

María Pérez Canino

Validación de soluciones matemáticas para el problema de selección óptima de vuelos en la encuesta de turismo del ISTAC

Validation of mathematical solutions for the
problem of optimal flight selection in the ISTAC
tourism survey

Trabajo Fin de Grado
Grado en Matemáticas
La Laguna, Septiembre de 2018

DIRIGIDO POR

Juan José Salazar González

Juan José Salazar González

Departamento de Matemáticas, Es-
tadística e Investigación Operativa

Universidad de La Laguna

38271 La Laguna, Tenerife

Agradecimientos

Agradecer al profesor Juan José Salazar González su ayuda para realizar este trabajo, al ISTAC por dedicarnos parte de su tiempo, en especial a Yenis González Mora y al resto del profesorado del Grado en Matemáticas.

A Zuleica Reina Segura, compañera de estudios, ya que sin su ayuda no hubiera sido lo mismo.

Finalmente, dar gracias a mi familia, que siempre han estado apoyándome, sin ellos no podría haberlo hecho.

Resumen · Abstract

Resumen

El ISTAC realiza diversas encuestas a los pasajeros de los vuelos con salidas de aeropuertos canarios. Entre las que se encuentra FRONTUR - Canarias. Se estudia y se comparan las soluciones propuestas por el ISTAC frente a las del problema matemático propuesto por Juan José Salazar González, de optimizar la selección de vuelos en la encuesta de turismo del ISTAC. La solución que representa este modelo la obtendremos haciendo una recodificación en Cplex. Analizamos si se cumplen los requisitos impuestos por el ISTAC, como por ejemplo los tamaños muestrales mínimos, el número de horas, el número de encuestadores,... siendo estas lo más representativas posibles, es decir, que incluyan encuestas de todos los destinos hacia donde se dirigen los vuelos con origen un aeropuerto canario. Observando que la solución matemática aprovecha más a los trabajadores, entrevistando más vuelos, y por tanto extrayendo más encuestas.

Palabras clave: *Representativas -ISTAC - Encuestas - Tamaño muestral mínimo.*

Abstract

The ISTAC carries out various surveys for passengers on flights departing from canarian airports. FRONTUR-Canarias amongst them. It is studied and compared the solutions proposed by the ISTAC with those of the mathematical problem proposed by Juan José Salazar González, to optimize the selection of flights in the ISTAC tourism survey, the solution that this model represents will be obtained by doing a recoding in Cplex. We analyze if the requirements imposed by the ISTAC are fulfilled, such as the minimum sample sizes, the number of hours, the number of interviewers... these being as representative as possible, that is, including surveys of all destinations towards where the flights departing from a Canarian airport are heading. Notice, that the math solution leverages the time of surveyers, questioning a higher amount of flights, and as a consequence performing more interviews.

Keywords: *Representative – ISTAC – Surveys – Minimum sample sizes.*

Contenido

Agradecimientos	III
Resumen/Abstract	V
Introducción	IX
1. Descripción del problema de optimización vinculado al diseño de la encuesta	1
1.1. Descripción de la encuesta	1
1.1.1. Método de selección de vuelo	2
1.1.2. Marco de selección	2
1.1.3. Tamaños muestrales y donación de muestra	3
2. Estudio de la solución realizada por el ISTAC	5
2.1. Análisis de la solución	5
2.1.1. Fichero Aeropuertos Canarios	5
2.1.2. Fichero Base pasajeros	7
2.2. Conclusiones obtenidas	10
3. Solución obtenida con el nuevo modelo matemático	11
3.1. Modelo Matemático	11
3.2. Nueva solución matemática	13
3.3. Comparación de las dos soluciones	25
3.4. Conclusiones finales	26
A. Apéndice	29
Bibliografía	41
Lista de Figuras	43

Poster 45

Introducción

El turismo es la actividad o hecho de viajar por placer. Como concepto estadístico, se refiere a la actividad de los visitantes que viajan a un destino fuera de su entorno habitual durante menos de un año. Las estadísticas relacionadas con el turismo en la UE se componen por:

- Estadísticas relativas a la capacidad y a la ocupación en los alojamientos.
- Estadísticas relativas a la demanda turística.

En relación al segundo contexto, encontramos la Encuesta de Movimientos Turísticos en Fronteras en Canarias (FRONTUR-Canarias), este tipo de estadísticas se recogen en relación con el número de viajes turísticos y el número de pernoctaciones en esos viajes.

El trabajo de fin de grado consistirá en analizar la solución realizada por el ISTAC, examinando los datos que nos han facilitado, exponer las conclusiones para así poder plantear bien el problema y fijar las restricciones en base a los datos proporcionados, para así averiguar si la empresa contratada por el ISTAC obtiene la solución óptima de vuelos a encuestar o si es posible encontrar mejores soluciones para la selección de vuelos.

Por último comparar las soluciones propuestas por el ISTAC frente a las soluciones implementadas con un modelo matemático, que busca maximizar el número de pasajeros a encuestar sujeto a las restricciones que analizaremos más adelante, esta solución se obtendrá al recodificar el modelo matemático en Cplex, obteniendo así nuevas soluciones que compararemos con las reales, teniendo siempre en cuenta que la solución obtenida por la empresa es la real, es la solución de campo, mientras que la que obtenemos no tiene en cuenta cancelaciones, retrasos, ...

La estructura de esta memoria será:
En primer lugar, describir la encuesta según la información que nos proporciona

el ISTAC.

A continuación, se describen y analizan los datos que nos manda el ISTAC para comprobar que las restricciones indicadas por estos son las correctas y añadir alguna más en base a lo observado, si fuera necesario. Además, se describe el problema a optimizar.

Por último, se presenta el modelo matemático propuesto para resolver este problema, obteniendo así la solución óptima para poder comparar los resultados de campo con los resultados del modelo matemático implementado en Cplex.

Descripción del problema de optimización vinculado al diseño de la encuesta

1.1. Descripción de la encuesta

Las estadísticas sobre la demanda turística se recogen en relación con el número de viajes turísticos y el número de pernoctaciones en esos viajes, en este contexto se sitúa la Encuesta de Movimientos Turísticos en Fronteras en Canarias (FRONTUR-Canarias).

Con el fin de poder cumplir con los objetivos de la Encuesta de Movimientos Turísticos en Fronteras en Canarias (FRONTUR-Canarias) se ha venido realizando desde 2009 una ampliación de la muestra estatal en la Comunidad Autónoma de Canarias. Las labores de recogida de datos de esa ampliación se realizaba conjuntamente con el Instituto de Estudios Turísticos (IET) e incluía la captura de datos de vuelos nacionales, con el fin de estimar el turismo nacional recibido en Canarias. Tras el traspaso de responsabilidades, en 2015 el ISTAC suscribió un nuevo convenio de colaboración con el INE para la ampliación de la muestra de FRONTUR sobre turismo internacional en la Comunidad Autónoma de Canarias, al objeto de disponer de un tamaño muestral suficiente para desagregar la estadística por islas y por países de residencia. En ese sentido la muestra total del ámbito de Canarias queda constituida por la muestra diseñada por el INE y una muestra complementaria diseñada por el ISTAC.

Los principales objetivo de esta operación son:

- Estimar el número turistas procedentes del extranjero entrados en cada una de las islas, según sus características.
- Estimar el número turistas procedentes del resto del territorio nacional entrados en cada una de las islas, según sus características.
- Estimar el número de excursionistas entrados en cada una de las islas.

1.1.1. Método de selección de vuelo

El tipo de muestreo utilizado es bietápico estratificado en las unidades de primera etapa. Para cada aeropuerto en la primera etapa se seleccionan vuelos nacionales o internacionales, estratificados según país de destino y tipo de vuelo (regular o chárter). La selección muestral de vuelos a encuestar se realiza con un mes de antelación a la ejecución del trabajo de campo. Dicha selección es automática y guiada por un algoritmo de optimización que analiza todas las posibles combinaciones de días y vuelos, obteniendo como resultado una muestra lo más eficiente posible en función de los recursos humanos disponibles para la ejecución de los trabajos de campo. En la segunda etapa se seleccionan pasajeros, intentando captar información de todos los pasajeros, en las salas de espera para proceder al embarque. Si bien el método de selección utilizado no permite la determinación de la probabilidad de selección de cada unidad informante, el procedimiento intenta acercarse a la equiprobabilidad de selección de cada turista en cada estrato. La muestra final que se usa en FRONTUR-Canarias, tal como indicamos anteriormente, se compone de los vuelos seleccionados por el INE y la selección complementaria que realiza el Instituto Canario de Estadística ISTAC para cumplir con los objetivos asociados a FRONTUR-Canarias.

1.1.2. Marco de selección

Como marco de selección de vuelos se utiliza el fichero GESLOT proporcionado por la empresa Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA) de su Sistema de Gestión Aeroportuaria. GESLOT es la herramienta utilizada por AENA para la gestión de los slots aeroportuarios, con el estadística de Movimientos turísticos en Fronteras de Canarias (FRoNtUR-Canarias). Un slot aeroportuario es el permiso dado por un coordinador, de conformidad con el Reglamento (CEE) n° 95/93, para utilizar toda la infraestructura aeroportuaria necesaria con fines de aterrizaje o despegue en una fecha y hora determinadas y asignadas por un coordinador de conformidad con dicho Reglamento, para la prestación de un servicio aéreo en un aeropuerto coordinado. Para el tratamiento de los slots aeroportuarios, se divide el año en dos temporadas: temporada de verano y temporada de invierno. Se denomina temporada de verano al periodo de tiempo comprendido entre el último domingo de marzo y el sábado anterior al último domingo de octubre. Se denomina temporada de invierno al periodo de tiempo comprendido entre el último domingo de octubre y el sábado anterior al último domingo de marzo. El marco de selección se estratifica según los siguientes criterios:

- Para vuelos internacionales:
 - Aeropuerto de encuestación
 - Tipo de vuelo: regular/chárter

- País de destino del vuelo
- Para vuelos nacionales:
 - Aeropuerto de encuestación.
 - Tipo de vuelo: regular/chárter.
 - Aeropuerto nacional de destino del vuelo.

1.1.3. Tamaños muestrales y donación de muestra

Para cada uno de los estratos muestrales, producto de la combinación de aeropuerto de origen, país de destino y tipo de vuelo (regular o chárter), se definen tamaños mínimos de representación en la muestra combinada. La tabla siguiente indica los mínimos necesarios para representar a un estrato.

<i>Viajeros por estratos</i>	<i>Tamaño muestral mínimo</i>
<i>$N < 60$</i>	<i>20</i>
<i>De 60 a 999</i>	<i>80</i>
<i>De 1.000 a 9.999</i>	<i>200</i>
<i>De 10.000 a 24.999</i>	<i>400</i>
<i>De 25.000 a 39.999</i>	<i>500</i>
<i>De 40.000 a 59.000</i>	<i>600</i>
<i>60.000 y más</i>	<i>700</i>

Tabla 1.1. Tabla de Tamaño muestral mínimo

Si en el trabajo de campo no se cubren los tamaños muestrales indicados para alguno de los estratos, entonces se procede a incrementar las unidades informantes de dicho estrato con registros donantes de realizaciones anteriores de la encuesta. El procedimiento para la selección de registros donantes es el siguiente:

1. Muestra del mes.
2. Donantes seleccionados dentro del mismo estrato (aeropuerto de salida, tipo de vuelo y país de destino) de muestras de otros meses seleccionados según el siguiente criterio:
 - a) Mismo mes del año anterior
 - b) Mes anterior
 - c) Mismo mes de dos años anteriores
 - d) Mes anterior del año anterior
 - e) Diez meses anteriores al mes anterior del año anterior
 - f) Diez meses anteriores al mes anterior de dos años anteriores.
3. Donantes seleccionados dentro del mismo estrato (aeropuerto de salida y país de destino) de muestras de otros meses seleccionados según el siguiente criterio:

- a) Mismo estadística de Movimientos turísticos en Fronteras de Canarias (FRONTUR-Canarias). Metodología 2016 13 mes del año anterior
 - b) Mes anterior
 - c) Mismo mes de dos años anteriores
 - d) Mes anterior del año anterior
 - e) Diez meses anteriores al mes anterior del año anterior
 - f) Diez meses anteriores al mes anterior de dos años anteriores.
4. Donantes seleccionados dentro del mismo estrato (grupos de aeropuertos de salida y país de destino) de muestras de otros meses seleccionados según el siguiente criterio:
 - El año entero.
 5. Donantes seleccionados dentro del mismo estrato (aeropuerto de salida y grupos de países de destino) de muestras de otros meses seleccionados según el siguiente criterio:
 - El año entero
 6. Donantes seleccionados dentro del mismo estrato (grupos de aeropuertos de salida y grupos de países de destino) de muestras de otros meses seleccionados según el siguiente criterio:
 - El año entero.

