

Recepción: 12 de febrero de 2018**Aceptación:** 06 de marzo de 2018**Publicación:** 14 de marzo de 2018

ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO INTERURBANO EN LAS COMARCAS DE “L’ALCOIÀ” Y “EL COMTAT”

STUDY AND DESIGN OF AN INTER-URBAN PUBLIC TRANSPORTATION NETWORK IN THE AREAS OF “L’ALCOIA” AND “EL COMTAT”

Marcos Carbonell Alemany¹

1. Master en Ingeniería de Organización y Logística. Ingeniero en Organización Industrial. Universitat Politècnica de València). (España). E-mail: marcos.carbonell.a@gmail.com

Citación sugerida:

Carbonell Alemany, M. (2018). Estudio y diseño de una red de transporte público interurbano en las comarcas de "L'Alcoià" i "El comtat". *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(1), 20-42. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n1e25.20-42/>.

RESUMEN

Este artículo hace una aproximación al problema del transporte público interurbano en las comarcas de L'Alcoia y el Comtat. Se estudiaron las líneas regulares que prestan servicio actualmente, y se recabó información de las necesidades de los ciudadanos. Se ha concluido que el servicio prestado en la actualidad no tiene coordinación entre las diferentes rutas, y que los horarios no son los más adecuados para incentivar su uso. Se propone la reordenación de algunas líneas, la racionalización de horarios, para favorecer su uso, con transbordo de autobuses.

ABSTRACT

This paper made an approximation to the problem of the intercity public transport in the northern of Alicante, specifically in L'Alcoia and El Comtat. The regular lines that are currently serving have been studied and information on the needs of citizens has been collected through surveys. It has been concluded that the service provided currently does not have any coordination between the different routes, and that the schedules are not the most appropriate to encourage their use. It has been proposed a reordering of some lines, and a rationalization of the schedules, to favor the use of public transport and the connection between the different cities, towns or villages, being able to change from one bus to another.

PALABRAS CLAVE

Logística, Transporte Urbano, Transporte Interurbano, Servicio Público.

KEY WORDS

Logistics, Urban Transport, Interurban Transport, Public Service.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio ha sido promovido por la Mancomunitat de L'Alcoià i El Comtat, ante la deficiente o nula comunicación entre las diferentes poblaciones que forman parte de las comarcas de L'Alcoià y el Comtat, especialmente en relación al transporte público existente, para estudiar la situación actual y proponer alternativas que puedan ser implantadas, para dar soporte a la población.

La peculiaridad de la orografía de las comarcas objeto de este estudio, y sus necesidades de transporte, hacen que el transporte de pasajeros entre las diferentes poblaciones no sea fácil ni económica. La población objeto de las dos comarcas o clientes potenciales es de 137.901 habitantes (INE 2015), y engloba a 32 poblaciones, diversas pedanías y varias urbanizaciones. Esto provoca que fuera necesaria una inmensa red de autobuses, micro-autobuses o taxis para hacer una cobertura total. Que tendría un coste excesivo para ser rentable, y demasiado elevado para ser soportado por la administración.

Por ello, este estudio pretende ser un instrumento para definir, y ayudar en la toma de decisión para la instauración de un servicio que, aún no completamente, consiga satisfacer las necesidades más acuciantes. Solucionando las dificultades de la población más desfavorecida en este sentido, y aproximando a las diferentes poblaciones como si de un área metropolitana se tratase.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio es realizar una propuesta para reconvertir las líneas actualmente existentes, modificándolas y/o añadiendo otras, de forma que las líneas resultantes den más y mejor servicio a las personas que más lo necesitan, por su edad, discapacidad o lugar de residencia.

Debido a la orografía del terreno y que la red de carreteras de las comarcas de L'Alcoià y El Comtat solo permiten hacer muy pocas variaciones en cuanto a recorrido, se debe entender que la disminución de kilómetros a recorrer no es algo que sea susceptible de mejorarse. Por ello se ha centrado en la coordinación de horarios, principalmente.

3. ANTECEDENTES Y EL ACTUAL TRANSPORTE PÚBLICO

Muchas grandes ciudades con área metropolitana han estudiado el problema del transporte público, para optimizar los recorridos, minimizar los tiempos de espera, los autobuses o metros, etc. Entre ellas, Manchester (UK), Melbourne, Brisbane, Estocolmo, Viena, Quebec, ... han realizado estudios, que no pueden ser trasladados a las dos comarcas que nos ocupan ahora. También hay estudios que han desarrollado modelos matemáticos para la optimización de algunas o varias variables que afectan al diseño del transporte público de pasajeros, siendo uno de los primeros, el trabajo realizado por (Baaj & Mahmassani, 1991).

Centrándonos en la zona de Alcoy, encontramos un estudio para la mejora de la red de autobuses urbanos realizado por (San Nicolás Comendador & Colomer Ferrandiz, 2014), pero que no es de es trasladable al caso que nos ocupa.

En cambio se ha utilizado el proceso descrito por (CEDER & WILSON, 1986), para la planificación de un sistema de transporte público urbano colectivo (TPUC), que implica determinar un plan de recorridos, frecuencias, horarios, asignación de personal y flota, en lo posible óptimas.

1. Diseño de las rutas: cantidad de líneas y el trazado de sus recorridos.
2. Determinación de frecuencias: de pasadas para cada línea, eventualmente variable en el tiempo. Considera aspectos de cubrimiento de demanda no considerados en la etapa 1.
3. Determinación de horarios: tablas de horarios de cada línea y sincronización de despachos entre aquellas que comparten puntos de transferencia (transbordos).
4. Asignación de flota: en base a los vehículos disponibles para realizar los viajes.
5. Asignación de personal y recursos disponibles a los viajes programados por línea.

4. LÍNEAS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EXISTENTE

En la actualidad existen varias líneas de autobuses que unen diferentes poblaciones de las dos comarcas, o algunas de ellas con otras poblaciones que no pertenecen al ámbito geográfico de este estudio, pero que se han considerado en sus tramos que transcurren por alguna o las dos comarcas, porque también son aprovechadas por los ciudadanos objeto de nuestra preocupación para poder trasladarse a poblaciones vecinas.

LÍNEA DE AUTOBUS EXISTENTES

Alcoy – Cocentaina – Muro
Alcoy – Famorca – Quatretondeta
Alcoy – Ares del Bosque
Alcoy – Planes
Alcoy – Banyeres de Mariola
Alcoy – Muro – Bocairent
Alcoy – Pego – Denia
Alcoy – Villena
Alicante – Alcoy:
 Alcoy-Castalla-Alicante
 Alcoy-Tibi-Alicante
 Alcoy-Castalla-Tibi-Alicante
 Alcoy-San Vicente-Alicante
 Ibi-Castalla-San Vicente

Valencia – Alcoy

Los mapas para identificar las líneas actuales se han realizado con el software “Grafos”, para la resolución de problemas de Teoría de grafos, desarrollado por el profesor D. Alejandro Rodríguez, de la Universidad Politécnica de Valencia.

