almacenes secundarios, que se encuentran repartidos en toda la península.

Los almacenes secundarios son los encargados de recibir la mercancía, agruparla en función de su destino final y hacer llegar el producto demandado a cada explotación ganadera. Estos almacenes se encuentran en:

- Av. Sanlúcar de Barrameda, 41011, Sevilla, Sevilla.
- C. Granada, 17, 18210, Peligros, Granada.
- C. Lirios, 45200 Illescas, Toledo.
- Grao, 46012, Valencia, Valencia.
- C. E, 26, 50016 Zaragoza, Zaragoza.
- Carrer de Caietà Mensa, 4, 08243 Manresa, Barcelona.
- C. Paduleta, 16, 01015 Vitoria-Gasteiz, Álava.
- C. Me Falta un Tornillo, 47195 Arroyo de la Encomienda, Valladolid.
- Rúa de Polonia, 4-32, 15707 Santiago de Compostela, A Coruña.
- R. Luís de Sousa Gomes 2, 7300-038 Portalegre, Portugal.



Fuente: Creación propia.

Para la distribución desde la fábrica hasta los almacenes secundarios, la empresa dispone de vehículos de grandes dimensiones, capaces de transportar un máximo de 12000 sacos. Por otro lado, cada almacén secundario dispone de una flota de vehículos de menor capacidad donde cada uno es capaz de transportar 1200 sacos.

Uno de los aspectos que la empresa nos pide tener en cuenta es que mantengamos el área de reparto por provincia que tiene cada uno de los almacenes, ya que los clientes han creado vínculos y fuertes relaciones con los trabajadores y comerciales de estos almacenes y, además, la empresa no quiere arriesgarse a perder dichos clientes. La zona de distribución de cada almacén sería:

- Sevilla: Sevilla, Huelva, Cádiz y Málaga.
- Granada: Granada, Almería, Jaén y Córdoba.
- Illescas: Toledo, Guadalajara, Ciudad Real, Albacete, Madrid y Cuenca.
- Valencia: Valencia, Castellón, Alicante y Murcia.
- Zaragoza: Zaragoza, Huesca, Teruel y Soria.
- Manresa: Lleida, Girona, Barcelona, Tarragona y Andorra.
- Vitoria-Gasteiz: Álava, Vizcaya, Guipúzcoa, Cantabria, La Rioja, Navarra y Burgos.
- Arroyo de la Encomienda: Valladolid, León, Zamora, Ávila, Segovia y Salamanca.
- Santiago de Compostela: A Coruña, Pontevedra, Lugo, Ourense y Asturias.
- Portalegre: Portugal completo

Tras establecer las áreas de reparto de cada almacén, la empresa realiza un

estudio de la demanda de los clientes (reflejadas en la Figura 3) junto con la localización del cliente final y un código identificativo:

Figura 3: Clientes finales junto con su código y demanda.

Localización	Código	Demanda	Localización	Código	Demanda	Localización	Código	Demanda	Localización	Código	Demanda
A. Sevilla	A1	4177	Talavera de la Reina	A3-3	138	Soria	A5-9	541	Valladolid	A8-1	462
Sevilla	A1-1	500	Guadalajara	A3-4	149	Agreda	A5-10	165	Medina del Campo	A8-2	125
Ecija	A1-2	200	Sigüenza	A3-5	250	Almazán	A5-11	140	Tordesillas	A8-3	147
Osuna	A1-3	100	Ciudad Real	A3-6	310	A. Manresa	A6	5191	León	A8-4	465
Lora del río	A1-4	400	Valdepeñas	A3-7	95	Lleida	A6-1	563	Ponferrada	A8-5	365
Huelva	A1-5	420	Manzanares	A3-8	130	La Seu d'Urgell	A6-2	325	Zamora	A8-6	147
Jabugo	A1-6	130	Albacete	A3-9	213	Girona	A6-3	514	Benavente	A8-7	97
Isla Cristina	A1-7	150	Villarrobledo	A3-10	115	Ripoll	A6-4	160	Ávila	A8-8	542
Almonte	A1-8	100	Madrid	A3-11	678	Figuera	A6-5	143	Candeleda	A8-9	125
Cádiz	A1-9	350	Alcalá de Henares	A3-12	354	Blanes	A6-6	135	Segovia	A8-10	365
Jerez	A1-10	215	Tres Cantos	A3-13	180	Barcelona	A6-7	690	Salamanca	A8-11	486
Algeciras	A1-11	365	Getafe	A3-14	450	Badalona	A6-8	463	Palencia	A8-12	100
Málaga	A1-12	526	Cuenca	A3-15	258	Sabadell	A6-9	235	A. Santiago	A9	3223
Estepona	A1-13	450	A. Valencia	A4	4094	Igualada	A6-10	145	A. Coruña	A9-1	521
Antequera	A1-14	126	Valencia	A4-1	625	Tarragona	A6-11	698	Rianxo	A9-2	127
Ronda	A1-15	145	Gandía	A4-2	125	Tortosa	A6-12	123	Pontevedra	A9-3	463
A. Granada	A2	3644	Requena	A4-3	160	Reus	A6-13	146	Vigo	A9-4	623
Granada	A2-1	455	Castellón	A4-4	450	Andorra la vella	A6-14	650	Lugo	A9-5	456
Loja	A2-2	125	Villareal	A4-5	365	Encamp	A6-15	201	Sarria	A9-6	127
Motril	A2-3	90	Onda	A4-6	85	A. Vitoria	A7	4960	A. Fonsagrada	A9-7	115
Baza	A2-4	147	Alicante	A4-7	489	Vitoria	A7-1	478	Ourense	A9-8	163
Almería	A2-5	325	Elche	A4-8	463	Llido	A7-2	126	Oviedo	A9-9	320
El Ejido	A2-6	200	Alcoy	A4-9	378	Leza	A7-3	106	Gijón	A9-10	145
Mojácar	A2-7	220	Murcia	A4-10	521	Donostia	A7-4	356	Aviles	A9-11	163
Jaén	A2-8	465	Cartagena	A4-11	264	Eibar	A7-5	462	A. Portoalegre	A10	2898
Linares	A2-9	250	Lorca	A4-12	169	Tolosa	A7-6	360	Portoalegre	A10-1	512
Ubeda	A2-10	350	A. Zaragoza	A5	3066	Bilbao	A7-7	687	Braga	A10-2	325
Córdoba	A2-11	325	Zaragoza	A5-1	582	Ondarra	A7-8	145	Viseu	A10-3	126
Puente Genil	A2-12	250	Caltayud	A5-2	269	Getxo	A7-9	169	Lisboa	A10-4	580
Lucena	A2-13	125	Ibiza	A5-3	123	Santander	A7-10	473	Coimbra	A10-5	135
El Carpio	A2-14	130	Huesca	A5-4	456	Logroño	A7-11	512	Setubal	A10-6	125
Baena	A2-15	187	Jaca	A5-5	130	Pamplona	A7-12	364	Evora	A10-7	430
A. Illescas	A3	4075	Graus	A5-6	97	Burgos	A7-13	635	Faro	A10-8	312
Illescas	A3-1	300	Teruel	A5-7	563	Aranda del Duero	A7-14	87	Beja	A10-9	147
Toledo	A3-2	455	Alcañiz	A5-8	263	A. Valladolid	A8	3426	Aveiro	A10-10	206

Fuente: Creación propia.

Por último, para poder optimizar la solución necesitamos conocer las distancias desde cualquier punto hasta los demás. Podemos encontrarlas en el “Anexo: Solución Clarke & Wright.”

4.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Con todos los datos ya disponibles podemos definir con qué tipo de problema de ruteo de vehículo nos encontramos. Esto es importante, ya que también nos indicará qué restricciones debemos tener en cuenta para la resolución de nuestro problema.

Dentro de la lista de variantes del VRP que nos encontramos, la que más se ajustaría sería el problema VRP con múltiples depósitos (MDVRP), pero hay que tener en cuenta que los clientes finales están distribuidos en torno a los almacenes, y que estos poseen su flota individual de vehículos, por ello, nos decantamos por realizar problemas de ruteo individuales.

Dicho esto, vamos a realizar once VRPs. El primero nos indicará las rutas óptimas de reparto desde el almacén principal en Yuncler (Toledo) hasta los diez almacenes secundarios, donde para cada uno tendremos que realizar su VRP correspondiente para obtener las rutas óptimas.

Para resolver el problema emplearemos dos métodos diferentes para poder realizar una comparativa entre ambas soluciones: un método exacto y un método heurístico.

4.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Antes de desarrollar los cálculos del primero, debemos saber cómo formular el problema. A continuación, mostramos como sería la formulación para nuestros problemas de ruteos ya que para todos se sigue el mismo procedimiento.

- PRIMER PASO: Definimos las restricciones que se deben cumplir.
 - Distribuir los productos a los todos los clientes desde un almacén.
 - La demanda está expresada en sacos.
 - Las distancias son simétricas, es decir, es igual tanto de ida como de vuelta.
 - En cada viaje la capacidad del vehículo de reparto no puede ser excedida.
 - El objetivo será minimizar el número de km recorridos.
 - La cantidad demanda por el cliente deberá ser entregada completa.
 - La totalidad de la cantidad demandada solo se podrá entregar en una ruta.
 - El vehículo está capacitado para poder transportar la mercancía, no es necesario un transporte especial.
 - El vehículo debe volver al almacén cuando finalice su ruta de reparto.
 - La capacidad del vehículo es de 12000 o 1200 sacos.
- SEGUNDO PASO: Definimos los parámetros.

$n \rightarrow$ *nodos*

$C \rightarrow$ *capacidad del vehículo.*

$nr \rightarrow$ *número de rutas*

$D_{ij} \rightarrow$ *distancia de ir del nodo i al nodo j*

$d_i \rightarrow$ *demanda del nodo i*

- TERCER PASO: Definimos las variables.

$x_{ijk} \rightarrow \begin{cases} 1 & \text{si el arco } (i,j) \text{ pertenece a la ruta } k \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$

$$y_{ik} \rightarrow \begin{cases} 1 & \text{si el nodo } i \text{ es visitado en la ruta } k \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$u_{ik} \rightarrow$ variable fujo auxiliar de la matriz

- CUARTO PASO. Definimos los conjuntos de valores.

$A \rightarrow$ conjunto de arcos

$N \rightarrow$ conjunto de nodos

$K \rightarrow$ conjunto de rutas

$N_0 \rightarrow$ conjunto de nodos en N distinto de 0

- QUINTO PASO: Definimos las FO.

$$F.O.: \min \sum_{i \in A} \sum_{j \in A} D_{ij} \sum_{k=1}^K x_{ijk}$$

- SEXTO PASO: Definimos las restricciones.

$$R.1 \rightarrow \sum_{k=1}^K y_{ik} = 1;$$

R.1 indica que cada nodo sólo se puede encontrar en una única ruta, sin contar el nodo central.

$$R.2 \rightarrow \sum_{k=1}^K y_{1k} = nr;$$

R.2 indica que el número total de rutas tiene que ser igual a la que le indiquemos en los datos.

$$R.3 \rightarrow \sum_{j \in N} x_{ijk} = \sum_{j \in N} x_{ijk};$$

$$R.4 \rightarrow \sum_{j \in N} x_{ijk} = y_{ik};$$

R.3 y R.4 nos ayudan a indicar que cada nodo es visitado solamente en una ruta.

$$R.5 \rightarrow \sum_{k=1}^{N_0} d_i \cdot y_{ik} \leq C;$$

R.5 indica que la demanda total de cada ruta no puede superar la capacidad total del vehículo.

$$R.6 \rightarrow u_{ik} - u_{jk} + C \cdot x_{ijk} \leq C - d_j;$$

$$R.7 \rightarrow d_i \leq u_{ik} \leq C;$$

R.6 y R.7 están basadas en la capacidad y nos ayudan a evitar sub ciclos.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios, ya podríamos comenzar a calcular las soluciones de nuestros VRP en el programa GUSEK.

5. USO DE GLPK EN GUSEK.

5.1. ¿QUÉ ES GLPK?

El Kit de Programación Lineal GNU (GLPK) es un programa cuya función es resolver problemas de programación lineal a gran escala. Este software utiliza el método simplex revisado, método de punto interior primal-dual y algoritmo de ramificación y acotación.

Para la utilización de GLPK, manejaremos GUSEK, ya que es gratuito y lo podemos descargar desde su propia web. GUSEK es un programa que nos ofrece una interfaz gráfica mediante GLPK y un editor de texto.

5.2. ¿CÓMO USAR GUSEK?

GUSEK funciona con comando de programación, es decir, no podemos introducir los datos y obtener los resultados mediante los accesos directos de la barra de herramientas. En caso de que queramos obtener los resultados, debemos crear nuestros propios comandos.

Por tanto, en GUSEK debemos diferenciar dos tipos de ficheros de datos que tenemos que introducir: un fichero con formato *.mod* donde introduciremos los comandos de programación, y un fichero con formato *.dat* donde irán los datos.

5.2.1. FICHERO *.MOD*

Aclaración: La almohadilla # hace que todo el texto que escribamos detrás sea solo texto, es decir, no lo tiene en cuenta para los comandos y la podemos usar para introducir notas o aclaraciones.

Como ya hemos mencionado anteriormente, GUSEK funciona por comando, por tanto aquí debemos introducir lo obtenido en la formulación (Punto 4.4.)

- Parámetros: indicaremos cómo nombraremos a cada uno de los elementos del problema.
 - $param\ n, interger, \geq 3;$
 - $param\ C;$
 - $param\ nr;$
 - $param\ D\{(i,j)\ in\ A\};$
 - $param\ d\{i\ in\ N0\};$
- Conjuntos: son el total de nodos, arcos y rutas que nos podemos encontrar en el problema de ruteo.
 - $set\ N := 1 \dots n;$
 - $set\ N0 := 2 \dots n;$
 - $set\ A := setof\{(i,j)\ in\ N\ cross\ N\}(i,j);$
 - $set\ K := 1 \dots nr;$

Aclaración: No puede haber más rutas que nodos. Si esto ocurre significa que hay una ruta para cada nodo y, además, hay algún nodo que pertenece a más de una ruta, siendo esto infactible.

- Variables:
 - $var\ x\{(i,j)\ in\ A, k\ in\ K\}, binary;$
 - $var\ y\{i\ in\ N, k\ in\ K\}, binary;$
 - $var\ u\{i\ in\ N, k\ in\ K\}, \geq 0;$
- Función objetivo:
 - $minimize\ FO: sum\ \{(i,j)\ in\ A: i! = j\} D[i,j] * sum\{k\ in\ K\} x[i,j,k];$
- Restricciones:
 - $subject\ to\ R1\ \{i\ in\ N0\}: sum\{k\ in\ K\} y[i,k] = 1;$
 - $subject\ to\ R2: sum\{k\ in\ K\} y[i,k] = nr;$
 - $subject\ to\ R3\ \{i\ in\ N, k\ in\ K\}: sum\{j\ in\ N: i! = j\} x[i,j,k] = sum\{j\ in\ N: i! = j\} x[j,i,k];$
 - $subject\ to\ R4\ \{i\ in\ N, k\ in\ K\}: sum\{j\ in\ N: i! = j\} x[i,j,k] = y[i,k];$
 - $subject\ to\ R5\ \{k\ in\ K\}: sum\{j\ in\ N0\} d[i] * y[i,k] \leq C;$
 - $subject\ to\ R6\ \{i\ in\ N0, j\ in\ N0, k\ in\ K: d[i] + d[j] \leq C\}: u[i,k] - u[j,k] + C * x[i,j,k] \leq C - d[j];$

- *subject to* $R7 \{i \text{ in } N0, k \text{ in } K\}: d[i] \leq u[i, k] \leq C;$

Aclaración: El parámetro *nr* (número de rutas) podemos no introducirlo, dependiendo de cómo queramos resolver nuestro problema. Si no lo introducimos el programa directamente nos buscará el número de rutas que optimice nuestra función objetivo. En cambio, si lo introducimos, nos calculará el valor de la función objetivo con ese número de rutas. Esto nos sirve para comparar las diferentes soluciones con varios números de rutas diferentes.

Aclaración: Podemos encontrar un PDF que muestra todos comandos en el “Anexo: Fichero *.mod* y *.dat*”

5.2.2. FICHERO *.DAT*

En este fichero irán incluidos los valores de todos los parámetros:

- Número de nodos.
- Capacidad de vehículo.
- Número de rutas.
- Distancia entre nodos, la cual la introduciremos en forma de matriz.
- Demanda de todos los nodos excepto del almacén.

Aclaración: Podemos encontrar un PDF que muestra todos datos en el “Anexo: Fichero *.mod* y *.dat*”

5.2.3. RESULTADOS.

Para los resultados, vamos usar un ejemplo que también usaremos para explicar el método de Clarke & Wright.

El fichero con la solución nos muestra el resultado de la función objetivo y nos indica si se está minimizando o maximizando, dependiendo de lo que nuestro problema requiera.

Figura 4: Encabezado fichero de la solución en GUSEK.

```
Problem:.....EJEMPLO_CVRP_mod
Rows:.....62
Columns:.....64 (56 integer, 56 binary)
Non-zeros:..262
Status:.....INTEGER OPTIMAL
Objective:..FO = 46 (MINimum)
```

Fuente: Creación propia.

Figura 5: Resultado al finalizar los cálculos en GUSEK.

```
INTEGER OPTIMAL SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.4 Mb (387655 bytes)
Writing MIP solution to 'EJEMPLO_CVRP_mod.out'...
>Exit code: 0 Time: 0.357
```

Fuente: Creación propia.

Además, también nos indican las rutas a seguir para obtener ese valor de la función objetivo. Sin embargo, nos encontramos ante un pequeño problema: el fichero no nos muestra directamente las rutas, sino que nos indica todas las posibles combinaciones y si estas están o no dentro de la solución.

Para ello, bajaremos en el fichero hasta la tabla donde nos muestra el valor de la variable $x[i,j,k]$, y al lado de esa combinación se nos mostrará si pertenece o no a la solución.

Figura 6: Fichero con la solución en GUSEK.

No.	Column name	Activity	Lower bound	Upper bound
73	1 x[1,2,1]	1	0	1
74	2 x[1,2,2]	0	0	1
75	3 x[1,3,1]	0	0	1
76	4 x[1,3,2]	1	0	1
77	5 x[1,4,1]	0	0	1
78	6 x[1,4,2]	0	0	1
79	7 x[1,5,1]	0	0	1
80	8 x[1,5,2]	0	0	1
81	9 x[2,1,1]	0	0	1
82	10 x[2,1,2]	0	0	1
83	11 x[2,3,1]	0	0	1
84	12 x[2,3,2]	0	0	1
85	13 x[2,4,1]	1	0	1
86	14 x[2,4,2]	0	0	1
87	15 x[2,5,1]	0	0	1
88	16 x[2,5,2]	0	0	1
89	17 x[3,1,1]	0	0	1
90	18 x[3,1,2]	0	0	1
91	19 x[3,2,1]	0	0	1
92	20 x[3,2,2]	0	0	1
93	21 x[3,4,1]	0	0	1
94	22 x[3,4,2]	0	0	1
95	23 x[3,5,1]	0	0	1
96	24 x[3,5,2]	1	0	1
97	25 x[4,1,1]	1	0	1
98	26 x[4,1,2]	0	0	1
99	27 x[4,2,1]	0	0	1
100	28 x[4,2,2]	0	0	1
101	29 x[4,3,1]	0	0	1
102	30 x[4,3,2]	0	0	1
103	31 x[4,5,1]	0	0	1
104	32 x[4,5,2]	0	0	1
105	33 x[5,1,1]	0	0	1
106	34 x[5,1,2]	1	0	1
107	35 x[5,2,1]	0	0	1
108	36 x[5,2,2]	0	0	1
109	37 x[5,3,1]	0	0	1
110	38 x[5,3,2]	0	0	1
111	39 x[5,4,1]	0	0	1
112	40 x[5,4,2]	0	0	1
113	41 x[2,2,1]	0	0	1
114	42 x[2,2,2]	0	0	1
115	43 x[4,4,1]	0	0	1
116	44 x[4,4,2]	0	0	1
117	45 x[5,5,1]	0	0	1
118	46 x[5,5,2]	0	0	1
119				
120				

Fuente: Creación propia.

La columna *Column name* nos muestra las diferentes combinaciones de la forma $x[i,j,k]$ donde:

- i es el nodo de partida.
- j es el nodo de llegada.
- k es la ruta a la que pertenece.

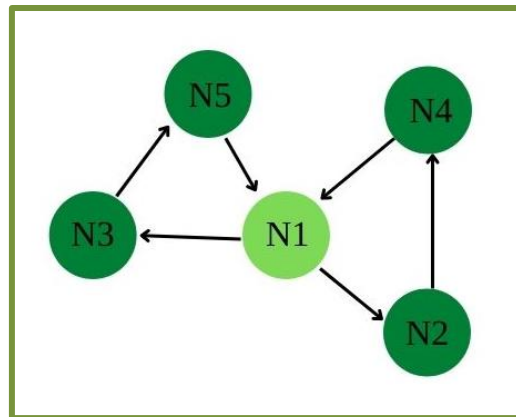
En la columna *Activity* se nos indica que esa combinación sí pertenece a la solución con un uno y, en caso de que no pertenezca, se nos indica con un cero.

Por ejemplo, el primer caso $x[1,2,1]$ nos indicaría la unión del nodo 1 al nodo 2 en la ruta 1, y en la columna *Activity* tenemos un uno, lo que nos indicaría que forma parte de la solución.

Observando todas las combinaciones llegamos a la solución final, cuya función objetivo sería 46: en nuestro caso serían los kilómetros a recorrer y en la solución sería la formada por:

- Ruta 1: Nodo 1 - Nodo 2 - Nodo 4 - Nodo 1.
- Ruta 2: Nodo 1 – Nodo 3 – Nodo 5 – Nodo 1.

Figura 7: Representación gráfica de la solución obtenida.



Fuente: Creación propia.

6. SOLUCIÓN MEDIANTE GLPK.

Como comentamos anteriormente, la solución la vamos a dividir en once problemas de ruteos. Uno será el encargado de definir las rutas óptimas desde el almacén principal hasta los almacenes secundarios, y los diez restantes irán desde cada uno de los almacenes secundarios hasta los clientes finales.

Para obtener las soluciones tenemos que tener en cuenta que en fichero *.mod* utilizamos el mismo para todos VRP, es decir, solo tendríamos que cambiar los datos introducidos en fichero *.dat*.

Aclaración: Un punto importante que tenemos que tener en cuenta es que a nuestro fichero *.mod* debemos de ir cambiándole el nombre para que se llame igual que nuestro fichero *.dat*.

6.1. RUTAS DESDE LA FÁBRICA DE YUNCLER.

Cuando introducimos los datos, una de las cosas que tenemos que hacer es calcular el número de rutas mínimas necesarias para cumplir los objetivos. En nuestro caso, la capacidad del vehículo es de 12000 sacos y nos es suficiente para cubrir la

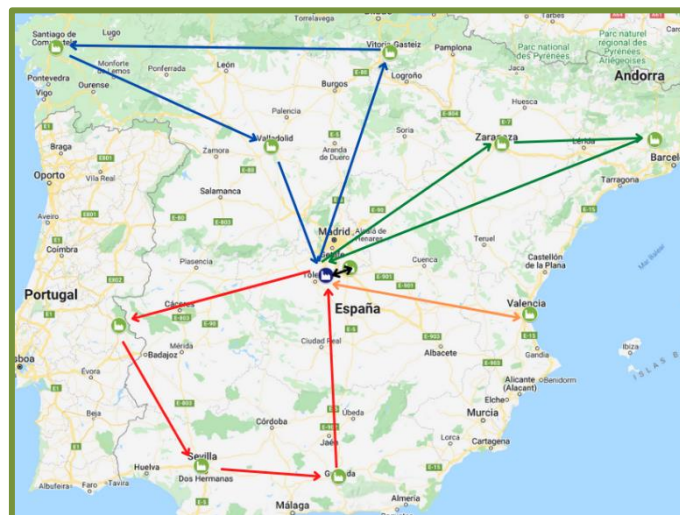
demanda total de 39017 sacos en solo 3 rutas, por tanto sabemos que al menos necesitamos 4 rutas, con lo que intentar obtener una solución con solo 3 no será posible.

Aclaración: Esto lo tendremos que tener en cuenta en todos los problemas de ruteo ya que si el número de rutas no es suficiente la solución será infactible.

Teniendo en cuenta que al añadir más rutas el número de kilómetros a recorrer tiende a aumentar, podríamos suponer que cuatro sería el número de rutas óptimo, por tanto se puede suponer que, al añadir una más, la función objetivo aumentaría dejando de ser óptima (suponiendo que la solución óptima sería de 4 rutas y una FO igual a 5069 km). Pero, aun así, probamos con una ruta más es decir realizamos el problema con cinco rutas. Y obtenemos una solución con una FO igual a 5057 km.

- Ruta 1 (Verde): Yuncler-Zaragoza-Manresa-Yuncler.
- Ruta 2 (Naranja): Yuncler-Valencia-Yuncler.
- Ruta 3 (Azul): Yuncler-Vitoria-Santiago-Valladolid-Yuncler.
- Ruta 4 (Rojo): Yuncler-Porto Alegre-Sevilla-Granada-Yuncler.
- Ruta 5 (Negro): Yuncler-Illescas-Yuncler.

Figura 8: Rutas hacia los almacenes mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

Para nuestra sorpresa, aunque sea por muy poco, observamos que añadir una ruta más en este caso es mejor. Esto se puede deber a que, al realizar el ejercicio con cuatro

rutas lo estamos forzando a realizar kilómetros extras en una ruta sin necesidad, pudiendo dividirlo en rutas más pequeñas.

Aclaración: Por normal general añadir más rutas empeora el resultado, pero debemos asegurarnos por caso como este y probar con varios números de rutas diferentes.

Aclaración: Las rutas 2 y 5 presentan flechas bidireccionales puesto que la ruta está formada por el camino de ida y vuelta al mismo destino.

6.2. RUTAS ZONA DE REPARTO DE SEVILLA.

La solución para este problema la obtenemos haciendo un barrido. Es decir, vamos dividiendo el mapa en trozos más pequeños de los cuales vamos sacando las rutas óptimas, lo que nos ayuda a evitar los problemas de carga computacional que pueda darse.