Estudio de la solución realizada por el ISTAC

2.1. Análisis de la solución

Para poder plantear bien el problema, el ISTAC nos proporcionó dos ficheros. Los cuales describiremos y analizaremos a continuación.

2.1.1. Fichero Aeropuertos Canarios

Este fichero es un libro de EXCEL que consta de 4 páginas:

- **vuelosIN**: nos proporciona los datos de los vuelos regulares que se realizan con origen en los aeropuertos canarios, su destino, las fechas desde y hasta cuando operan, los días de la semana, el horario, el número de vuelo, el tipo de aeronave y si harán o no escala.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Destino	Código	Día semana	Opera desde	Opera hasta	Hora Salida	Aeronave	Num. vuelo	País	Escala	Origen
2	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	D	11/5/2017	3/18/2018	10:10	73H	TRAS686	HOLANDA		ACE
3	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	S	11/4/2017	12/16/2017	10:25	73H	TRAS684	HOLANDA		ACE
4	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	M	11/7/2017	1/20/2018	10:25	73H	TRF530	HOLANDA		ACE
5	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	J	11/2/2017	1/22/2018	10:45	73H	TRAS888	HOLANDA		ACE
6	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	M	11/7/2017	11/21/2017	10:45	73H	TRAS686	HOLANDA		ACE
7	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	M S	10/31/2017	1/30/2018	12:00		1277948	HOLANDA		ACE
8	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	J	11/2/2017	1/4/2018	16:30	73H	TRF532	HOLANDA		ACE
9	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	S	11/4/2017	11/25/2017	17:45	73H	TRAF186	HOLANDA		ACE
10	AMSTERDAM/SCHIPHOL	AMS	D	11/5/2017	11/19/2017	18:00	788	TRF534	HOLANDA	FUE	ACE
11	ASTURIAS	OVD	S	11/4/2017	1/24/2018	14:25	320	VLG3138	ESPAÑA		ACE
12	BARCELONA-EL PRAT	BCN	L JVSJ	10/29/2017	1/24/2018	15:45	321	VLG2473	ESPAÑA		ACE
13	BARCELONA-EL PRAT	BCN	MX	10/31/2017	1/3/2018	15:45	321	VLG2473	ESPAÑA		ACE
14	BARCELONA-EL PRAT	BCN	M	10/31/2017	12/19/2017	16:50	73H	RW6373	ESPAÑA		ACE
15	BARCELONA-EL PRAT	BCN	J	11/2/2017	1/22/2018	16:50	73H	RW6373	ESPAÑA		ACE
16	BARCELONA-EL PRAT	BCN	S	11/4/2017	11/4/2017	16:50	73H	RW6373	ESPAÑA		ACE
17	BIRMIINGHAM/ROOPE GURDASPORT CH	BIR	R S	11/2/2017	1/24/2018	17:25		6331260	SUECIA		ACE
18	BELFAST / INTERNACIONAL	BFS	L V	10/30/2017	12/15/2017	7:20	73H	RH2498	REINO UNIDO		ACE
19	BELFAST / INTERNACIONAL	BFS	J	11/2/2017	1/22/2018	15:45	320	TCX1229	REINO UNIDO		ACE
20	BELFAST / INTERNACIONAL	BFS	S	11/4/2017	12/30/2017	14:00	73H	EXS310	REINO UNIDO		ACE
21	BELFAST / INTERNACIONAL	BFS	X	11/1/2017	1/21/2018	15:00	73H	EXS310	REINO UNIDO		ACE

Figura 2.1. Hoja vuelos.IN

- **vuelosOUT**: nos da los mismos datos que en vuelosIN

- encuestadoresFRONTUR SEPT: esta tabla nos da la solución realizada por el ISTAC en el mes de Septiembre de 2018. Consta de 8 columnas: el código del aeropuerto, código del encuestador, la fecha, la hora de salida, el número de vuelo, si es de tipo regular o chárter, el aeropuerto de destino y el número de pasajeros encuestados.

Tendremos en cuenta el código de los aeropuertos:

- A008 Aeropuerto de Fuerteventura
- A010 Aeropuerto de Gran Canaria
- A016 Aeropuerto de Lanzarote
- A017 Aeropuerto de La Palma
- A033 Aeropuerto de Tenerife Norte
- A034 Aeropuerto de Tenerife Sur

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	A0_2 AEROPUERTO	A0_3 ENCUESTADOR	A0_4 FECHA	A6_4 HORA SALIDA DEL VUELO	A6_3 VUELO	A6_1 TIPO DE VUELO (3-Regular 8-Charter)	A6_6 AEROPUERTO DESTINO	N
3	A008	3502	9/11/2017	11:40	ISS7405	3	YRN	50
4				13:00	RYR5469	3	MAD	71
5				13:40	VLG3015	3	BCN	61
6				14:30	AUA9502	3	VIE	39
7				15:35	LLX5918	8	PAD	37
8				17:50	NLY3205	3	ZRH	64
9			9/12/2017	8:30	TV54550	8	ARN	65
10				10:40	VLG3197	3	CDG	57
11				13:45	IBE3907	3	MAD	61
12			9/13/2017	16:20	TUI2163	3	MUC	56
13				17:35	TUI2117	3	DUS	79
14				18:55	JAF3834	3	BRU	29
15				20:10	TOM7315	8	BHX	72
16			9/14/2017	12:45	LLX5042	8	AMS	14
17				14:10	TVP7311	8	WAW	57
18				15:20	LLP8812	8	WAW	79
19				17:10	WZZ2392	3	BUD	88
20				17:50	LGL732	3	LUX	52
21				18:50	ENT1006	3	KTW	140
22				19:10	RYR1349	3	SNN	49
23			9/16/2017	15:25	LLX5964	8	PAD	66
24				16:15	VLG8419	3	AMS	71
25				18:00	VLG3285	3	BIO	77
26				18:45	TCX1343	3	STN	73
27				20:15	ABR406	8	DUB	58

Figura 2.2. Solución del ISTAC para el mes de Septiembre en el aeropuerto de Fuerteventura

- encuestadoresFRONTUR OCTUBRE: está compuesta por los mismos datos de la tabla anterior, pero con la solución del mes de Octubre de 2017.

Tanto la página vuelosIN como la de vuelosOUT las utilizaremos para calcular una nueva solución, cuándo acabemos de plantear nuestro problema.

De las tablas encuestadoresFRONTUR SEPT y OCTUBRE obtenemos datos

interesantes para poder plantear nuestro problema, podemos observar que nunca hay más de dos encuestadores en un mismo aeropuerto al mismo tiempo, de hecho en el aeropuerto de La Palma sólo hay un encuestador. También podemos analizar si se cumplen los tamaños muestrales mínimos indicados en la tabla 1.1.

2.1.2. Fichero Base pasajeros

Este fichero es una base de datos donde se guarda la encuesta, una de las diferencias más importantes de este fichero con respecto al anterior es que encontramos registrada en una columna la hora de inicio de una encuesta y en otra columna la hora de finalización. De aquí obtenemos un dato muy importante a la hora de optimizar la solución, que es el tiempo medio que se tarda en realizar la encuesta. Lo conseguimos realizando los siguientes cálculos:

Primero, se resta la columna de 'id.end' menos la columna 'id.start', es decir se restan las columnas de finalización e inicio de registro de la encuesta, a continuación, descartamos las encuestas que comienzan y acaban al mismo tiempo. Continuaremos sumando los resultados anteriores y, por último, los dividiremos entre el número total de celdas de una de las dos columnas, ya sea 'id.star' o 'id.end'.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	id	id_calc_vuelo	fecha	id.vuelo.r	id.format	id.complete	id.interview	id.location	id.date	id.start	id.enddate	id.end	id.time	id.vuelo
2	1	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	'timed out	18/01/2016	10:27:33	18/01/2016	10:28:41	1.13	IBE3943
3	2	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	28.487835 -1	18/01/2016	10:28:57	18/01/2016	10:29:50	0.88	IBE3943
4	2	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	28.487835 -1	18/01/2016	10:28:57	18/01/2016	10:29:56	0.88	IBE3943
5	3	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:31:33	18/01/2016	10:32:01	0.47	IBE3943
6	4	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:32:21	18/01/2016	10:35:29	3.13	IBE3943
7	4	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:32:21	18/01/2016	10:35:29	3.13	IBE3943
8	4	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:32:21	18/01/2016	10:35:29	3.13	IBE3943
9	4	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:32:21	18/01/2016	10:35:29	3.13	IBE3943
10	4	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:32:21	18/01/2016	10:35:29	3.13	IBE3943
11	5	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:35:32	18/01/2016	10:37:17	1.75	IBE3943
12	6	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:37:20	18/01/2016	10:38:29	1.15	IBE3943
13	6	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:37:20	18/01/2016	10:38:29	1.15	IBE3943
14	6	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:37:20	18/01/2016	10:38:29	1.15	IBE3943
15	7	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:38:38	18/01/2016	10:39:07	0.48	IBE3943
16	8	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:41:00	18/01/2016	10:42:14	1.23	IBE3943
17	8	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:41:00	18/01/2016	10:42:14	1.23	IBE3943
18	8	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:41:00	18/01/2016	10:42:14	1.23	IBE3943
19	9	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	lacquiring...	18/01/2016	10:43:21	18/01/2016	10:43:46	0.42	IBE3943
20	10	IBE3943 2016	5 18/01/2016	IBE3943	1	1	Pat	28.487846 -1	18/01/2016	10:44:19	18/01/2016	10:44:42	0.38	IBE3943

Figura 2.3. Base de datos de las encuestas realizadas

El tiempo medio obtenido fue de 28'5 segundos. Para facilitar los cálculos asumimos que las encuestas pueden realizarse en un tiempo medio de 30 segundos. Al tener la hora de registro de cada encuesta podemos saber el tiempo antes de salida del vuelo necesario para realizar las encuestas, en general, la última encuesta se realiza como máximo 5 minutos antes de la hora prevista para su salida. Tanto este, como el fichero anterior nos permite saber el número de pasajeros encuestado dependiendo el destino y así saber si en realidad el ISTAC cumple con los objetivos propuestos en la tabla de tamaño muestral mínimo. Por ejemplo, vamos a seleccionar la semana del 2 al 8 de Enero de 2018, analizando

los resultados gráficamente obtenemos las figuras [A.1](#), [A.3](#), [A.5](#), [A.7](#) y [A.9](#) en el apéndice de esta memoria.

Comprobamos que en el aeropuerto de Tenerife Norte no hay más de 2 encuestadores ningún día y que su jornada laboral no supera las 8 horas en ningún caso. Analizamos el número de encuestas realizado a cada vuelo para saber si cumple el tamaño muestral mínimo.

En esta semana se hicieron un total de 2864 encuestas, concretamente 2480 a pasajeros con destino en un aeropuerto Español, 124 encuestas a pasajeros con destino Italia, 93 con destino a Marruecos, 131 pasajeros con destino Portugal fueron encuestados y 36 encuestas a pasajeros con destino Senegal.

Del fichero "vuelos_IN" podemos hacer un promedio de los posibles pasajeros que llegaron a los aeropuertos Canarios desde los destinos nombrados los días 2,3,4,7 y 8 de Enero de 2018, se ha de tener en cuenta que el fichero "vuelos_IN" sólo tiene en cuenta los vuelos regulares, por lo que esta será una aproximación sin contar con los posibles vuelos chárter. En concreto, en Tenerife Norte, suponiendo que cada vuelo tiene una ocupación total del 80 % de los asientos de la aeronave, aproximamos que deberían salir unos 23395 pasajeros con destino otro aeropuerto español, por tanto, siguiendo la tabla de tamaño muestral mínimo sabemos que se deberían haber encuestado al menos a 400 pasajeros con destino España, con destino Italia saldrían unos 64 pasajeros, por lo que habría que encuestar al menos 20, 91 pasajeros salen de Tenerife Norte con destino Marruecos por lo que deberían encuestar al menos a 80 pasajeros y con destino Senegal salen 140 pasajeros, por lo que el mínimo número de pasajeros a encuestar sería de 80. De esto, puede observarse que exceptuando Senegal, se cumplen los requisitos de tamaño muestral mínimo propuesto por el ISTAC, con la parte que falta de la muestra de Senegal se cogería una donación como explicamos en el **Capítulo 1**.