Sé, se ha comprobado que las rutas actuales no se pueden mejorar en cuanto a recorrido, demostrando que el servicio se ha estudiado para intentar optimizarlo, pero solo desde el punto de vista individual de cada ruta que se realiza, y no desde el punto de vista de un conjunto de rutas coordinadas, como se verá más adelante.

LÍNEAS DE AUTOBUS EXISTENTE	LÍNEAS ACTUALES	línea (km)	Frecuencia diaria			Km recorridos			Nº Poblaciones
			L-V	S	D-F	L-V	S	D-F	
• Alcoy – Cocentaina – Muro	Bus Comarcal	12,5	45	15	15	562,5	187,5	187,5	3
• Alcoy – Fàmorca – Quatretondeta	Línea A-2	54,3	2	0	0	108,6	0	0	11
• Alcoy – Ares del Bosque	Línea A-3	26,8	2	0	0	53,6	0	0	6
• Alcoy – Planes	Línea A-4	25,4	2	0	0	50,8	0	0	5
• Alcoy – Banyeres de Mariola	Línea A-5	27	2	0	0	54	0	0	3
• Alcoy – Muro – Bocarent	Línea A-6	50	2	0	0	100	0	0	7
• Alcoy – Pego – Denia	Línea AD	83,3	2	0	0	166,6	0	0	6
• Alcoy – Villena	Línea B								
Alcoy-Villena	Línea B1	56,6	2	0	0	113,2	0	0	4
Alcoy-Alicante (Villena)	Línea B2	56,6	2	0	0	113,2	0	0	4
• Alicante – Alcoy	Línea T								
Alcoy-Castalla-Alicante	Línea T-1	71,1	14	10	7	995,4	711	497,7	4
Alcoy-Tibi-Alicante	Línea T-21	59,5	1	0	0	59,5	0	0	3
Alcoy-Castalla-Tibi-Alicante	Línea T-22	78,6	1	1	0	78,6	78,6	0	5
Alcoy-San Vicente-Alicante	Línea T-3	60,5	2	0	0	121	0	0	1
Ibi-Castalla-San Vicente	Línea T-4	45,2	1	0	0	45,2	0	0	3
• Valencia – Alcoy	Línea V	107	5	3	3	535	321	321	4
• Muro-L'Orxa	Línea MO								

Figura 2. Cuadro resumen de líneas actuales.

Fuente: elaboración propia.

5. DATOS DE POBLACIÓN (INE – 2015)

Un dato importante en el que debemos basar el estudio, es en la población objetivo que necesita y/o estaría dispuesta a usar algún medio de transporte público para realizar sus desplazamientos.

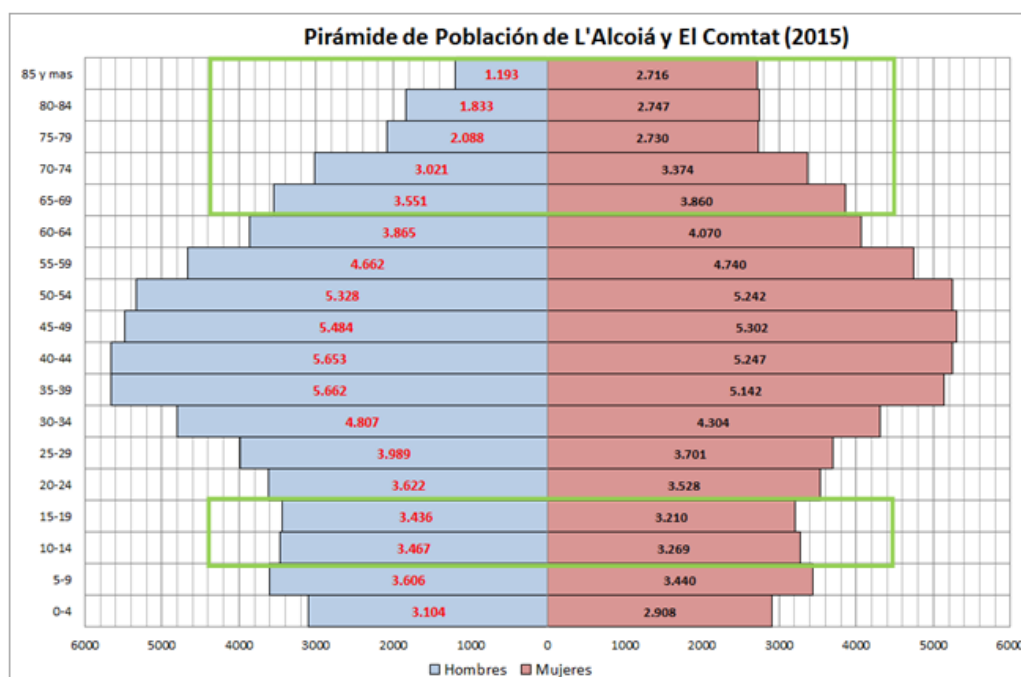


Figura 3. Pirámide de Población de las comarcas de L'Alcoià y El Comtat, en el año 2015.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE 2015.

De esta forma, se ha consultado la base de datos del Instituto Nacional de Estadística del año 2015, para conocer con bastante exactitud la cantidad de ciudadanos que están residiendo en las dos

comarcas, obteniendo el dato de 137.901 (2015) habitantes, y de esa forma poder establecer una prioridad en función de la edad. Estas franjas de edad están comprendidas entre los 10 y los 20 años, y las personas mayores de 65 años.

Si nos centramos en las poblaciones más pequeñas vemos que este proceso de envejecimiento es mucho más pronunciado. Transformándose el gráfico casi en un embudo, donde se engrosan las partes correspondientes a las personas de más edad, y disminuye según va decreciendo la edad de la población.

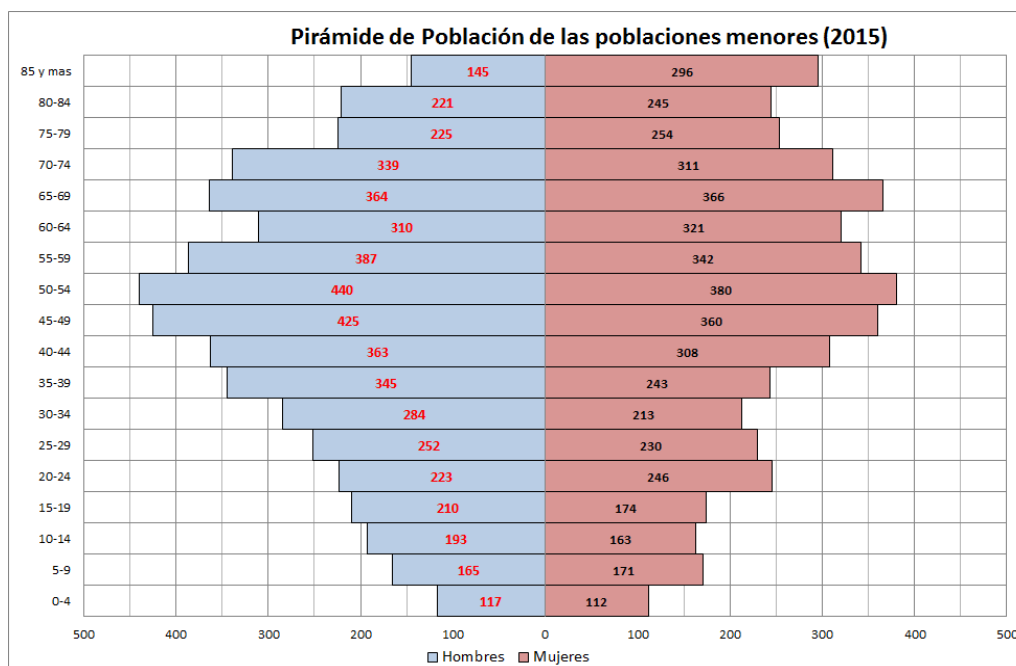


Figura 4. Pirámide de Población de las poblaciones menores de 2000 habitantes, en el año 2015.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE 2015.