Aclaración: Para cada grupo del barrido deberemos realizar un VRP teniendo cada uno su propio fichero con sus respectivos datos.

En este caso, como no son muy grandes los datos, es suficiente con dividir en dos trozos. Para la zona de Sevilla determinamos que la mejor forma es dividirlo en Este y Oeste, dando lugar a dos VRP, formados por:

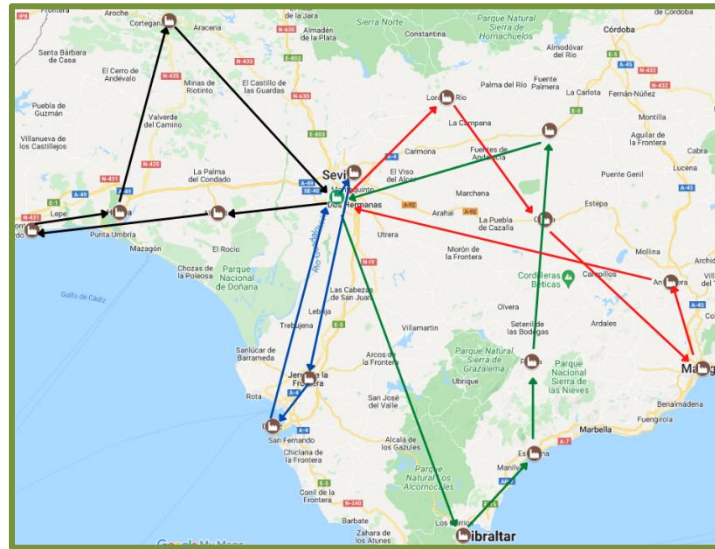
- Zona Este: Écija, Osuna, Lora del Río, Algeciras, Málaga, Estepona, Antequera y Ronda.
- Zona Oeste: Sevilla, Huelva, Jabugo, Isla Cristina, Almonte, Cádiz y Jerez.

Esto genera que tengamos que ir combinando el número de ruta de ambos VRP para así obtener un resultado óptimo en nuestra función objetivo.

La mejor solución es la que forman al establecer 2 rutas en la zona este con una FO igual a 973 y otras dos en la zona oeste cuya FO es de 671 km, generando así una solución con 4 rutas y una FO igual a 1644 km.

- Ruta 1 (Verde): A. Sevilla-Algeciras-Estepona-Ronda-Écija-A. Sevilla.
- Ruta 2 (Rojo): A. Sevilla-Lora del Río-Osuna-Málaga-Antequera-A. Sevilla.
- Ruta 3 (Azul): A. Sevilla-Sevilla-Jerez-Cádiz-A. Sevilla.
- Ruta 4 (Negro): A. Sevilla-Almonte-Isla Cristina-Huelva-Jabugo-A. Sevilla.

Figura 9: Rutas zona de Sevilla mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

Al analizar la imagen, podemos ver que muchas rutas no se corresponden con las que podríamos formar a simple vista, y esto lo podemos observar en los casos de Osuna-Écija-Lora del Río e Isla Cristina-Huelva:

- Osuna-Écija-Lora del Río: En un primer vistazo podríamos decir que Osuna debería pertenecer a la ruta 1 y comunicar con el almacén de Sevilla, cerrando ahí dicha ruta. Por tanto, la ruta 2 seguiría de Lora a Écija y Antequera. Pero realmente esto no sería lo óptimo, además debido a la demanda, podría llegar a no ser factible.
- Isla Cristina-Huelva: Aquí observamos que primero va a Isla Cristina y después regresa hacia Huelva, cuando lo normal sería que primero descargásemos en Huelva, ya que está antes que Isla Cristina.

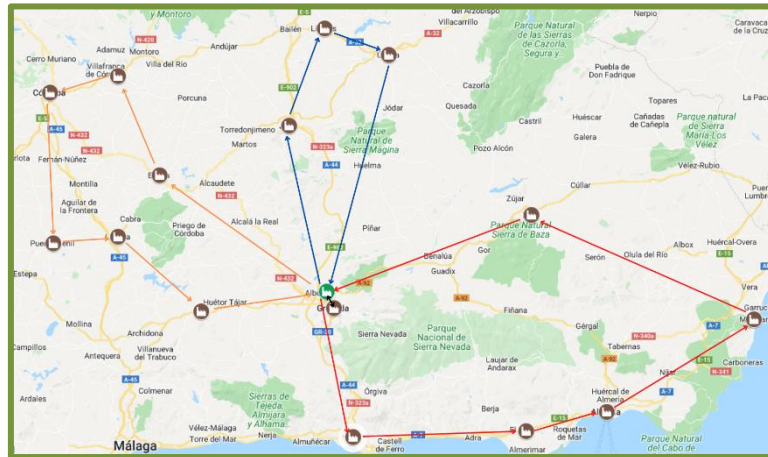
Aclaración: Con esto podemos deducir que lo que vemos o creemos que es lo óptimo realmente no lo es y el no seguir el camino recto nos ayuda a optimizar el resultado.

6.3. RUTAS ZONA DE REPARTO DE GRANADA.

La solución para zona de Peligros (Granada) la obtenemos de forma fácil, ya que no requiere que tengamos que hacer barrido. Al hacer los cálculos obtenemos que la solución óptima es la formada por 4 rutas y presenta una FO igual a 1168 km.

- Ruta 1 (Rojo): Peligros-Motril-El Ejido-Almería-Mojácar-Baza-Peligros.
- Ruta 2 (Negro): Peligros-Granada-Peligros.
- Ruta 3 (Azul): Peligros-Jaén-Linares-Úbeda-Peligros.
- Ruta 4 (Naranja): Peligros-Baena-El Carpio-Córdoba-Puente Genil-Lucena-Loja-Peligros.

Figura 10: Rutas zona de Granada mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

Visualmente, parece que las rutas obtenidas son las que podríamos intuir a simple vista, generando unas rutas que podríamos definir como circulares, excepto en la ruta 2 que es ida y vuelta a un solo nodo.

Aclaración: Por la cercanía del nodo de la ruta 2 al almacén podríamos decir que no se encuentra dentro de ninguna ruta por falta de capacidad del vehículo, por tanto, esto se podría solucionar buscando uno de mayor capacidad.

6.4. RUTAS ZONA DE REPARTO DE ILLESCAS.

Para obtener las rutas de la zona de reparto de Illescas, necesitamos hacer un barrido de nuevo, para lo que dividimos la zona en dos grupos:

- Zona Oeste: Talavera de la Reina, Toledo, Ciudad Real, Valdepeñas, Manzanares, Villarrobledo, Albacete e Illescas.
- Zona Este: Sigüenza, Guadalajara, Madrid, Tres Cantos, Getafe, Alcalá de Henares y Cuenca.

La solución óptima a la que llegamos es la formada por 4 rutas, dos rutas en la zona este con una FO igual a 631 km y otras dos rutas en la zona oeste con una FO igual a 905 km, lo que nos da una FO total igual a 1536 km.:

- Ruta 1 (Rojo): A. Illescas-Toledo-Talavera-A. Illescas.
- Ruta 2 (Azul): A. Illescas-Valdepeñas-Manzanares-Villarrobledo-Albacete-Illescas- A. Illescas.
- Ruta 3 (Negro): A. Illescas-Getafe-Madrid-A. Illescas.
- Ruta 4 (Naranja): A. Illescas-Tres Cantos-Alcalá H.-Guadalajara-Sigüenza-Cuenca-A. Illescas.

Figura 11: Rutas zona de Illescas mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

Podemos notar que hay dos rutas muy grandes y otras dos más pequeñas, lo que genera que algunas rutas (ruta 3) o nodos estén rodeadas de una ruta mayor. Esto se debe a que las demandas de estos nodos sean muy elevadas y necesiten de casi toda la capacidad del vehículo, impidiendo formar rutas largas.

6.5. RUTAS ZONA DE REPARTO DE VALENCIA.

Para la obtención de las rutas de la zona valenciana también es conveniente que realicemos un barrido. Por la localización de los clientes con respecto al almacén, decidimos que la mejor manera hacer este barrido es dividir la zona en:

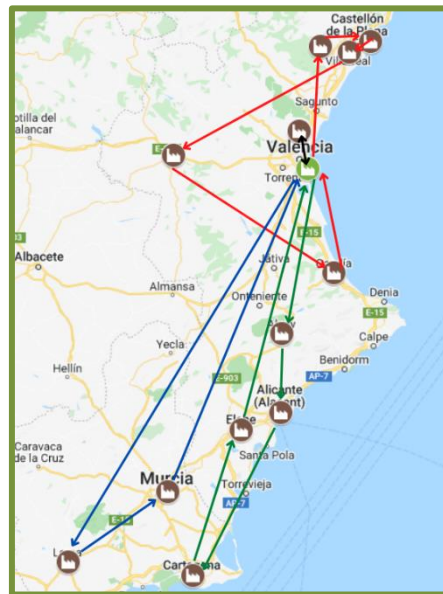
- Zona Norte: Valencia, Gandía, Requena, Castellón, Villarreal y Onda.

- Zona Sur: Alicante, Elche, Alcoy, Murcia, Cartagena y Lorca.

Después de calcular las diferentes rutas para ambas zonas, determinamos que la mejor solución es la formada por 4 rutas: 2 rutas en la zona norte con una FO igual a 476 km y otras 2 en la zona sur con una FO de 1173 km. Todo ello nos genera una FO de 1649 km.

- Ruta 1 (Negro): A. Valencia-Valencia-A. Valencia.
- Ruta 2 (Rojo): A. Valencia-Onda-Castellón-Villarreal-Requena-Gandía- A. Valencia.
- Ruta 3 (Azul): A. Valencia-Lorca-A. Valencia.
- Ruta 4 (Verde): A. Valencia-Alcoy-Alicante-Cartagena-Elche-A. Valencia.

Figura 12: Rutas zona de Valencia mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

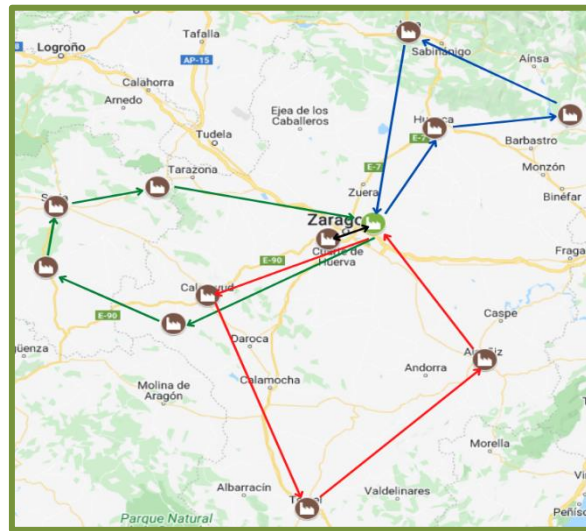
La zona sur se dispone de forma equitativa pero la zona norte las rutas están dispuestas de una forma no muy ordenada, esto se puede deber como en los todos los casos anteriores esto deberá a la demanda y a la capacidad del vehículo.

6.6. RUTAS ZONA DE REPARTO DE ZARAGOZA.

Para la obtención de las rutas de la zona de Zaragoza no es necesario realizar barrido ni ninguna otra modificación, ya que la solución nos la genera sin mucha dificultad. Al realizar cálculos, siguiendo prácticamente la misma tónica que en los VRP anteriores, la solución óptima nos la da con 4 rutas y una FO igual a 1314 km.

- Ruta 1 (Verde): A. Zaragoza-Ibdes-Almazán-Soria-Agreda-Zaragoza.
- Ruta 2 (Negro): A. Zaragoza-Zaragoza-A. Zaragoza.
- Ruta 3 (Azul): A. Zaragoza-Huesca-Graus-Jaca-A. Zaragoza.
- Ruta 4 (Rojo): A. Zaragoza-Calatayud-Teruel-Alcañiz-A. Zaragoza.

Figura 13: Rutas zona de Zaragoza mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

De las rutas obtenidas no tenemos mucho que decir, el resultado dos da rutas que podemos definir como perfectas y circulares, excepto para Zaragoza que, como ya hemos visto en casos anteriores, añadir una ruta extra, aunque solo sea de un nodo, puede favorecer el resultado.

6.7. RUTAS ZONA DE REPARTO DE MANRESA.

Para la obtención de las rutas de la zona catalana con almacén en Manresa también es necesario que realicemos un barrido y, por la localización de los clientes con respecto al almacén, decidimos que la mejor manera hacer el barrido es dividir la zona en:

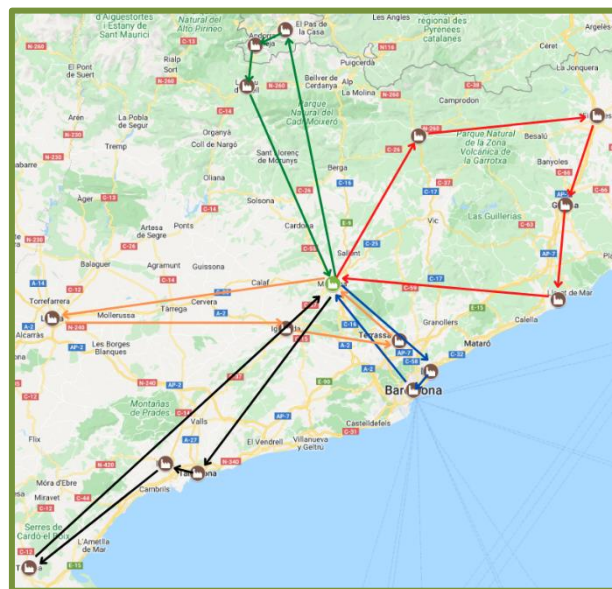
- Zona Norte: La Seu D'Urgell, Girona, Ripoll, Figueres, Blanes, Andorra la Vella y Encamp.
- Zona Sur: Lleida, Barcelona, Badalona, Sabadell, Igualada, Tarragona, Tortosa y Reus.

Después de calcular las diferentes rutas para ambas zonas, determinamos que la mejor solución es la formada por 5 rutas: 2 rutas en la zona norte con una FO igual a

659 km y otras 2 en la zona sur con una FO de 848 km. Todo ello nos genera una FO de 1507 km.

- Ruta 1 (Rojo): Manresa-Ripoll-Figueres-Girona-Manresa.
- Ruta 2 (Verde): Manresa-Encamp-Andorra-La Seu D’Urgell-Manresa.
- Ruta 3 (Azul): Manresa-Badalona-Barcelona-Manresa.
- Ruta 4 (Naranja): Manresa-Lleida-Igualada-Sabadell-Manresa.
- Ruta 5 (Negro): Manresa-Tarragona-Reus-Tortosa-Manresa.

Figura 14: Rutas zona Cataluña mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

De estas rutas tampoco tenemos mucho que decir, aunque sí cabe destacar que la ruta 4 tiene nodos en el camino de otras dos rutas. Esto posiblemente no se hubiese ocasionado si al realizar los cálculos con un ordenador con mayor potencia no hubiésemos necesitado realizar un barrido, pero también podría haber sido por falta de capacidad del vehículo.

6.8. RUTAS ZONA DE REPARTO DE VITORIA-GASTEIZ.

Este caso es igual al de la zona catalana, también es necesario que realicemos un barrido y, teniendo en cuenta la localización de los clientes con respecto al almacén, decidimos que lo mejor es dividir la zona en:

- Zona Norte: Llodio, Donostia, Éibar, Tolosa, Bilbao, Ondarra, Getxo y Santander.
- Zona Sur: Vitoria, Leza, Logroño, Pamplona, Burgos y Aranda del Duero.

Después de calcular las diferentes rutas para ambas zonas, determinamos que la mejor solución es la formada por 5 rutas: 2 rutas en la zona sur con una FO igual a 667 km y otras 3 en la zona norte con una FO de 804 km. Todo ello nos genera una FO de 1471 km.

- Ruta 1 (Rojo): A. Vitoria-Vitoria-Burgos-Aranda-A. Vitoria.
- Ruta 2 (Azul): A. Vitoria-Pamplona-Logroño-Leza-A. Vitoria.
- Ruta 3 (Negro): A. Vitoria-Éibar-A. Vitoria.
- Ruta 4 (Naranja): A. Vitoria-Santander-Bilbao-A. Vitoria.
- Ruta 5 (Verde): A. Vitoria-Getxo-Llodio-Ondarra-Donostia-Tolosa-A. Vitoria.

Figura 15: Rutas zona de Vitoria-Gasteiz mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

Aclaración: Las conclusiones que podemos sacar a partir de las rutas obtenidas son las mismas que podemos ver en los VRP anteriores.

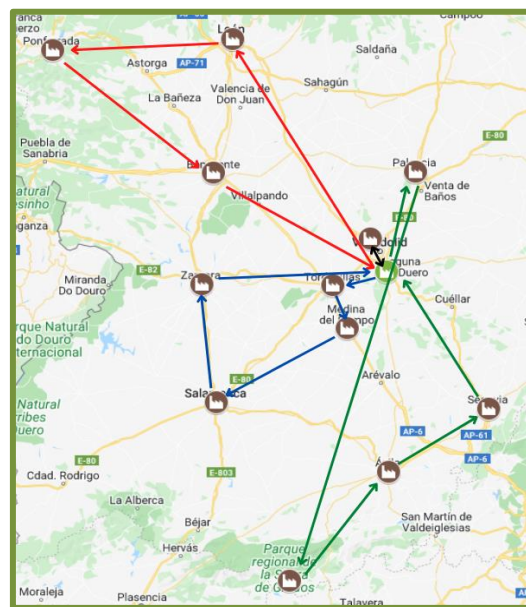
6.9. RUTAS ZONA DE REPARTO DE VALLADOLID.

Para la obtención de las rutas de la zona de Valladolid, al igual que para la de Zaragoza, no es necesario realizar barrido ni ninguna otra modificación, ya que la

solución nos la genera sin mucha dificultad. Al realizar cálculos la solución óptima nos la da con 4 rutas y una FO igual a 1344 km.

- Ruta 1 (Negro): A. Valladolid-Valladolid-A. Valladolid.
- Ruta 2 (Rojo): A. Valladolid-León-Ponferrada-Benavente-A. Valladolid.
- Ruta 3 (Azul): A. Valladolid-Tordesillas-Medina C.-Salamanca-Zamora-A. Valladolid.
- Ruta 4 (Verde): A. Valladolid-Palencia-Candeleda-Ávila-Segovia-A. Valladolid.

Figura 16: Rutas zona de Valladolid mediante GLPK.



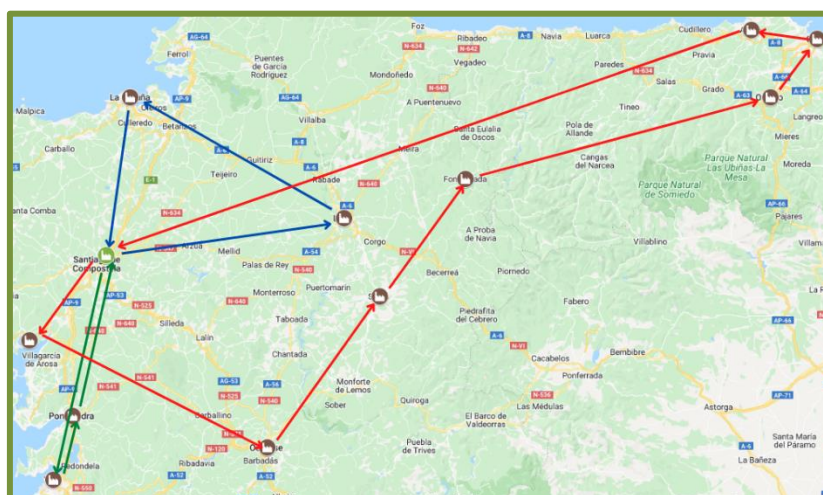
Fuente: Creación propia.

6.10. RUTAS ZONA DE REPARTO DE SANTIAGO.

La zona de reparto gallega es una de las que menos rutas nos establece para calcular la función objetivo óptima. En este caso tan solo nos dice que son necesarias 3 rutas para satisfacer toda la demanda y esto tendría una FO igual a 1335 km.

- Ruta 1 (Azul): Santiago-Lugo-A Coruña-Santiago.
- Ruta 2 (Rojo): Santiago-Rianxo-Ourense-Sarria-A Fonsagrada-Oviedo-Gijón-Avilés-Santiago.
- Ruta 3 (Verde): Santiago-Vigo-Pontevedra-Santiago

Figura 17: Rutas zona de Santiago mediante GLPK.



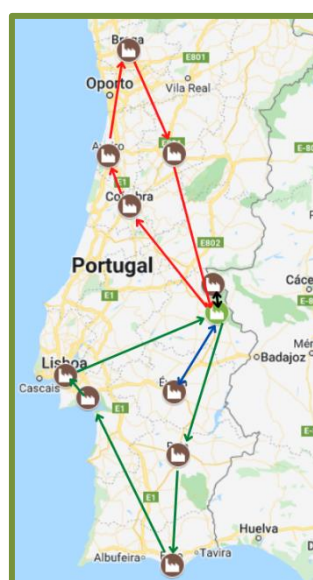
Fuente: Creación propia.

6.11. RUTAS ZONA DE REPARTO DE PORTUGAL.

En este caso, con 4 rutas y una FO de 1847 km nos bastaría para satisfacer de forma óptima la demanda para la zona de Portugal.

- Ruta 1 (Negro): A. Porto Alegre-Porto Alegre-A. Porto Alegre.
- Ruta 2 (Rojo): A. Porto Alegre-Coímbra-Aveiro-Braga-Viséu-A. Porto Alegre.
- Ruta 3 (Verde): A. Porto Alegre-Beja-Faro-Setúbal-Lisboa-A. Porto Alegre.
- Ruta 4 (Azul): A. Porto Alegre-Évora-A. Porto Alegre.

Figura 18: Rutas zona de Portugal mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

7. MÉTODO HEURÍSTICO DE CLARKE & WRIGHT.

7.1. ¿EN QUÉ CONSISTE EL MÉTODO DE CLARKE & WRIGHT?

Como hemos podido ver, los métodos exactos tienen el gran problema del tiempo y de la carga computacional, lo que genera que tengamos que modificar los problemas, en nuestro caso mediante barridos, para obtener una solución. Teniendo en cuenta que nuestro problema como máximo presentaba, en el caso con más nodos, solo 16, nos podemos imaginar en el caso de tener 50 o más nodos que el problema no sería viable para un ordenador común.

Para resolver el problema de estos métodos nacieron los métodos heurísticos y uno de ellos es el método de ahorro de Clarke & Wright. Este método se basa en el ahorro que podemos obtener de ir de un nodo a otro, en lugar de ir al nodo de origen para ir al siguiente. En el próximo ejemplo podemos verlo de una forma más gráfica.

Ejemplo 1 Grafo Clarke & Wright.

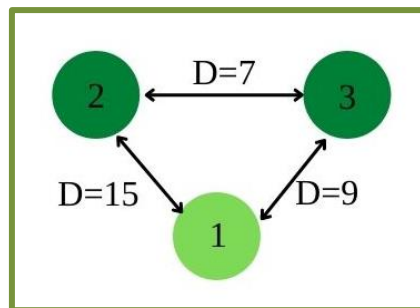


Figura 17: Creación propia.

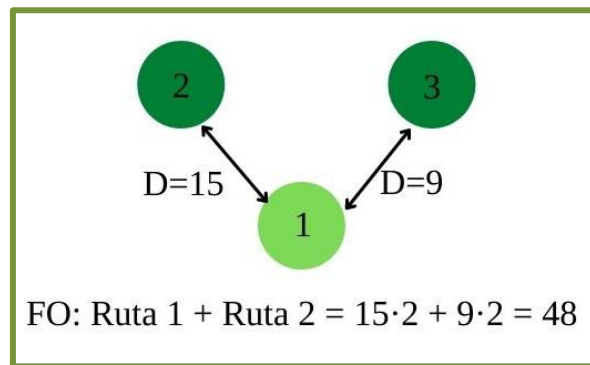
Supongamos que tenemos 3 nodos y tenemos que distribuir la mercancía desde el nodo 1 a los demás, suponiendo que las distancias son:

- Nodo 1 - Nodo 2 = 15.
- Nodo 2 - Nodo 3 = 7.
- Nodo 3 - Nodo 1 = 9.

Para resolverlo por el método de ahorro de Clarke & Wright primero tenemos que establecer una solución inicial a partir de las rutas básicas, es decir, de ida y vuelta del nodo de origen hasta los demás nodos, obteniendo:

- Ruta 1: Nodo 1 - Nodo 2 - Nodo 1
- Ruta 2: Nodo 1 - Nodo 3 - Nodo 1

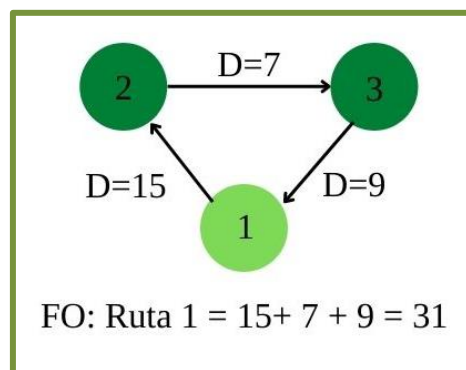
Figura 19: Ejemplo 2 Grafo Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Obtenemos que nuestra función objetivo sería de 48 pero esta no es la mejor solución, por lo que ahora tenemos que probar qué pasaría si vamos desde el nodo 2 al nodo 3, en lugar de regresar al nodo 1.

Figura 20: Ejemplo 3 Grafo Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Como podemos observar, hacer esta ruta nos proporciona una función objetivo de 31, por tanto, vemos que se ha producido un ahorro importante y hemos conseguido una mejor ruta. Además, podemos notar que tenemos un ahorro de 17.

A simple vista podríamos decir que es rápido de calcular, pero esto es así ya que solo tenemos 3 nodos. En el caso de más nodos, las posibles combinaciones para determinar el ahorro no se pueden ver a simple vista, por ello nos tendremos que apoyar en hojas de cálculos, en nuestro caso usaremos Excel.

7.2. CLARKE & WRIGHT EN EXCEL.

No hay ningún programa ni aplicación para resolver el método de Clarke & Wright, por ello, si queremos resolver, tendremos que crear nuestra propia plantilla en Excel.