A continuación analizaremos gráficamente la semana del 10 al 15 de Noviembre de 2017, en el aeropuerto de Lanzarote. ([A.11](#), [A.13](#), [A.15](#), [A.17](#), [A.19](#) y [A.21](#))

Como en el estudio en el aeropuerto de Tenerife Norte, vemos que como máximo hay dos encuestadores entrevistando un mismo vuelo, y que no hay más de dos encuestadores en el aeropuerto de Lanzarote al mismo tiempo. Su jornada laboral no supera las 8 horas.

Se realizaron un total de 5233 encuestas, la afluencia de vuelos internacionales en este aeropuerto es mayor que la de Tenerife Norte, se hicieron 173 encuestas a pasajeros con destino Alemania, 38 con destino Austria, 71 con destino Bélgica, se encuestó a 307 pasajeros con destino Dinamarca, 321 con destino Finlandia, 309 con destino Francia, con destino Holanda se encuestó a 121 pasajeros, con destino Hungría a 121, con destino Irlanda 324, 261 pasajeros con destino Italia, 127 con destino Lituania, 106 con destino Luxemburgo, 491 con destino Noruega, 349 con destino Polonia, 422 con destino Reino Unido, 48 con destino República

Checa, 291 con destino Suecia, 70 con destino Suiza y 1070 pasajeros fueron encuestados con destino un aeropuerto español.

Teniendo en cuenta las mismas restricciones que en el caso de Tenerife Norte, veamos ahora si se cumplen los objetivos de tamaño muestral mínimo, con destino Alemania saldrán aproximadamente unos 4064 pasajeros, por lo que deberían haberse encuestado al menos a 200 pasajeros, con destino Austria 118 pasajeros por lo que habría que encuestar al menos a 80, con destino Bélgica aproximadamente 473 pasajeros, por lo que deberían encuestarse 80 pasajeros, con destino Dinamarca salen 510 pasajeros, según la tabla 1.1 habría que encuestar un mínimo de 80 pasajeros, con destino Finlandia 140 por lo que bastaría con encuestar a 80, para Luxemburgo fueron 64 pasajeros por lo que bastaba con encuestar al menos a 80 (imposible, habrá que aumentar la muestra hasta el tamaño mínimo con donaciones de muestras anteriores), para Francia 464 por lo que era necesario encuestar al menos a 80, con destino Holanda 1196 tendrían que haber encuestado al menos a 200 pasajeros, destino Hungría 140 el número mínimo de encuestas a realizar era de 80, con destino Italia salieron 799 pasajeros así que debían encuestarse al menos a 80, con destino Irlanda 1497, con destino Noruega era necesario realizar 80 encuestas ya que saldrían aproximadamente 332 pasajeros, con destino Polonia saldrían 325 pasajeros por lo que bastaría con encuestar a 80, con destino un aeropuerto de Reino Unido salieron unos 10392 pasajeros por lo que debieron encuestarse al menos 400 pasajeros, con destino República Checa 64 (por lo que ocurre lo mismo que con Luxemburgo) así que debieron ser encuestados un mínimo de 80 pasajeros al igual que los que debieron ser encuestados con destino Suecia ya que salieron aproximadamente 396 pasajeros y Suiza que salieron 704 pasajeros. Con destino España salieron aproximadamente 13210 pasajeros por lo que debieron ser encuestados al menos 400.

De aquí podemos concluir que no siempre se cumplen los objetivos de tamaño muestral mínimo exigido por el ISTAC, ya que por ejemplo vuelos con destino Alemania debieron hacerse al menos 200 encuestas y sólo se realizaron 173 o Bélgica que se hicieron 71 encuestas y según nuestros cálculos deberían haberse hecho al menos 80, tampoco cumplieron con lo mencionado en la tabla 1.1 los pasajeros con vuelos con destino Austria, Holanda, República Checa y Suiza.

Tenemos en cuenta que nuestra aproximación de pasajeros no tiene en cuenta los vuelos chárter sólo los regulares, por lo que es una aproximación a la baja, es decir, si no cumple con estos objetivos, si tuviéramos en cuenta los vuelos chárter habrían más vuelos y por tanto más pasajeros, nunca menos, por lo que tampoco se cumplirían.

2.2. Conclusiones obtenidas

Nuestro objetivo principal es maximizar el número de encuestas a realizar por los encuestadores de la empresa contratada por el ISTAC.

Para poder plantear bien el problema es necesario tener claras las restricciones:

- No puede haber más de dos encuestadores en un mismo aeropuerto en un mismo día, aunque en el caso del aeropuerto de La Palma hay días que sólo hay un único encuestador.
- En general la jornada laboral de los encuestadores no sobrepasa las 8 horas.
- Se deben cumplir los objetivos mínimos en cuanto a los tamaños muestrales, expuestos en la tabla 1.1.
- Las encuestas se realizan durante una semana al mes, es decir 7 días consecutivos al mes, aunque puede haber días en los que no se trabaje en esa semana (p.e: festivos).
- El tiempo para realizar la encuesta es limitado. Asumiremos que el tiempo medio para realizarla es de 30 segundos.
- Asumiremos que la ocupación total de pasajeros en un vuelo es del 80 % del total de asientos de la aeronave.
- Es necesario encuestar al 50 % de los pasajeros de los vuelos seleccionados.
- No se pueden encuestar los vuelos seleccionados por el INE.

En cuanto al último apartado, no hemos conseguido averiguar cuales son los vuelos seleccionados por el INE, pero lo tendremos en cuenta a la hora de definir el modelo matemático, no sabemos si los encuestadores del INE son o los mismos que los del ISTAC, en el caso de que fuesen diferentes descontaríamos las encuestas realizadas por el ISTAC de los mínimos por destino.

Solución obtenida con el nuevo modelo matemático

Tras plantear el problema, pasamos a modelizarlo matemáticamente, obteniendo así una nueva solución con la que compararemos la obtenida por el ISTAC.

3.1. Modelo Matemático

Parámetros

- $NumEnt$ \equiv número de entrevistadores en un aeropuerto canario.
- $NumVue$ \equiv número de vuelos (nacionales o internacionales) que salen de un aeropuerto canario en dicha semana.
- $NumPai$ \equiv número de países hacia donde se dirigen los vuelos con origen un aeropuerto canario en dicha semana.
- J \equiv jornada laboral media en horas = 8 horas.
- $Speed$ \equiv tiempo en minutos que tarda en realizar una encuesta = 30 segundos.
- $NumVueINE$ \equiv número de vuelos que encuesta el INE durante dicha semana en un aeropuerto canario.
- $Ocupacion$ \equiv porcentaje de ocupación sobre el número de asientos = 80 %.
- $Entrevistas$ \equiv porcentaje de encuestas que se realiza sobre el total del pasaje = 50 %.
- $Entre = \{1, \dots, NumEnt\}$
- $Vuelo = \{1, \dots, NumVue\}$
- $Pais = \{1, \dots, NumPais\}$
- $VueloINE = \{1, \dots, NumVuelINE\}$
- $pais_i$ \equiv país al que se dirige el vuelo i , $i \in Vuelo$.
- $hora_i$ \equiv hora en la que despegue el vuelo i , $i \in Vuelo$.

- $num_asientos_i \equiv$ número de asientos que tiene el avión usado en el vuelo i , $i \in Vuelo$.
- $dia_i \equiv$ día en el que se realiza el vuelo i , $i \in Vuelo$.
- $encuestas_i \equiv$ número de encuestas que se realizan al vuelo i , $i \in Vuelo$.
- $NumMi_j \equiv$ número mínimo de encuestas a realizar dependiendo del número de vuelos hacia cada país j según exige la tabla 1.1, $j \in Pais$.
- $consumo_i \equiv$ tiempo que se tarda en encuestar un vuelo i si hubiera un único entrevistador encuestándolo, $i \in Vuelo$.
- $pais_INE_t \equiv$ país al que se dirige el vuelo t encuestado por el INE, $t \in VueloINE$.
- $num_asientos_INE_t \equiv$ número de asientos del vuelo t encuestado por el INE, $t \in VueloINE$.
- $hora_INE_t \equiv$ hora de salida del vuelo t encuestado por el INE, $t \in VueloINE$.
- $dia_INE_t \equiv$ día en el que se realiza el vuelo t encuestado por el INE, $t \in VueloINE$.
- $disponible_i$ que será:
 - 1, si un vuelo i no es encuestado por el INE, $i \in Vuelo$.
 - 0, si un vuelo i es encuestado por el INE, $i \in Vuelo$.
 Recordar que los vuelos encuestado por el INE ya se tienen.
- $encuestas_INE_j \equiv$ número de encuestas hechas por el INE a cada país j , $j \in Pais$.

Teniendo en cuenta lo anterior, se cumple que:

1. $encuestas_INE_j = \sum_t num_asientos_INE_t * Ocupacion * Entrevistas$, donde $j = pais_INE_t$ y $t \in VueloINE$, $j \in Pais$.
2. $NumMi_j = NumMi_j - encuestas_INE_j \geq 0$, donde $j \in Pais$.
3. $encuestas_i = num_asientos_i * Ocupacion * Entrevistas$, donde $i \in Vuelo$.
4. $consumo_i = encuestas_i * Speed$, donde $i \in Vuelo$.

Variables:

- Para cada $i \in Vuelo$ y para cada encuestador $k \in Entre$, sea $x(i, k)$ donde:
 - 1, cuando el encuestador k deba trabajar sobre i .
 - 0, en otro caso.
- Para cada $i \in Vuelo$ sea $y(i)$ donde:
 - 1, cuando ose encuesta el vuelo i .
 - 0, en otro caso.

Función Objetivo:

$$\text{máx } \sum_i encuestas_i * y_i$$

donde $i \in Vuelo$.

Restriciones:

1. sujeto a: $y_i \leq disponible_i$, donde $i \in Vuelo$.
2. s.t.: $\sum_k x(i, k) \leq 2 * y_i$, donde $i \in Vuelo$, $k \in Entre$.
3. s.t.: $\sum_k x(i, k) \leq y(i)$, donde $i \in Vuelo$, $k \in Entre$.
4. Para $i, j \in Vuelo$ donde $i \neq j$, $dia_i = dia_j$ y $hora_j \geq hora_i$ podemos distinguir cuatro casos:
 - a) Si $hora_j - hora_i < consumo_j/2$, entonces:

$$\text{s.t.: } x(i, k) + x(j, k) \leq 1$$
 donde $k \in Entre$.
 - b) Si $hora_j - hora_i > J * 60 - consumo_i/2$, entonces:

$$\text{s.t.: } x(i, k) + x(j, k) \leq 1$$
 donde $k \in Entre$.
 - c) $hora_j - hora_i < consumo_j$, entonces:

$$\text{s.t.: } x(i, k) + x(j, k) \leq 1 + \sum_l x(j, l)$$
 donde $k, l \in Entre$ y $l \neq k$.
 - d) $hora_j - hora_i > J * 60 - consumo_j$, entonces:

$$\text{s.t.: } x(i, k) + x(j, k) \leq 1 + \sum_l x(i, l)$$
 donde $k, l \in Entre$ y $l \neq k$.
5. s.t.: $\sum_i encuesta_i * y_i \geq NumMi_j$, donde $i \in Vuelo$, $j \in Pais$ y siendo $j = pais_i$.
6. s.t.: $x(i, k) \in \{0, 1\}$, $\forall i \in Vuelo$ y $\forall k \in Entre$.
7. s.t.: $y(i) \in \{0, 1\}$, $\forall i \in Vuelo$.

3.2. Nueva solución matemática

Tras una recodificación del modelo matemático en Cplex, hecha por el profesor Juan José Salazar González y aplicándolo sobre los 394 vuelos que salen de "vuelos_IN" del aeropuerto Tenerife Norte con las condiciones mencionadas en el **Capítulo 2** encontramos una solución óptima distinta a la del ISTAC en tan sólo 19 segundos. Debemos tener en cuenta que obviamos los vuelos chárter, ya que el ISTAC no nos ha dado el listado de dichos vuelos en estos meses, ni tendremos en cuenta los vuelos seleccionados por el INE, ya que esta información no nos ha sido facilitada.

Sabemos que en esta semana salen 394 vuelos de este aeropuerto, el aeropuerto de Tenerife Norte tiene la peculiaridad que de los 394 vuelos que salen 390 tienen como destino un aeropuerto español y solo 4 van a otros tres destinos (Marruecos, Italia y Senegal). Consultando la tabla de tamaño muestral mínimo sabemos que hay que seleccionar al menos 400 pasajeros con destino España, 80 con destino Senegal, 20 con destino Italia y 80 con destino Marruecos, con lo que bastaría con encuestar a un mínimo de 580 pasajeros, pero como nuestro problema lo que busca es encuestar el máximo de pasajeros posible con estos destinos, la nueva solución óptima es encuestar a 6922 pasajeros.