Que la despoblación este siendo más pronunciada en estas poblaciones más pequeñas, que cuentan con menos infraestructuras y servicios, es algo que debe hacer reflexionar para mejorar la comunicación y con ello, intentar evitar que estos pueblos se queden deshabitados en un plazo de tiempo no muy grande.

5.1 DATOS DE POBLACIÓN CON DISCAPACIDAD O MOVILIDAD REDUCIDA

Se ha intentado establecer una pequeña agrupación de datos por poblaciones, tipo de discapacidad, destinos de sus desplazamientos, etc. Algo similar a los datos generales, pero de forma específica para aquellas personas que necesitan por diferentes motivos, acudir a centros sanitarios, de ayuda social u otros, pero por su condición, ya sea permanente o temporal, no pueden conducir, y necesitan que otras personas les acompañen y transporten a otras poblaciones, para que puedan ser atendidas.

Lamentablemente se ha comprobado que no hay un censo de personas con necesidades especiales, ni en los ayuntamientos ni a nivel provincial.

6. ENCUESTA A POTENCIALES USUARIOS

Se ha elaborado una encuesta para testear y estimar la cantidad de usuarios potenciales, en los diferentes trayectos, horarios y frecuencias de viaje, entre las diferentes poblaciones de las dos comarcas.

De los datos recibidos de las encuestas se observa que los habitantes de dos municipios en particular han tenido un mayor interés por participar, Banyeres de Mariola y L'Orxa.

El principal motivo de esta gran participación de los habitantes de estas dos poblaciones es que en los últimos años se ha anulado dos líneas de autobús que prestaban servicio a estas dos poblaciones. Una que unía Lorch/L'Orxa con Muro, y que además era la única dejando a las poblaciones de La Vall de Perputxent sin servicio. Y otra era la línea que unía Banyeres de Mariola con Villena, disminuyendo de esta forma el servicio a esta población y perjudicando a algunos ciudadanos.

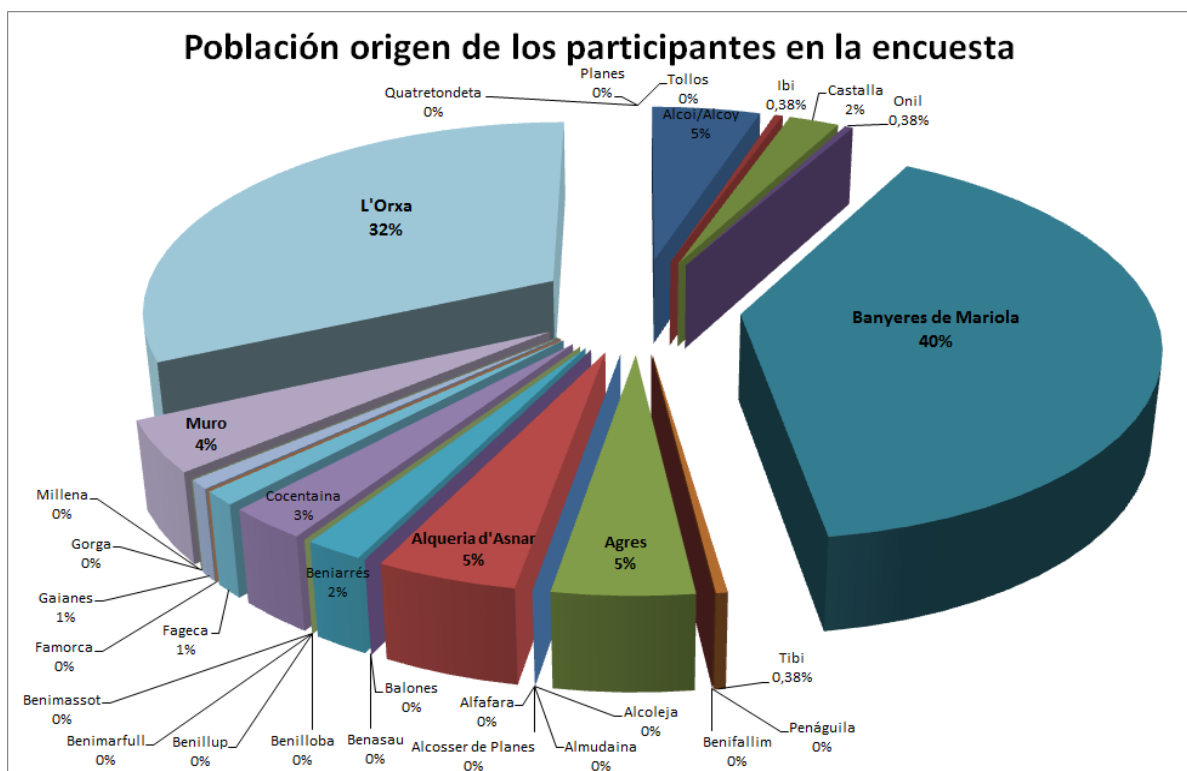


Figura 5. Gráfico circular del origen de los participantes en la encuesta.

Fuente: elaboración propia.

Se ha observado que hay una participación mayor de mujeres (60%), respecto a los hombres (40%). Y por edades hay tres franjas que han respondido más (18 a 25, 26 a 35, 35 a 50 años), siendo en cada tramo siempre mayoritarias las mujeres.

En cuanto a la población destino de los viajes que las personas participantes han indicado, se encuentra principalmente las poblaciones en las que se ubican los servicios de la administración (sanitarios, administrativos, educativos, etc.), comercios y centros de ocio. Estos municipios son Alcoy, Cocentaina y Muro. Los motivos por los que Ibi no se encuentre entre las poblaciones preferidas como destino, se puede deber a que en la Comarca de L'Alcoià casi todas las poblaciones son relativamente

grandes comparadas con las poblaciones de El Comtat i por ello disponen de los servicios básicos, que en las pequeñas no existen. Y por otro lado se puede extraer que ha habido mayor participación de personas que viven en poblaciones con una mayor relación con Alcoy, Muro y Cocentaina.