7.2.1. PLANTILLA EN EXCEL.

Para resolver un ejemplo en Excel vamos a utilizar los datos que usamos para explicarlo en GUSEK, estos datos son:

Nos encontramos un problema donde tendríamos cinco nodos, en el que el nodo inicial lo definiremos como nodo 0, y un vehículo con una capacidad de 12 uds. La demanda de los nodos es de 6, 7, 3 y 4 respectivamente para los demás nodos.

- Matriz de distancias y demanda: Al igual que en GUSEK lo primero es definir nuestra matriz de distancia. Seguidamente, se muestra la matriz junto con las demandas de los nodos.

Figura 21: Tabla de distancia y demanda.

	N0	N1	N2	N3	N4			Demanda
N0	0	2	15	7	3		N0	-
N1	2	0	4	11	13		N1	6
N2	15	4	0	9	8		N2	7
N3	7	11	9	0	7		N3	3
N4	3	13	8	7	0		N4	4

Fuente: Creación propia.

- Rutas básicas: Establecemos las rutas básicas y la función objetivo que estas nos dan, lo cual nos sirve para determinar el número de rutas mínimas que necesitamos y para comprobar si nuestro resultado sirve para ahorrar o no.

Figura 22: Tabla datos básicos para Clarke & Wright.

Demanda Total	20				
Nº de Rutas mín.	2				
Rutas básicas	0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	
Distancia	54				

Fuente: Creación propia.

- Ahorros: Ahora debemos generar una tabla donde podamos mostrar los ahorros obtenidos de ir de un nodo al siguiente.

Figura 23: Tabla y matriz de ahorros.

Ahorros					
A 1-2	13	A 2-3	13	A 3-4	3
A 1-3	-2	A 2-4	10		
A 1-4	-8				
Matriz de Ahorros					
	N0	N1	N2	N3	N4
N0					
N1			13	-2	-8
N2				13	10
N3					3
N4					

Fuente: Creación propia.

Aclaración: Calculamos los ahorros de la siguiente forma, por ejemplo, para calcular el ahorro de ir del nodo 1 al nodo 2 tendríamos que: $D_{0-1} + D_{0-2} - D_{1-2} = 2 + 15 - 4 = 13$

Aclaración: La matriz de ahorro no es necesaria, pero si es útil porque nos ayudará a ver más fácil las posibles combinaciones.

- Tabla de cálculos: Es la más importante ya que es en la que realizaremos los cálculos y está compuesta por:
 - Orden: Nos indica el orden número de mayor a menor.
 - Ahorro: Nos indica los ahorros, ordenados de mayor a menor.
 - Base: Nos indica el conjunto que genera el ahorro.
 - Ruta A y B: Nos muestra la ruta básica o conjunto de rutas básicas que son posibles rutas para generar una solución.
 - Dd A y B: Nos muestra la demanda de las rutas básicas o de los conjuntos de rutas.
 - Dd T: Demanda Total, es decir la suma de Dd A y B.
 - Dd Máx.: Demanda máxima que no se puede superar, siempre será igual a la capacidad del vehículo.
 - Ruta PSB: Ruta potencial formada a partir de la Ruta A y B.

- Apto: Aquí definiremos si la Ruta PSB es apta o no para formar parte de la solución final.

Figura 24: Tabla cálculos Clarke & Wright.

Orden	Ahorro	Base	Ruta A	Dd A	Ruta B	Dd B	Dd T	Dd Max.	Ruta PSB	Apto
1	13	R-1-2	0-1-0	6	0-2-0	7	13	12	0-1-2-0	No
2	13	R-2-3	0-2-0	7	0-3-0	3	10	12	0-2-3-0	Si
3	10	R-2-4	0-2-3-0	10	0-4-0	4	14	12	0-2-4-3-0	No
4	3	R-3-4	0-2-3-0	10	0-4-0	4	14	12	0-2-3-4	No
5	-2	R-1-3	0-2-3-0	10	0-1-0	6	16	12	0-2-3-1-0	No
6	-8	R-1-4	0-1-0	6	0-4-0	4	10	12	0-1-4-0	Si

Fuente: Creación propia.

7.2.2. PROCEDIMIENTO, RESULTADO Y COMPARATIVA.

Lo primero que debemos hacer es preparar los datos para empezar a obtener las rutas y, para ello, lo más importante es completar las columnas Ahorro, donde irán los datos ordenados de mayor a menor; y Base, en la que tendremos que ir anotando el conjunto que generan esos ahorros. Por ejemplo, en la fila 3 vemos que el ahorro es 10 y su base R-3-4, lo que nos indica que ir del nodo 3 al 4 nos permite obtener un ahorro de 10.

Ahora que ya tenemos los datos introducidos, podemos ir calculando las rutas. Cabe destacar que nos interesa obtener el máximo ahorro por tanto empezamos los cálculos por el ahorro más alto.

- Fila 1: Nos encontramos un ahorro de 13 dado por el conjunto R-1-2, eso significa que la Ruta A es la 0-1-0 con una demanda de 6 y la Ruta B es la 0-2-0 con una demanda de 7, lo que nos dice que una posible ruta sería 0-1-2-0. Sin embargo, esta ruta tiene una demanda total de 13, lo que supone que supere la capacidad del vehículo por tanto esta ruta no sería apta.
- Fila 2: Nos encontramos ante el mismo caso que el anterior, pero ahora la Ruta A es la 0-2-0 y la Ruta B es la 0-3-0 con una demanda de 3. La posible ruta generada por esto es la 0-2-3-0 con una demanda total de 10, por tanto es apto y sí puede ser parte de la solución final.

Aclaración: A partir de este momento cuando tengamos que utilizar el nodo 2 o 3 tendremos que coger el otro, es decir, ahora nuestra ruta base será 0-2-3-0, ya hemos comprobado que esta ruta puede formar parte de la solución final.

- Fila 3: Ahora el conjunto que más ahorro genera es el formado por R-2-4, por tanto la Ruta A sería 0-2-3-0 con demanda 10 y la Ruta B la 0-4-0 con demanda 4, dicho esto la ruta formada por 0-2-4-3-0 podríamos considerarla como valida, pero esta ruta no es apta ya que la demanda total es 14 lo que hace que se supere la capacidad del vehículo.

Aclaración: Aunque la Ruta A sea 0-2-3-0 y la B 0-4-0 introducimos el nodo 4 después del 2 ya que es el que genera el ahorro mayor.

Aclaración: Podemos introducir el nodo 4 después del 2, ya que el 2 es nodo extremo. Por ejemplo, si la Ruta A fuese 0-5-2-3-0 no podríamos introducir el nodo 4 después de la 2 ya que en este caso los nodos extremos son 5 y 3.

Aclaración: En un supuesto que el conjunto base fuese R-3-1 la Ruta A fuese 0-3-1-0 y la Ruta B 0-5-2-4-0, no podríamos unirlos, ya que el nodo 2 no es extremo.

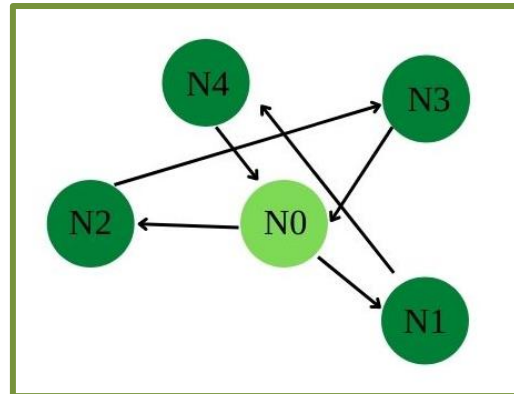
- Fila 4 y 5: En ambas filas las conclusiones que se obtienen son iguales que en la fila 3.
- Fila 6: El ahorro es negativo, lo que significa que esta ruta no produce ahorro. El conjunto que nos da esto es el R-1-4. La Ruta A es la 0-1-0 con una demanda de 6 y ahora la Ruta B es la 0-4-0 con una demanda de 4, por esto, la posible ruta generada es la 0-1-4-0 con una demanda total de 10, por tanto es apto y sí puede ser parte de la solución final.

Aclaración: En este ejemplo solo tenemos 6 posibles combinaciones, pero tenemos que tener en cuenta que lo habitual es que estas sean muchos más elevadas. Por ejemplo, en un ejercicio con 20 nodos tendríamos 171 combinaciones, aun así, el procedimiento es el mismo solo que lo tenemos que repetir más veces.

Una vez que tenemos todos los nodos y los ahorros asignados a una ruta, es decir, ya no podemos hacer más uniones, podemos decir que ya tenemos la solución. En este caso la solución que nos da es de 2 rutas con una FO = 49:

- Ruta 1: Nodo 0 – Nodo 2 – Nodo 3 – Nodo 0
- Ruta 2: Nodo 0 – Nodo 1 – Nodo 4 – Nodo 0

Figura 25: Solución Ejemplo Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Como vemos en la imagen, en la solución que obtuvimos con GLPK parece que las rutas que establecen son algo más intuitivas, sin embargo, con el método Clarke & Wright da la impresión de que hacemos mayor recorrido. Aun así, lo que realmente nos indica lo óptimo de nuestra solución es la función objetivo 46 con GLPK y 49 con Clarke & Wright. Esto es algo que ya podíamos intuir que pasaría, ya que los métodos heurísticos son una aproximación y en este caso vemos que está muy próximo, pero no es exacto.

8. SOLUCIÓN MEDIANTE CLARKE & WRIGHT Y COMPARATIVA CON GLPK.

8.1. RUTAS ALMACENES.

La solución que este método nos muestra para los almacenes es de cuatro rutas con una función objetivo de 5444 km.

- Ruta 1 (Verde): Yuncler-Zaragoza-Manresa-Yuncler.
- Ruta 2 (Naranja): Yuncler-Illescas-Valencia-Yuncler.
- Ruta 3 (Azul): Yuncler-Vitoria-Santiago-Valladolid-Yuncler.
- Ruta 4 (Rojo): Yuncler-Sevilla-Granada-Porto Alegre-Yuncler.

Fuente 26: Rutas hacia los almacenes mediante GLPK.



Fuente: Creación propia.

Al comparar el resultado obtenido con este método con el de GLPK, podríamos pensar que este último es preferible, ya que nos da un resultado con una ruta menos. Si analizamos bien el resultado, el método Clarke & Wright tiene una función objetivo de 5444 mientras que el GLPK con una ruta más nos da una solución mucho mejor: 5057 km.

Podemos observar que el método C&W se acerca bastante a la solución óptima. Tanto la ruta verde como la azul son las mismas, En cuanto a la ruta roja, primero se desplaza a Sevilla, mientras que en el método de GLPK primero iba a Granada, además, la ruta de Toledo-Valencia antes eran dos rutas diferentes.

Como conclusión, en este caso si hubiese tenido un problema de carga computacional o tiempo para el GLPK este método hubiese sido una muy alternativa para sustituir el resultado.

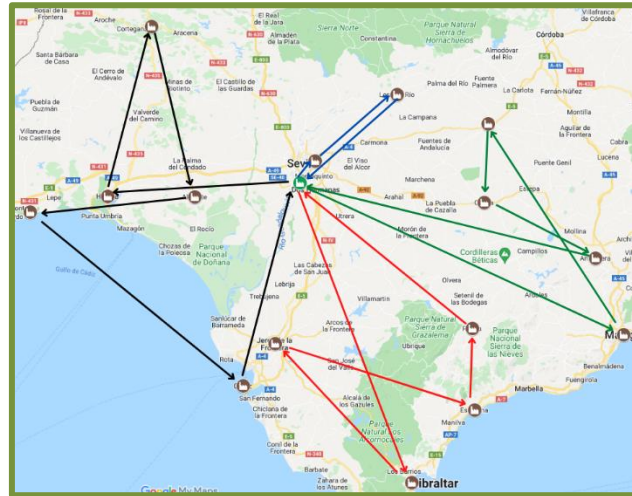
8.2. RUTAS ZONA DE REPARTO SEVILLA.

La solución que este método nos muestra para la zona de Sevilla es de cuatro rutas, con una función objetivo de 2138 km, lo que casi duplica la solución obtenida con GLPK.

- Ruta 1 (Verde): A. Sevilla-Málaga-Écija-Osuna-Antequera-A. Sevilla.
- Ruta 2 (Rojo): A. Sevilla-Algeciras-Jerez-Estepona-Ronda-A. Sevilla.
- Ruta 3 (Azul): A. Sevilla-Sevilla-Lora del Río-A. Sevilla.

- Ruta 4 (Negro): A. Sevilla-Huelva-Jabugo-Almonte-Isla Cristina-Cádiz-A. Sevilla.

Fuente 27: Rutas zona de Sevilla mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Aclaración: En GUSEK tuvimos que usar barrido para Sevilla, pero aquí no es necesario, ya que el barrido lo usamos para eliminar los problemas de tiempo y carga computacional, cosa que en Clark & Wright no encontramos.

Si comparamos el resultado obtenido con este método con el de GLPK, podríamos pensar que este es preferible, ya que nos da un resultado con una ruta menos. Sin embargo, si analizamos bien el resultado el Clarke & Wright, este tiene una función objetivo de 5444 mientras que el GLPK, con una ruta, nos da una solución mucho mejor: 5057 km.

Podemos ver que el método C&W no se acerca a la solución óptima, aunque al reducir el número de rutas pudiéramos pensar que lo haría. Como ya comentamos anteriormente, solo existe una solución óptima tenemos, aunque aproximadas podemos encontrar muchas y esta es una de las posibles.

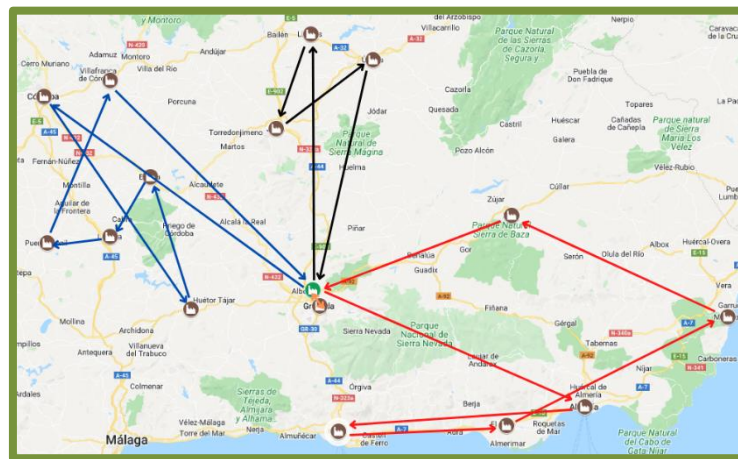
Finalmente, en este caso no podemos decir que este método haya sido una buena alternativa, pero no por ello tenemos que decir que estos métodos no son válidos, ya que, es posible que usando otro método podamos obtener una solución más cercana.

8.3. RUTAS ZONA DE REPARTO GRANADA.

La solución que este método nos muestra para la zona de influencia de Granada es de cuatro rutas con una función objetivo de 1930 km.

- Ruta 1 (Rojo): Peligros-Almería-Motril-El Ejido-Mojácar-Baza-Peligros.
- Ruta 2 (Negro): Peligros-Linares-Jaén-Úbeda-Peligros.
- Ruta 3 (Azul): Peligros-Córdoba-Loja-Baena-Lucena-Puente Genil-El Carpio-Peligros.
- Ruta 4 (Naranja): Peligros-Granada-Peligros.

Figura 28: Rutas zona de Granada mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Las rutas que obtenemos para la zona están formadas por los mismos nodos que las rutas obtenidas con GLPK, la única diferencia es que no siguen el mismo orden, con lo que podemos decir que no es suficiente con dividir los nodos en grupos, sino que también es necesario encontrar la forma de conectarlos.

Aunque la FO obtenida con C&W sea mucho mayor que la obtenida con GLPK, la forma en la que se dividen las rutas y en la que se establecen las rutas son muy similares entre ambos métodos, por ello podemos decir que sería un buen sustituto.

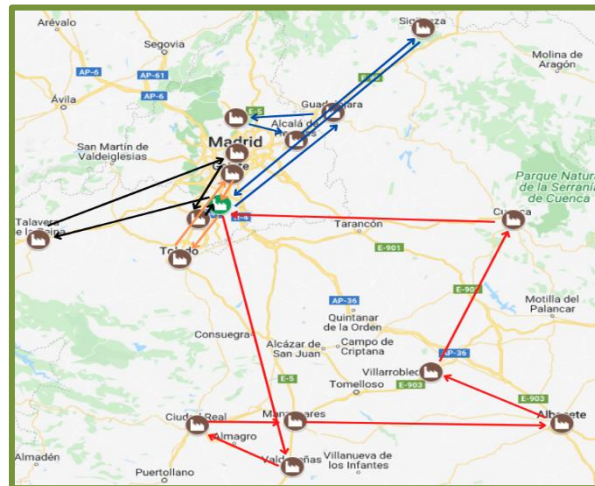
8.4. RUTAS ZONA DE REPARTO ILLESCAS.

La solución que este método nos muestra para la zona central en Illescas es de cuatro rutas con una función objetivo de 1761 km.

- Ruta 1 (Rojo): A. Illescas-Valdepeñas-Ciudad Real-Manzanares-Albacete-Villarrobledo-Cuenca-A. Illescas.

- Ruta 2 (Azul): A. Illescas-Guadalajara-Tres Cantos-Alcalá H.-Sigüenza- A. Illescas.
- Ruta 3 (Negro): A. Illescas-Talavera-Madrid-Illescas-A. Illescas.
- Ruta 4 (Naranja): A. Illescas-Toledo-Getafe-A. Illescas.

Figura 29: Rutas zona de Illescas mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Las rutas son completamente diferentes para el C&W, con lo que podríamos pensar que la solución es muy poco acertada, pero si nos fijamos en la FO vemos que no hay tanta diferencia.

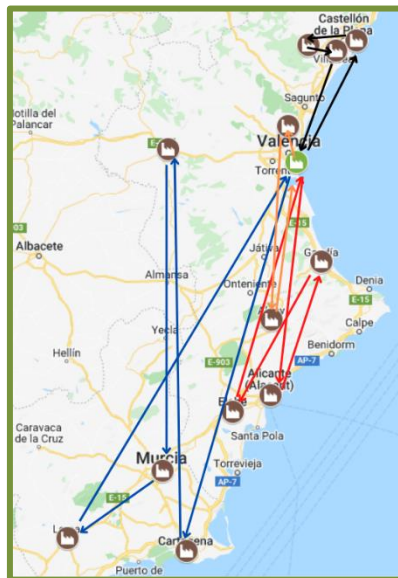
Por tanto, podemos decir que, aunque las rutas no son muy parecidas, lo que realmente importa es la FO y eso nos indica que este método podría ser una buena alternativa al GLPK en caso de ser necesario.

8.5. RUTAS ZONA DE REPARTO VALENCIA.

La solución que este método nos muestra para la zona levantina de Valencia es de cuatro rutas con una función objetivo de 1649 km.

- Ruta 1 (Negro): A. Valencia-Castellón-Onda-Villareal-A. Valencia.
- Ruta 2 (Rojo): A. Valencia-Alicante-Gandía-Elche- A. Valencia.
- Ruta 3 (Azul): A. Valencia-Cartagena-Requena-Murcia-Lorca-A. Valencia.
- Ruta 4 (Naranja): A. Valencia-Valencia-Alcoy-A. Valencia.

Figura 30: Rutas zona de Valencia mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

En este caso, las rutas que nos muestra no son muy acertadas. Podríamos pensar que la única ruta buena sería la ruta 1 pero, como ya hemos visto anteriormente, esto no significa nada y para ello deberíamos comparar con la FO.

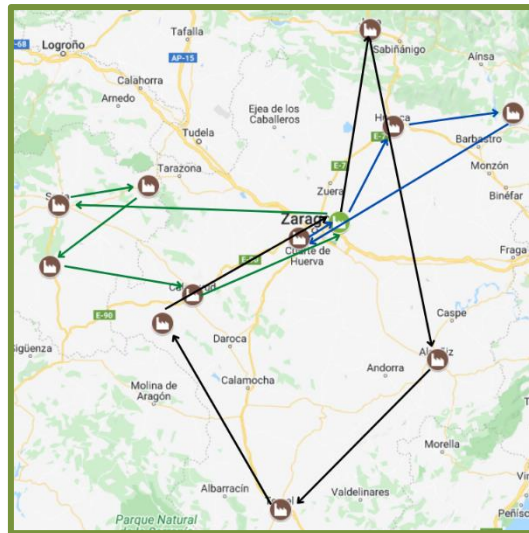
Al comparar la función objetivo obtenida en ambos métodos podemos ver que el C&W presenta una mucho más elevada, con lo que podemos decir que para esta zona no sería adecuado como sustituto. Pero no podemos descartar que algún otro método heurístico nos devuelva una solución más próxima a la óptima.

8.6. RUTAS ZONA DE REPARTO ZARAGOZA.

La solución que este método nos muestra para la zona de Zaragoza es de tres rutas con una función objetivo de 1616 km.

- Ruta 1 (Verde): A. Zaragoza-Soria-Agreda-Almazán-Calatayud-Zaragoza.
- Ruta 2 (Negro): A. Zaragoza-Jaca-Alcañiz-Teruel-Ibdes-A. Zaragoza.
- Ruta 3 (Azul): A. Zaragoza-Huesca-Graus-Zaragoza-A. Zaragoza.

Figura 31: Rutas zona de Zaragoza mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Las rutas que nos surgen con el C&W podemos decir que son buenas, parecen circulares y también siguen un recorrido sin muchos cambios bruscos, por lo que, a simple vista, podríamos decir que es una solución acertada.

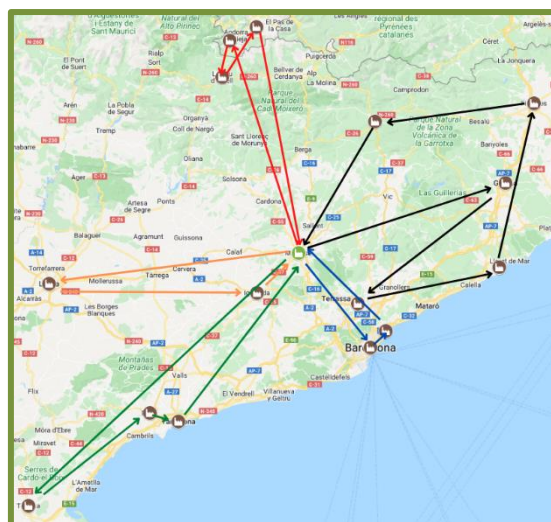
Para determinar lo buena que es dicha solución, como siempre debemos fijarnos en la FO que, como podemos observar, es algo mayor que la obtenida por el método exacto, lo que nos indica que la solución la podemos calificar como buena.

8.7. RUTAS ZONA DE REPARTO MANRESA.

La solución que este método nos muestra para la zona catalana con almacén en Manresa es de cinco rutas con una función objetivo de 1703 km.

- Ruta 1 (Rojo): Manresa-Andorra-La Seu Urgell-Encamp-Manresa.
- Ruta 2 (Verde): Manresa-Tortosa-Reus-Tarragona-Manresa.
- Ruta 3 (Azul): Manresa-Barcelona-Badalona-Manresa.
- Ruta 4 (Naranja): Manresa-Lleida-Igualada-Manresa.
- Ruta 5 (Negro): Manresa-Girona-Sabadell-Blanes-Figueres-Ripoll-Manresa.

Figura 32: Rutas zona de Cataluña mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Las rutas que nos salen con el C&W podemos decir que son muy buenas si las comparamos con el GLPK, además, parece que aparecen casi las mismas rutas, aunque hay algunas diferencias, como el cambio de algunos nodos a otras rutas y la dirección de las mismas.

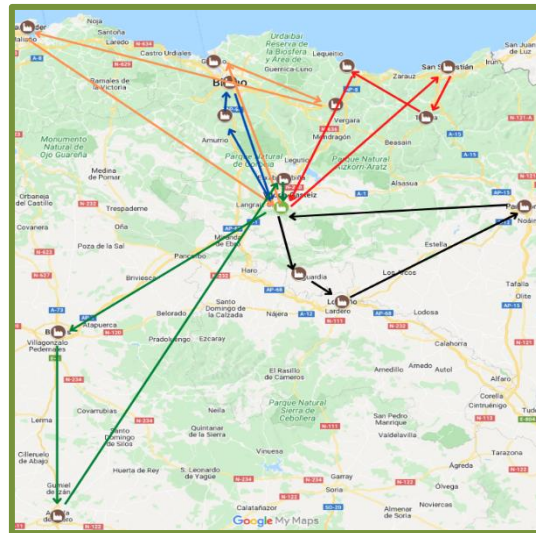
Si nos fijamos en la función objetivo, en el C&W es de 1703 km frente a los 1507 km, por lo que podemos decir que tiene una buena aproximación y en este caso este método representa una muy buena solución aproximada.

8.8. RUTAS ZONA DE REPARTO VITORIA-GASTEIZ.

La solución que este método nos muestra para la zona reparto con almacén en Vitoria es de cinco rutas con una función objetivo de 1594 km.

- Ruta 1 (Rojo): A. Vitoria-Donostia-Tolosa-Ondarra-A. Vitoria.
- Ruta 2 (Azul): A. Vitoria-Llodio-Bilbao-A. Vitoria.
- Ruta 3 (Negro): A. Vitoria-Leza-Logroño-Pamplona-A. Vitoria.
- Ruta 4 (Naranja): A. Vitoria-Getxo-Éibar-Santander-A. Vitoria.
- Ruta 5 (Verde): A. Vitoria-Burgos-Aranda-Vitoria-A. Vitoria.

Figura 33: Rutas zona de Vitoria-Gasteiz mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Las rutas que nos salen con el C&W son buenas y parecidas a las obtenidas en el GLPK, pero podemos observar que se dan muchas vueltas en las rutas, con lo que da la sensación de que supone un problema realizar rutas circulares.