La solución que encuentra el programa es la siguiente:

vuelo	tipo	dia	hora	origen	destino	region	entrevistador
AEA9045	73H	02/01/2018	7:15	TFN	MAD	ESPAÑA	0
IBB100	AT7	02/01/2018	7:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB102	CRK	02/01/2018	8:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB104	AT7	02/01/2018	8:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB108	CRK	02/01/2018	9:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB651	AT7	02/01/2018	9:30	TFN	GMZ	ESPAÑA	0
CNF418	AT7	02/01/2018	9:45	TFN	SPC	ESPAÑA	0
AEA9416	AT7	02/01/2018	10:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
CNF521	AT7	02/01/2018	10:25	TFN	ACE	ESPAÑA	0
IBE3943	320	02/01/2018	11:10	TFN	MAD	ESPAÑA	0
CNF334	AT7	02/01/2018	11:40	TFN	FUE	ESPAÑA	0
AEA9402	AT7	02/01/2018	12:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB454	AT7	02/01/2018	12:50	TFN	ACE	ESPAÑA	0
IBB454	AT7	02/01/2018	12:50	TFN	ACE	ESPAÑA	1
IBB621	AT7	02/01/2018	13:00	TFN	SPC	ESPAÑA	1
IBB134	CRK	02/01/2018	13:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
CNF652	AT7	02/01/2018	13:40	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBE3937	320	02/01/2018	13:50	TFN	MAD	ESPAÑA	1
IBB470	AT7	02/01/2018	14:00	TFN	ACE	ESPAÑA	0
IBB420	AT7	02/01/2018	14:20	TFN	FUE	ESPAÑA	1
CNF452	AT7	02/01/2018	14:20	TFN	SPC	ESPAÑA	0
AEA9418	AT7	02/01/2018	14:35	TFN	LPA	ESPAÑA	1
AEA9049	73H	02/01/2018	14:40	TFN	MAD	ESPAÑA	0
IBB160	CRK	02/01/2018	15:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB160	CRK	02/01/2018	15:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
VLG3217	321	02/01/2018	15:20	TFN	BCN	ESPAÑA	1
IBB633	AT7	02/01/2018	16:00	TFN	SPC	ESPAÑA	1
CNF549	AT7	02/01/2018	16:15	TFN	ACE	ESPAÑA	1
AEA9406	AT7	02/01/2018	16:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
AEA9117	332	02/01/2018	17:55	TFN	MAD	ESPAÑA	1
AEA9420	AT7	02/01/2018	18:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBB186	CRK	02/01/2018	19:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
CNF668	AT7	02/01/2018	19:20	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBK5251	73H	02/01/2018	19:50	TFN	ALC	ESPAÑA	1
AEA9408	AT7	02/01/2018	20:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
AEA9045	73H	03/01/2018	7:15	TFN	MAD	ESPAÑA	1
AEA7007	73H	03/01/2018	7:35	TFN	BIO	ESPAÑA	1
IBB102	CRK	03/01/2018	8:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
VLG3246	320	03/01/2018	9:00	TFN	SCQ	ESPAÑA	1
RYR3064	73H	03/01/2018	9:30	TFN	BCN	ESPAÑA	1
CNF418	AT7	03/01/2018	9:45	TFN	SPC	ESPAÑA	1
IBB609	AT7	03/01/2018	10:00	TFN	SPC	ESPAÑA	1

CNF521	AT7	03/01/2018	10:25	TFN	ACE	ESPAÑA	1
IBE3943	320	03/01/2018	11:10	TFN	MAD	ESPAÑA	1
IBB6650	CRK	03/01/2018	11:35	TFN	DKR	SENEGAL	1
AEA9402	AT7	03/01/2018	12:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBB454	AT7	03/01/2018	12:50	TFN	ACE	ESPAÑA	0
ÑBB454	AT7	03/01/2018	12:50	TFN	ACE	ESPAÑA	1
IBB621	AT7	03/01/2018	13:00	TFN	SPC	ESPAÑA	0
IBE3937	320	03/01/2018	13:50	TFN	MAD	ESPAÑA	0
IBE3937	320	03/01/2018	13:50	TFN	MAD	ESPAÑA	1
IBB158	AT7	03/01/2018	14:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB470	AT7	03/01/2018	14:00	TFN	ACE	ESPAÑA	1
IBB420	AT7	03/01/2018	14:20	TFN	FUE	ESPAÑA	0
IBB420	AT7	03/01/2018	14:20	TFN	FUE	ESPAÑA	1
AEA9418	AT7	03/01/2018	14:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA9418	AT7	03/01/2018	14:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
AEA9049	73H	03/01/2018	14:40	TFN	MAD	ESPAÑA	0
VLG3255	320	03/01/2018	14:55	TFN	SVQ	ESPAÑA	1
VLG3217	321	03/01/2018	15:20	TFN	BCN	ESPAÑA	0
IBB633	AT7	03/01/2018	16:00	TFN	SPC	ESPAÑA	0
CNF549	AT7	03/01/2018	16:15	TFN	ACE	ESPAÑA	0
AEA9406	AT7	03/01/2018	16:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA9117	332	03/01/2018	17:55	TFN	MAD	ESPAÑA	0
AEA9420	AT7	03/01/2018	18:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBK6309	73H	03/01/2018	18:55	TFN	MAD	ESPAÑA	0
IBB428	AT7	03/01/2018	19:10	TFN	FUE	ESPAÑA	0
CNF374	AT7	03/01/2018	19:30	TFN	FUE	ESPAÑA	0
IBB456	AT7	03/01/2018	20:00	TFN	ACE	ESPAÑA	0
AEA9408	AT7	03/01/2018	20:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA9045	73H	04/01/2018	7:15	TFN	MAD	ESPAÑA	1
IBB605	AT7	04/01/2018	7:30	TFN	SPC	ESPAÑA	1
CNF412	AT7	04/01/2018	7:50	TFN	SPC	ESPAÑA	1
AEA7221	73H	04/01/2018	8:10	TFN	OVD	ESPAÑA	1
IBB108	CRK	04/01/2018	9:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
RYR3064	73H	04/01/2018	9:30	TFN	BCN	ESPAÑA	1
CNF418	AT7	04/01/2018	9:45	TFN	SPC	ESPAÑA	1
IBB609	AT7	04/01/2018	10:00	TFN	SPC	ESPAÑA	1
CNF521	AT7	04/01/2018	10:25	TFN	ACE	ESPAÑA	1
IBE3943	320	04/01/2018	11:10	TFN	MAD	ESPAÑA	1
IBB110	AT7	04/01/2018	11:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
AEA9402	AT7	04/01/2018	12:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBB134	CRK	04/01/2018	13:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
VLG3277	320	04/01/2018	13:05	TFN	AGP	ESPAÑA	1
CNF652	AT7	04/01/2018	13:40	TFN	LPA	ESPAÑA	0

IBE3937	320	04/01/2018	13:50	TFN	MAD	ESPAÑA	1
IBB663	AT7	04/01/2018	14:00	TFN	VDE	ESPAÑA	0
CNF452	AT7	04/01/2018	14:20	TFN	SPC	ESPAÑA	0
CNF452	AT7	04/01/2018	14:20	TFN	SPC	ESPAÑA	1
AEA9418	AT7	04/01/2018	14:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA9418	AT7	04/01/2018	14:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
AEA9049	73H	04/01/2018	14:40	TFN	MAD	ESPAÑA	0
VLG3255	320	04/01/2018	14:55	TFN	SVQ	ESPAÑA	1
VLG3217	321	04/01/2018	15:20	TFN	BCN	ESPAÑA	0
IBB633	AT7	04/01/2018	16:00	TFN	SPC	ESPAÑA	0
CNF549	AT7	04/01/2018	16:15	TFN	ACE	ESPAÑA	0
AEA9406	AT7	04/01/2018	16:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA9117	332	04/01/2018	17:55	TFN	MAD	ESPAÑA	0
RAM978	AT7	04/01/2018	18:15	TFN	CMN	MARRUECOS	0
AEA9420	AT7	04/01/2018	18:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBK5251	73H	04/01/2018	18:50	TFN	ALC	ESPAÑA	0
IBB428	AT7	04/01/2018	19:10	TFN	FUE	ESPAÑA	0
CNF374	AT7	04/01/2018	19:30	TFN	FUE	ESPAÑA	0
IBB188	CRK	04/01/2018	20:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA9408	AT7	04/01/2018	20:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBE3945	320	07/01/2018	7:00	TFN	MAD	ESPAÑA	0
AEA7007	73H	07/01/2018	7:35	TFN	BIO	ESPAÑA	0
IBB102	CRK	07/01/2018	8:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
VLG3246	320	07/01/2018	9:00	TFN	SCQ	ESPAÑA	0
RYR3064	73H	07/01/2018	9:30	TFN	BCN	ESPAÑA	0
CNF418	AT7	07/01/2018	9:45	TFN	SPC	ESPAÑA	0
IBB615	AT7	07/01/2018	10:00	TFN	SPC	ESPAÑA	0
CNF521	AT7	07/01/2018	10:25	TFN	ACE	ESPAÑA	0
IBE3943	320	07/01/2018	11:10	TFN	MAD	ESPAÑA	0
IBK5757	73H	07/01/2018	11:30	TFN	BCN	ESPAÑA	0
CNF334	AT7	07/01/2018	11:40	TFN	FUE	ESPAÑA	1
IBB132	AT7	07/01/2018	12:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBK6307	73H	07/01/2018	12:00	TFN	MAD	ESPAÑA	0
IBB468	AT7	07/01/2018	12:35	TFN	ACE	ESPAÑA	1
IBB454	AT7	07/01/2018	12:50	TFN	ACE	ESPAÑA	1
VLG3277	320	07/01/2018	13:05	TFN	AGP	ESPAÑA	0
IBB416	AT7	07/01/2018	13:25	TFN	FUE	ESPAÑA	0
IBB416	AT7	07/01/2018	13:25	TFN	FUE	ESPAÑA	1
IBE3937	320	07/01/2018	13:50	TFN	MAD	ESPAÑA	1
AZA047	320	07/01/2018	14:10	TFN	FCO	ITALIA	0
CNF452	AT7	07/01/2018	14:20	TFN	SPC	ESPAÑA	1
AEA9049	73H	07/01/2018	14:40	TFN	MAD	ESPAÑA	1
VLG3217	321	07/01/2018	15:20	TFN	BCN	ESPAÑA	1

IBB633	AT7	07/01/2018	16:00	TFN	SPC	ESPAÑA	1
CNF549	AT7	07/01/2018	16:15	TFN	ACE	ESPAÑA	1
RAM994	AT7	07/01/2018	16:40	TFN	CMN	MARRUECOS	1
IBB623	AT7	07/01/2018	17:00	TFN	SPC	ESPAÑA	1
IBB420	AT7	07/01/2018	17:30	TFN	FUE	ESPAÑA	1
IBE3939	320	07/01/2018	18:15	TFN	MAD	ESPAÑA	1
IBB625	AT7	07/01/2018	18:30	TFN	SPC	ESPAÑA	1
IBB186	CRK	07/01/2018	19:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
CNF467	AT7	07/01/2018	19:20	TFN	SPC	ESPAÑA	1
IBB414	AT7	08/01/2018	7:10	TFN	FUE	ESPAÑA	1
AEA7007	73H	08/01/2018	7:35	TFN	BIO	ESPAÑA	1
IBB102	CRK	08/01/2018	8:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBB104	AT7	08/01/2018	8:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBB108	CRK	08/01/2018	9:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
VLG3261	320	08/01/2018	9:50	TFN	BIO	ESPAÑA	1
AEA9416	AT7	08/01/2018	10:05	TFN	LPA	ESPAÑA	1
CNF521	AT7	08/01/2018	10:25	TFN	ACE	ESPAÑA	1
IBE3943	320	08/01/2018	11:10	TFN	MAD	ESPAÑA	1
IBB110	AT7	08/01/2018	11:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBB132	AT7	08/01/2018	12:00	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBB134	CRK	08/01/2018	13:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
VLG3277	320	08/01/2018	13:05	TFN	AGP	ESPAÑA	1
CNF652	AT7	08/01/2018	13:40	TFN	LPA	ESPAÑA	1
IBE3937	320	08/01/2018	13:50	TFN	MAD	ESPAÑA	0
IBB663	AT7	08/01/2018	14:00	TFN	VDE	ESPAÑA	1
IBB420	AT7	08/01/2018	14:20	TFN	FUE	ESPAÑA	0
IBB420	AT7	08/01/2018	14:20	TFN	FUE	ESPAÑA	1
AEA9418	AT7	08/01/2018	14:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA9418	AT7	08/01/2018	14:30	TFN	LPA	ESPAÑA	1
AEA9049	73H	08/01/2018	14:40	TFN	MAD	ESPAÑA	0
VLG3255	320	08/01/2018	14:55	TFN	SVQ	ESPAÑA	1
IBB160	CRK	08/01/2018	15:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA4125	73H	08/01/2018	15:30	TFN	ALC	ESPAÑA	0
AEA5103	73H	08/01/2018	16:00	TFN	SVQ	ESPAÑA	0
CNF549	AT7	08/01/2018	16:15	TFN	ACE	ESPAÑA	0
AEA9406	AT7	08/01/2018	16:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB170	CRK	08/01/2018	17:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBB474	AT7	08/01/2018	17:25	TFN	ACE	ESPAÑA	0
IBE3939	320	08/01/2018	18:15	TFN	MAD	ESPAÑA	0
AEA9420	AT7	08/01/2018	18:30	TFN	LPA	ESPAÑA	0
IBK6309	73H	08/01/2018	18:55	TFN	MAD	ESPAÑA	0
IBB484	AT7	08/01/2018	19:10	TFN	ACE	ESPAÑA	0
CNF374	AT7	08/01/2018	19:30	TFN	FUE	ESPAÑA	0