Con relación a los horarios, para la salida del autobús y su regreso, hay una predominancia en la hora de salida entre las 7 y las 9 de la mañana, presumiblemente para empezar la jornada laboral, educativa, o asistencia a algún centro de salud, administrativo u otro.

En cuanto a las horas de regreso, queda claro que el motivo para el desplazamiento es muy diverso, ya que la gran mayoría solicita regresar antes de las 22 horas, pero todas estas personas lo hacen en cuatro franjas horarias, predominando sobre estas dos horarios, antes de las 2 de la tarde y antes de las 10 de la noche, que corresponden con las horas de finalización mayoritaria de las jornadas laborales y escolares.

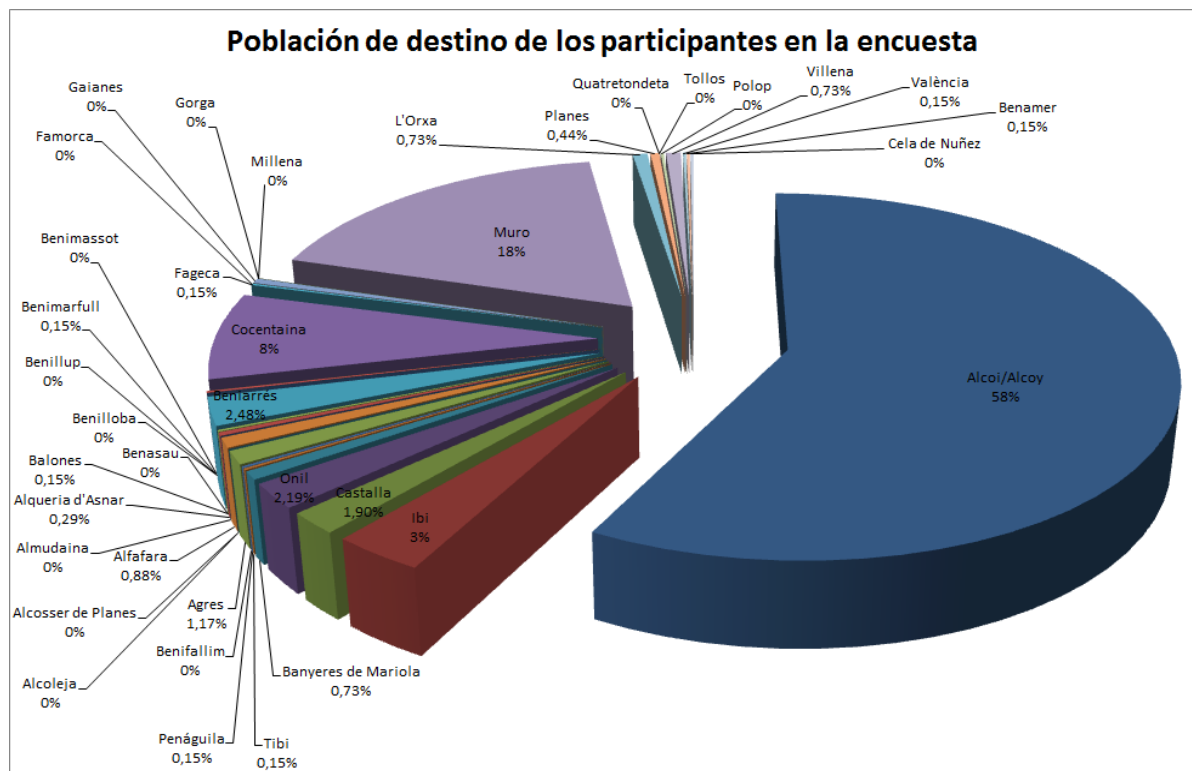


Figura 6. Gráfico circular de los destinos de los participantes en la encuesta.

Fuente: elaboración propia.

6.1 SOLICITUDES DE MOVILIDAD

En base a las encuestas recibidas se han plasmado las diferentes solicitudes de transporte por las dos comarcas en el siguiente gráfico. Destacando la ruta L'Orxa–Alcoy, y la ruta Banyeres de Mariola–Alcoy, que en el mapa se ha destacado con un grosor de línea mayor.

La solución extraída al aplicar el algoritmo del viajante de comercio (TSP) en la que la población inicial de la ruta sería Balones, aunque esto no importa mucho, puesto que lo importante es que pase por todas las poblaciones y termine en Cocentaina, que es la población que pertenece al eje principal de comunicación y en la cual se puede hacer transbordo a otras líneas.

También se ha querido modificar el orden de las poblaciones en el camino de regreso, cosa que se puede hacer gracias a la configuración de las carreteras, y de ese modo no se perjudica siempre a las personas de las mismas poblaciones, obligándoles a levantarse antes y llegar de regreso siempre más tarde.



Figura 9. Solución para la ida de la ruta del Valle de Seta sin Alcoy ni Benilloba.

Fuente: elaboración propia.



Figura 10. Solución para la vuelta de la ruta del Valle de Seta sin Alcoy ni Benilloba.

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma se ha procedido en todas las líneas actuales, y se ha estudiado una línea que llegase hasta L'Orxa.

La ruta entre Alcoy y Banyeres de Mariola es relativamente corta, ya que solo une dos poblaciones, haciendo parada en una pedanía (urbanización) durante el camino, es por ello que no se hace el estudio para otra ruta diferente.