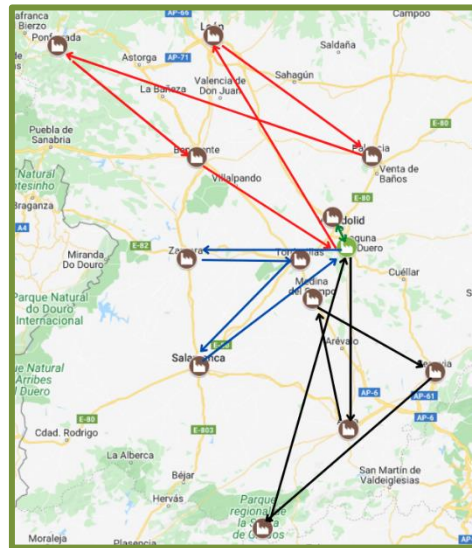
En cuanto a función objetivo, podemos decir que es la que más se aproxima a las obtenidas en el GLPK, por tanto, la obtención de una solución aproximada buena es muy satisfactoria.

8.9. RUTAS ZONA DE REPARTO VALLADOLID.

La solución que este método nos muestra para la zona reparto leonesa con almacén en Valladolid es de cinco rutas con una función objetivo de 1594 km.

- Ruta 1 (Negro): A. Valladolid-Ávila-Medina C.-Segovia-Candeleda-A. Valladolid.
- Ruta 2 (Rojo): A. Valladolid-León-Palencia-Ponferrada-Benavente-A. Valladolid.
- Ruta 3 (Azul): A. Valladolid-Zamora-Tordesillas-Salamanca-A. Valladolid.
- Ruta 4 (Verde): A. Valladolid-Valladolid-A. Valladolid.

Figura 34: Rutas zona de Valladolid mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

En este caso, las rutas que nos muestra no son muy acertadas, aunque hay muchos nodos cambiados de rutas. Además, las rutas no parecen seguir un orden, sino que parecen estar dispuestas de forma aleatoria.

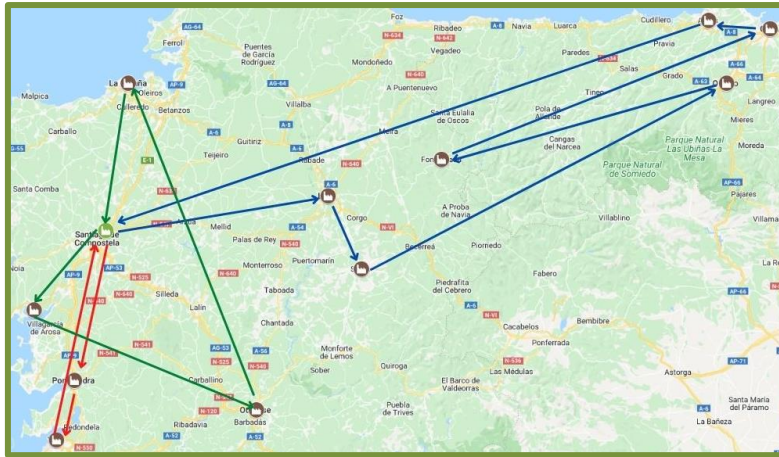
Comparando la función objetivo de ambos métodos, también podemos decir que no nos aporta un resultado muy bueno, ya que C&W supera por mucho al método exacto.

8.10. RUTAS ZONA DE REPARTO GALICIA.

La solución que este método nos muestra para la zona reparto gallega con almacén en Santiago de Compostela es de tres rutas con una función objetivo de 1717 km.

- Ruta 1 (Azul): Santiago-Lugo-Sarria-Oviedo-A Fonsagrada-Gijón-Avilés-Santiago.
- Ruta 2 (Rojo): Santiago-Pontevedra-Vigo-Santiago.
- Ruta 3 (Verde): Santiago-Rianxo-Ourense-A Coruña-Santiago

Figura 35: Rutas zona de Santiago mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación propia.

Solo hay una ruta similar a la obtenida con el método exacto, pero eso no quiere decir que las rutas que hemos obtenido sean malas. De hecho, podemos ver rutas bien ordenadas que siguen un cierto comportamiento circular.

Comparando la función objetivo de ambos métodos podemos decir que no se aporta un resultado muy bueno, ya que C&W supera por mucho al método exacto.

8.11. RUTAS ZONA DE REPARTO DE PORTUGAL.

Las rutas obtenidas para la zona de reparto al país vecino con almacén en Porto Alegre son tres con una función objetivo de 2486 km.

- Ruta 1 (Negro): A. Porto Alegre-Braga-Viseu-Aveiro-Faro-Beja-A. Porto Alegre.
- Ruta 2 (Rojo): A. Porto Alegre-Lisboa-Coímbra-Setúbal-A. Porto Alegre.
- Ruta 3 (Verde): A. Porto Alegre-Porto Alegre-Évora-A. Porto Alegre.

Figura 36: Rutas zona de Portugal mediante Clarke & Wright.



Fuente: Creación Propia.

Para la zona lusa, las rutas obtenidas son completamente diferentes, mostrando rutas cambiantes. Además, analizando la FO, también vemos cómo en el C&W es mucho mayor, estando más de 600 km por encima que la obtenida con GLPK.

9. COMPARATIVA DE AMBOS MÉTODOS.

Figura 37: Tabla comparativa de resultados.

	Número de Rutas		Función Objetivo	
	C & W	GLPK	C & W	GLPK
Yuncler (Almacén Central-Alamcenes)	4	5	5444	5057
Zona de reparto de Sevilla	4	5	2138	1644
Zona de reparto de Granada	4	4	1930	1168
Zona de reparto de Illescas	4	4	1716	1536
Zona de reparto de Valencia	4	4	2196	1649
Zona de reparto de Zaragoza	3	4	1616	1314
Zona de reparto de Manresa	5	5	1703	1507
Zona de reparto de Vitoria-Gasteiz	5	5	1594	1471
Zona de reparto de Valladolid	4	4	1848	1344
Zona de reparto de Santiago	3	3	1717	1335
Zona de reparto de Portugal	3	4	2486	1847
TOTAL	43	47	24388	19872

Fuente: Creación propia.

Como podemos observar en la tabla, y como bien podíamos intuir antes de hacer los cálculos con un método exacto, con el GLPK obtenemos una solución mucho mejor que con un método aproximado. En nuestro caso, usando el método de Clarke &

Wright, empeoramos la solución en 4516 km, es decir, tendríamos que recorrer mucha más distancia para entregar la mercancía. Si suponemos que para nuestra empresa el coste por kilómetro recorrido es de, por ejemplo, 3 €, a la empresa le supondría un coste de 13548 €.

Bien es cierto que, para ello, tendríamos que realizar 4 rutas más, pero si nos fijamos bien, y como ya mencionamos anteriormente, las rutas extras en la mayoría de los casos se hacen a nodos que están muy cerca del nodo central. Esto ocurre, por ejemplo, en el caso de la ruta 2 de la zona de Granada, donde hace una ruta extra para solo un nodo, pero solo recorre 20 km de más.

Aclaración: Las ilustraciones comparativas de ambos métodos las podemos encontrar en el “Anexo: Comparaciones.”

10. CONCLUSIÓN.

Al comienzo comentamos que los métodos exactos tenían una serie de problemas, como la necesidad de mucho tiempo de ejecución o la gran carga de memoria que necesitaban, lo que complicaba su ejecución. Para solventar estos problemas, se desarrollaron otros métodos: los heurísticos o aproximados, los cuales nos daban una solución muy cercana a la óptima.

Cierto es que, durante la resolución de los VRP, hemos sufrido los problemas de tiempo y memoria de los métodos exactos. Sin embargo, tenemos que decir que con un ordenador con una mayor potencia que con el que se han realizado los cálculos, posiblemente no hubiéramos tenido estos problemas, aunque para problemas con una cantidad de nodos muy elevada hubiera es inviable resolver un VRP con un ordenador doméstico.

Otro aspecto a tener en cuenta es que estos problemas se pueden evitar como nosotros lo hemos hecho, realizando barridos, aunque esto nos puede llevar a pensar que el resultado podría perder eficacia. Sin embargo, si nos fijamos en las rutas obtenidas en la mayoría de modelos, estas tienden a agruparse por zonas, por tanto, haciendo los barridos correctamente podríamos llegar a una solución óptima.

En cuanto a los métodos aproximados, a diferencia de los exactos, la solución no es única dependiendo el método utilizado, sino que esta puede ser diferente, por tanto, la dificultad reside en saber que método utilizar, ya que usar uno u otro puede significar empeorar la solución.

Otro de los problemas que nos podemos encontrar al usar los métodos exactos es el tiempo de cálculo, pero no es cierto que usar métodos heurísticos sea más rápido, para problemas con un número de nodos pequeños y con un ordenador bueno los métodos exactos son mucho más rápidos, dando la solución en pocos minutos mientras que los métodos aproximados, como en nuestro caso, nos pueden llevar horas. En cambio, si tenemos una gran cantidad de nodos, los métodos aproximados son mucho más rápidos.

Podríamos decir que, si lo que necesitamos es calcular rutas fijas en el tiempo las cuales suponen una inversión grande, por ejemplo, calcular las rutas ferroviarias o carreteras de un país, lo mejor es usar un método exacto; pero si las rutas van a ser cambiantes y no suponen un coste elevado, por ejemplo, las rutas a seguir cada día por una pequeña empresa de repartos, usar un método aproximado nos puede ayudar a ahorrar tiempo.

Pero no solo es importante saber que método usar, sino analizar bien la demanda, ya que resolver un problema con una estimación errónea de la demanda puede generar clientes insatisfechos o volver a repetir una ruta más de una vez para cubrir las necesidades.

Podemos concluir diciendo que la logística y el transporte es la parte más visible de una empresa, pero la más olvidada por muchos empresarios, los cuales no establecen rutas adecuadas y generan pérdidas innecesarias en sus empresas sin saber el motivo. Esto nos lleva a pensar que el reducir el coste del transporte nos ayuda a aumentar el beneficio sin la necesidad de aumentar los precios, con lo que la empresa puede ser muy competitiva.

BIBLIOGRAFÍA

[ARTÍCULO] Acevedo, Daniel (2021) *¿Qué es el algoritmo de ramificación y acotamiento*

[LIBRO] Anaya Tejero, Julio Juan (2015). *Logística integral. La gestión operativa de la empresa.*

[ON-LINE] Arboleda., J., López, A., y Lozano, Y. (2016). *El problema de ruteo de vehículos [VRP] y su aplicación en medianas empresas colombianas.*
<https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/786/622-12~1%20%281%29.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

[ON-LINE] Ascencio Laguna, José Alejandro, et al. (2018), *Asistente automático para diseño de rutas de distribución.*
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt538.pdf>

[ARTÍCULO] Burrows, Thomas (2014) *Online shopping 20 years on: It started with the secure purchase of a Sting album... now 95% of British people buy goods via internet retailers.*
<https://www.dailymail.co.uk/news/article-2722631/Online-shopping-20-years-It-started-secure-purchase-Sting-album-95-British-people-buy-goods-internet-retailers.html>

[ONLINE] Del Ángel-Martínez, Eduardo, et al. (2019) *Un nuevo algoritmo de ramificación y acotamiento para el problema de la bisección de vértices.*
https://rcs.cic.ipn.mx/2019_148_8/Un%20nuevo%20algoritmo%20de%20ramificacion%20y%20acotamiento%20para%20el%20problema%20de%20la%20biseccion%20de%20vertices.pdf

[LIBRO] Flores, José Luis y Álvarez, Manuel (2015). *Alternativa heurística para el problema de ruteo de vehículos: Solución sencilla al problema de ruteo de vehículos un método de centro de masas.*

[LIBRO] Galarcio Noguera, Jesús David, Hernández R., Helman E. y López P., Jorge M. (2018) *Diseño y aplicación de algoritmos al VRP para productos perecederos: Descubre la combinación entre la Búsqueda Tabú, la optimización por enjambre de partículas y el Algoritmo Cromático*

[ON-LINE] Lozano Gutiérrez, Geraldo Gabriel (2018), *Optimización de ruta de venta utilizando métodos de Clarke - Wright y de Barrido.*
<https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/629954/Optimizaci%C3%B3n%20de%20ruta%20de%20venta%20utilizando%20m%C3%A9todos%20de%20Clarke-Wright%20y%20de%20Barrido.pdf?sequence=1>

[ONLINE] Lüer, Armin, Benavente, et al. 2009) *El problema de rutas de vehículos: Extensiones y métodos de resolución, estado del arte.*
http://ceur-ws.org/Vol-558/Art_23.pdf

[ONLINE] Miguel, Fabio M., et al. (2018) *Ruteo de vehículos y programación de cargas en la distribución urbana de mercaderías con introducción de preferencias parciales en el proceso de toma de decisiones.*

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/113827/CONICET_Digital_Nro.c6009c1-dde0-444c-9693-212f7d96e8b0_G.pdf?sequence=8&isAllowed=y

[ARTÍCULO] Observatorio Cetelem (2021) *¿Qué es lo que más compran los españoles por Internet?*

<https://elobservatoriocetelem.es/estadisticas-compras-online-espana/#:~:text=De%20hecho%2C%20un%20estudio%20realizado,online%20es%20de%2042%20a%C3%B1os>

[LIBRO] Oki, Eiji. (2013), *Linear programming and algorithms for communication networks : a practical guide to network design, control, and management.*

[WEB] Pascual, Alberto (2021), *Clarke y Wright aproximación para resolver VRP.*
<https://www.apascualco.com/algoritmos/clarke-y-wright-aproximacion-greedy-para-resolver-vrp/>

[WEB] Unisolutions News (2022). *Qué es el VRP y cuáles son sus variantes.*
<https://unisolutionsnews.wordpress.com/2016/08/22/que-es-el-vrp-y-cuales-son-sus-variantes/>

ANEXO:
Fichero .mod y .dat

FICHERO .mod

PARÁMETROS A

```
param n, integer, >= 3; # Número de Nodos
param C; # Capacidad de los vehículos. Es este modelo se supone la misma
capacidad para todos los vehículos
param nr; # nº de rutas
```

CONJUNTOS

```
set N:=1..n; # Conjunto de Nodos
set N0:= 2..n; # Conjunto de Nodos menos el origen
set A:= setof{(i,j) in N cross N} (i,j); # Conjunto de Arcos
set K:=1..nr; #Conjunto de Rutas. No puede haber más rutas que nodos
# set K:=1..n-1; #Conjunto de Rutas. No puede haber más rutas que nodos
```

PARÁMETROS B

```
param D{(i,j) in A}; # Distancia entre los nodos i y j
param d{i in N0}; # Demanda d en los nodos i
```

VARIABLES

```
var x{(i,j) in A, k in K}, binary; # xijk toma el valor 1 si el arco (i,j) se
asocia a la ruta k, 0 en otro caso.
var y{i in N, k in K}, binary; # yik = 1 si el nodo i es servido por la ruta k,
0 en otro caso.
var u{i in N, k in K}, >=0; # Variable de Flujo auxiliar para las MTZ
# var nr; # Contador del nº rutas de las posibles, que finalmente se ejecutan
```

FUNCIÓN OBJETIVO: minimizar la distancia total recorrida

```
minimize F0: sum {(i,j) in A: i!=j} D[i,j]*sum{k in K} x[i,j,k];
```

RESTRICCIONES

```
subject to R1 {i in N0}: sum{k in K} y[i,k] = 1;
subject to R2: sum{k in K} y[1,k] = nr;
subject to R3 {i in N, k in K}: sum{j in N: i!=j} x[i,j,k]= sum{j in N: i!=j}
x[j,i,k];
subject to R4 {i in N, k in K}: sum{j in N: i!=j} x[i,j,k]= y[i,k];
subject to R5 {k in K}: sum{i in N0} d[i]*y[i,k]<=C;
subject to R6 {i in N0, j in N0, k in K: d[i]+d[j]<=C}:
u[i,k]-u[j,k]+C*x[i,j,k]<= C-d[j];
subject to R7 {i in N0, k in K}: d[i]<= u[i,k]<= C;
```


FICHERO .dat

param n:=16;
param C:=1200;
param nr:=6;

param D:

	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			12	13	14	15	16:=				
1	120	89	0	4	96	95	68	93	109	136	68
2		4	0	86	87	57	92	110	136	68	
121	90		184	205	227	161	133				
3		96	86	0	36	51	180	190	223	155	
204	174		267	134	218	90	108				
4		95	87	36	0	64	186	194	229	161	
172	142		234	118	203	74	74				
5		68	57	51	64	0	151	161	194	126	
175	145		238	183	281	140	136				
6		93	92	180	186	151	0	103	48	50	
210	179		272	303	315	259	222				
7		109	110	190	194	161	103	0	146	106	
226	196		286	319	332	276	238				
8		136	136	223	229	194	48	146	0	93	
252	222		315	345	358	302	264				
9		68	68	155	161	126	50	106	93	0	
184	154		246	277	290	234	196				
10		120	121	204	172	175	210	226	252	184	
0	36	104		236	147	244	145				
11		89	90	174	142	145	179	196	222	154	
36	0		97	229	141	173	115				
12		182	184	267	234	238	272	286	315	246	
104	97		0	139	50	183	115				
13		213	205	134	118	183	303	319	345	277	
236	229		139	0	90	51	102				
14		225	227	218	203	281	315	332	358	290	
147	141		50	90	0	135	67				
15		169	161	90	74	140	259	276	302	234	
244	173		183	51	135	0	87				
16		129	133	108	74	136	222	238	264	196	
145	115		115	102	67	87	0;				

param d:=

2	500
3	200
4	100
5	400
6	420
7	130
8	150
9	100
10	350

11
12
13
14
15
16

215
365
526
450
126
145;

ANEXO:
Soluciones Clarke &
Wright

RUTA DE REPARTO ALMACENES

	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A0	0	506	381	12	399	383	631	406	250	647	438
A1	506	0	257	515	675	852	1022	811	579	891	285
A2	381	257	0	391	459	723	875	753	616	1013	532
A3	12	515	391	0	386	358	611	387	241	638	420
A4	399	675	459	386	0	329	386	562	573	970	802
A5	383	852	723	358	329	0	253	258	377	784	733
A6	631	1022	875	611	386	253	0	511	485	1036	1036
A7	406	811	753	387	562	258	511	0	235	586	685
A8	250	579	616	241	573	377	485	235	0	445	453
A9	647	891	1013	638	970	784	1036	586	445	0	523
A10	438	285	532	420	802	783	1036	685	453	523	0

Solución mediante Clarke & Wright RD 5444

Ruta 1	0-5-6-0
Ruta 2	0-7-9-8-0
Ruta 3	0-1-2-10-0
Ruta 4	0-3-4-0

Demanda Total	39017
Nº de Rutas mín.	5
Rutas básicas	0-1-0 0-2-0 0-3-0 0-4-0 0-5-0
	0-6-0 0-7-0 0-8-0 0-9-0 0-10-0
Distancia	8026

Ahorros											
A1-2	630	A2-3	2	A3-4	-15	A4-5	413	A5-6	761	A6-7	526
A1-3	3	A2-4	281	A3-5	37	A4-6	604	A5-7	531	A6-8	196
A1-4	190	A2-5	41	A3-6	32	A4-7	196	A5-8	256	A6-9	242
A1-5	37	A2-6	137	A3-7	31	A4-8	36	A5-9	246	A6-10	33
A1-6	115	A2-7	34	A3-8	21	A4-9	36	A5-10	38		
A1-7	101	A2-8	15	A3-9	21	A4-10	-5				
A1-8	177	A2-9	15	A3-10	30						
A1-9	262	A2-10	287								
A1-10	659										

Tabla Ahorros											
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A0											
A1			630	3	190	37	115	101	177	262	659
A2				2	281	41	137	34	15	15	287
A3					-15	37	32	31	21	21	30
A4						413	604	196	36	36	-5
A5							761	531	256	246	38
A6								526	196	242	33
A7									421	467	159
A8										452	235
A9											562
A10											

		Demanda	Rutas
A0	C Automovil, 82, 45529 Yuncder, Toledo		
A1	Av. Santucar de Barrameda, 41011, Sevilla	4177	4
A2	C Granada, 17, 18210, Peligros, Granada	3644	4
A3	C Lirios, 43200 Ilescas, Toledo	4075	4
A4	Grao, 44012, Valencia	4094	4
A5	C E, 26, 50015 Zaragoza	3322	3
A6	Carrer de Caleta Menca, 4, 08243 Manresa, Barcelona	5191	5
A7	C Paduleta, 16, 01015 Mtona-Gasteiz, Alava	4960	5
A8	C Me Falla un Tomillo, 47195 Arroyo de la Encomienda, Vall	3426	3
A9	Rua de Polonia, 4-32, 15707 Santiago de Compostela, A Cor	3223	3
A10	R Luis de Sousa Gomes 2, 7300-038 Portalegre, Portugal	2898	3
	Trailer:	12000	39017,00
	Euroconet	1200	3,25

Orden			Ruta A	Dt A	Ruta B	Dt B	Dt T	Dt Max	Ruta PSB	Apto	RUTAS	FO
1	761	R-5-6	0-5-0	3329	0-6-0	5191	8520	12000	0-5-6-0	S	0-5-6-0	1267
2	659	R-1-10	0-1-0	4177	0-10-0	2898	7075	12000	0-1-10-0	S	0-7-9-8-0	1733
3	630	R-1-2	0-1-10-0	7075	0-2-0	3644	10719	12000		NO	0-1-2-10-0	1687
4	604	R-4-6	0-5-6-0	8520	0-4-0	4094	12614	12000		NO	0-3-4-0	757
5	562	R-9-10	0-1-10-0	7075	0-9-0	3223	10298	12000		NO		
6	531	R-5-7	0-5-6-0	8520	0-7-0	4960	13480	12000		NO		
7	526	R-6-7	0-5-6-0	8520	0-7-0	4960	13480	12000		NO		
8	467	R-7-9	0-7-0	4960	0-9-0	3223	8163	12000	0-7-9-0	S		
9	452	R-8-7	0-7-9-0	8163	0-8-0	3426	11607	12000	0-7-9-8-0	S		
10	421	R-7-8						12000		NO		
11	413	R-4-5	0-5-6-0	8520	0-4-0	4094	12614	12000		NO		
12	287	R-2-10	0-1-10-0	7075	0-2-0	3644	10719	12000	0-1-2-10-0	S		
13	281	R-2-4					0	12000		NO		
14	262	R-1-9					0	12000		NO		
15	256	R-5-8					0	12000		NO		
16	246	R-5-9					0	12000		NO		
17	242	R-6-9					0	12000		NO		
18	235	R-8-10					0	12000		NO		
19	196	R-4-7					0	12000		NO		
20	196	R-6-8					0	12000		NO		
21	190	R-1-4					0	12000		NO		
22	177	R-1-8					0	12000		NO		
23	159	R-7-10					0	12000		NO		
24	137	R-2-6					0	12000		NO		
25	115	R-1-6					0	12000		NO		
26	101	R-1-7					0	12000		NO		
27	41	R-2-5					0	12000		NO		
28	38	R-5-10					0	12000		NO		
29	37	R-1-5					0	12000		NO		
30	37	R-3-5					0	12000		NO		
31	36	R-4-8					0	12000		NO		
32	36	R-4-9					0	12000		NO		
33	34	R-2-7					0	12000		NO		
34	33	R-6-10					0	12000		NO		
35	32	R-3-6					0	12000		NO		
36	31	R-3-7					0	12000		NO		
37	30	R-3-10					0	12000		NO		
38	21	R-3-8					0	12000		NO		
39	21	R-3-9					0	12000		NO		
40	15	R-2-8					0	12000		NO		
41	15	R-2-9					0	12000		NO		
42	3	R-1-3					0	12000		NO		
43	2	R-1-4					0	12000		NO		
44	-5	R-4-10					0	12000		NO		
45	-15	R-3-4	0-3-0	4075	0-4-0	4096	8771	12000	0-3-4-0	S		

ZONA REPARTO SEMILLA

	AI	AI-1	AI-2	AI-3	AI-4	AI-5	AI-6	AI-7	AI-8	AI-9	AI-10	AI-11	AI-12	AI-13	AI-14	AI-15
AI	0	4	96	95	68	93	109	136	68	120	89	182	213	225	169	129
AI-1	4	0	86	87	57	92	110	136	68	121	90	184	205	227	161	133
AI-2	96	86	0	36	51	180	190	223	155	204	174	267	136	218	90	108
AI-3	95	87	36	0	64	186	194	229	161	172	162	234	118	203	74	74
AI-4	68	57	51	64	0	151	161	194	126	175	145	238	185	28	140	136
AI-5	93	92	180	184	151	0	103	68	60	210	179	272	303	315	259	222
AI-6	109	110	190	194	161	103	0	146	106	226	196	286	319	332	276	238
AI-7	136	136	229	229	194	68	146	0	93	262	222	315	345	358	302	264
AI-8	68	68	155	161	126	50	106	93	0	184	154	246	277	290	234	196
AI-9	120	121	204	172	175	210	226	252	184	0	36	104	236	147	244	145
AI-10	89	90	174	242	145	179	196	222	154	36	0	97	225	141	173	115
AI-11	182	184	267	234	238	272	286	315	244	184	97	0	139	50	183	115
AI-12	213	205	136	118	183	303	319	345	277	236	229	139	0	90	51	102
AI-13	225	227	218	203	281	315	332	358	290	167	161	50	90	0	135	67
AI-14	169	161	90	74	140	259	276	302	234	244	173	183	51	135	0	87
AI-15	129	133	108	74	136	222	238	264	196	145	115	115	102	67	87	0

Zona Este									
	AI	AI-2	AI-3	AI-4	AI-11	AI-12	AI-13	AI-14	AI-15
AI	0	96	95	68	182	213	225	169	129
AI-2	96	0	36	51	267	134	218	90	108
AI-3	95	36	0	64	234	118	203	74	74
AI-4	68	51	64	0	238	183	281	140	136
AI-11	182	267	234	238	0	139	50	183	115
AI-12	213	134	118	183	139	0	90	51	102
AI-13	225	218	203	281	50	90	0	165	67
AI-14	169	90	74	140	183	51	165	0	87
AI-15	129	108	74	136	115	102	67	87	0

Zona Oeste									
	AI	AI-1	AI-5	AI-6	AI-7	AI-8	AI-9	AI-10	
AI	0	4	93	109	136	68	120	89	
AI-1	4	0	92	110	136	68	121	90	
AI-5	93	92	0	103	68	50	210	179	
AI-6	109	110	103	0	166	106	226	196	
AI-7	136	136	68	146	0	93	262	222	
AI-8	68	68	50	106	93	0	184	154	
AI-9	120	121	210	226	252	184	0	36	
AI-10	89	90	179	196	222	154	36	0	