IBB188	CRK	08/01/2018	20:00	TFN	LPA	ESPAÑA	0
AEA5403	73H	08/01/2018	20:30	TFN	AGP	ESPAÑA	0

Hemos obtenido una lista en la que encontramos:

- El código del vuelo seleccionado para encuestar.
- El tipo de aeronave, que nos informa del número de asientos que tiene para saber los pasajeros a encuestar, para así poder calcular el tiempo necesario antes de la hora de salida del vuelo que hay que comenzar a hacer las entrevistas, recordando que deben acabarse 5 minutos antes de la hora de salida del vuelo.
- La fecha con el día/mes/año.
- La hora de salida del vuelo.
- El aeropuerto de origen, es decir, Tenerife Norte (TFN), Tenerife Sur (TFS), Santa Cruz de la Palma (SPC), Gran Canaria (LPA), Fuerteventura (FUE) o Lanzarote (ACE).
- Código del aeropuerto de destino.
- El país de destino del vuelo.
- Y el entrevistador codificados con 0 encuestador1 y 1 encuestador2.

Y otro fichero con la hora de salida del vuelo junto con el tiempo antes que tienen que comenzar a hacer las encuestas, está dividido por encuestador y por día, las horas marcadas con un * son los vuelos que son encuestados por los dos entrevistadores.

Horario	
<p>Worker 1:</p> <p>02/01/2018 : 7:15-20 7:30-14 8:00-20 8:30-14 9:00-20 9:30-14 9:45-14 10:00-14 10:25-14 11:10-44 11:40-14 12:00-14 12:50-7* 13:00-20 13:40-14 14:00-14 14:20-14 14:40-20 15:00-10*</p> <p>03/01/2018 : 12:50-7* 13:00-14 13:50-22* 14:00-14 14:20-7* 14:30-7* 14:40-20 15:20-37 16:00-14 16:15-14 16:30-14 17:55-67 18:30-14 18:55-20 19:10-14 19:30-14 20:00-14 20:30-14</p> <p>04/01/2018 : 13:00-20 13:40-14 14:00-14 14:20-7* 14:30-7* 14:40-20 15:20-37 16:00-14 16:15-14 16:30-14 17:55-67 18:15-14 18:30-14 18:50-20 19:10-14 19:30-14 20:00-20 20:30-14</p> <p>07/01/2018 : 7:00-44 7:35-20 8:00-20 9:00-44 9:30-20 9:45-14 10:00-14 10:25-14 11:10-44 11:30-20 12:00-20 13:05-44 13:25-7* 14:10-44</p> <p>08/01/2018 : 13:00-20 13:50-44 14:20-7* 14:30-7* 14:40-20 15:00-20 15:30-20 16:00-20 16:15-14 16:30-14 17:00-20 17:25-14 18:15-44 18:30-14 18:55-20 19:10-14 19:30-14 20:00-20</p>	<p>Worker 2:</p> <p>02/01/2018 : 12:50-7* 13:00-14 13:50-44 14:20-14 14:35-14 15:00-10* 15:20-37 16:00-14 16:15-14 16:30-14 17:55-67 18:30-14 19:00-20 19:20-14 19:50-20 20:30-14</p> <p>03/01/2018 : 7:15-20 7:35-20 8:00-20 9:00-44 9:30-20 9:45-14 10:00-14 10:25-14 11:10-44 11:35-20 12:00-14 12:50-7* 13:50-22* 14:00-14 14:20-7* 14:30-7* 14:55-44</p> <p>04/01/2018 : 7:15-20 7:30-14 7:50-14 8:10-20 9:00-20 9:30-20 9:45-14 10:00-14 10:25-14 11:10-44 11:30-14 12:00-14 13:05-44 13:50-44 14:20-7* 14:30-7* 14:55-44</p> <p>07/01/2018 : 11:40-14 12:00-14 12:35-14 12:50-14 13:25-7* 13:50-44 14:20-14 14:40-20 15:20-37 16:00-14 16:15-14 16:40-14 17:00-14 17:30-14 18:15-44 18:30-14 19:00-20 19:20-14</p> <p>08/01/2018 : 7:10-14 7:35-20 8:00-20 8:30-14 9:00-20 9:50-44 10:05-14 10:25-14 11:10-44 11:30-14 12:00-14 13:05-44 13:40-14 14:00-14 14:20-7* 14:30-7* 14:55-44</p>

Vamos a ver ahora qué solución nos da el modelo matemático para el aeropuerto de Lanzarote en la semana del 10 al 15 de Noviembre de 2017 sabiendo que salen un total de 445 vuelos, a diferencia de Tenerife Norte, encontramos 14 vuelos con destino Holanda, 5 a Suiza, 110 a Reino Unido, 36 a Alemania, 5 a Dinamarca, 8 a Italia, 5 a Bélgica, uno a Hungría, 15 a Irlanda, 3 a Polonia, uno a Finlandia y uno a Luxemburgo, 4 a Noruega y a Francia, uno a República Checa y a Austria, 5 a Suecia y 226 con destino otro aeropuerto español. Según la tabla de tamaño muestral mínimo deberán realizarse al menos 80 encuestas a pasajeros con destino Suiza, Dinamarca, Italia, Bélgica, Hungría, Polonia, Finlandia, Luxemburgo, Noruega, Francia, República Checa, Austria y Suecia, 200 encuestas a pasajeros con destino Holanda, Alemania y Irlanda, y será necesario encuestar al menos a 400 pasajeros con destino Reino Unido y otro aeropuerto español. Por tanto, la solución óptima propuesta por nuestro modelo matemático es encuestar 9360 pasajeros.

vuelo	tipo	dia	hora	origen	destino	region	entrevistador
RYR2132	73H	10/11/2017	11:35	ACE	MAN	REINO-UNIDO	0
IBB513	AT7	10/11/2017	12:00	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB513	AT7	10/11/2017	12:00	ACE	LPA	ESPAÑA	1
RYR7125	73H	10/11/2017	12:10	ACE	DUB	IRLANDA	0
RYR7125	73H	10/11/2017	12:10	ACE	DUB	IRLANDA	1
EZY8682	320	10/11/2017	12:40	ACE	LGW	REINO-UNIDO	0
EZY8682	320	10/11/2017	12:40	ACE	LGW	REINO-UNIDO	1
NVR158	32B	10/11/2017	13:10	ACE	OSL	NORUEGA	0
NVR158	32B	10/11/2017	13:10	ACE	OSL	NORUEGA	1
PRI548	738	10/11/2017	13:30	ACE	CPH	DINAMARCA	0
CFG1455	32B	10/11/2017	13:35	ACE	LEJ	ALEMANIA	1
BLX272	73H	10/11/2017	13:55	ACE	MMX	SUECIA	0
BLX272	73H	10/11/2017	13:55	ACE	MMX	SUECIA	1
CNF730	AT7	10/11/2017	14:05	ACE	LPA	ESPAÑA	0
CNF730	AT7	10/11/2017	14:05	ACE	LPA	ESPAÑA	1
VKG1105	32B	10/11/2017	14:30	ACE	CPH	DINAMARCA	0
TCX1723	32B	10/11/2017	14:40	ACE	MAN	REINO-UNIDO	1
BLX276	73H	10/11/2017	14:50	ACE	ARN	SUECIA	0
EXS1202	73H	10/11/2017	15:30	ACE	BHX	REINO-UNIDO	0
EXS1202	73H	10/11/2017	15:30	ACE	BHX	REINO-UNIDO	1
CFG1401	320	10/11/2017	16:00	ACE	MUC	ALEMANIA	1
CFG1421	75T	10/11/2017	16:05	ACE	DUS	ALEMANIA	0
IBB457	AT7	10/11/2017	16:50	ACE	TFN	ESPAÑA	1
IBB523	AT7	10/11/2017	17:00	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB473	AT7	10/11/2017	17:15	ACE	TFN	ESPAÑA	0
IBB473	AT7	10/11/2017	17:15	ACE	TFN	ESPAÑA	1
RYR2016	73H	10/11/2017	17:35	ACE	MAD	ESPAÑA	1

EIN779	320	10/11/2017	17:50	ACE	DUB	IRLANDA	0
RYR4756	73H	10/11/2017	18:00	ACE	BRS	REINO-UNIDO	1
RYR2553	73H	10/11/2017	18:20	ACE	SVQ	ESPAÑA	1
EZY7452	320	10/11/2017	18:35	ACE	SEN	REINO-UNIDO	0
IBB529	AT7	10/11/2017	18:45	ACE	LPA	ESPAÑA	1
RYR6154	73H	10/11/2017	19:10	ACE	PIK	REINO-UNIDO	1
IBB475	AT7	10/11/2017	19:15	ACE	TFN	ESPAÑA	0
IBB528	CRK	10/11/2017	19:30	ACE	LPA	ESPAÑA	1
CNF766	AT7	10/11/2017	19:45	ACE	LPA	ESPAÑA	1
RYR6209	73H	11/11/2017	11:00	ACE	NRN	ALEMANIA	0
EZY6194	320	11/11/2017	11:45	ACE	BRS	REINO-UNIDO	0
CNF522	AT7	11/11/2017	11:55	ACE	TFN	ESPAÑA	1
5P5062	320	11/11/2017	12:30	ACE	AMS	HOLANDA	0
EZY8682	320	11/11/2017	12:40	ACE	LGW	REINO-UNIDO	1
FIN1700	32B	11/11/2017	13:15	ACE	HEL	FINLANDIA	0
IBE3857	320	11/11/2017	13:40	ACE	MAD	ESPAÑA	1
TVP7307	73H	11/11/2017	13:40	ACE	WAW	POLONIA	0
EXS310	73H	11/11/2017	14:00	ACE	BFS	REINO-UNIDO	0
EXS310	73H	11/11/2017	14:00	ACE	BFS	REINO-UNIDO	1
TCX1499	32B	11/11/2017	14:25	ACE	MAN	REINO-UNIDO	0
VLG3138	320	11/11/2017	14:25	ACE	OVD	ESPAÑA	1
EXS1402	73H	11/11/2017	14:50	ACE	STN	REINO-UNIDO	0
EXS168	73H	11/11/2017	15:10	ACE	GLA	REINO-UNIDO	0
EWG9555	32A	11/11/2017	15:10	ACE	DUS	ALEMANIA	1
EXS632	73H	11/11/2017	15:30	ACE	EMA	REINO-UNIDO	0
EXS632	73H	11/11/2017	15:30	ACE	EMA	REINO-UNIDO	1
EZY3862	320	11/11/2017	16:00	ACE	CDG	FRANCIA	0
EZY3862	320	11/11/2017	16:00	ACE	CDG	FRANCIA	1
BEL3788	320	11/11/2017	16:25	ACE	BRU	BELGICA	1
EXS218	75W	11/11/2017	16:30	ACE	LBA	REINO-UNIDO	0
EIN923	320	11/11/2017	17:10	ACE	SNN	IRLANDA	1
EZS1250	320	11/11/2017	17:25	ACE	BSL	SUIZA	0
RYR2016	73H	11/11/2017	17:35	ACE	MAD	ESPAÑA	1
TRA6186	73H	11/11/2017	17:45	ACE	AMS	HOLANDA	0
VLG6585	320	11/11/2017	18:40	ACE	FCO	ITALIA	1
EZY6732	320	11/11/2017	18:40	ACE	BFS	REINO-UNIDO	0
EZY2026	320	11/11/2017	19:40	ACE	LTN	REINO-UNIDO	1
LGL742	73H	12/11/2017	10:05	ACE	LUX	LUXEMBURGO	0
TUI2189	7S8	12/11/2017	10:50	ACE	HAJ	ALEMANIA	0
EZY3466	320	12/11/2017	11:40	ACE	HAM	ALEMANIA	0
CNF522	AT7	12/11/2017	11:55	ACE	TFN	ESPAÑA	0
EZY7154	320	12/11/2017	12:00	ACE	LPL	REINO-UNIDO	1
EZY8682	320	12/11/2017	12:40	ACE	LGW	REINO-UNIDO	0