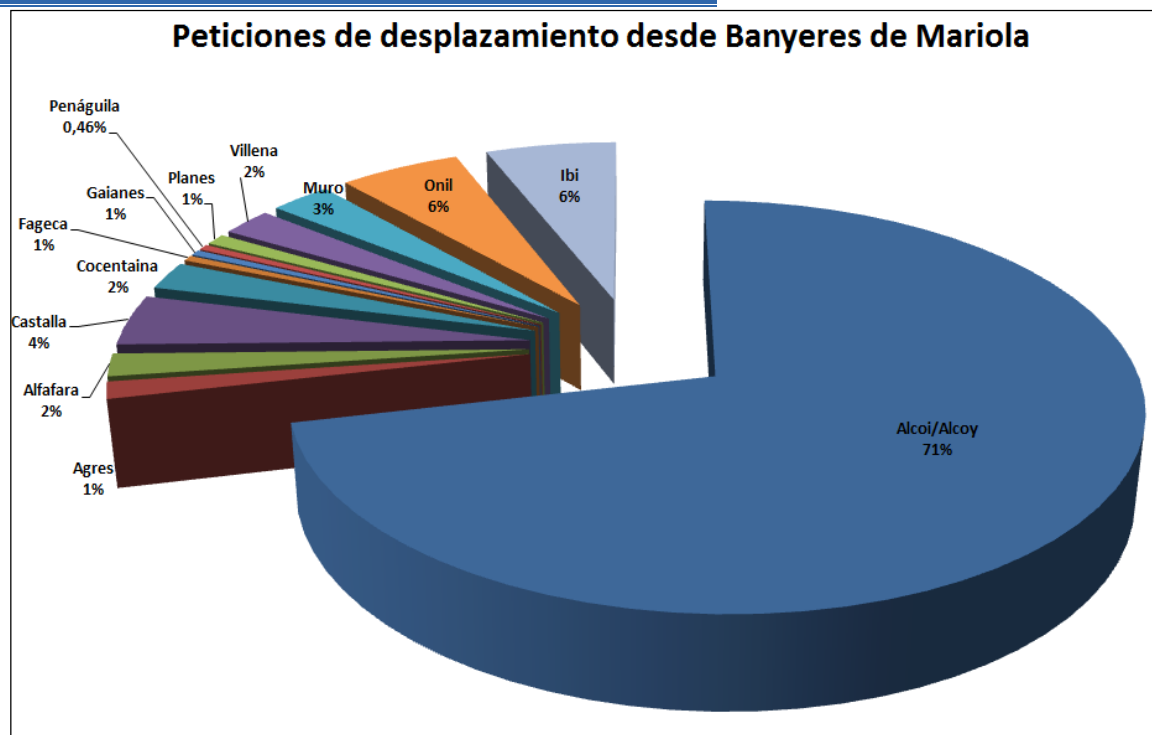


Figura 11. Gráfico circular de los destinos solicitados por los participantes en la encuesta de Banyeres de Mariola.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de las encuestas.

Ello no es óbice para hacer una recomendación, para ampliar la frecuencia, observando las solicitudes, de forma que los horarios se ajusten mejor a las peticiones y necesidades de los clientes, o potenciales clientes.

En cuanto al destino solicitado por los participantes en la encuesta, como muestra el anterior gráfico, la población de destino principal es Alcoy, y como desde esta ciudad hay diferentes líneas de autobús que se dirigen a otras poblaciones, el ampliar a más líneas con otros destinos sería difícil de justificar. Siempre y cuando los horarios para hacer transbordo a las otras líneas fueran los adecuados.

Por lo que se adelanta y repite aquí la propuesta de unificar horarios para que las diferentes líneas que unen las dos comarcas tengan puntos y horarios de transbordo unificados.

Aquí vemos la necesidad de estudiar con más profundidad la implantación de un servicio “a la Carta”, que pudiera prestar un servicio no estandarizado o regulado por horarios ni recorridos, sino, que se fuera diseñando cada día en función de la demanda solicitada con antelación.

Del mismo modo, en el gráfico de las horas solicitadas para el regreso a Banyeres de Mariola, se observa algo similar. Hay un tramo horario solicitado con prioridad, que coincide con el fin de la jornada laboral, aunque no es tan pronunciado como en el caso del viaje de Ida.

Se observa que hay dos tramos horarios con bastante preferencia que son el de 12 a 14 horas, coincidiendo con el fin de la jornada matutina, y poder llegar a su casa para la hora de comer. Y el tramo de las 14 a 17 horas, coincidiendo con aquellos trabajos o los estudiantes que terminan a las 15 horas de sus respectivas ocupaciones.

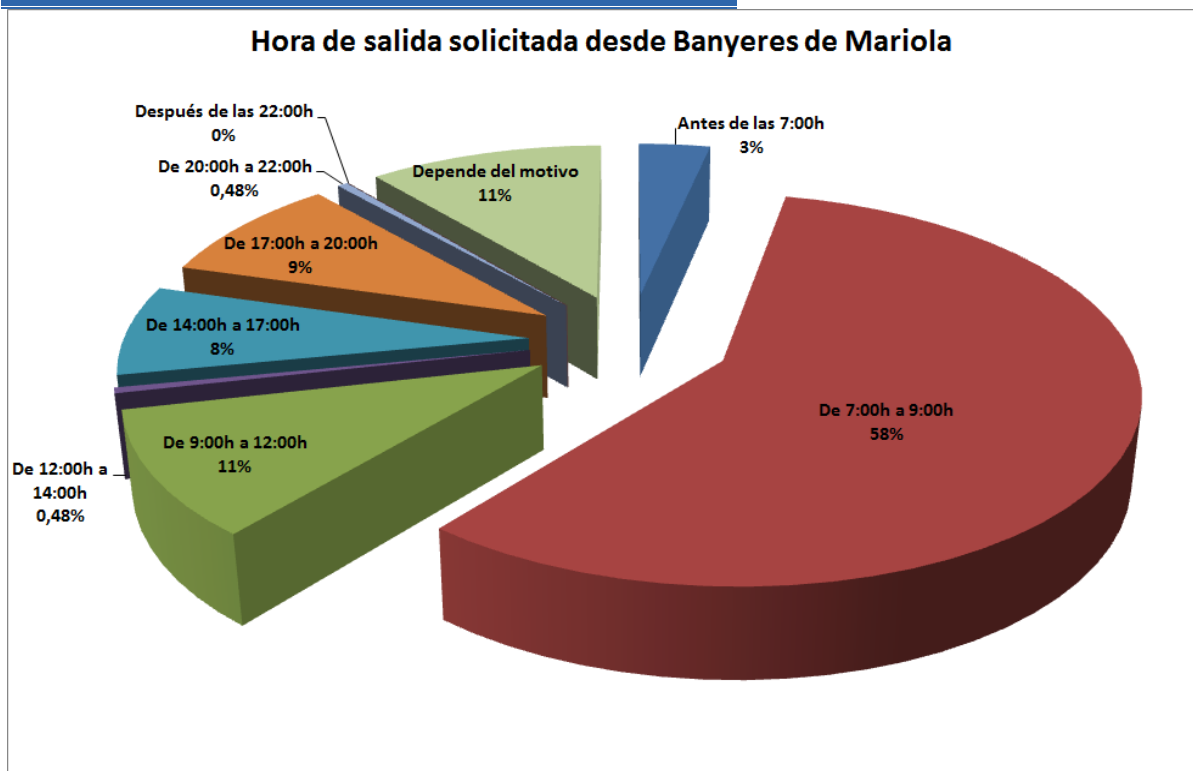


Figura 12. Gráfico circular de los horarios de salida solicitados por los participantes en la encuesta de Banyeres de Mariola.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de las encuestas.

Y al igual que en el caso del viaje de Ida, hay un porcentaje bastante elevado que prefiere un horario del autobús en función de los motivos que generan la necesidad de desplazamiento.

Es por ello que también se ha realizado un estudio de coordinación de las diferentes líneas propuestas, para que sus horarios queden conectados de forma que cualquier usuario pueda recorrer de punta a punta las dos comarcas en el mismo día, de forma normal. E incluso hacer conexión con las líneas que unen las dos comarcas con Alicante o Valencia.

8. PROPUESTA DE MEJORA DE LA RED DE LÍNEAS DE LAS COMARCAS DE L'ALCOIÀ I EL COMTAT

En este punto se hace un resumen de las líneas estudiadas, en su conjunto, proponiéndose horarios para conseguir una coordinación entre las diferentes líneas que vertebran el territorio de las dos comarcas.