Solucion mediante Clarke & Wright FO 2138

Ruta 1	0-12-2-3-14-0
Ruta 2	0-11-10-13-15-0
Ruta 3	0-1-4-0
Ruta 4	0-5-6-8-7-9-0

Demanda total		4177							
N de Rutas min		4							
Rutas basicas		0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	0-5-0	0-6-0	0-7-0	0-8-0
Distancia		0-9-0	0-10-0	0-11-0	0-12-0	0-13-0	0-14-0	0-15-0	
		3692							

Ahorros		AI-2-3	AI-3-4	AI-4-5	AI-5-6	AI-6-7	AI-7-8	AI-8-9	AI-9-10	AI-10-11	AI-11-12	AI-12-13	AI-13-14	AI-14-15	AI-15-0
AI-1-2	14	113	2	16	181	71	4	3	4	3	2	12	2	12	0
AI-1-3	12	113	2	16	181	71	4	3	4	3	2	12	2	12	0
AI-1-4	15	AI-2-5	9	AI-3-4	10	AI-4-5	10	AI-5-6	111	AI-6-7	3	AI-7-8	3	AI-8-9	4
AI-1-5	5	AI-2-6	15	AI-3-7	2	AI-4-8	10	AI-5-9	3	AI-6-10	2	AI-7-11	3	AI-8-12	4
AI-1-6	3	AI-2-7	9	AI-3-8	2	AI-4-9	13	AI-5-10	3	AI-6-11	5	AI-7-12	4	AI-8-13	3
AI-1-7	4	AI-2-8	9	AI-3-9	43	AI-4-10	12	AI-5-11	3	AI-6-12	3	AI-7-13	3	AI-8-14	3
AI-1-8	4	AI-2-9	12	AI-3-10	42	AI-4-11	12	AI-5-12	3	AI-6-13	2	AI-7-14	3	AI-8-15	1
AI-1-9	3	AI-2-10	11	AI-3-11	43	AI-4-12	98	AI-5-13	3	AI-6-14	2	AI-7-15	1		
AI-1-10	3	AI-2-11	11	AI-3-12	190	AI-4-13	12	AI-5-14	3	AI-6-15	0				
AI-1-11	2	AI-2-12	175	AI-3-13	117	AI-4-14	97	AI-5-15	0						
AI-1-12	12	AI-2-13	103	AI-3-14	190	AI-4-15	61								
AI-1-13	2	AI-2-14	175	AI-3-15	150										
AI-1-14	12	AI-2-15	117												
AI-1-15	0														

	AI	AI-1	AI-2	AI-3	AI-4	AI-5	AI-6	AI-7	AI-8	AI-9	AI-10	AI-11	AI-12	AI-13	AI-14	AI-15
AI																
AI-1			14	12	15	5	3	4	4	3	3	2	12	2	12	0
AI-2				155	9	15	9	9	12	11	11	175	103	175	117	
AI-3					99	2	10	2	2	43	42	43	190	117	190	150
AI-4						10	16	10	10	13	12	12	98	12	97	61
AI-5							99	181	111	3	3	3	3	3	3	0
AI-6								99	71	3	2	5	3	2	2	0
AI-7									111	4	3	3	4	3	3	1
AI-8										4	3	4	4	3	3	
AI-9											173	198	97	198	45	104
AI-10												174	73	173	85	103
AI-11													256	387	168	196
AI-12														348	331	240
AI-13															297	287
AI-14																211
AI-15																

Orden		Ruta A	Ruta B	Ruta C	Ruta D	Ruta E	Ruta F	Ruta G	Ruta H	Ruta I	Ruta J	Ruta K	Ruta L	Ruta M	Ruta N	Ruta O	Ruta P	Ruta Q	Ruta R	Ruta S	Ruta T	Ruta U	Ruta V	Ruta W	Ruta X	Ruta Y	Ruta Z	Ruta AA	Ruta AB	Ruta AC	Ruta AD	Ruta AE	Ruta AF	Ruta AG	Ruta AH	Ruta AI	Ruta AJ	Ruta AK	Ruta AL	Ruta AM	Ruta AN	Ruta AO	Ruta AP	Ruta AQ	Ruta AR	Ruta AS	Ruta AT	Ruta AU	Ruta AV	Ruta AW	Ruta AX	Ruta AY	Ruta AZ	Ruta BA	Ruta BB	Ruta BC	Ruta BD	Ruta BE	Ruta BF	Ruta BG	Ruta BH	Ruta BI	Ruta BJ	Ruta BK	Ruta BL	Ruta BM	Ruta BN	Ruta BO	Ruta BP	Ruta BQ	Ruta BR	Ruta BS	Ruta BT	Ruta BU	Ruta BV	Ruta BW	Ruta BX	Ruta BY	Ruta BZ	Ruta CA	Ruta CB	Ruta CC	Ruta CD	Ruta CE	Ruta CF	Ruta CG	Ruta CH	Ruta CI	Ruta CJ	Ruta CK	Ruta CL	Ruta CM	Ruta CN	Ruta CO	Ruta CP	Ruta CQ	Ruta CR	Ruta CS	Ruta CT	Ruta CU	Ruta CV	Ruta CW	Ruta CX	Ruta CY	Ruta CZ	Ruta DA	Ruta DB	Ruta DC	Ruta DD	Ruta DE	Ruta DF	Ruta DG	Ruta DH	Ruta DI	Ruta DJ	Ruta DK	Ruta DL	Ruta DM	Ruta DN	Ruta DO	Ruta DP	Ruta DQ	Ruta DR	Ruta DS	Ruta DT	Ruta DU	Ruta DV	Ruta DW	Ruta DX	Ruta DY	Ruta DZ	Ruta EA	Ruta EB	Ruta EC	Ruta ED	Ruta EE	Ruta EF	Ruta EG	Ruta EH	Ruta EI	Ruta EJ	Ruta EK	Ruta EL	Ruta EM	Ruta EN	Ruta EO	Ruta EP	Ruta EQ	Ruta ER	Ruta ES	Ruta ET	Ruta EU	Ruta EV	Ruta EW	Ruta EX	Ruta EY	Ruta EZ	Ruta FA	Ruta FB	Ruta FC	Ruta FD	Ruta FE	Ruta FF	Ruta FG	Ruta FH	Ruta FI	Ruta FJ	Ruta FK	Ruta FL	Ruta FM	Ruta FN	Ruta FO	Ruta FP	Ruta FQ	Ruta FR	Ruta FS	Ruta FT	Ruta FU	Ruta FV	Ruta FW	Ruta FX	Ruta FY	Ruta FZ	Ruta GA	Ruta GB	Ruta GC	Ruta GD	Ruta GE	Ruta GF	Ruta GG	Ruta GH	Ruta GI	Ruta GJ	Ruta GK	Ruta GL	Ruta GM	Ruta GN	Ruta GO	Ruta GP	Ruta GQ	Ruta GR	Ruta GS	Ruta GT	Ruta GU	Ruta GV	Ruta GW	Ruta GX	Ruta GY	Ruta GZ	Ruta HA	Ruta HB	Ruta HC	Ruta HD	Ruta HE	Ruta HF	Ruta HG	Ruta HH	Ruta HI	Ruta HJ	Ruta HK	Ruta HL	Ruta HM	Ruta HN	Ruta HO	Ruta HP	Ruta HQ	Ruta HR	Ruta HS	Ruta HT	Ruta HU	Ruta HV	Ruta HW	Ruta HX	Ruta HY	Ruta HZ	Ruta IA	Ruta IB	Ruta IC	Ruta ID	Ruta IE	Ruta IF	Ruta IG	Ruta IH	Ruta II	Ruta IJ	Ruta IK	Ruta IL	Ruta IM	Ruta IN	Ruta IO	Ruta IP	Ruta IQ	Ruta IR	Ruta IS	Ruta IT	Ruta IU	Ruta IV	Ruta IW	Ruta IX	Ruta IY	Ruta IZ	Ruta JA	Ruta JB	Ruta JC	Ruta JD	Ruta JE	Ruta JF	Ruta JG	Ruta JH	Ruta JI	Ruta JJ	Ruta JK	Ruta JL	Ruta JM	Ruta JN	Ruta JO	Ruta JP	Ruta JQ	Ruta JR	Ruta JS	Ruta JT	Ruta JU	Ruta JV	Ruta JW	Ruta JX	Ruta JY	Ruta JZ	Ruta KA	Ruta KB	Ruta KC	Ruta KD	Ruta KE	Ruta KF	Ruta KG	Ruta KH	Ruta KI	Ruta KJ	Ruta KK	Ruta KL	Ruta KM	Ruta KN	Ruta KO	Ruta KP	Ruta KQ	Ruta KR	Ruta KS	Ruta KT	Ruta KU	Ruta KV	Ruta KW	Ruta KX	Ruta KY	Ruta KZ	Ruta LA	Ruta LB	Ruta LC	Ruta LD	Ruta LE	Ruta LF	Ruta LG	Ruta LH	Ruta LI	Ruta LJ	Ruta LK	Ruta LL	Ruta LM	Ruta LN	Ruta LO	Ruta LP	Ruta LQ	Ruta LR	Ruta LS	Ruta LT	Ruta LU	Ruta LV	Ruta LW	Ruta LX	Ruta LY	Ruta LZ	Ruta MA	Ruta MB	Ruta MC	Ruta MD	Ruta ME	Ruta MF	Ruta MG	Ruta MH	Ruta MI	Ruta MJ	Ruta MK	Ruta ML	Ruta MM	Ruta MN	Ruta MO	Ruta MP	Ruta MQ	Ruta MR	Ruta MS	Ruta MT	Ruta MU	Ruta MV	Ruta MW	Ruta MX	Ruta MY	Ruta MZ	Ruta NA	Ruta NB	Ruta NC	Ruta ND	Ruta NE	Ruta NF	Ruta NG	Ruta NH	Ruta NI	Ruta NJ	Ruta NK	Ruta NL	Ruta NM	Ruta NO	Ruta NP	Ruta NQ	Ruta NR	Ruta NS	Ruta NT	Ruta NU	Ruta NV	Ruta NW	Ruta NX	Ruta NY	Ruta NZ	Ruta OA	Ruta OB	Ruta OC	Ruta OD	Ruta OE	Ruta OF	Ruta OG	Ruta OH	Ruta OI	Ruta OJ	Ruta OK	Ruta OL	Ruta OM	Ruta ON	Ruta OO	Ruta OP	Ruta OQ	Ruta OR	Ruta OS	Ruta OT	Ruta OU	Ruta OV	Ruta OW	Ruta OX	Ruta OY	Ruta OZ	Ruta PA	Ruta PB	Ruta PC	Ruta PD	Ruta PE	Ruta PF	Ruta PG	Ruta PH	Ruta PI	Ruta PJ	Ruta PK	Ruta PL	Ruta PM	Ruta PN	Ruta PO	Ruta PP	Ruta PQ	Ruta PR	Ruta PS	Ruta PT	Ruta PU	Ruta PV	Ruta PW	Ruta PX	Ruta PY	Ruta PZ	Ruta QA	Ruta QB	Ruta QC	Ruta QD	Ruta QE	Ruta QF	Ruta QG	Ruta QH	Ruta QI	Ruta QJ	Ruta QK	Ruta QL	Ruta QM	Ruta QN	Ruta QO	Ruta QP	Ruta QQ	Ruta QR	Ruta QS	Ruta QT	Ruta QU	Ruta QV	Ruta QW	Ruta QX	Ruta QY	Ruta QZ	Ruta RA	Ruta RB	Ruta RC	Ruta RD	Ruta RE	Ruta RF	Ruta RG	Ruta RH	Ruta RI	Ruta RJ	Ruta RK	Ruta RL	Ruta RM	Ruta RN	Ruta RO	Ruta RP	Ruta RQ	Ruta RR	Ruta RS	Ruta RT	Ruta RU	Ruta RV	Ruta RW	Ruta RX	Ruta RY	Ruta RZ	Ruta SA	Ruta SB	Ruta SC	Ruta SD	Ruta SE	Ruta SF	Ruta SG	Ruta SH	Ruta SI	Ruta SJ	Ruta SK	Ruta SL	Ruta SM	Ruta SN	Ruta SO	Ruta SP	Ruta SQ	Ruta SR	Ruta SS	Ruta ST	Ruta SU	Ruta SV	Ruta SW	Ruta SX	Ruta SY	Ruta SZ	Ruta TA	Ruta TB	Ruta TC	Ruta TD	Ruta TE	Ruta TF	Ruta TG	Ruta TH	Ruta TI	Ruta TJ	Ruta TK	Ruta TL	Ruta TM	Ruta TN	Ruta TO	Ruta TP	Ruta TQ	Ruta TR	Ruta TS	Ruta TT	Ruta TU	Ruta TV	Ruta TW	Ruta TX	Ruta TY	Ruta TZ	Ruta UA	Ruta UB	Ruta UC	Ruta UD	Ruta UE	Ruta UF	Ruta UG	Ruta UH	Ruta UI	Ruta UJ	Ruta UK	Ruta UL	Ruta UM	Ruta UN	Ruta UO	Ruta UP	Ruta UQ	Ruta UR	Ruta US	Ruta UT	Ruta UY	Ruta UZ	Ruta VA	Ruta VB	Ruta VC	Ruta VD	Ruta VE	Ruta VF	Ruta VG	Ruta VH	Ruta VI	Ruta VJ	Ruta VK	Ruta VL	Ruta VM	Ruta VN	Ruta VO	Ruta VP	Ruta VQ	Ruta VR	Ruta VS	Ruta VT	Ruta VU	Ruta VV	Ruta VW	Ruta VX	Ruta VY	Ruta VZ	Ruta WA	Ruta WB	Ruta WC	Ruta WD	Ruta WE	Ruta WF	Ruta WG	Ruta WH	Ruta WI	Ruta WJ	Ruta WK	Ruta WL	Ruta WM	Ruta WN	Ruta WO	Ruta WP	Ruta WQ	Ruta WR	Ruta WS	Ruta WT	Ruta WU	Ruta WV	Ruta WW	Ruta WX	Ruta WY	Ruta WZ	Ruta XA	Ruta XB	Ruta XC	Ruta XD	Ruta XE	Ruta XF	Ruta XG	Ruta XH	Ruta XI	Ruta XJ	Ruta XK	Ruta XL	Ruta XM	Ruta XN	Ruta XO	Ruta XP	Ruta XQ	Ruta XR	Ruta XS	Ruta XT	Ruta XU	Ruta XV	Ruta XW	Ruta XX	Ruta XY	Ruta XZ	Ruta YA	Ruta YB	Ruta YC	Ruta YD	Ruta YE	Ruta YF	Ruta YG	Ruta YH	Ruta YI	Ruta YJ	Ruta YK	Ruta YL	Ruta YM	Ruta YN	Ruta YO	Ruta YP	Ruta YQ	Ruta YR	Ruta YS	Ruta YT	Ruta YU	Ruta YV	Ruta YW	Ruta YX	Ruta YY	Ruta YZ	Ruta ZA	Ruta ZB	Ruta ZC	Ruta ZD	Ruta ZE	Ruta ZF	Ruta ZG	Ruta ZH	Ruta ZI	Ruta ZJ	Ruta ZK	Ruta ZL	Ruta ZM	Ruta ZN	Ruta ZO	Ruta ZP	Ruta ZQ	Ruta ZR	Ruta ZS	Ruta ZT	Ruta ZU	Ruta ZV	Ruta ZW	Ruta ZX	Ruta ZY	Ruta ZZ
1	357	R-11-13	0-11-0	3A5	0-13-0	6D8	8D5	1200		Ruta FSB																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							</																																																																																																																									

13	190	R-3-14					0	1200		NO
14	181	R-5-7	0-5-0	420	0-7-0	150	570	1200	0-5-7-0	S
15	175	R-2-12	12-3-14	752	0-2-0	200	952	1200	0-12-2-3-14-0	S
16	175	R-2-14					0	1200		NO
17	174	R-10-11	11-13-15	960	0-10-0	215	1175	1200	0-11-10-13-15-0	S
18	173	R-9-10					0	1200		NO
19	173	R-10-13					0	1200		NO
20	168	R-11-14					0	1200		NO
21	155	R-2-3					0	1200		NO
22	150	R-3-15					0	1200		NO
23	117	R-2-15					0	1200		NO
24	117	R-3-13					0	1200		NO
25	113	R-2-4					0	1200		NO
26	111	R-5-8	0-5-7-0	570	0-8-0	100	670	1200	0-5-8-7-0	S
27	111	R-7-8					0	1200		NO
28	104	R-9-15	11-10-13-1	1175	0-9-0	350	1525	1200		NO
29	102	R-2-11					0	1200		NO
30	108	R-10-15					0	1200		NO
31	99	R-3-4					0	1200		NO
32	99	R-5-6	0-5-8-7-1	670	0-6-0	130	800	1200	0-5-8-7-0	S
33	99	R-6-7					0	1200		NO
34	86	R-4-12	12-2-3-14	952	0-4-0	400	1352	1200		NO
35	97	R-4-14					0	1200		NO
36	97	R-9-12	12-2-3-14	952	0-9-0	350	1302	1200		NO
37	85	R-10-14					0	1200		NO
38	73	R-10-12					0	1200		NO
39	71	R-6-8					0	1200		NO
40	61	R-4-15					0	1200		NO
41	45	R-9-14	12-2-3-14	952	0-9-0	350	1302	1200		NO
42	43	R-3-9					0	1200		NO
43	43	R-3-11					0	1200		NO
44	42	R-3-10					0	1200		NO
45	16	R-4-6					0	1200		NO
46	15	R-1-4	0-1-0	500	0-4-0	400	900	1200	0-1-4-0	S
47	15	R-2-5					0	1200		NO
48	14	R-1-2					0	1200		NO
49	13	R-4-9	0-1-4-0	900	0-9-0	350	1250	1200		NO
50	12	R-1-3					0	1200		NO
51	12	R-1-12					0	1200		NO
52	12	R-1-14					0	1200		NO
53	12	R-2-9					0	1200		NO
54	12	R-4-10					0	1200		NO
55	12	R-4-11					0	1200		NO
56	12	R-4-13					0	1200		NO
57	11	R-2-10					0	1200		NO
58	11	R-2-11					0	1200		NO
59	10	R-3-6					0	1200		NO
60	10	R-4-5					0	1200		NO
61	10	R-4-7					0	1200		NO
62	10	R-4-8					0	1200		NO
63	9	R-2-5					0	1200		NO
64	9	R-2-7					0	1200		NO
65	9	R-2-8					0	1200		NO
66	5	R-1-5					0	1200		NO
67	5	R-4-11					0	1200		NO
68	4	R-1-7					0	1200		NO
69	4	R-1-8					0	1200		NO
70	4	R-7-9	0-5-6-8-7-1	800	0-9-0	350	1150	1200	0-5-6-8-7-9-0	S
71	4	YA NO ES NECESARIO SEGUIR CALCULANDO, YA QUE						0	1200	NO
72	4	TODAS LAS COMBINACIONES ESTAN EN UNA RUTA						0	1200	NO
73	4	ADEMÁS LAS COMBINACIONES QUE SE PUEDEN						0	1200	NO
74	4	FORMAR CON LAS RUTAS YA OBTENIDAS SON						0	1200	NO
75	3						0	1200		NO
76	3						0	1200		NO
77	3						0	1200		NO
78	3						0	1200		NO
79	3						0	1200		NO
80	3						0	1200		NO
81	3						0	1200		NO
82	3						0	1200		NO
83	3						0	1200		NO
84	3						0	1200		NO
85	3						0	1200		NO
86	3						0	1200		NO
87	3						0	1200		NO
88	3						0	1200		NO
89	3						0	1200		NO
90	3						0	1200		NO
91	3						0	1200		NO
92	3						0	1200		NO
93	2						0	1200		NO
94	2						0	1200		NO
95	2						0	1200		NO
96	2						0	1200		NO
97	2						0	1200		NO
98	2						0	1200		NO
99	2						0	1200		NO
100	2						0	1200		NO
101	1						0	1200		NO
102	1						0	1200		NO
103	0						0	1200		NO
104	0						0	1200		NO
105	0						0	1200		NO

ZONA REPARTO GRANADA

A2	A2	A2-2	A2-3	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A2-8	A2-9	A2-10	A2-11	A2-12	A2-13	A2-14	A2-15
A2	0	10	54	73	101	171	138	237	85	129	131	212	147	139	165
A2-1	10	0	54	68	147	268	133	233	93	137	139	201	146	139	173
A2-2	54	54	0	112	149	218	178	246	133	177	179	254	98	91	178
A2-3	73	68	112	0	168	136	137	197	124	137	142	212	92	123	173
A2-4	101	97	149	169	0	160	187	13	162	154	198	106	395	241	223
A2-5	171	168	218	168	160	0	35	98	255	268	222	353	311	291	315
A2-6	138	133	178	137	187	35	0	125	222	265	268	319	264	267	302
A2-7	237	233	268	197	162	98	125	0	266	310	254	377	342	357	336
A2-8	85	93	133	136	135	255	266	266	0	49	57	120	110	130	64
A2-9	129	137	177	197	198	268	268	265	49	0	37	120	187	138	121
A2-10	131	139	179	199	199	268	268	254	37	37	0	147	175	136	92
A2-11	212	201	254	267	395	353	391	397	119	120	147	0	75	72	31
A2-12	147	146	98	192	261	311	264	342	120	187	175	75	0	26	56
A2-13	139	139	173	183	262	291	267	335	91	138	146	72	26	0	94
A2-14	165	173	178	233	315	303	336	336	16	11	37	96	94	94	0
A2-15	97	105	125	162	192	262	227	294	66	114	121	66	61	36	53

Solución mediante Clarke & Wright	FO	1930
-----------------------------------	----	------

Ruta 1	0-5-3-6-7-4-0
Ruta 2	0-9-8-10-0
Ruta 3	0-11-2-15-13-12-14-0
Ruta 4	0-1-0

Demanda Total	4177							
N de Rutas min.	4							
Rutas básicas	0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	0-5-0	0-6-0	0-7-0	0-8-0
	0-9-0	0-10-0	0-11-0	0-12-0	0-13-0	0-14-0	0-15-0	
Distancia	3758							

[illegible][illegible]

Orden			Ruta A	DIA	Ruta B	DIB	DIT	DIMax	Ruta PSB	Auto	RUIAS	RO
1	336	R-11-14	0-11-0	325	0-14-0	130	455	1200	0-11-14-0	S	0-5-3-6-7-4-0	740
2	310	R-5-7	0-5-0	325	0-7-0	220	545	1200	0-5-7-0	S	0-9-8-10-0	366
3	274	R-5-4	0-5-7-0	545	0-4-0	200	745	1200	0-5-4-7-0	S	0-11-2-15-13-12-14-0	804
4	274	R-11-12	0-11-14-0	455	0-12-0	250	745	1200	0-11-12-14-0	S	0-1-0	20
5	269	R-11-13	11-12-13	705	0-13-0	125	830	1200	0-11-13-12-14-0	S	RO	1930
6	260	R-12-13					0	1200		NO		
7	250	R-4-7					0	1200		NO		
8	236	R-3-4					0	1200		NO		
9	234	R-3-5	0-5-4-7-0	745	0-3-0	90	635	1200	0-5-3-4-7-0	S		
10	223	R-11-15	11-13-12-1	830	0-15-0	187	1077	1200	0-11-15-13-12-14-0	S		
11	228	R-9-10	0-9-0	250	0-10-0	350	600	1200	0-9-10-0	S		
12	216	R-12-14					0	1200		NO		
13	211	R-3-7					0	1200		NO		
14	211	R-9-11					0	1200		NO		
15	210	R-13-14					0	1200		NO		
16	202	R-14-15					0	1200		NO		
17	201	R-9-14					0	1200		NO		
18	200	R-13-15					0	1200		NO		
19	186	R-10-11					0	1200		NO		
20	183	R-12-15					0	1200		NO		
21	176	R-4-7	5-3-6-7	835	0-4-0	147	982	1200	0-5-3-6-7-4-0	S		
22	175	R-10-13					0	1200		NO		
23	174	R-8-14					0	1200		NO		
24	168	R-8-11					0	1200		NO		
25	165	R-8-9	0-9-10-0	600	0-8-0	465	1065	1200	0-9-8-10-0	S		
26	159	R-8-10					0	1200		NO		
27	153	R-8-13					0	1200		NO		
28	130	R-13-13					0	1200		NO		
29	126	R-3-11					0	1200		NO		
30	126	R-3-12					0	1200		NO		
31	126	R-3-13					0	1200		NO		
32	126	R-4-10					0	1200		NO		
33	124	R-10-13					0	1200		NO		
34	116	R-13-15					0	1200		NO		
35	114	R-7-10					0	1200		NO		
36	112	R-4-5					0	1200		NO		
37	112	R-8-12					0	1200		NO		
38	112	R-9-15					0	1200		NO		
39	107	R-10-15					0	1200		NO		
40	106	R-3-15					0	1200		NO		
41	103	R-2-12					0	1200		NO		
42	103	R-3-4					0	1200		NO		
43	103	R-3-8					0	1200		NO		
44	103	R-3-9					0	1200		NO		
45	103	R-3-10					0	1200		NO		
46	103	R-3-14					0	1200		NO		
47	102	R-10-12					0	1200		NO		
48	102	R-2-11	15-13-12	1017	0-2-0	125	1142	1200	0-11-2-15-13-12-14-0	S		
49	102	R-2-13					0	1200		NO		
50	89	R-9-12					0	1200		NO		
51	80	R-5-10					0	1200		NO		
52	66	R-7-8					0	1200		NO		
53	66	R-7-9					0	1200		NO		
54	66	R-7-14					0	1200		NO		
55	52	R-4-6					0	1200		NO		
56	42	R-7-11					0	1200		NO		
57	42	R-7-12					0	1200		NO		
58	41	R-2-14					0	1200		NO		
59	41	R-7-13					0	1200		NO		
60	40	R-7-15					0	1200		NO		
61	32	R-4-8					0	1200		NO		
62	32	R-4-9					0	1200		NO		
63	32	R-4-14					0	1200		NO		
64	32	R-5-9					0	1200		NO		
65	31	R-5-8					0	1200		NO		
66	31	R-5-14					0	1200		NO		
67	26	R-2-15					0	1200		NO		
68	21	R-6-11					0	1200		NO		
69	21	R-6-12					0	1200		NO		
70	20	R-5-11					0	1200		NO		
71	20	R-4-13					0	1200		NO		
72	19	R-5-13					0	1200		NO		
73	15	R-1-3					0	1200		NO		
74	15	R-1-6					0	1200		NO		
75	15	R-2-3					0	1200		NO		
76	14	R-1-4	5-3-6-7-0	982	0-1-0	455	1437	1200		NO		
77	14	R-1-7					0	1200		NO		
78	14	R-2-6					0	1200		NO		
79	13	R-1-5					0	1200		NO		
80	11	R-1-11					0	1200		NO		
81	11	R-1-12					0	1200		NO		
82	10	R-1-2					0	1200		NO		
83	10	R-1-13					0	1200		NO		
84	8	R-4-15					0	1200		NO		
85	7	R-2-5					0	1200		NO		
86	7	R-2-7					0	1200		NO		
87	7	R-4-12					0	1200		NO		
88	7	R-4-13					0	1200		NO		
89	7	R-5-12					0	1200		NO		
90	6	R-2-4					0	1200		NO		
91	6	R-2-8					0	1200		NO		
92	6	R-2-9					0	1200		NO		
93	6	R-2-10					0	1200		NO		
94	6	R-4-15					0	1200		NO		
95	6	R-5-15					0	1200		NO		
96	2	R-1-8					0	1200		NO		
97	2	R-1-9	0-9-8-10-	1065	0-1-0	455	1520	1200		NO		
98	2	R-1-10					0	1200		NO		
99	2	R-1-14					0	1200		NO		
100	2	R-1-15					0	1200		NO		
101	2	R-4-9					0	1200		NO		
102	1	R-4-3					0	1200		NO		
103	1	R-4-10					0	1200		NO		
104	1	R-4-14					0	1200		NO		
105	-92	R-4-11					0	1200		NO		