TOM1769	75W	12/11/2017	12:55	ACE	GLA	REINO-UNIDO	1
IBB513	CRK	12/11/2017	13:15	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB513	CRK	12/11/2017	13:15	ACE	LPA	ESPAÑA	1
TOM7763	75W	12/11/2017	13:40	ACE	BHX	REINO-UNIDO	1
IBE3857	320	12/11/2017	13:40	ACE	MAD	ESPAÑA	0
IBB469	AT7	12/11/2017	13:55	ACE	TFN	ESPAÑA	0
IBB469	AT7	12/11/2017	13:55	ACE	TFN	ESPAÑA	1
CNF730	AT7	12/11/2017	14:05	ACE	LPA	ESPAÑA	0
CNF730	AT7	12/11/2017	14:05	ACE	LPA	ESPAÑA	1
IBB511	AT7	12/11/2017	14:15	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB511	AT7	12/11/2017	14:15	ACE	LPA	ESPAÑA	1
EXS1402	73H	12/11/2017	14:25	ACE	STN	REINO-UNIDO	0
EXS1402	73H	12/11/2017	14:25	ACE	STN	REINO-UNIDO	1
TCX1699	75T	12/11/2017	14:45	ACE	MAN	REINO-UNIDO	0
TCX1437	32B	12/11/2017	14:50	ACE	GLA	REINO-UNIDO	1
EXS168	73H	12/11/2017	15:10	ACE	GLA	REINO-UNIDO	0
EXS168	73H	12/11/2017	15:10	ACE	GLA	REINO-UNIDO	1
TOM6751	73H	12/11/2017	15:20	ACE	BRS	REINO-UNIDO	1
AEA7029	73H	12/11/2017	15:20	ACE	BIO	ESPAÑA	0
IBB471	AT7	12/11/2017	15:35	ACE	TFN	ESPAÑA	0
IBB471	AT7	12/11/2017	15:35	ACE	TFN	ESPAÑA	1
EXS632	73H	12/11/2017	15:50	ACE	EMA	REINO-UNIDO	0
EXS632	73H	12/11/2017	15:50	ACE	EMA	REINO-UNIDO	1
EXS218	75W	12/11/2017	16:10	ACE	LBA	REINO-UNIDO	1
EXS892	75W	12/11/2017	16:20	ACE	MAN	REINO-UNIDO	0
IBB473	AT7	12/11/2017	16:40	ACE	TFN	ESPAÑA	0
IBB473	AT7	12/11/2017	16:40	ACE	TFN	ESPAÑA	1
IBB457	AT7	12/11/2017	16:50	ACE	TFN	ESPAÑA	0
EDW229	320	12/11/2017	17:05	ACE	ZRH	SUIZA	1
RZR2001	73H	12/11/2017	17:20	ACE	SCQ	ESPAÑA	0
CNF550	AT7	12/11/2017	17:35	ACE	TFN	ESPAÑA	0
CNF550	AT7	12/11/2017	17:35	ACE	TFN	ESPAÑA	1
IBB509	AT7	12/11/2017	17:45	ACE	LPA	ESPAÑA	0
TFL534	788	12/11/2017	18:00	ACE	AMS	HOLANDA	1
BAW2733	320	12/11/2017	18:55	ACE	LGW	REINO-UNIDO	1
IBB529	AT7	12/11/2017	19:15	ACE	LPA	ESPAÑA	1
IBB591	CRK	13/11/2017	10:45	ACE	LPA	ESPAÑA	1
EZY2026	320	13/11/2017	11:55	ACE	LTN	REINO-UNIDO	1
LAV1841	734	13/11/2017	12:15	ACE	MPX	ITALIA	0
EZY8682	320	13/11/2017	12:40	ACE	LGW	REINO-UNIDO	1
NLY3002	321	13/11/2017	13:00	ACE	SZG	AUSTRIA	0
JTG512	73W	13/11/2017	13:30	ACE	BLL	DINAMARCA	0
IBE3857	320	13/11/2017	13:40	ACE	MAD	ESPAÑA	1

CNF730	AT7	13/11/2017	14:05	ACE	LPA	ESPAÑA	1
TCX1073	32B	13/11/2017	14:30	ACE	MAN	REINO-UNIDO	0
IBB511	AT7	13/11/2017	14:30	ACE	LPA	ESPAÑA	1
TCX1537	32B	13/11/2017	15:15	ACE	EMA	REINO-UNIDO	1
TCX1723	32B	13/11/2017	15:30	ACE	MAN	REINO-UNIDO	0
TCX1305	32B	13/11/2017	16:00	ACE	GLA	REINO-UNIDO	1
BAW2733	320	13/11/2017	16:15	ACE	LGW	REINO-UNIDO	0
NAX1829	73H	13/11/2017	16:30	ACE	OSL	NORUEGA	1
IBB523	AT7	13/11/2017	17:00	ACE	LPA	ESPAÑA	0
RYR3488	73H	13/11/2017	17:25	ACE	VLC	ESPAÑA	0
RYR3488	73H	13/11/2017	17:25	ACE	VLC	ESPAÑA	1
RYR2016	73H	13/11/2017	17:35	ACE	MAD	ESPAÑA	0
RYR2016	73H	13/11/2017	17:35	ACE	MAD	ESPAÑA	1
RYR4756	73H	13/11/2017	18:00	ACE	BRS	REINO-UNIDO	0
EIN877	320	13/11/2017	18:05	ACE	ORK	IRLANDA	1
IBB509	AT7	13/11/2017	18:20	ACE	LPA	ESPAÑA	1
RYR2553	73H	13/11/2017	18:20	ACE	SVQ	ESPAÑA	0
IBB475	AT7	13/11/2017	18:45	ACE	TFN	ESPAÑA	0
RYR6154	73H	13/11/2017	19:10	ACE	PIK	REINO-UNIDO	0
IBB531	AT7	13/11/2017	19:30	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB501	CRK	14/11/2017	8:15	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB501	CRK	14/11/2017	8:15	ACE	LPA	ESPAÑA	1
IBB453	AT7	14/11/2017	8:25	ACE	TFN	ESPAÑA	1
VLG3141	320	14/11/2017	8:45	ACE	AGP	ESPAÑA	0
IBB521	AT7	14/11/2017	8:50	ACE	LPA	ESPAÑA	1
RYR2018	73H	14/11/2017	9:20	ACE	MAD	ESPAÑA	1
VLG3281	320	14/11/2017	9:40	ACE	BIO	ESPAÑA	0
NLY2431	321	14/11/2017	10:15	ACE	MUC	ALEMANIA	1
TFL530	73H	14/11/2017	10:25	ACE	AMS	HOLANDA	0
NLY2435	73H	14/11/2017	10:35	ACE	TXL	ALEMANIA	1
TRA5686	73H	14/11/2017	10:45	ACE	AMS	HOLANDA	0
RYR6209	73H	14/11/2017	11:00	ACE	NRN	ALEMANIA	1
TRA6358	73H	14/11/2017	11:05	ACE	EIN	HOLANDA	0
IBB469	AT7	14/11/2017	11:20	ACE	TFN	ESPAÑA	0
RYR3173	73H	14/11/2017	11:40	ACE	EMA	REINO-UNIDO	0
BEL3789	320	14/11/2017	11:45	ACE	FUE	ESPAÑA	1
IBB513	AT7	14/11/2017	12:00	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB513	AT7	14/11/2017	12:00	ACE	LPA	ESPAÑA	1
LLP8816	320	14/11/2017	12:25	ACE	WAW	POLONIA	0
CFG1452	320	14/11/2017	12:35	ACE	STR	ALEMANIA	1
EDW229	320	14/11/2017	13:30	ACE	ZRH	SUIZA	0
IBE3857	320	14/11/2017	13:40	ACE	MAD	ESPAÑA	1
CNF730	AT7	14/11/2017	14:05	ACE	LPA	ESPAÑA	1

NLY2311	321	14/11/2017	14:15	ACE	DUS	ALEMANIA	0
IBB511	AT7	14/11/2017	14:30	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB511	AT7	14/11/2017	14:30	ACE	LPA	ESPAÑA	1
EXS1402	73H	14/11/2017	14:40	ACE	STN	REINO-UNIDO	0
EXS1402	73H	14/11/2017	14:40	ACE	STN	REINO-UNIDO	1
EZY2980	320	14/11/2017	15:05	ACE	MXP	ITALIA	1
CFG1455	32B	14/11/2017	15:05	ACE	LEJ	ALEMANIA	0
IBB471	AT7	14/11/2017	15:20	ACE	TFN	ESPAÑA	0
IBB471	AT7	14/11/2017	15:20	ACE	TFN	ESPAÑA	1
VLG2473	321	14/11/2017	15:45	ACE	BCN	ESPAÑA	0
CFG1412	320	14/11/2017	15:55	ACE	MUC	ALEMANIA	1
AEA9448	AT7	15/11/2017	10:35	ACE	LPA	ESPAÑA	0
AEA9448	AT7	15/11/2017	10:35	ACE	LPA	ESPAÑA	1
IBB591	CRK	15/11/2017	10:45	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB591	CRK	15/11/2017	10:45	ACE	LPA	ESPAÑA	1
EWG1803	321	15/11/2017	11:05	ACE	MUC	ALEMANIA	0
EWG1803	321	15/11/2017	11:05	ACE	MUC	ALEMANIA	1
IBB469	AT7	15/11/2017	11:20	ACE	TFN	ESPAÑA	0
RYR1449	73H	15/11/2017	11:30	ACE	BHX	REINO-UNIDO	1
RYR7125	73H	15/11/2017	11:45	ACE	DUB	IRLANDA	0
CNF522	AT7	15/11/2017	11:55	ACE	TFN	ESPAÑA	1
RYR8289	73H	15/11/2017	12:05	ACE	STN	REINO-UNIDO	0
EZY8682	320	15/11/2017	12:40	ACE	LGW	REINO-UNIDO	1
TRA5688	73H	15/11/2017	12:55	ACE	GRQ	HOLANDA	0
IBE3857	320	15/11/2017	13:40	ACE	MAD	ESPAÑA	0
IBE3857	320	15/11/2017	13:40	ACE	MAD	ESPAÑA	1
JAF3454	73H	15/11/2017	14:10	ACE	BRU	BELGICA	1
TCX1723	32B	15/11/2017	14:35	ACE	MAN	REINO-UNIDO	0
EXS310	73H	15/11/2017	15:00	ACE	BFS	REINO-UNIDO	0
EWG9555	32A	15/11/2017	15:10	ACE	DUS	ALEMANIA	1
VLG2473	321	15/11/2017	15:45	ACE	BCN	ESPAÑA	0
AEA9450	AT7	15/11/2017	15:55	ACE	LPA	ESPAÑA	1
TCX1075	32B	15/11/2017	16:35	ACE	MAN	REINO-UNIDO	0
TVS2041	73H	15/11/2017	16:45	ACE	PRG	REPUBLICA-CHE	1
IBB523	AT7	15/11/2017	17:00	ACE	LPA	ESPAÑA	0
IBB523	AT7	15/11/2017	17:00	ACE	LPA	ESPAÑA	1
RYR2001	73H	15/11/2017	17:20	ACE	SCQ	ESPAÑA	1
WZZ2400	320	15/11/2017	17:40	ACE	BUD	HUNGRIA	0
RYR4756	73H	15/11/2017	18:00	ACE	BRS	REINO-UNIDO	0
EIN877	320	15/11/2017	18:05	ACE	ORK	IRLANDA	1
IBB509	AT7	15/11/2017	18:20	ACE	LPA	ESPAÑA	1
RYR2553	73H	15/11/2017	18:20	ACE	SVQ	ESPAÑA	0

El periodo de encuestación en este caso es el siguiente:

Horario

Worker 1:

10/11/2017 : 11:35-20 12:00-7* 12:10-10* 12:40-22* 13:10-22* 13:30-37 13:55-10* 14:05-7*
 14:30-44 14:50-20 15:30-10* 16:05-37 17:00-14 17:15-7* 17:50-44 18:35-44 19:15-14
 11/11/2017 : 11:00-20 11:45-44 12:30-44 13:15-44 13:40-20 14:00-10* 14:25-44 14:50-20
 15:10-20 15:30-10* 16:00-22* 16:30-37 17:25-44 17:45-20 18:40-44
 12/11/2017 : 10:05-20 10:50-37 11:40-44 11:55-14 12:40-44 13:15-10* 13:40-44 13:55-7*
 14:05-7* 14:15-7* 14:25-10* 14:45-37 15:10-10* 15:20-20 15:35-7* 15:50-10* 16:20-37 16:40-
 7* 16:50-14 17:20-20 17:35-7* 17:45-14
 13/11/2017 : 12:15-37 13:00-37 13:30-20 14:30-44 15:30-44 16:15-44 17:00-14 17:25-10*
 17:35-10* 18:00-20 18:20-20 18:45-14 19:10-20 19:30-14
 14/11/2017 : 8:15-10* 8:45-44 9:40-44 10:25-20 10:45-20 11:05-20 11:20-14 11:40-20 12:00-7*
 12:25-44 13:30-44 14:15-37 14:30-7* 14:40-10* 15:05-44 15:20-7* 15:45-37
 15/11/2017 : 10:35-7* 10:45-10* 11:05-18* 11:20-14 11:45-20 12:05-20 12:55-20 13:40-22*
 14:35-44 15:00-20 15:45-37 16:35-44 17:00-7* 17:40-44 18:00-20 18:20-20

Worker 2:

10/11/2017 : 12:00-7* 12:10-10* 12:40-22* 13:10-22* 13:35-44 13:55-10* 14:05-7* 14:40-44
 15:30-10* 16:00-44 16:50-14 17:15-7* 17:35-20 18:00-20 18:20-20 18:45-14 19:10-20 19:30-20
 19:45-14
 11/11/2017 : 11:55-14 12:40-44 13:40-44 14:00-10* 14:25-44 15:10-44 15:30-10* 16:00-22*
 16:25-44 17:10-44 17:35-20 18:40-44 19:40-44
 12/11/2017 : 12:00-44 12:55-37 13:15-10* 13:40-37 13:55-7* 14:05-7* 14:15-7* 14:25-10*
 14:50-44 15:10-10* 15:20-20 15:35-7* 15:50-10* 16:10-37 16:40-7* 17:05-44 17:35-7* 18:00-
 42 18:55-44 19:15-14
 13/11/2017 : 10:45-20 11:55-44 12:40-44 13:40-44 14:05-14 14:30-14 15:15-44 16:00-44 16:30-
 20 17:25-10* 17:35-10* 18:05-44 18:20-14
 14/11/2017 : 8:15-10* 8:25-14 8:50-14 9:20-20 10:15-37 10:35-20 11:00-20 11:45-44 12:00-7*
 12:35-44 13:40-44 14:05-14 14:30-7* 14:40-10* 15:05-44 15:20-7* 15:55-44
 15/11/2017 : 10:35-7* 10:45-10* 11:05-18* 11:30-20 11:55-14 12:40-44 13:40-22* 14:10-20
 15:10-44 15:55-14 16:45-20 17:00-7* 17:20-20 18:05-44 18:20-14

3.3. Comparación de las dos soluciones

Ahora vamos a ver la representación de la nueva solución en las figuras [A.2](#), [A.4](#), [A.6](#), [A.8](#) y [A.10](#) del apéndice de esta memoria.

Nuestro objetivo principal era encuestar el mayor número de pasajeros posibles con las restricciones expuestas en el **Capítulo 2**, la solución óptima obtenida por el programa es encuestar a 6920 pasajeros frente a los 2864 pasajeros que fueron encuestados en la solución del ISTAC, observamos que en nuestra solución sale más del doble de pasajeros a encuestar, aunque debemos tener en cuenta que la solución que hemos estudiado con anterioridad es la real, es decir, la que tiene en cuenta retrasos, cancelaciones,... y la que obtenemos con nuestro modelo no tiene en cuenta ninguno de estos requisitos, además supone que el INE no ha pre-seleccionado ningún vuelo y que todos los vuelos que salen de este aeropuerto son regulares.

Se seleccionaron 158 vuelos con destino otro aeropuerto español, y se harán un total de 6736 encuestas, se selecciona un vuelo con destino a Italia y se deberán realizar 88 encuestas, dos vuelos con destino Marruecos, por tanto se harán 56 encuestas y un vuelo con destino Senegal con 20 minutos de antelación por lo que dará tiempo de encuestar a 40 pasajeros, como vemos la solución se parece bastante a la del ISTAC, no conseguimos el número mínimo de encuestas exigido por el ISTAC para Marruecos, pero con este destino sólo salen dos vuelos estos días y son seleccionados y encuestados con lo cual las encuestas que faltan para completar la muestra deberán tomarse de encuestas anteriores como explicamos en las donaciones, lo mismo ocurre con Senegal se estima que saldrá un vuelo de 140 pasajeros y es seleccionado, pero no cumple el objetivo muestral. En cuanto a las encuestas con destino Italia se hacen 5 encuestas menos que las que hace el ISTAC. Pero referente a las encuestas con destino otro aeropuerto español de las 2480 que hizo el ISTAC, nuestro modelo obtiene 6736 encuestas, por lo que observamos que mejora la muestra en los destinos españoles.

A continuación, veamos la solución de la semana del 10 al 15 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote [A.12](#), [A.14](#), [A.16](#), [A.18](#), [A.20](#) y [A.22](#).

Se obtiene que podemos encuestar 9360 pasajeros frente a las 5233 encuestadas por el ISTAC, siendo casi el doble, aunque como con el aeropuerto de Tenerife Norte debemos tener en cuenta, que no tenemos todos los archivos, y que esta es la solución matemática y no la de campo.

La selección final queda así: 48 vuelos con destino Reino Unido, con un total de 3180 encuestas, 5 vuelos con destino Irlanda con un total de 304 entrevistas, 2 vuelos a Noruega, Polonia y Bélgica con 128 entrevistas, 3 vuelos con destino Dinamarca en los que habrá que entrevistar a 202 pasajeros, 16 vuelos con destino Alemania, por lo que se podrán hacer 1086 encuestas, 2 vuelos a Suecia consiguiendo un total de 80 encuestas, 6 vuelos a Holanda, por lo que podremos entrevistar a 372 pasajeros, uno a República Checa y a Luxemburgo que se esti-

man 40 encuestas, se seleccionó un vuelo con destino Finlandia, otro con destino Francia y otro hacia Hungría con un total de 88 entrevistas cada uno, 2 vuelos con destino Suiza encuestando un total de 264 pasajeros, 3 vuelos con destino Italia por lo que se entrevistarían 250 pasajeros, un vuelo a Austria obteniendo 74 entrevistas y 65 vuelos con destino otro aeropuerto español, consiguiendo un total de 2846 entrevistas.

Observamos que con la nueva solución propuesta por el modelo matemático, no se cumplen los objetivos de tamaño muestral mínimo, por lo que las muestras de estos destinos necesitarán donaciones, los destinos son República Checa, Luxemburgo y Austria, cabe destacar que los tres destinos sólo tienen un vuelo en estos días y es seleccionado, con lo cual es imposible conseguir más muestras. Mientras que en la solución obtenida por el ISTAC eran 6 los destinos que no cumplían con los objetivos mínimos.

3.4. Conclusiones finales

Durante la elaboración de este trabajo de fin de grado hemos estudiado más ejemplos que los mencionados. Estudiamos la semana del 5 al 8 de Enero de 2018 y encontramos ejemplos para todos los aeropuertos, exceptuando para el de La Palma, aquí la solución en el mes de Enero de 2018 la encontramos los días 15,16,18 y 20 encontrando sólo un encuestador durante el primer y último día y dos en el resto de los días. No hay explicación del ISTAC, por lo que intentamos ver qué sucede cuándo aplicamos nuestro modelo con un sólo encuestador y observamos que la solución al problema es no factible, es decir, nuestro modelo no encuentra una solución ni buena ni mala. Suponemos que esto se da porque si un vuelo a un destino a primera hora de la mañana y a otro a última teniendo en cuenta que el encuestador sólo puede estar 8 horas no es posible encuestar los vuelos necesarios y suponemos que lo que hace el ISTAC es seleccionar uno y para el otro coger de muestras anteriores. A continuación, probamos qué pasa si incluimos que pueda haber 2 encuestadores ya que hay dos días en la solución real que están, por lo que podemos suponer que puede haber más de uno, y aquí nuestro modelo si encuentra la solución óptima.

Nos hubiera gustado analizar la solución obtenida por la empresa contratada por el ISTAC antes del trabajo de campo y no la de trabajo de campo ya que así podríamos analizar y comparar mejor con la solución obtenida con nuestro modelo. También debemos tener en cuenta que no se nos facilitó los ficheros con los vuelos chárter ni con los vuelos seleccionados por el INE, por lo que este último si podría modificar bastante nuestra solución, ya que tal vez los vuelos seleccionados por nuestro modelo fueron entrevistador por el INE.

A grandes rasgos creemos que nuestro modelo consigue maximizar el número de encuestados, en todos los ejemplos escogidos se ve claramente que la solución matemática aprovecha más a los trabajadores de la empresa, entrevistando más vuelos, y por tanto extrayendo más encuestas.

A

Apéndice



Figura A.1. Solución 2 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

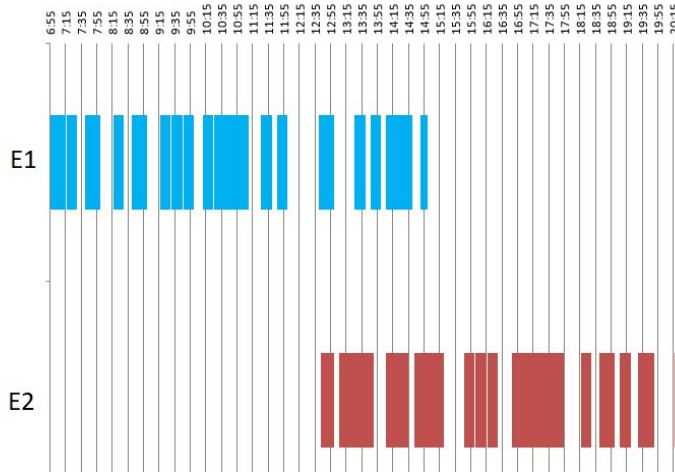


Figura A.2. Nueva solución para 2 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

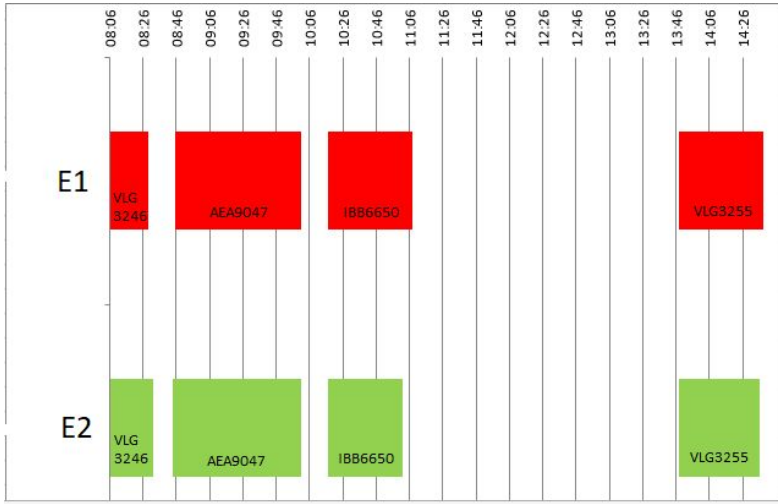


Figura A.3. Solución 3 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

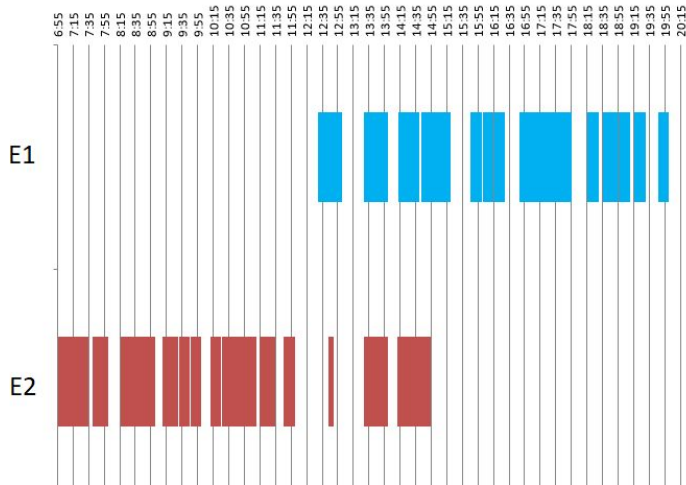


Figura A.4. Nueva solución para 3 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