Este proceso se puede descomponer en varias etapas (CEDER & WILSON, 1986) de la siguiente manera:

1. Diseño de las rutas: cantidad de líneas y el trazado de sus recorridos.
2. Determinación de frecuencias: de pasadas para cada línea, eventualmente variable en el tiempo. Considera aspectos de cubrimiento de demanda no considerados en la etapa 1.
3. Determinación de horarios: tablas de horarios de cada línea y sincronización de despachos entre aquellas que comparten puntos de transferencia (transbordos).
4. Asignación de flota: en base a los vehículos disponibles para realizar los viajes.
5. Asignación de personal y recursos disponibles a los viajes programados por línea.

Ahora se desarrollan los puntos anteriores, de forma que se exponen toda la información que en cada uno de ellos se demanda. Alguna de esta información ya ha sido desarrollada en capítulos anteriores, y ahora solo se resume para una mejor comprensión y asimilación de todo lo expuesto hasta este punto.

8.1 SOLICITUDES DE MOVILIDAD

Las rutas han sido diseñadas en el capítulo anterior, generándose las líneas que se indican a continuación.

En algunos casos se han estudiado varias alternativas, pero se ha concluido que solo una de ellas va a ser considerada para la compilación total de ellas.

La intención es crear una red de líneas de transporte público que converjan en el eje central de las dos comarcas, que corresponde con la línea denominada "Bus Comarcal" y que esta sirva de nodo de conexión entre todas las líneas de autobús, y con ello la unión de todas las poblaciones de las dos comarcas. De forma que sea fácil trasladarse de una población a otra, sin esperas excesivas y con una buena coordinación entre todas las líneas.

Recopilando los datos de las líneas actuales y las propuestas, y traduciéndola a número de habitantes obtenemos la siguiente información:

	Actual	Propuesta	Incremento
Poblaciones ¹	31	39	25,8%
Habitantes	135.155	137.901	2,03%
Habitantes ²	21.700	24.446	12,65%

¹ Solo se contabilizan las poblaciones o pedanías pertenecientes a las dos comarcas con servicio.

² Habitantes de las poblaciones afectadas por las líneas, menos Alcoy, Cocentaina, Muro, Ibi y Castalla.

8.2 DETERMINACIÓN DE FRECUENCIAS: DE PASADAS PARA CADA LÍNEA, EVENTUALMENTE VARIABLE EN EL TIEMPO. CONSIDERA ASPECTOS DE CUBRIMIENTO DE DEMANDA NO CONSIDERADOS EN LA ETAPA 1

Las frecuencias de pasada que se realizan en la actualidad, se consideran adecuadas, considerándose la modificación de solo un par de ellas, y añadiendo la línea nueva MO, que llega hasta Lorch/L'Orxa.

El resumen de frecuencias se observa en el siguiente cuadro.

		Bus Comarcal	Línea A23	Línea A31	Línea A42	Línea A-5	Línea A61	Línea AD	Línea B1	Línea B2	Línea T-1	Línea T-21	Línea T-22	Línea T-3	Línea T-4	Línea V	Línea MO
Actual	Ida	22	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	0	1	1	5	0
	Vuelta	23	1	1	1	1	1	1	1	1	7	0	1	1	0	5	0
Propuesta	Ida	22	1	1	1	2	1	1	1	1	7	1	0	1	1	5	2
	Vuelta	23	1	1	1	2	1	1	1	1	7	0	1	1	0	5	2

Figura 14. Tabla de frecuencias Propuestas para los autobuses.

Fuente: elaboración propia.

Básicamente estas modificaciones han surgido debido a las solicitudes que han expresado los ciudadanos en las encuestas, por lo que en caso de haber habido una mayor participación, muy probablemente se hubiera extraído de la información recibida que otras líneas actuales necesitan de una modificación de frecuencias y/o horarios.

En fin de semana y festivos no se ha planteado modificar las frecuencias de paso debido a que principalmente se ha pretendido dar servicio para actividades obligadas (trabajo, estudio, medico, administración, etc.). En función de la demanda, se puede estudiar a posteriori la inclusión de algún viaje, en alguna línea en particular, en sábado, domingo o festivo.

8.3 DETERMINACIÓN DE HORARIOS. TABLAS DE HORARIOS DE CADA LÍNEA Y SINCRONIZACIÓN DE DESPACHOS ENTRE AQUELLAS QUE COMPARTEN PUNTOS DE TRANSFERENCIA (TRANSBORDOS)

Se ha trabajado en los horarios de todos los autobuses de las diferentes rutas, de forma que converjan en la línea comarcal, Alcoy-Cocentaina-Muro, de forma que los horarios coincidan, y se pueda hacer transbordo de unas líneas a otras.

La ida se ha planteado para que los autobuses las diferentes líneas lleguen a Cocentaina con cinco minutos de adelanto para enlazar con el Bus Comarcal que tiene paso con dos autobuses (en ambos sentidos) por Cocentaina. De forma que se pueda llegar tanto a Alcoy como a Muro.

A continuación se muestran todos los horarios que se proponen.

Ida Cocentaina - Famorca

Balones	Benimasot	Tollos	Famorca	Fageca	Quatretondeta	Gorga	Millena	Cocentaina
6:25	6:40	6:45	6:55	7:00	7:10	7:20	7:25	7:40

Vuelta

Cocentaina	Balones	Benimasot	Tollos	Famorca	Fageca	Quatretondeta	Gorga	Millena
16:45	17:05	17:20	17:25	17:35	17:40	17:50	18:00	18:05

Ida Alcoy - Benasau

Benilloba	Benasau	Ares del Bosque	Alcoleja	Penáguila	Benifallim	Alcoy
7:00	7:05	7:10	7:20	7:30	7:40	8:00

Vuelta

Alcoy	Benilloba	Benasau	Ares del Bosque	Alcoleja	Penáguila	Benifallim
16:35	16:55	17:00	17:05	17:15	17:25	17:35

Ida Muro - Planes

Benillup ¹	Almudaina ¹	Catamarruch ¹	Planes	Benimarfull	Benàmer	Muro
7:05	7:15	7:30	7:35	7:45	7:50	8:00

Vuelta

Muro	Benàmer	Benimarfull	Planes	Catamarruch ¹	Almudaina ¹	Benillup ¹
18:00	18:10	18:15	18:25	18:30	18:45	18:55

Ida Alcoy – Banyeres de Mariola

Banyeres de Mariola	Polop	Alcoy
7:00	7:15	7:30
15:45	16:00	16:15

Vuelta

Alcoy	Polop	Banyeres de Mariola
15:05	15:20	15:35
19:35	19:50	20:05

Ida Banyeres de Mariola - Cocentaina

Banyeres	Bocairent	Alfafara	Agres	Muro	Alquería	Alcudia	Cocentaina
6:30	6:45	6:55	7:10	7:25	7:30	7:35	7:40

Vuelta

Cocentaina	Alcudia	Alquería	Muro	Agres	Alfafara	Bocairent	Banyeres
15:50	15:55	16:00	16:10	16:25	16:35	16:45	17:00

Ida Alcoy - Denia

Denia	Pego	Catamarruch	Planes	Benimarfull	Benàmer	Muro	Alcoy
6:00	6:30		7:15	7:20	7:25	7:30	7:40	8:00