ZONA REPARTO ILLESCAS

A3	A3	A3-1	A3-2	A3-3	A3-4	A3-5	A3-6	A3-7	A3-8	A3-9	A3-10	A3-11	A3-12	A3-13	A3-14	A3-15
A3-1	2	0	37	14	98	167	151	188	188	256	202	62	72	71	27	186
A3-2	3	37	98	0	130	201	117	155	125	254	200	40	70	70	26	186
A3-3	14	114	114	38	188	256	207	245	215	349	265	126	126	117	132	246
A3-4	98	98	130	186	0	73	0	314	228	292	292	66	66	26	71	136
A3-5	168	167	201	201	126	73	0	314	228	299	363	130	137	97	161	247
A3-6	150	151	117	207	257	314	0	63	95	219	134	215	230	227	196	266
A3-7	188	189	155	265	267	328	63	0	30	198	115	206	230	227	196	266
A3-8	188	189	155	265	267	328	63	0	30	198	115	206	230	227	196	266
A3-9	256	255	266	269	269	363	219	198	167	81	0	196	220	227	196	266
A3-10	202	203	266	269	269	363	219	198	167	81	0	196	220	227	196	266
A3-11	62	70	74	125	66	137	205	206	178	269	196	0	41	27	14	177
A3-12	72	70	104	160	71	147	233	233	202	257	220	41	0	45	46	168
A3-13	71	70	104	160	71	147	233	233	202	257	220	41	0	45	46	168
A3-14	71	70	104	160	71	147	233	233	202	257	220	41	0	45	46	168
A3-15	186	187	184	184	268	136	147	265	266	299	163	133	172	168	199	171

Zona Teste									
	A3-1	A3-2	A3-3	A3-4	A3-7	A3-8	A3-9	A3-10	
A3	0	2	36	111	150	188	158	255	202
A3-1	2	0	37	114	151	189	159	254	200
A3-2	36	37	0	88	117	155	125	239	173
A3-3	111	114	88	0	217	245	215	349	263
A3-4	150	151	117	217	0	63	55	219	189
A3-7	188	189	155	245	63	0	30	198	113
A3-8	158	159	125	215	55	30	0	167	82
A3-9	255	254	239	349	219	198	167	0	89
A3-10	202	200	173	263	189	113	82	89	0

Zona Este		Al-1	Al-5	Al-6	Al-7	Al-8	Al-9	Al-10
A3	0	4	93	109	136	68	120	89
A3-4	4	0	92	110	136	68	121	90
A3-5	93	92	0	103	68	50	210	179
A3-11	109	110	103	0	166	106	226	196
A3-12	136	136	68	166	0	93	252	222
A3-13	68	68	50	106	93	0	184	154
A3-16	120	121	210	226	252	184	0	36
A3-15	89	90	179	196	222	154	36	0

Solucion mediante Clarke & Wight	FO	1761
----------------------------------	----	------

Ruta 1	0-7-6-8-9-10-15-0
Ruta 2	0-4-13-12-5-0
Ruta 3	0-3-11-1-0
Ruta 4	0-2-14-0

Demanda Total	4075							
Nº de Rutas mín.	4							
Rutas básicas	0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	0-5-0	0-6-0	0-7-0	0-8-0
	0-9-0	0-10-0	0-11-0	0-12-0	0-13-0	0-14-0	0-15-0	
Distancia	3532							

Anzotes		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
A3-1	1	A3-2-3	59	A3-3-4	80	A3-4-5	193	A3-5-6	4	A3-6-7	275	A3-7-8	316	A3-8-9	246	A3-9-10	368	A3-10-11	68	A3-11-12	73	A3-12-13	96	A3-13-14	99	A3-14-15	42																																																																																																																																																																														
A3-3	-1	A3-2-4	4	A3-3-5	80	A3-4-6	-9	A3-5-7	28	A3-6-8	253	A3-7-9	245	A3-8-10	278	A3-9-11	38	A3-10-12	54	A3-11-13	86	A3-12-14	53	A3-13-15	68																																																																																																																																																																																
A3-4	4	A3-2-5	3	A3-3-6	111	A3-4-7	22	A3-5-8	27	A3-6-9	186	A3-7-10	277	A3-8-11	22	A3-9-12	70	A3-10-13	70	A3-11-14	55	A3-12-15	90																																																																																																																																																																																		
A3-5	3	A3-2-6	3	A3-3-7	23	A3-4-8	28	A3-5-9	60	A3-6-10	28	A3-7-11	74	A3-8-12	28	A3-9-13	59	A3-10-14	4	A3-11-15	56																																																																																																																																																																																				
A3-6	5	A3-2-7	69	A3-3-8	111	A3-4-9	61	A3-5-10	40	A3-6-11	-13	A3-7-12	30	A3-8-13	30	A3-9-14	28	A3-10-15	255																																																																																																																																																																																						
A3-7	1	A3-2-8	69	A3-3-9	74	A3-4-10	61	A3-5-11	73	A3-6-12	-8	A3-7-13	32	A3-8-14	17	A3-9-15	28																																																																																																																																																																																								
A3-8	1	A3-2-9	32	A3-3-10	107	A3-4-11	74	A3-5-12	143	A3-6-13	-6	A3-7-14	19	A3-8-15	105																																																																																																																																																																																										
A3-9	2	A3-2-10	65	A3-3-11	88	A3-4-12	144	A3-5-13	144	A3-6-14	9	A3-7-15	108																																																																																																																																																																																												
A3-10	4	A3-2-11	80	A3-3-12	80	A3-4-13	98	A3-5-14	52	A3-6-15	70																																																																																																																																																																																														
A3-11	4	A3-2-12	4	A3-3-13	87	A3-4-14	54	A3-5-15	207																																																																																																																																																																																																
A3-12	4	A3-2-13	3	A3-3-14	74	A3-4-15	148																																																																																																																																																																																																		
A3-13	3	A3-2-14	3	A3-3-15	86																																																																																																																																																																																																				
A3-14	4	A3-2-15	38																																																																																																																																																																																																						
A3-15	4																																																																																																																																																																																																								

[illegible]

Orden		Ruta A	DIA	Ruta B	DIA	DIT	DITMax	Ruta PSB	Auto	RUTAS	RO
1	368	R-9-10	0-9-0	213	0-10-0	115	328	1200	S	0-9-10-0	881
2	316	R-7-8	0-7-0	95	0-8-0	130	225	1200	S	0-7-8-0	479
3	278	R-9-10	0-7-8-0	225	0-9-10-0	328	553	1200	S	0-7-8-9-10-0	776
4	278	R-9-15					0	1200	ND	0-2-14-0	123
5	277	R-7-10					0	1200	ND		1761
6	275	R-6-7	0-6-0	310	7-8-9-10	553	863	1200	S	0-7-6-8-9-10-0	
7	255	R-10-15	6-8-9-1	863	0-15-0	258	1121	1200	S	0-7-6-8-9-10-15-0	
8	253	R-6-8					0	1200	ND		
9	246	R-8-9					0	1200	ND		
10	246	R-8-9					0	1200	ND		
11	218	R-6-10					0	1200	ND		
12	207	R-5-15					0	1200	ND		
13	193	R-4-5	0-4-0	149	0-5-0	250	399	1200	S	0-4-5-0	
14	186	R-6-9					0	1200	ND		
15	148	R-4-15					0	1200	ND		
16	144	R-4-12	0-4-5-0	399	0-12-0	354	753	1200	S	0-4-12-5-0	
17	143	R-5-12					0	1200	ND		
18	111	R-3-6					0	1200	ND		
19	111	R-3-7					0	1200	ND		
20	111	R-3-8					0	1200	ND		
21	108	R-7-15					0	1200	ND		
22	107	R-3-10					0	1200	ND		
23	105	R-8-15					0	1200	ND		
24	98	R-4-13	0-4-12-5	753	0-13-0	180	933	1200	S	0-4-13-12-5-0	
25	98	R-5-13					0	1200	ND		
26	98	R-6-13					0	1200	ND		
27	90	R-12-15					0	1200	ND		
28	87	R-3-13					0	1200	ND		
29	86	R-3-15					0	1200	ND		
30	86	R-11-13					0	1200	ND		
31	85	R-3-11	0-3-0	138	0-11-0	678	816	1200	S	0-3-11-0	
32	80	R-3-4					0	1200	ND		
33	80	R-3-5					0	1200	ND		
34	80	R-3-12					0	1200	ND		
35	74	R-3-9					0	1200	ND		
36	74	R-3-14	0-3-11-0	816	0-14-0	450	1266	1200	ND		
37	74	R-4-11					0	1200	ND		
38	73	R-5-11					0	1200	ND		
39	73	R-11-12					0	1200	ND		
40	70	R-6-15					0	1200	ND		
41	70	R-9-12					0	1200	ND		
42	69	R-2-6					0	1200	ND		
43	69	R-2-7					0	1200	ND		
44	69	R-2-8					0	1200	ND		
45	68	R-13-15					0	1200	ND		
46	65	R-2-10					0	1200	ND		
47	61	R-4-9					0	1200	ND		
48	60	R-5-9					0	1200	ND		
49	59	R-2-3	0-3-11-0	816	0-2-0	455	1271	1200	ND		
50	59	R-13-14					0	1200	ND		
51	56	R-10-13					0	1200	ND		
52	56	R-11-15					0	1200	ND		
53	55	R-11-14	0-3-11-0	816	0-14-0	450	1266	1200	ND		
54	56	R-4-14					0	1200	ND		
55	56	R-10-12					0	1200	ND		
56	53	R-12-14					0	1200	ND		
57	52	R-5-14					0	1200	ND		
58	50	R-9-13					0	1200	ND		
59	48	R-10-11					0	1200	ND		
60	42	R-10-14					0	1200	ND		
61	42	R-14-15					0	1200	ND		
62	41	R-4-10					0	1200	ND		
63	40	R-5-10					0	1200	ND		
64	38	R-2-15					0	1200	ND		
65	38	R-6-11					0	1200	ND		
66	32	R-2-9					0	1200	ND		
67	32	R-7-13					0	1200	ND		
68	30	R-7-12					0	1200	ND		
69	30	R-8-13					0	1200	ND		
70	29	R-4-7					0	1200	ND		
71	28	R-4-8					0	1200	ND		
72	28	R-5-7					0	1200	ND		
73	28	R-8-12					0	1200	ND		
74	28	R-9-14					0	1200	ND		
75	27	R-5-8					0	1200	ND		
76	26	R-7-11					0	1200	ND		
77	22	R-8-11					0	1200	ND		
78	19	R-7-14					0	1200	ND		
79	17	R-8-14					0	1200	ND		
80	4	R-1-4					0	1200	ND		
81	4	R-1-10					0	1200	ND		
82	4	R-1-11	0-3-11-0	816	0-1-0	300	1116	1200	S	0-3-11-1-0	
83	4	R-1-12					0	1200	ND		
84	4	R-1-15					0	1200	ND		
85	4	R-2-4					0	1200	ND		
86	4	R-2-11					0	1200	ND		
87	4	R-2-12					0	1200	ND		
88	4	R-5-6					0	1200	ND		
89	3	R-1-5					0	1200	ND		
90	3	R-1-9					0	1200	ND		
91	3	R-1-13					0	1200	ND		
92	3	R-1-14					0	1200	ND		
93	3	R-2-5					0	1200	ND		
94	3	R-2-13					0	1200	ND		
95	3	R-2-14	0-2-0	455	0-14-0	450	905	1200	S	0-2-14-0	
96	1	Y AÑOS NEGRAS O SEBIR CALDADO YA QUE							ND		
97	1	TODAS LOS NOSDOS ESTAN EN UNA RUTA							ND		
98	1	ADemás LAS COMBINACIONES QUE SE PUEDEN							ND		
99	1	FORMAR CON LAS RUTAS YA CRIENDAS SON							ND		
100	-1						0	1200	ND		
101	-6						0	1200	ND		
102	-8						0	1200	ND		
103	-9						0	1200	ND		
104	-13						0	1200	ND		
105	-19						0	1200	ND		

ZONA REPARTO VALENCIA

	A ₆	A ₆ -1	A ₆ -2	A ₆ -3	A ₆ -4	A ₆ -5	A ₆ -6	A ₆ -7	A ₆ -8	A ₆ -9	A ₆ -10	A ₆ -11	A ₆ -12
A ₆	0	11	72	76	104	83	90	173	177	113	231	277	292
A ₆ -1	11	0	69	67	84	63	71	170	174	110	227	274	289
A ₆ -2	72	69	0	123	162	142	149	111	137	63	191	237	252
A ₆ -3	76	67	123	0	144	123	131	174	170	164	224	270	285
A ₆ -4	104	84	162	144	0	16	30	258	262	198	316	362	377
A ₆ -5	83	63	142	123	16	0	14	242	246	182	300	346	361
A ₆ -6	90	71	149	131	30	14	0	247	251	187	305	351	366
A ₆ -7	173	170	111	174	258	242	247	0	27	59	81	128	143
A ₆ -8	177	174	137	170	262	246	251	27	0	79	57	108	118
A ₆ -9	113	110	63	164	198	182	187	59	79	0	129	176	190
A ₆ -10	231	227	191	224	316	300	305	81	57	129	0	49	70
A ₆ -11	277	274	237	270	362	346	351	128	104	176	49	0	87
A ₆ -12	292	289	252	285	377	361	366	143	118	190	70	87	0

Zona Norte		A4-1	A4-2	A4-3	A4-4	A4-5	A4-6
A4	0	11	72	76	104	83	90
A4-1	11	0	69	67	84	63	71
A4-2	72	69	0	123	162	142	149
A4-3	76	67	123	0	144	123	131
A4-4	104	84	162	144	0	16	30
A4-5	83	63	142	123	16	0	14
A4-6	90	71	149	131	30	14	0

Zona Sur		A4-7	A4-8	A4-9	A4-10	A4-11	A4-12
A4	0	173	177	113	231	277	292
A4-7	173	0	27	59	81	128	143
A4-8	177	27	0	79	57	104	118
A4-9	113	59	79	0	129	176	190
A4-10	231	81	57	129	0	49	70
A4-11	277	128	104	176	49	0	87
A4-12	292	143	118	190	70	87	0

Solución mediante Clarke & Wright	FO	2196
-----------------------------------	----	------

Ruta 1	0-4-6-5-0
Ruta 2	0-7-2-8-0
Ruta 3	0-11-3-10-12-0
Ruta 4	0-1-9-0

Demanda Total	4094							
Nº de Rutas mín.	4							
Rutas básicas	0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	0-5-0	0-6-0	0-7-0	0-8-0
	0-9-0	0-10-0	0-11-0	0-12-0				
Distancia	3398							

[illegible][illegible]

Orden			Ruta A	Dd A	Ruta B	Dd B	Dd T	Dd Max	Ruta PSB	Acto	RUTAS	FO
1	482	R-11-12	0-11-0	264	0-12-0	169	433	1200	0-11-12-0	S	0-4-6-5-0	231
2	459	R-10-11	0-11-12-0	433	0-10-0	521	954	1200	0-11-10-12-0	S	0-7-2-8-0	598
3	453	R-10-12					0	1200		NO	0-11-3-10-12-0	1133
4	351	R-8-10					0	1200		NO	0-1-9-0	234
5	351	R-8-12	11-10-12	954	0-8-0	463	1417	1200		NO	FO	2196
6	350	R-8-11					0	1200		NO		
7	323	R-7-8	0-7-0	489	0-8-0	463	952	1200	0-7-8-0	S		
8	323	R-7-10					0	1200		NO		
9	322	R-7-11					0	1200		NO		
10	322	R-7-12					0	1200		NO		
11	227	R-7-9	0-7-8-0	952	0-9-0	378	1330	1200		NO		
12	215	R-9-10					0	1200		NO		
13	215	R-9-12					0	1200		NO		
14	214	R-9-11					0	1200		NO		
15	211	R-8-9					0	1200		NO		
16	171	R-4-5	0-4-0	450	0-5-0	365	815	1200	0-4-5-0	S		
17	164	R-4-6	0-4-5-0	815	0-6-0	85	900	1200	0-4-6-5-0	S		
18	159	R-5-6					0	1200		NO		
19	134	R-2-7	0-7-8-0	952	0-2-0	125	1077	1200	0-7-2-8-0	S		
20	122	R-2-9					0	1200		NO		
21	112	R-2-8					0	1200		NO		
22	112	R-2-10					0	1200		NO		
23	112	R-2-11					0	1200		NO		
24	112	R-2-12					0	1200		NO		
25	83	R-3-8					0	1200		NO		
26	83	R-3-10					0	1200		NO		
27	83	R-3-11	11-10-12	954	0-3-0	160	1114	1200	0-11-3-10-12-0	S		
28	83	R-3-12					0	1200		NO		
29	75	R-3-7					0	1200		NO		
30	36	R-3-4					0	1200		NO		
31	36	R-3-5					0	1200		NO		
32	35	R-3-6					0	1200		NO		
33	31	R-1-4					0	1200		NO		
34	31	R-1-5					0	1200		NO		
35	30	R-1-6					0	1200		NO		
36	25	R-2-3					0	1200		NO		
37	25	R-3-9					0	1200		NO		
38	20	R-1-3					0	1200		NO		
39	19	R-4-7					0	1200		NO		
40	19	R-4-8					0	1200		NO		
41	19	R-4-9					0	1200		NO		
42	19	R-4-10					0	1200		NO		
43	19	R-4-11					0	1200		NO		
44	19	R-4-12					0	1200		NO		
45	16	R-6-7					0	1200		NO		
46	16	R-6-8					0	1200		NO		
47	16	R-6-9					0	1200		NO		
48	16	R-6-10					0	1200		NO		
49	16	R-6-11					0	1200		NO		
50	16	R-6-12					0	1200		NO		
51	15	R-1-10					0	1200		NO		
52	14	R-1-2					0	1200		NO		
53	14	R-1-7					0	1200		NO		
54	14	R-1-8					0	1200		NO		
55	14	R-1-9	0-1-0	625	0-9-0	378	1003	1200	0-1-9-0	S		
56	14						0	1200		NO		
57	14						0	1200		NO		
58	14						0	1200		NO		
59	14						0	1200		NO		
60	14						0	1200		NO		
61	14						0	1200		NO		
62	14						0	1200		NO		
63	14						0	1200		NO		
64	14						0	1200		NO		
65	13						0	1200		NO		
66	13						0	1200		NO		

YA NO ES NECESARIO SEGUIR CALCULADO, YA
QUE TODAS LAS NOSOTROS ESTAN EN UNA RUTA
ADEMÁS LAS COMBINACIONES QUE SE PUEDEN
FORMAR CON LAS RUTAS YA OBTENIDAS SON

ZONA REPARTO ZARAGOZA

	A5	A5-1	A5-2	A5-3	A5-4	A5-5	A5-6	A5-7	A5-8	A5-9	A5-10	A5-11
A5	0	12	94	95	73	139	158	182	105	166	112	179
A5-1	12	0	88	89	74	140	158	171	105	160	105	173
A5-2	94	88	0	41	157	222	241	141	189	95	94	89
A5-3	95	89	41	0	159	224	242	192	191	88	70	92
A5-4	73	74	157	159	0	72	82	249	146	228	174	241
A5-5	139	140	222	224	72	0	122	317	245	279	224	309
A5-6	158	158	241	242	82	122	0	332	172	311	256	324
A5-7	182	171	141	192	249	317	332	0	144	242	234	221
A5-8	105	105	189	191	146	245	172	144	0	271	216	275
A5-9	166	160	95	88	228	279	311	242	271	0	56	35
A5-10	112	105	94	70	174	224	256	234	216	56	0	75
A5-11	179	173	89	92	241	309	324	221	275	35	75	0

Solución mediante Clarke & Wright	FO	1616
-----------------------------------	----	------

Ruta 1	0-9-10-11-2-0
Ruta 2	0-5-8-7-3-0
Ruta 3	0-4-6-1-0

Demanda Total	3329
N de Rutas mín.	3
Rutas básicas	0-1-0 0-2-0 0-3-0 0-4-0 0-5-0 0-6-0 0-7-0 0-8-0
	0-9-0 0-10-0 0-11-0
Distancia	2630

Ahorros																			
A5-1-2	18	A5-2-3	148	A5-3-4	9	A5-4-5	140	A4-5-6	140	A5-6-7	8	A5-7-8	143	A5-8-9	0	A5-9-10	222	A5-10-11	216
A5-1-3	18	A5-2-4	10	A5-3-5	10	A5-4-6	149	A4-5-7	278	A5-6-8	91	A5-7-9	106	A5-8-10	1	A5-9-11	310		
A5-1-4	11	A5-2-5	11	A5-3-6	11	A5-4-7	6	A4-5-8	175	A5-6-9	13	A5-7-10	60	A5-8-11	9				
A5-1-5	11	A5-2-6	11	A5-3-7	85	A5-4-8	32	A4-5-9	4	A5-6-10	14	A5-7-11	140						
A5-1-6	12	A5-2-7	135	A5-3-8	9	A5-4-9	11	A4-5-10	-1	A5-6-11	13								
A5-1-7	23	A5-2-8	10	A5-3-9	173	A5-4-10	11	A4-5-11	26										
A5-1-8	12	A5-2-9	165	A5-3-10	137	A5-4-11	11												
A5-1-9	18	A5-2-10	112	A5-3-11	182														
A5-1-10	19	A5-2-11	184																
A5-1-11	18																		

	A2	A2-1	A2-2	A2-3	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A2-8	A2-9	A2-10	A2-11
A2												
A2-1			18	18	11	11	12	23	12	18	19	18
A2-2				148	10	11	11	135	10	165	112	184
A2-3					9	10	11	85	9	173	137	182
A2-4						140	149	6	32	11	11	11
A2-5							140	278	175	4	-1	26
A2-6								8	91	13	14	13
A2-7									143	106	60	140
A2-8										0	1	9
A2-9											222	310
A2-10												216
A2-11												

Orden		Ruta A	Di A	Ruta B	Di B	Di T	Di Max	Ruta PSB	Apto	RUTAS	FO
1	310	R-9-11	0-9-0	541	0-11-0	140	681	1200	0-9-11-0	S	476
2	278	R-5-7	0-5-0	130	0-7-0	563	693	1200	0-5-7-0	S	815
3	222	R-9-10	0-9-11-0	681	0-10-0	165	846	1200	0-9-10-11-0	S	325
4	216	R-10-11				0	1200		NO		0
5	184	R-2-11	0-9-10-11-	846	0-2-0	269	1115	1200	0-9-10-11-2-0	S	FO
6	182	R-3-11				0	1200		NO		
7	175	R-5-8	0-5-7-0	693	0-8-0	263	956	1200	0-5-8-7-0	S	
8	173	R-3-9	0-9-10-11-2	1115	0-3-0	123	1238	1200		NO	
9	165	R-9-2				0	1200		NO		
10	149	R-4-6	0-4-0	456	0-6-0	97	553	1200	0-4-6-0	S	
11	148	R-2-3				0	1200		NO		
12	143	R-7-8				0	1200		NO		
13	140	R-4-5				0	1200		NO		
14	140	R-5-6				0	1200		NO		
15	140	R-7-11				0	1200		NO		
16	137	R-3-10				0	1200		NO		
17	135	R-2-7				0	1200		NO		
18	112	R-2-10				0	1200		NO		
19	106	R-7-9				0	1200		NO		
20	91	R-6-8				0	1200		NO		
21	85	R-3-7	0-5-8-7-4	956	0-3-0	123	1079	1200	0-5-8-7-3-0	S	
22	60	R-7-10				0	1200		NO		
23	32	R-4-8				0	1200		NO		
24	26	R-5-1				0	1200		NO		
25	23	R-1-7				0	1200		NO		
26	19	R-1-10				0	1200		NO		
27	18	R-1-2				0	1200		NO		
28	18	R-1-3				0	1200		NO		
29	18	R-1-9				0	1200		NO		
30	18	R-1-11				0	1200		NO		
31	14	R-6-10				0	1200		NO		
32	13	R-6-9				0	1200		NO		
33	13	R-6-11				0	1200		NO		
34	12	R-1-6	0-4-6-0	553	0-1-0	582	1135	1200	0-4-6-1-0	S	
35	12	Y ANTES NECESARIO SEGUIR CALCULADO YA QUE TODAS LOS NODOS ESTAN EN UNA RUTA ADEMÁS LAS COMBINACIONES QUE SE PUEDEN FORMAR CON LAS RUTAS YA OBTENIDAS SON					0	1200		NO	
36	11						0	1200		NO	
37	11						0	1200		NO	
38	11						0	1200		NO	
39	11						0	1200		NO	
40	11						0	1200		NO	
41	11						0	1200		NO	
42	11						0	1200		NO	
43	11						0	1200		NO	
44	10						0	1200		NO	
45	10						0	1200		NO	
46	10						0	1200		NO	
47	9						0	1200		NO	
48	9						0	1200		NO	
49	9						0	1200		NO	
50	8						0	1200		NO	
51	6						0	1200		NO	
52	4						0	1200		NO	
53	1						0	1200		NO	
54	0						0	1200		NO	
55	-1						0	1200		NO	