Vuelta

Alcoy	Muro	Benàmer	Benimarfull	Planes	Catamarruch	Pego	Denia
15:00	15:20	15:25	15:30	15:40	15:45		16:25	16:55

Ida Alcoy – Villena, línea 1

Alcoy	Ibi	Onil	Castalla	Biar	Villena
14:30	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00

Vuelta




Villena	Biar	Castalla	Onil	Ibi	Alcoy
16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:30

Ida **Alcoy – Villena, línea 2**

Villena	Biar	Castalla	Onil	Ibi	Alcoy
6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:30

Vuelta




Alcoy	Ibi	Onil	Castalla	Biar	Villena
21:45	22:15	22:30	22:45	23:00	23:15

Ida **Muro – L'Orxa**

L'Orxa	Beniarrés	Gaïanes	Alcocer de Planes	Setla de Nunyes	Turballos ¹	Muro
6:30	6:45	6:50	6:55	7:00	7:10	7:20
17:00	17:15	17:20	17:25	17:30	17:40	17:50

Vuelta



Muro	Turballos ¹	Setla de Nunyes	Alcocer de Planes	Gaïanes	Beniarrés	L'Orxa
16:00	16:10	16:15	16:25	16:30	16:35	16:50
21:25	21:35	21:40	21:50	21:55	22:00	22:15

8.4 ASIGNACIÓN DE FLOTA: EN BASE A LOS VEHÍCULOS DISPONIBLES PARA REALIZAR LOS VIAJES

En este caso, no se ha podido disponer de información sobre la empresa o empresas que actualmente están prestando el servicio de transporte público en la zona de estudio, acerca de los vehículos de que disponen para asignarlos a las diferentes rutas establecidas.

Es por ello que se va a hacer una estimación de los vehículos que serían necesarios y de que características cada uno, para hacer una asignación lo más económica posible, considerando que la inversión a realizar fuera la mínima posible. De esta forma se va a evaluar la posibilidad de modificar alguna de las rutas establecidas en el capítulo anterior en alguno de sus aspectos: trayecto, frecuencia, u horarios.

Cuadro resumen de las necesidades de vehículos:

Tipo de vehículo	Nº unidades
Autobús Interurbano	7
Autobús Urbano	4
Minibús Grande	1
Minibús Pequeño	3

Figura 15. Tabla de cantidades por modelo de autobús.

8.5 ASIGNACIÓN DE PERSONAL Y RECURSOS DISPONIBLES A LOS VIAJES PROGRAMADOS POR LÍNEA

Este punto no se desarrolla aquí, ya que sale fuera del objetivo del presente estudio.

En todo caso, para la realización de este punto se debería establecer la cantidad de choferes que serían necesarios, con consideraciones parecidas a estas: su jornada laboral debe ser de 8 horas día, y que cada 2 horas debe hacer un descanso de 15 minutos. En los casos que el trayecto fuera mayor de 2 horas, pero menor de 2 horas y media, se podría realizar dicho trayecto y se descansará a su finalización.

9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo no pretende mejorar las líneas de autobús existentes en el sentido de reducir los kilómetros a recorrer, o el tiempo necesario para hacer los recorridos. Estas metas intermedias son en realidad un paso para conseguir lo realmente importante, que es lograr una red de líneas coordinadas que garanticen que todos los habitantes de las dos comarcas puedan desplazarse a los centros neurálgicos de estas, en un horario adecuado, con un tiempo no excesivo, y como una extensión futura a este estudio, a un precio razonable.

9.1 COORDINACIÓN DE HORARIOS

La cuestión económica puede quedar garantizada en el caso que algunas de las líneas estén subvencionadas por la Generalitat, para asegurar un servicio mínimo. Pero el resto de parámetros no se cumplen. Es decir. Se ha comprobado que la mayoría de las líneas que deben dar servicio a las poblaciones pequeñas lo hace en unos horarios inadecuado para acceder a los centros administrativos, formativos, sanitarios, etc. Y volver en el mismo día habiendo tenido tiempo de realizar las tareas.

Es por ello que se ha considerado la unificación de horarios de forma que la llegada a las poblaciones importantes sea a una hora en que se pueda acudir al trabajo, al médico o para hacer trámites administrativos, y que se pueda volver a la población de origen el mismo día y a una hora más adecuada.

9.2 MODIFICACIÓN DE RUTAS

Se ha considerado la modificación de algunas de las rutas establecidas actualmente, para conseguir que el tiempo empleado no sea excesivo, y ayude a que un trayecto que haciéndolo directo es cómodo, se convierta en una odisea al tener que ir recorriendo todos los pueblos de la ruta, haciéndolo excesivamente largo.

9.3 ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS

Como se ha comentado en el capítulo anterior, se han definido 4 tipos de vehículos para la realización de los diferentes trayectos, en función del tipo de carretera y los pasajeros potenciales.

Esto se ha propuesto para evitar que para algunas rutas donde los pasajeros no llegan a la decena en los días de más afluencia, se utilicen autobuses de 55 o más plazas, lo que supone un inconveniente para circular por espacios pequeños de algunas poblaciones, menos espacio para los adelantamientos y cruces con otros vehículos, amén del consumo y el perjuicio al medio ambiente.

9.4 CREACIÓN DE UN BONO BUS COMARCAL

En concordancia con la coordinación de horarios y la modificación de algunas rutas para hacerlas algo más cortas y por tanto más ágiles, debe tenerse en cuenta que una persona no debe tener que pagar dos billetes para hacer un desplazamiento dentro de la zona de las dos comarcas. Es por ello que se propone también la creación de un Bono-Bus Comarcal, para que una persona que deba hacer uno o dos transbordos en los autobuses de esta red, pague el billete en el primer autobús, con destino a la población final de su trayecto, y que solo mostrando ese billete en cada uno de los autobuses a los que debe transbordar sea suficiente para realizar el viaje.

9.5 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Como se ha podido ver en el presente estudio, este se ha quedado limitado por la falta de información que ha provocado que no se puedan hacer estimaciones adecuadas y por ello las propuestas pueden que no sean las más adecuadas. Por ello se exponen algunos aspectos que se considera puedan ser estudiados, tomando como base el presente trabajo, y de ese modo ampliar y mejorar las propuestas de solución para una red de transporte público más adecuado a la situación de las dos comarcas.

- **Líneas bajo pedido**

Durante el estudio se ha observado que algunas poblaciones tienen un número de habitantes muy reducido, y según la tendencia mostrada por la evolución de la población en los últimos años en las series del INE, esta sigue en disminución, lo que provoca que aunque se mejore el servicio, con unos horarios más adecuados, vehículos más ágiles y acordes a esas pequeñas poblaciones, la cantidad de personas que necesiten y quieran usar el transporte público no es suficiente para llenar los vehículos asignados para llegar a un equilibrio económico, es decir que dichas líneas podrían ser objeto de eliminación como tal, para pasar a prestar un servicio a medida o bajo demanda, pero con un coste similar a un Bono bus.

- **Coordinación del transporte público y del transporte escolar**

Siguiendo con la información del punto anterior, en la que se ve la baja densidad de población de algunas zonas de las dos comarcas. Y conociendo que en muchas de estas poblaciones no existe escuela primaria y que los niños en edad escolar se tienen que desplazar a centros en las poblaciones mayores, se propone como un futuro estudio la evaluación de la posibilidad de unir estos dos servicios en uno solo.

Para ello deberían ponerse de acuerdo dos administraciones o departamentos de la misma administración, ya que en el caso de los escolares es la Conselleria d'Educació la responsable y en el caso del transporte público no se ha podido confirmar que administración es la encargada.

- **Coordinación del transporte público con el transporte “de rehabilitación”**

Teniendo conocimiento de la existencia de un servicio que traslada a personas con alguna necesidad sanitaria, pero que no necesitan de atención médica durante el viaje, y que son trasladados desde su

domicilio hasta el hospital comarcal, para hacer tratamientos de rehabilitación, diálisis, y otros. Se plantea aquí la duda de estudiar la viabilidad de juntar este servicio con el general de transporte público. De forma que el hospital o el servicio correspondiente generase cada viernes una lista de pacientes a desplazarse la semana siguiente y la entregase a la empresa, o el coordinador del servicio público de transporte, y este se encargase de general rutas de viaje para cada uno de ellos, asignándoles el o los autobuses de las líneas y horarios adecuados para que pudieran trasladarse desde su domicilio, o parada más cercana hasta el hospital comarcal.

- **Aplicación de las nuevas tecnologías**

Este punto debe ir ligado a la aplicación de servicios bajo demanda, ya que en estas condiciones debe haber un sistema de comunicación permanente entre el potencial pasajero y la empresa o un centro de atención al viajero. De forma que el usuario haga la petición del servicio y la información de todas las peticiones sea analizada y con ella se prepare un listado de viajes o recorridos diario para dar servicio a esas zonas con un número de clientes muy reducido.

Debido a que la población de esta zona está muy envejecida, deben utilizarse dos herramientas como mínimo:

- Teléfono tradicional con un interlocutor que introduzca la petición en un sistema informático que una todas las peticiones para tratarlas. Este sistema tendría fecha de caducidad según los usuarios se adapten con el tiempo a alguna de las otras alternativas.
- Página web donde los usuarios introduzcan su petición, que se unirá al resto de peticiones para ser procesada.
- Aplicación para Smartphone, similar a las ya existentes para grandes ciudades, donde aparecerá en tiempo real la información de todas las líneas, horarios y en su caso situación en un mapa o por texto, de cada autobús en ese momento. Además permitiría seleccionar la línea deseada e introducir la petición de viaje.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Axhausen, K. W., & Smith, R. L. 1984. Evaluation of Heuristic Transit Network Optimization Algorithms. *Transportation Research Record*, Vol 976: 7-20.
- Baaj, M. H., & Mahmassani, H. S. 1991. An AI-Based Approach for Transit Route System Planning and Design. *Journal of Advanced Transportation*, Vol 25(2): 187-210.
- Cats, O. W., Qian; Zhao, Yu. 2015. Identification and classification of public transport activity centres in Stockholm using passenger flows data. *Journal of transport geography*, Volume: 48: Pages: 10-22.
- Ceder, A., & Israeli, Y. 1997. Transit Route Design Using Scheduling and Multiobjective Programming Techniques. *Computer-Aided Transit Scheduling. Lisboa-Portugal*: 56-75.
- Ceder, A., & Israeli, Y. (1998). User and operator perspectives in transit network design. *77th Annual Meeting of the Transportation-Research-Board. Washington, D.C*, Transportation research record. (1623): 3-7.
- Ceder, A., & Wilson, N. (1986). Bus Network Design. *Transportation Research PART B-METHODOLOGICAL*, Vol 20B(4): 331-344.
- Davendra, D. 2010. Traveling salesman problem, theory and applications. *InTech*.
- Gruttner, E., Pinninghoff, M.A., Tudela, A. y Diaz, H. (2002). Recorridos Óptimos de Líneas de Transporte Público Usando Algoritmos Genéticos. *Jornadas Chilenas de Computación. Copiapó, Chile*.
- INE. Instituto Nacional de Estadística. Padrón. Población por municipios, Estadística del Padrón Continuo. <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t20/e245/&file=inebase>
- LEY 6/2011, d. d. a., de la Generalitat. (2011). LEY 6/2011, de 1 de abril, de la Generalitat, de Movilidad de la Comunidad Valenciana. [2011/3979]. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, 6495: 13870-13927.
- Losada, F. J. V. (2013). El problema del viajante. *Trabajo Fin de Máster. Universidad de Santiago de Compostela. Máster en Técnicas Estadísticas*.
- López, S. R., M., L. H., & Repolho, H. M. V. 2015. Deiseño de rutas de transporte público. In Á. d. T. e. L. Departamento de Engenharia Industrial, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro. (Ed.): XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da anpet ouro preto.
- Luis David Galicia, R. L. C., Randy B. Machemehl, Hongchao Liu. (2009). Bus Rapid Transit Features and Deployment Phases for U.S. Cities. *Journal of Public Transportation*, Vol. 12, No. 2, 2009: 23 - 38.
- Mauttone, A., Cancela, H. & Urquhart, M. (2003). Diseño y optimizacion de rutas y frecuencias en el transporte colectivo urbano, modelos y algoritmos. *Reportes Técnicos 03-07*(UR. FI – INCO.).
- Ngamchai, S., & Lovell, D. J. (2000). Optimal Time Transfer in Bus Transit Route Network Design Using a Genetic Algorithm. *Computer-Aided Transit Scheduling of Public Transport. Berlin, Germany*.: 21-23.
- Rodríguez Villalobos, A. (2012). Grafos - software para la construcción, edición y análisis de grafos. <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos/doku.php?id=inicio>

- Saghapour, T. M., Sara; Thompson, Russell G. (2016). Public transport accessibility in metropolitan areas: A new approach incorporating population density. *Journal of transport geography*, Volume: 54 Pages: 273-285.
- San Nicolás Comendador, D., & Colomer Ferrandiz, J. V. (2014). Reestructuración de los servicios de transporte público urbano en ciudades de menos de 100.000 habitantes. Aplicación a la ciudad de Alcoy. *Tesis Máster Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo*.
- Tao, S. C., J., Hickman, M., Stimson, R. (2016). The influence of weather on local geographical patterns of bus usage. *Journal of transport geography*, Vol. 54: Pages: 66-80.
- Thompson, K. S., Peter. (2007). An investigation of the relationship between public transport performance and destination satisfaction. *Journal of transport geography*, Vol. 15(2), 136-144.
- Verseckienė, A.M., Vaidotas, Batarlienė, N. (2015). Urban Public Transport Accessibility for People with Movement Disorders: the Case Study of Vilnius. *9th International Scientific Conference Transbaltica 2015. by Elsevier Ltd*.
- Wren, A. (1998). Heuristics Ancient and Modern: Transport Scheduling Through the Ages. *Journal of Heuristics*, 4(1): 87-100.