ZONA REPARTO CATALUÑA

A6	A6	A6-1	A6-2	A6-3	A6-4	A6-5	A6-7	A6-8	A6-9	A6-10	A6-11	A6-12	A6-13	A6-14	A6-15
A6	117	0	117	0	117	0	117	63	58	0	115	106	126	163	167
A6-1	117	0	130	122	186	190	223	158	165	158	92	108	123	95	149
A6-2	117	120	130	0	192	91	165	205	180	175	158	178	147	245	171
A6-3	117	226	192	0	104	49	43	104	98	97	107	191	271	202	213
A6-4	63	190	21	104	0	72	114	108	118	100	149	189	215	210	220
A6-5	130	226	195	63	0	72	114	108	118	100	149	189	215	210	220
A6-6	117	223	205	63	114	86	86	72	60	80	131	175	254	195	223
A6-7	63	158	180	104	108	146	72	0	10	26	64	97	178	108	197
A6-8	58	165	175	97	102	142	60	0	0	24	74	110	190	120	195
A6-9	58	158	175	97	102	142	60	26	24	0	64	108	188	116	215
A6-10	38	58	17	167	107	107	130	66	64	0	108	90	110	110	169
A6-11	115	108	147	191	195	263	175	97	110	108	90	0	87	15	196
A6-12	115	123	245	271	275	314	254	178	190	188	107	87	0	78	268
A6-13	125	95	17	202	205	242	185	108	120	118	107	156	78	0	189
A6-14	145	145	20	203	110	163	226	197	195	177	149	194	268	189	0
A6-15	145	145	20	203	110	163	226	197	195	177	149	194	268	189	0

Zone Sur									
	A-6	A-6-1	A-6-7	A-6-8	A-6-9	A-6-10	A-6-11	A-6-12	A-6-13
A-6	0	117	63	55	41	32	115	195	125
A-7	0	117	0	158	165	158	98	110	123
A-6-7	63	158	0	10	26	66	97	178	108
A-8	58	165	10	0	24	74	110	190	120
A-9	41	158	26	24	0	64	108	188	118
A-10	38	92	66	74	64	0	90	170	100
A-11	115	194	97	118	138	90	0	87	15
A-12	123	123	78	190	188	170	87	0	75
A-13	125	95	108	120	138	100	15	75	0

Zona Oeste		A6-2	A6-3	A6-4	A6-5	A6-6	A6-14	A6-15
A6	A6	121	119	83	131	117	143	147
A6-2	121	0	192	91	165	205	20	27
A6-3	119	192	0	104	49	20	20	11
A6-4	83	91	104	0	72	116	110	177
A6-5	131	165	49	72	0	86	183	190
A6-6	117	205	20	116	86	0	223	230
A6-14	143	20	20	110	183	223	0	7
A6-15	147	27	11	110	190	230	7	0

Solución mediante Clarke & Wright	EO	1703
-----------------------------------	----	------

Ruta 1	0-14-2-15-0
Ruta 2	0-12-13-11-0
Ruta 3	0-7-8-0
Ruta 4	0-1-10-0
Ruta 5	0-3-9-6-5-4-0

Demanda Total	5191							
N° de Rutas min.	5							
Rutas básicas	0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	0-5-0	0-6-0	0-7-0	0-8-0
	0-9-0	0-10-0	0-11-0	0-12-0	0-13-0	0-14-0	0-15-0	
Distancia	3226							

[illegible][illegible]

Orden		Ruta A	DtA	Ruta B	DtB	DtT	DtMax	Ruta PSB	Anto	RUTAS	FO	
1	283	R-14-15	0-14-0	650	0-15-0	201	851	1200	0-14-15-0	S	0-14-2-15-0	337
2	244	R-2-14	0-14-15-4	851	0-2-0	325	1176	1200	0-14-2-15-0	S	0-12-13-11-0	403
3	242	R-12-13	0-12-0	123	0-13-0	146	269	1200	0-12-13-0	S	0-7-8-0	131
4	241	R-2-15					0	1200		ND	0-1-10-0	267
5	225	R-11-13	0-12-13-0	269	0-11-0	698	967	1200	0-12-13-11-0	S	0-3-9-6-5-4-0	585
6	223	R-11-12					0	1200		ND	FO	1703
7	201	R-3-5	0-3-0	514	0-5-0	143	657	1200	0-3-5-0	S		
8	193	R-3-6	0-3-5-0	657	0-6-0	135	792	1200	0-3-6-5-0	S		
9	189	R-1-12	12-13-11	967	0-1-0	563	1530	1200		ND		
10	182	R-5-6					0	1200		ND		
11	146	R-1-13	12-13-11	967	0-1-0	563	1530	1200		ND		
12	142	R-4-5	0-3-6-5-4	792	0-4-0	160	952	1200	0-3-6-5-4-0	S		
13	131	R-1-11					0	1200		ND		
14	116	R-4-14					0	1200		ND		
15	115	R-6-8	3-6-5-4	952	0-8-0	463	1415	1200		ND		
16	113	R-2-4					0	1200		ND		
17	113	R-4-15					0	1200		ND		
18	111	R-1-14	14-2-15	1176	0-1-0	563	1739	1200		ND		
19	111	R-7-8	0-7-0	690	0-8-0	463	1153	1200	0-7-8-0	S		
20	108	R-1-2					0	1200		ND		
21	108	R-4-7					0	1200		ND		
22	107	R-1-15					0	1200		ND		
23	98	R-3-4					0	1200		ND		
24	91	R-5-14					0	1200		ND		
25	89	R-2-11					0	1200		ND		
26	88	R-5-15					0	1200		ND		
27	87	R-2-5					0	1200		ND		
28	86	R-4-6					0	1200		ND		
29	81	R-7-11					0	1200		ND		
30	80	R-7-12					0	1200		ND		
31	80	R-7-13					0	1200		ND		
32	79	R-3-8					0	1200		ND		
33	79	R-13-14					0	1200		ND		
34	78	R-3-7					0	1200		ND		
35	78	R-6-9					0	1200		ND		
36	78	R-7-9	0-7-8-0	1153	0-9-0	235	1388	1200		ND		
37	76	R-13-15					0	1200		ND		
38	75	R-2-13					0	1200		ND		
39	75	R-8-9					0	1200		ND		
40	71	R-2-12					0	1200		ND		
41	70	R-12-14					0	1200		ND		
42	67	R-9-14					0	1200		ND		
43	67	R-12-15					0	1200		ND		
44	63	R-1-10	0-1-0	563	0-10-0	145	708	1200	0-1-10-0	S		
45	63	R-3-9	3-6-5-4	952	0-9-0	235	1187	1200	0-3-9-6-5-4-0	S		
46	63	¡VALORES NECESARIOS PARA CALIFICAR! ¡A QUE								ND		
47	63	TODAS LAS COMBINACIONES ESTAN EN UNA RUTA								ND		
48	63	¡ADemás LAS COMBINACIONES QUE SE PUEDEN								ND		
49	63	FORMAR CON LAS RUTAS YA CUBIERTAS SON								ND		
50	63						0	1200		ND		
51	63						0	1200		ND		
52	62						0	1200		ND		
53	57						0	1200		ND		
54	56						0	1200		ND		
55	57						0	1200		ND		
56	57						0	1200		ND		
57	49						0	1200		ND		
58	48						0	1200		ND		
59	48						0	1200		ND		
60	48						0	1200		ND		
61	48						0	1200		ND		
62	48						0	1200		ND		
63	47						0	1200		ND		
64	46						0	1200		ND		
65	43						0	1200		ND		
66	43						0	1200		ND		
67	42						0	1200		ND		
68	39						0	1200		ND		
69	38						0	1200		ND		
70	37						0	1200		ND		
71	35						0	1200		ND		
72	35						0	1200		ND		
73	33						0	1200		ND		
74	32						0	1200		ND		
75	32						0	1200		ND		
76	29						0	1200		ND		
77	27						0	1200		ND		
78	26						0	1200		ND		
79	26						0	1200		ND		
80	22						0	1200		ND		
81	22						0	1200		ND		
82	15						0	1200		ND		
83	12						0	1200		ND		
84	12						0	1200		ND		
85	12						0	1200		ND		
86	11						0	1200		ND		
87	10						0	1200		ND		
88	10						0	1200		ND		
89	10						0	1200		ND		
90	10						0	1200		ND		
91	10						0	1200		ND		
92	9						0	1200		ND		
93	6						0	1200		ND		
94	6						0	1200		ND		
95	4						0	1200		ND		
96	4						0	1200		ND		
97	4						0	1200		ND		
98	4						0	1200		ND		
99	3						0	1200		ND		
100	3						0	1200		ND		
101	3						0	1200		ND		
102	3						0	1200		ND		
103	3						0	1200		ND		
104	0						0	1200		ND		
105	-2						0	1200		ND		

ZONA REPARTO VITORIA

	<i>A7</i>	<i>A7-1</i>	<i>A7-2</i>	<i>A7-3</i>	<i>A7-4</i>	<i>A7-5</i>	<i>A7-6</i>	<i>A7-7</i>	<i>A7-8</i>	<i>A7-9</i>	<i>A7-10</i>	<i>A7-11</i>	<i>A7-12</i>	<i>A7-13</i>	<i>A7-14</i>
<i>A7</i>	0	10	83	54	108	62	83	68	108	82	166	87	104	109	190
<i>A7-1</i>	0	0	49	41	101	55	79	63	102	77	162	94	97	115	197
<i>A7-2</i>	83	49	0	92	106	52	109	19	69	33	177	121	141	144	228
<i>A7-3</i>	54	41	92	0	159	114	127	160	17	28	108	78	108	113	205
<i>A7-4</i>	108	101	106	159	0	58	28	102	52	107	196	168	82	214	288
<i>A7-5</i>	62	55	52	114	55	0	57	48	29	54	143	146	113	167	249
<i>A7-6</i>	83	79	109	123	28	57	0	104	67	110	149	146	63	192	271
<i>A7-7</i>	68	63	19	107	102	48	104	0	64	12	99	136	155	158	240
<i>A7-8</i>	108	102	69	140	52	29	67	64	0	70	159	165	121	186	268
<i>A7-9</i>	82	77	33	121	107	54	110	12	70	0	163	150	149	174	256
<i>A7-10</i>	82	166	141	177	28	149	92	159	102	163	0	235	254	182	273
<i>A7-11</i>	86	146	97	205	62	146	134	243	160	235	0	85	133	243	293
<i>A7-12</i>	104	97	141	108	82	113	63	155	121	169	254	85	0	211	279
<i>A7-13</i>	109	115	144	113	214	167	192	158	186	172	182	133	211	0	84
<i>A7-14</i>	190	177	225	194	285	249	240	268	254	297	214	293	293	84	0

Zona Norte									
	A7-1	A7-2	A7-4	A7-5	A7-6	A7-7	A7-8	A7-9	A7-10
A7-1	83	108	62	83	68	108	82	166	
A7-2	83	0	106	52	109	19	69	33	117
A7-4	108	106	0	55	28	1102	52	107	196
A7-5	62	52	55	0	57	48	29	54	143
A7-6	83	109	28	57	0	104	67	110	149
A7-7	68	19	102	48	104	0	64	12	
A7-8	108	69	52	29	67	64	0	70	99
A7-9	82	33	107	54	110	12	70	0	103
A7-10	166	117	196	143	149	99	159	103	0

Zona Sur							
	A7	A7-1	A7-3	A7-11	A7-12	A7-13	A7-14
A7	0	10	54	87	104	109	190
A7-1	10	0	41	94	97	115	197
A7-3	54	41	0	25	108	113	194
A7-11	87	94	25	0	85	133	214
A7-12	104	97	108	85	0	211	293
A7-13	109	115	113	133	211	0	84
A7-14	190	197	194	214	293	84	0

Solucion mediante Clarke & Wright	FO	1594
-----------------------------------	----	------

Ruta1	0-4-6-8-0
Ruta2	0-2-7-0
Ruta3	0-3-11-12-0
Ruta4	0-9-5-10-0
Ruta5	0-13-14-1-0

Demanda Total	4960							
Nº de Rutas mín.	5							
Rutas básicas	0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	0-5-0	0-6-0	0-7-0	0-8-0
	0-9-0	0-10-0	0-11-0	0-12-0	0-13-0	0-14-0		
Distancia	2628							

[illegible][illegible]

Orden			Ruta A	Dt A	Ruta B	Dt B	Dt T	Dt Mex	Ruta PSB	Apto	RUTAS	RD
1	215	R-13-14	0-13-0	635	0-14-0	87	722	1200	0-13-14-0	S	0-4-6-8-0	311
2	164	R-4-8	0-4-0	356	0-8-0	145	501	1200	0-4-8-0	S	0-2-7-0	170
3	163	R-4-6	0-4-8-0	501	0-6-0	360	861	1200	0-4-6-8-0	S	0-3-11-12-0	268
4	145	R-9-10	0-9-0	169	0-10-0	473	642	1200	0-9-10-0	S	0-9-5-10-0	465
5	141	R-5-8	0-4-6-8	861	0-5-0	462	1323	1200		ND	0-13-14-1-0	400
6	138	R-7-9	0-9-10-0	642	0-7-0	687	1329	1200		ND		
7	135	R-7-10					0	1200		ND		
8	132	R-2-7	0-2-0	126	0-7-0	687	813	1200	0-2-7-0	S		
9	132	R-2-9					0	1200		ND		
10	132	R-2-10					0	1200		ND		
11	130	R-4-12					0	1200		ND		
12	124	R-6-8					0	1200		ND		
13	124	R-6-12					0	1200		ND		
14	122	R-2-8					0	1200		ND		
15	120	R-3-9	0-3-0	106	0-11-0	512	618	1200	0-3-11-0	S		
16	116	R-3-11					0	1200		ND		
17	115	R-4-5					0	1200		ND		
18	115	R-8-10					0	1200		ND		
19	112	R-7-8					0	1200		ND		
20	106	R-11-12	0-3-11-0	618	0-12-0	364	982	1200	0-3-11-12-0	S		
21	100	R-4-10					0	1200		ND		
22	93	R-2-5					0	1200		ND		
23	93	R-10-13					0	1200		ND		
24	91	R-8-12					0	1200		ND		
25	90	R-2-12	0-9-10-0	642	0-5-0	462	1104	1200	0-9-5-10-0	S		
26	88	R-5-7					0	1200		ND		
27	85	R-2-4					0	1200		ND		
28	85	R-5-10					0	1200		ND		
29	83	R-4-9					0	1200		ND		
30	82	R-5-7					0	1200		ND		
31	78	R-4-10					0	1200		ND		
32	74	R-4-7					0	1200		ND		
33	63	R-11-13					0	1200		ND		
34	63	R-1-14					0	1200		ND		
35	59	R-10-14					0	1200		ND		
36	57	R-2-6					0	1200		ND		
37	55	R-6-9					0	1200		ND		
38	53	R-5-12					0	1200		ND		
39	50	R-3-12					0	1200		ND		
40	50	R-3-13					0	1200		ND		
41	50	R-3-14					0	1200		ND		
42	49	R-2-11					0	1200		ND		
43	48	R-2-13					0	1200		ND		
44	48	R-2-14					0	1200		ND		
45	47	R-4-7					0	1200		ND		
46	46	R-2-12					0	1200		ND		
47	45	R-2-3					0	1200		ND		
48	44	R-1-2					0	1200		ND		
49	31	R-8-13					0	1200		ND		
50	30	R-4-11					0	1200		ND		
51	30	R-8-11					0	1200		ND		
52	30	R-9-14					0	1200		ND		
53	24	R-6-11					0	1200		ND		
54	23	R-1-3					0	1200		ND		
55	19	R-7-11					0	1200		ND		
56	19	R-7-13					0	1200		ND		
57	19	R-9-11					0	1200		ND		
58	19	R-9-13					0	1200		ND		
59	18	R-7-14					0	1200		ND		
60	18	R-9-14					0	1200		ND		
61	18	R-10-11					0	1200		ND		
62	17	R-1-4					0	1200		ND		
63	17	R-1-5					0	1200		ND		
64	17	R-1-12					0	1200		ND		
65	17	R-7-12					0	1200		ND		
66	17	R-9-12					0	1200		ND		
67	16	R-1-8					0	1200		ND		
68	16	R-10-12					0	1200		ND		
69	15	R-1-7					0	1200		ND		
70	15	R-1-9					0	1200		ND		
71	15	R-3-7					0	1200		ND		
72	15	R-3-9					0	1200		ND		
73	15	R-3-10					0	1200		ND		
74	14	R-1-6					0	1200		ND		
75	14	R-1-10					0	1200		ND		
76	14	R-3-6					0	1200		ND		
77	13	R-4-14					0	1200		ND		
78	4	R-1-14	0-13-14-0	722	0-1-0	478	1200	1200	0-13-14-1-0	S		
79	4	YA NO ES NECESARIO SEGUIR CALCULANDO YA QUE								ND		
80	3	TODAS LOS NODOS ESTAN EN UNA RUTA								ND		
81	3	ADemás LAS COMBINACIONES QUE SE PUEDEN								ND		
82	3	FORMAR CON LAS RUTAS YA OBTENIDAS SON								ND		
83	3									ND		
84	3									ND		
85	3									ND		
86	2									ND		
87	2									ND		
88	2									ND		
89	1									ND		
90	0									ND		
91	-1									ND		

ZONA REPARTO VALLADOLID

	A8	A8-1	A8-2	A8-3	A8-4	A8-5	A8-6	A8-7	A8-8	A8-9	A8-10	A8-11	A8-12
A8	0	54	26	140	232	96	108	134	233	119	116	52	52
A8-1	0	59	32	140	238	102	114	120	219	117	122	52	52
A8-2	54	59	0	25	179	232	96	108	84	184	93	89	102
A8-3	26	32	25	0	154	207	69	82	110	209	140	90	78
A8-4	140	140	179	154	0	116	146	74	264	363	257	207	133
A8-5	232	238	232	207	116	0	199	127	317	416	326	260	239
A8-6	96	102	96	69	146	199	0	70	178	271	190	66	149
A8-7	108	114	108	82	74	127	70	0	193	293	203	134	181
A8-8	134	120	84	110	264	317	178	193	0	106	66	109	187
A8-9	233	219	184	209	363	416	271	293	106	0	168	203	186
A8-10	119	117	93	140	257	326	190	203	66	168	0	170	170
A8-11	116	122	89	90	207	260	66	136	109	203	170	0	186
A8-12	56	52	102	78	133	239	149	111	187	186	170	168	0

Solución mediante Clarke & Wright	FO	1848
-----------------------------------	----	------

Ruta 1	0-8-2-10-9-0
Ruta 2	0-4-12-5-7-0
Ruta 3	0-6-3-11-0
Ruta 4	0-1-0

Demanda Total	3426
Mala Distribución	2

Rutas básicas	0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	0-5-0	0-6-0	0-7-0	0-8-0
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Distancia	2646
-----------	------

[illegible][illegible]

Orden		Ruta A	Dt A	Ruta B	Dt B	Dt T	Dt Max	Ruta PSB	Arto	RUTAS	FO
1	261	R-8-9	0-8-0	542	0-9-0	125	667	1200	0-8-9-0	S	712
2	256	R-4-5	0-4-0	465	0-5-0	365	830	1200	0-4-5-0	S	747
3	213	R-5-7	0-4-5-0	830	0-7-0	97	927	1200	0-4-5-7-0	S	371
4	187	R-8-10	0-8-9-0	667	0-10-0	365	1032	1200	0-8-10-9-0	S	18
5	184	R-9-10					0	1200		NO	1848
6	174	R-4-7					0	1200		NO	
7	146	R-6-11	0-6-0	147	0-11-0	486	633	1200	0-6-11-0	S	
8	146	R-9-11					0	1200		NO	
9	141	R-8-11					0	1200		NO	
10	134	R-6-7					0	1200		NO	
11	129	R-5-6					0	1200		NO	
12	104	R-2-8	0-8-10-9	1032	0-2-0	125	1157	1200	0-8-2-10-9-0	S	
13	103	R-2-9					0	1200		NO	
14	103	R-9-12					0	1200		NO	
15	90	R-4-6					0	1200		NO	
16	88	R-5-11					0	1200		NO	
17	88	R-7-11					0	1200		NO	
18	81	R-2-11					0	1200		NO	
19	80	R-2-10					0	1200		NO	
20	65	R-10-11					0	1200		NO	
21	63	R-4-12	0-4-5-7-0	927	0-12-0	100	1027	1200	0-4-12-5-7-0	S	
22	58	R-6-9					0	1200		NO	
23	55	R-2-3					0	1200		NO	
24	54	R-2-5					0	1200		NO	
25	54	R-2-6					0	1200		NO	
26	54	R-2-7					0	1200		NO	
27	53	R-3-6	0-6-11-0	633	0-3-0	147	780	1200	0-6-3-11-0	S	
28	53	YANO ES NECESARIO SEGUIR CALCULADO, YA QUE					0	1200		NO	
29	52	TODAS LOS NOMBOS ESTAN EN UNA RUTA					0	1200		NO	
30	52	ADEMAS LAS COMBINACIONES QUE SE PUEDEN					0	1200		NO	
31	52	FORMAR CON LAS RUTAS YA CREADAS SON					0	1200		NO	
32	51						0	1200		NO	
33	50						0	1200		NO	
34	50						0	1200		NO	
35	49						0	1200		NO	
36	49						0	1200		NO	
37	49						0	1200		NO	
38	49						0	1200		NO	
39	49						0	1200		NO	
40	48						0	1200		NO	
41	25						0	1200		NO	
42	25						0	1200		NO	
43	24						0	1200		NO	
44	23						0	1200		NO	
45	23						0	1200		NO	
46	15						0	1200		NO	
47	13						0	1200		NO	
48	12						0	1200		NO	
49	11						0	1200		NO	
50	10						0	1200		NO	
51	10						0	1200		NO	
52	9						0	1200		NO	
53	8						0	1200		NO	
54	5						0	1200		NO	
55	5						0	1200		NO	
56	4						0	1200		NO	
57	4						0	1200		NO	
58	4						0	1200		NO	
59	3						0	1200		NO	
60	3						0	1200		NO	
61	3						0	1200		NO	
62	3						0	1200		NO	
63	3						0	1200		NO	
64	3						0	1200		NO	
65	3						0	1200		NO	
66	2						0	1200		NO	

ZONA REPARTO GALICIA

	A9	A9-1	A9-2	A9-3	A9-4	A9-5	A9-6	A9-7	A9-8	A9-9	A9-10	A9-11
A9	0	71	43	67	91	97	123	163	107	320	317	290
A9-1	71	0	110	134	158	97	125	149	173	286	282	255
A9-2	43	110	0	48	72	145	171	230	143	366	363	336
A9-3	67	134	48	0	27	163	189	247	118	384	380	353
A9-4	91	158	72	27	0	188	174	274	96	409	405	378
A9-5	97	97	145	163	188	0	31	59	112	252	249	222
A9-6	123	125	171	189	174	31	0	78	81	277	275	249
A9-7	163	149	230	247	274	59	78	0	161	191	188	161
A9-8	107	173	143	118	96	112	81	161	0	356	352	326
A9-9	320	286	366	384	409	252	277	191	356	0	31	34
A9-10	317	282	363	380	405	249	275	188	352	31	0	28
A9-11	290	255	336	353	378	222	249	161	326	34	28	0

Solución mediante Clarke & Wright FO 1717

Ruta 1	0-5-6-9-7-10-11-0
Ruta 2	0-3-4-0
Ruta 3	0-2-8-1-0

Demanda Total	3223
N° de Rutas mín.	3
Rutas básicas	0-1-0 0-2-0 0-3-0 0-4-0 0-5-0 0-6-0 0-7-0 0-8-0
	0-9-0 0-10-0 0-11-0
Distancia	3378

Ahorros																			
A9-1-2	4	A9-2-3	62	A9-3-4	131	A9-4-5	0	A9-5-6	189	A9-6-7	208	A9-7-8	109	A9-8-9	71	A9-9-10	606	A9-10-11	579
A9-1-3	4	A9-2-4	62	A9-3-5	1	A9-4-6	40	A9-5-7	201	A9-6-8	149	A9-7-9	292	A9-8-10	72	A9-9-11	576		
A9-1-4	4	A9-2-5	-5	A9-3-6	1	A9-4-7	-20	A9-5-8	92	A9-6-9	166	A9-7-10	292	A9-8-11	71				
A9-1-5	71	A9-2-6	-5	A9-3-7	-17	A9-4-8	102	A9-5-9	165	A9-6-10	165	A9-7-11	292						
A9-1-6	69	A9-2-7	-24	A9-3-8	56	A9-4-9	2	A9-5-10	165	A9-6-11	164								
A9-1-7	85	A9-2-8	7	A9-3-9	3	A9-4-10	3	A9-5-11	165										
A9-1-8	5	A9-2-9	-3	A9-3-10	4	A9-4-11	3												
A9-1-9	105	A9-2-10	-3	A9-3-11	4														
A9-1-10	106	A9-2-11	-3																
A9-1-11	106																		

	A9	A9-1	A9-2	A9-3	A9-4	A9-5	A9-6	A9-7	A9-8	A9-9	A9-10	A9-11
A9												
A9-1			4	4	4	71	69	85	5	105	106	106
A9-2				62	62	-5	-24	7	-3	-3	-3	-3
A9-3					131	1	1	-17	56	3	4	4
A9-4						0	40	-20	102	2	3	3
A9-5							189	201	92	165	165	165
A9-6								208	149	166	165	164
A9-7									109	292	292	292
A9-8										71	72	71
A9-9											606	576
A9-10												579
A9-11												

Orden			Ruta A	DtA	Ruta B	DtB	DtT	DtMax	Ruta PSB	Auto	RUTAS	FO
1	606	R-9-10	0-9-0	320	0-10-0	145	465	1200	0-9-10-0	S	0-5-6-9-7-10-11-0	1102
2	579	R-10-11	0-9-10-0	465	0-11-0	163	628	1200	0-9-10-11-0	S	0-3-4-0	185
3	576	R-9-11					0	1200		NO	0-2-8-1-0	430
4	292	R-7-9	0-9-10-11	465	0-7-0	115	580	1200	0-9-7-10-11-0	S		0
5	292	R-7-10					0	1200		NO		
6	292	R-7-11					0	1200		NO		
7	208	R-6-7					0	1200		NO		
8	201	R-5-7					0	1200		NO		
9	189	R-5-6	0-5-0	456	0-6-0	127	583	1200	0-5-6-0	S		
10	166	R-6-9	0-5-6-0	583	9-7-10-11	580	1163	1200	0-5-6-9-7-10-11-0	S		
11	165	R-5-9					0	1200		NO		
12	165	R-5-10					0	1200		NO		
13	165	R-5-11					0	1200		NO		
14	165	R-6-10					0	1200		NO		
15	164	R-6-11					0	1200		NO		
16	149	R-6-8					0	1200		NO		
17	131	R-3-4	0-3-0	463	0-4-0	623	1086	1200	0-3-4-0	S		
18	109	R-7-8					0	1200		NO		
19	106	R-1-10					0	1200		NO		
20	106	R-1-11					0	1200		NO		
21	105	R-1-9					0	1200		NO		
22	102	R-4-8	0-3-4-0	1086	0-8-0	163	1249	1200		NO		
23	92	R-5-8					0	1200		NO		
24	85	R-1-7					0	1200		NO		
25	72	R-8-10					0	1200		NO		
26	71	R-1-5					0	1200		NO		
27	71	R-8-9					0	1200		NO		
28	71	R-8-11					0	1200		NO		
29	69	R-1-6					0	1200		NO		
30	62	R-2-3	0-3-4-0	1086	0-2-0	127	1213	1200		NO		
31	62	R-2-4					0	1200		NO		
32	56	R-3-8	0-3-4-0	1086	0-8-0	163	1249	1200		NO		
33	40	R-4-6					0	1200		NO		
34	7	R-2-8	0-2-0	127	0-8-0	163	290	1200	0-2-8-0	S		
35	5	R-1-8	0-2-8-0	290	0-1-0	521	811	1200	0-2-8-1-0	S		
36	4						0	1200				
37	4						0	1200				
38	4						0	1200				
39	4						0	1200				
40	4						0	1200				
41	3						0	1200				
42	3						0	1200				
43	3						0	1200				
44	2						0	1200				
45	1						0	1200				
46	1						0	1200				
47	0						0	1200				
48	-3						0	1200				
49	-3						0	1200				
50	-5						0	1200				
51	-5						0	1200				
52	-5						0	1200				
53	-17						0	1200				
54	-20						0	1200				
55	-24						0	1200				

YA NO ES NECESARIO SEGUIR CALCULANDO, YA QUE TODAS LAS NODOS ESTAN EN UNA RUTA, ADEMÁS LAS COMBINACIONES QUE SE PUEDEN FORMAR CON LAS RUTAS YA OBTENIDAS SON:

ZONA REPARTO PORTUGAL

	AIO	AIO-1	AIO-2	AIO-3	AIO-4	AIO-5	AIO-6	AIO-7	AIO-8	AIO-9	AIO-10
AIO	0	2	343	262	224	174	191	99	379	181	235
AIO-1	2	0	341	260	227	172	194	103	382	183	233
AIO-2	343	341	0	178	363	174	399	457	601	500	126
AIO-3	262	260	178	0	290	93	325	383	527	427	85
AIO-4	224	227	363	290	0	204	47	133	278	178	254
AIO-5	174	172	174	93	204	0	238	296	440	340	62
AIO-6	191	194	399	325	47	238	0	99	244	144	291
AIO-7	99	103	457	383	133	296	99	0	226	81	334
AIO-8	379	382	601	527	278	440	244	226	0	147	491
AIO-9	181	183	500	427	178	340	144	81	147	0	389
AIO-10	235	233	126	85	254	62	291	334	491	389	0

Solución mediante Clarke & Wright	FO	2482
-----------------------------------	----	------

Ruta1	0-2-3-10-8-9-0
Ruta2	0-4-5-6-0
Ruta3	0-1-7-0

Demanda Total	2898							
Nº de Rutas mín.	3							
Rutas básicas	0-1-0	0-2-0	0-3-0	0-4-0	0-5-0	0-6-0	0-7-0	0-8-0
	0-9-0	0-10-0						
Distancia	4180							

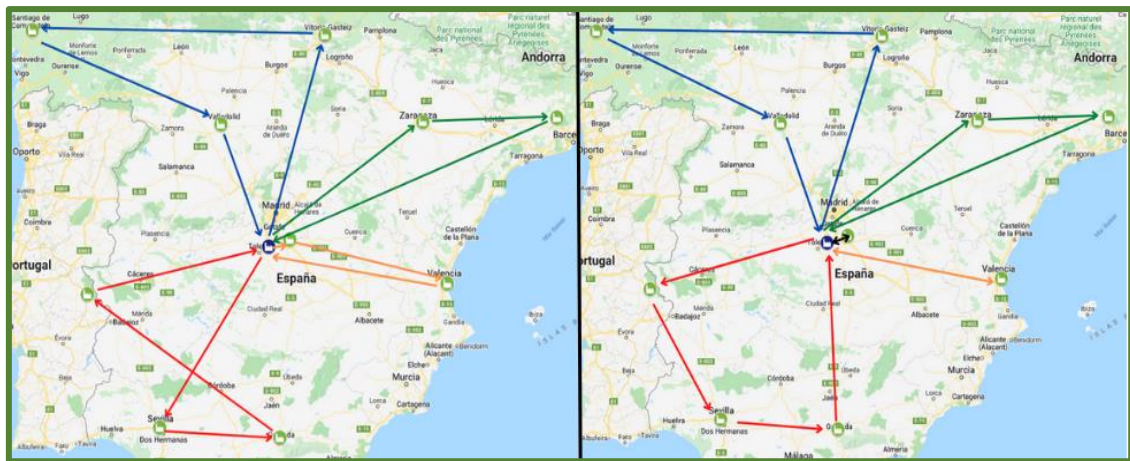
[illegible][illegible]

Orden		Ruta A	Dti A	Ruta B	Dti B	Dti T	Dti Mex	Ruta PSB	Agto	RUTAS	FO
1	452	R-2-10	0-2-0	325	0-10-0	206	531	1200	S	0-2-10-8-9-0	1425
2	427	R-2-3	0-2-10-0	531	0-3-0	126	657	1200	S	0-2-3-10-0	857
3	413	R-8-9	0-8-0	312	0-9-0	147	459	1200	S	0-4-5-6-0	204
4	413	R-8-10	0-2-3-10	657	0-8-9-0	459	1116	1200	S	0-1-7-0	0
5	412	R-3-10					0	1200	NO		2486
6	368	R-4-6	0-4-0	580	0-6-0	125	705	1200	S	0-4-6-0	
7	347	R-5-10					0	1200	NO		
8	343	R-2-5					0	1200	NO		
9	343	R-3-5					0	1200	NO		
10	326	R-6-8					0	1200	NO		
11	325	R-4-8					0	1200	NO		
12	252	R-7-8					0	1200	NO		
13	228	R-6-9					0	1200	NO		
14	227	R-4-9					0	1200	NO		
15	205	R-4-10					0	1200	NO		
16	204	R-2-4					0	1200	NO		
17	199	R-7-9	2-3-10-8	1116	0-7-0	430	1546	1200	NO		
18	196	R-3-4					0	1200	NO		
19	194	R-4-5	0-4-6-0	705	0-5-0	135	840	1200	S	0-4-5-6-0	
20	191	R-6-7	0-4-5-6	840	0-7-0	430	1270	1200	NO		
21	190	R-4-7					0	1200	NO		
22	135	R-2-6					0	1200	NO		
23	135	R-6-10					0	1200	NO		
24	128	R-3-6					0	1200	NO		
25	127	R-5-6					0	1200	NO		
26	121	R-2-8					0	1200	NO		
27	114	R-3-8					0	1200	NO		
28	113	R-5-8					0	1200	NO		
29	27	R-9-10					0	1200	NO		
30	24	R-2-9					0	1200	NO		
31	16	R-3-9					0	1200	NO		
32	15	R-5-9					0	1200	NO		
33	4	R-1-2					0	1200	NO		
34	4	R-1-3					0	1200	NO		
35	4	R-1-5					0	1200	NO		
36	4	R-1-10					0	1200	NO		
37	0	R-1-9					0	1200	NO		
38	0	R-7-10					0	1200	NO		
39	-1	R-1-4					0	1200	NO		
40	-1	R-1-6					0	1200	NO		
41	-1	R-1-8					0	1200	NO		
42	-2	R-1-7	0-1-0	512	0-7-0	430	942	1200	S	0-1-7-0	
43	-15	R-2-7					0	1200	NO		
44	-22	R-3-7					0	1200	NO		
45	-23	R-5-7					0	1200	NO		

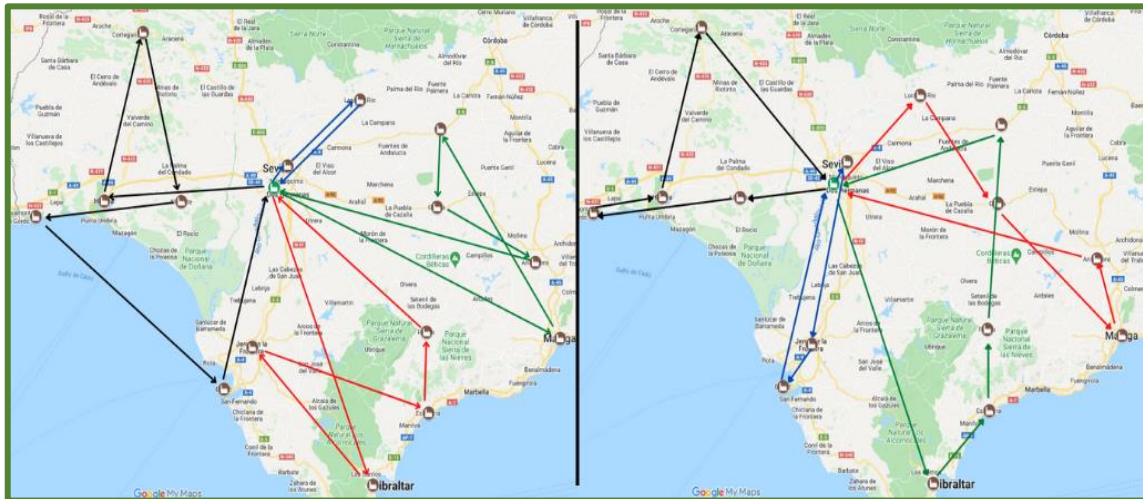
ANEXO:

Comparaciones

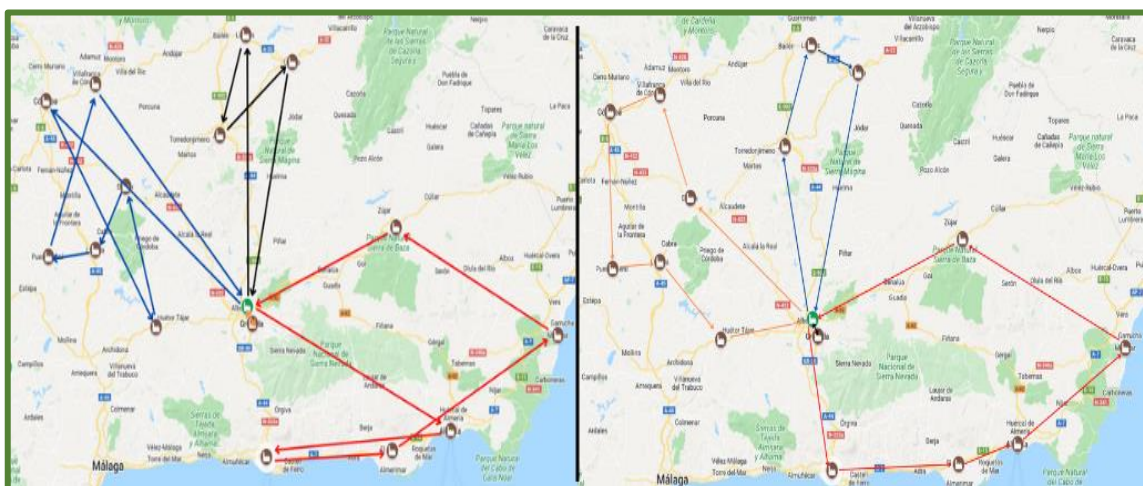
COMPARACIÓN RUTAS ALMACENES.



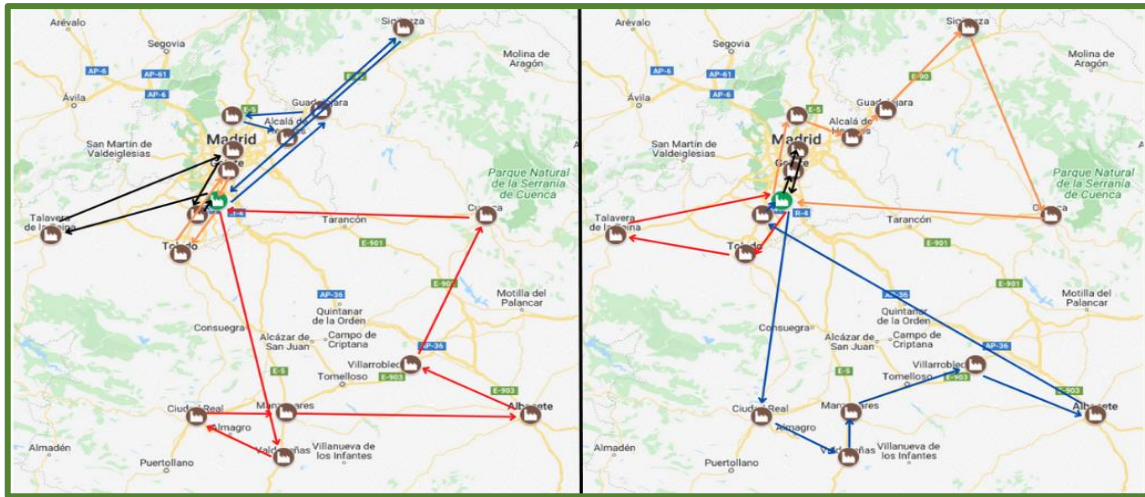
COMPARACIÓN RUTAS SEVILLA.



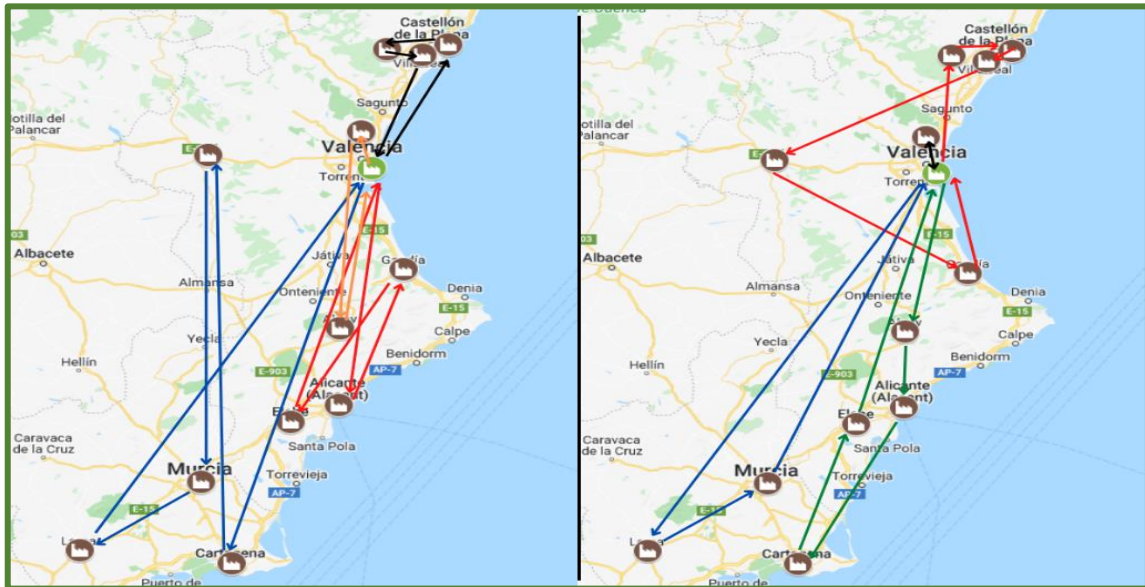
COMPARACIÓN RUTAS GRANADAS.



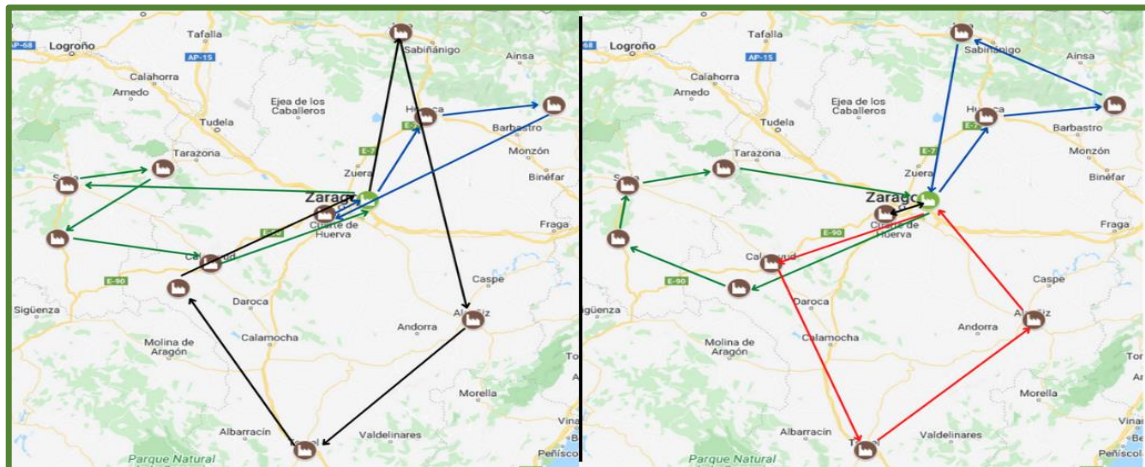
COMPARACIÓN RUTAS ILLESCAS.



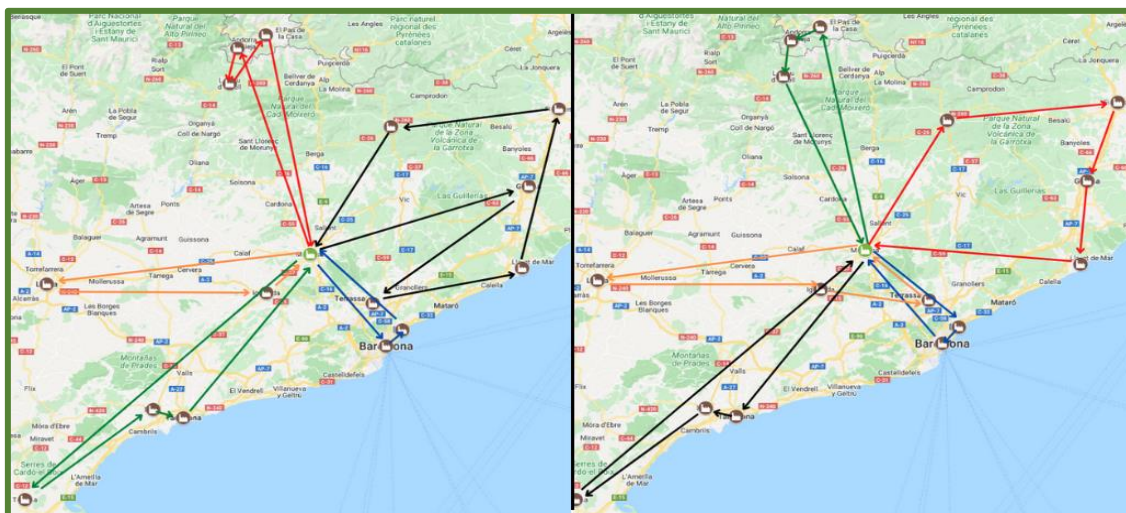
COMPARACIÓN RUTAS VALENCIA.



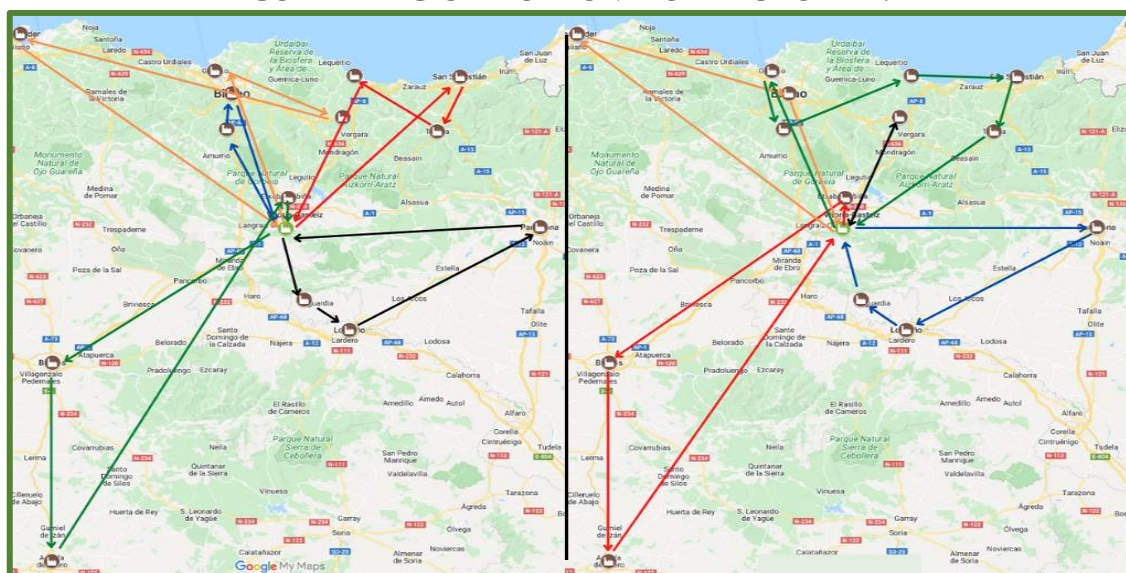
COMPARACIÓN RUTAS ZARAGOZA.



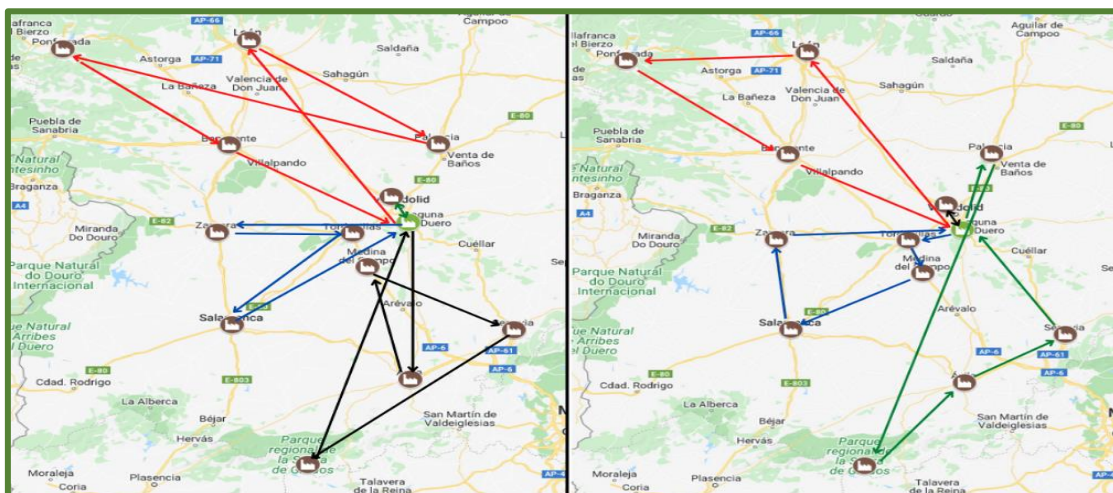
COMPARACIÓN RUTAS CATALUÑA.



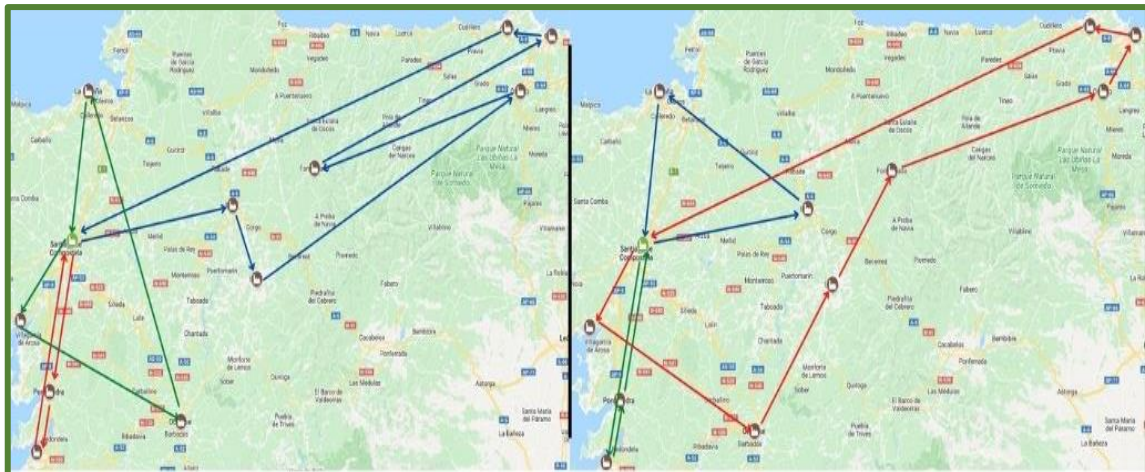
COMPARACIÓN RUTAS VITORIA-GASTEIZ.



COMPARACIÓN RUTAS VALLADOLID.



COMPARACIÓN RUTAS SANTIAGO.



COMPARACIÓN RUTAS PORTUGAL.