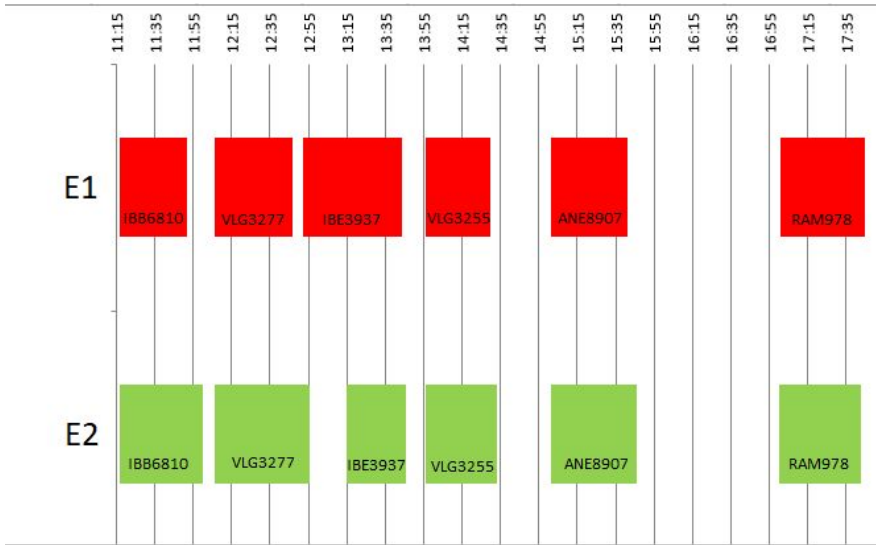


Figura A.5. Solución 4 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

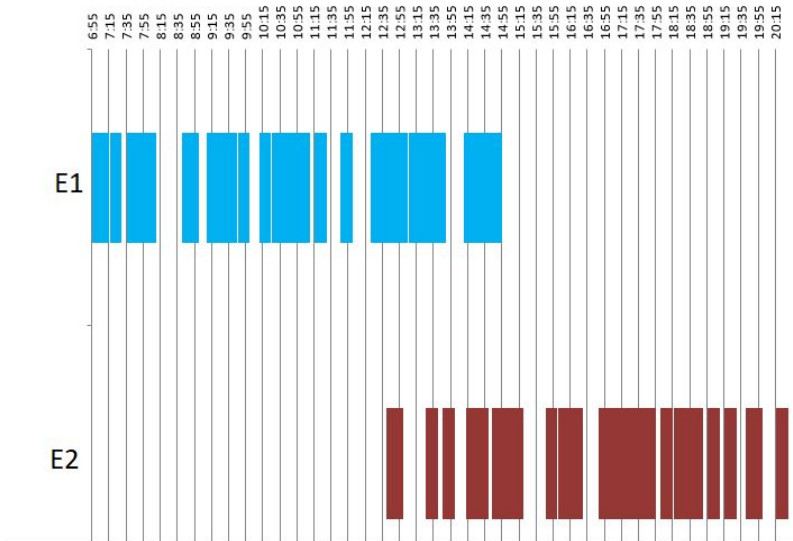


Figura A.6. Nueva solución para 4 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

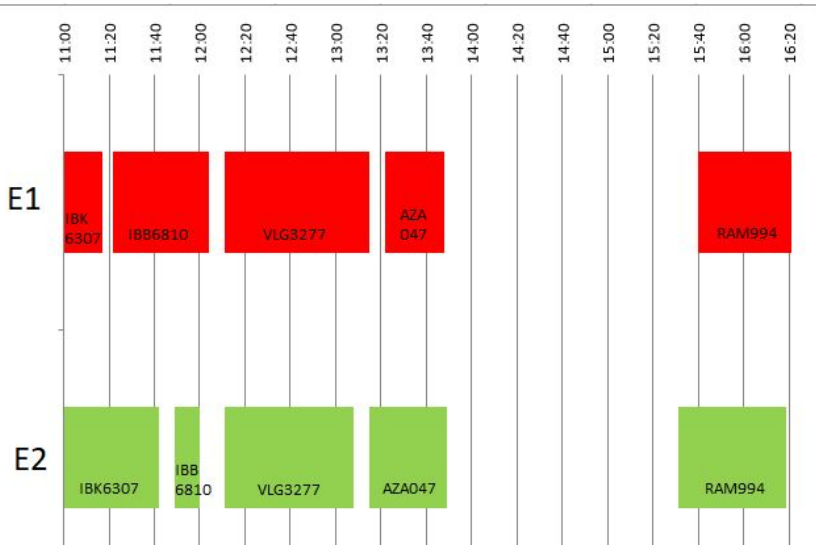


Figura A.7. Solución 7 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

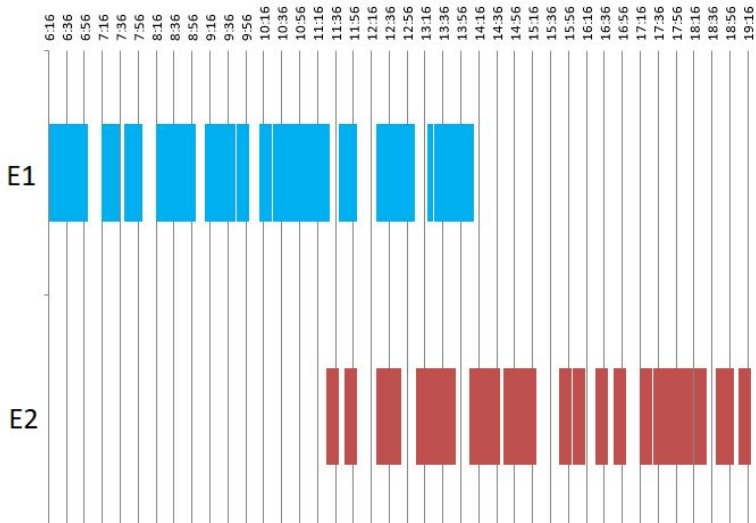


Figura A.8. Nueva solución para 7 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

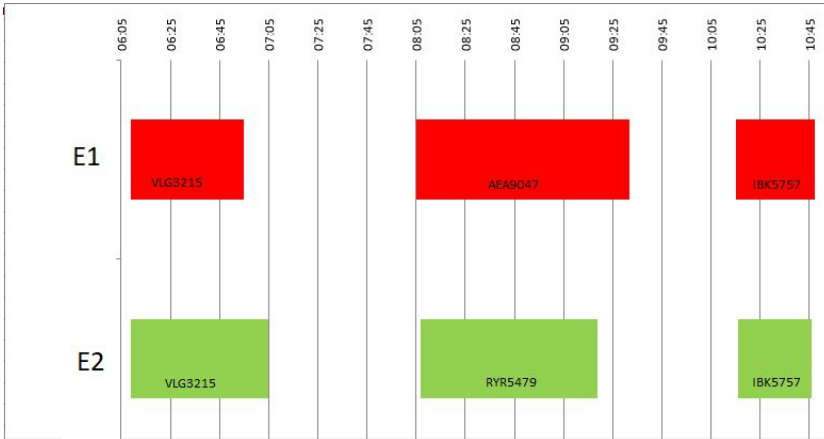


Figura A.9. Solución 8 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

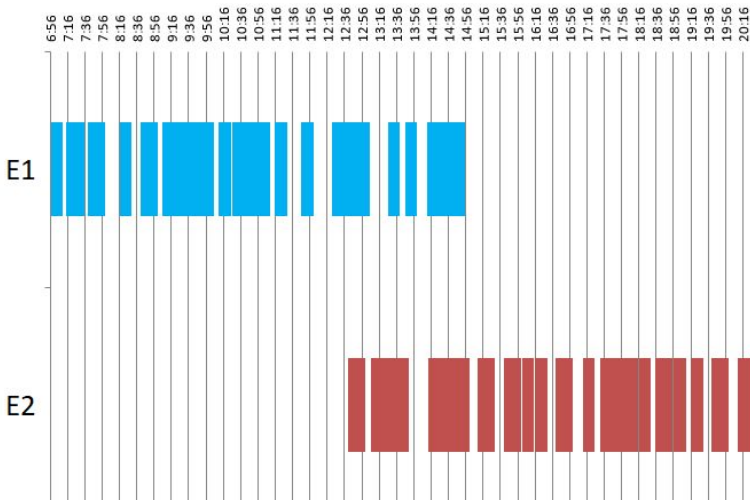


Figura A.10. Nueva solución para 8 de Enero de 2018 en Tenerife Norte

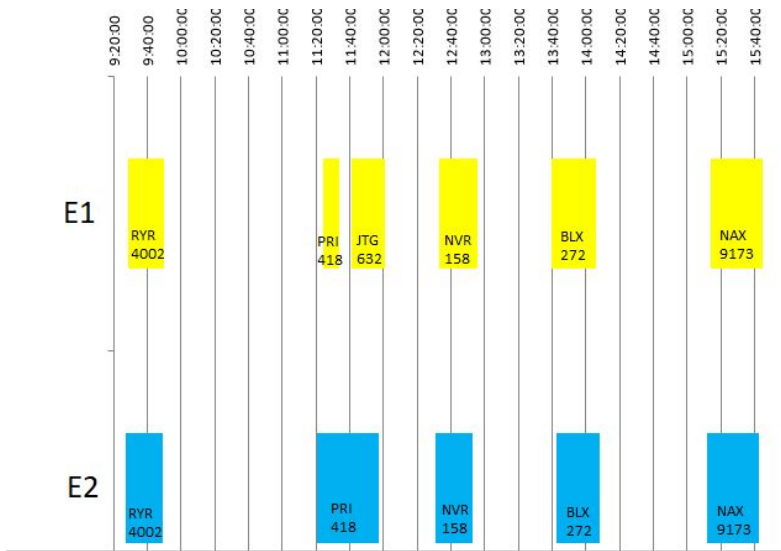


Figura A.11. Solución 10 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote

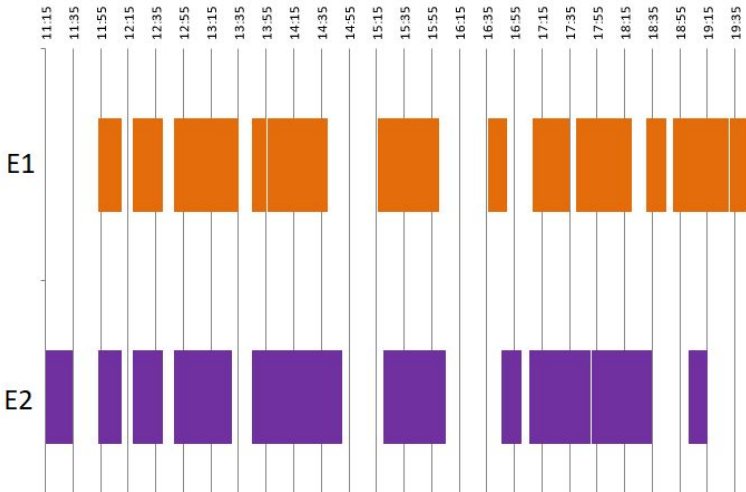


Figura A.12. Nueva solución para 10 de Noviembre de 2017 en Lanzarote



Figura A.13. Solución 11 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote

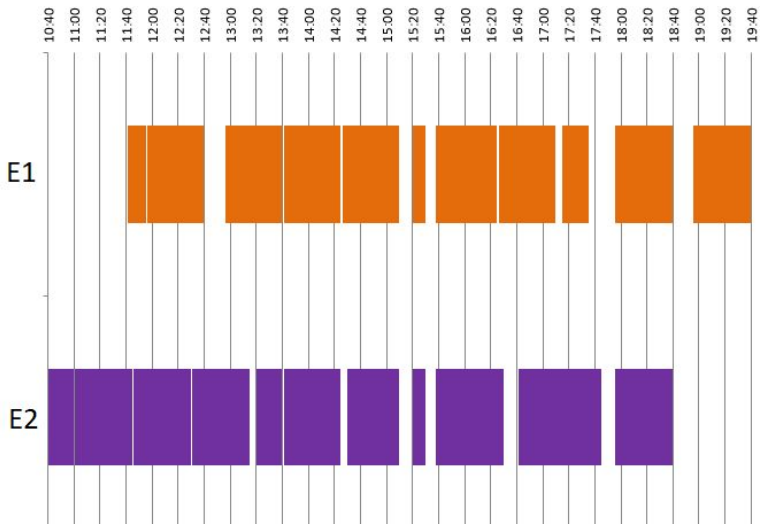


Figura A.14. Nueva solución para 11 de Noviembre de 2017 en Lanzarote

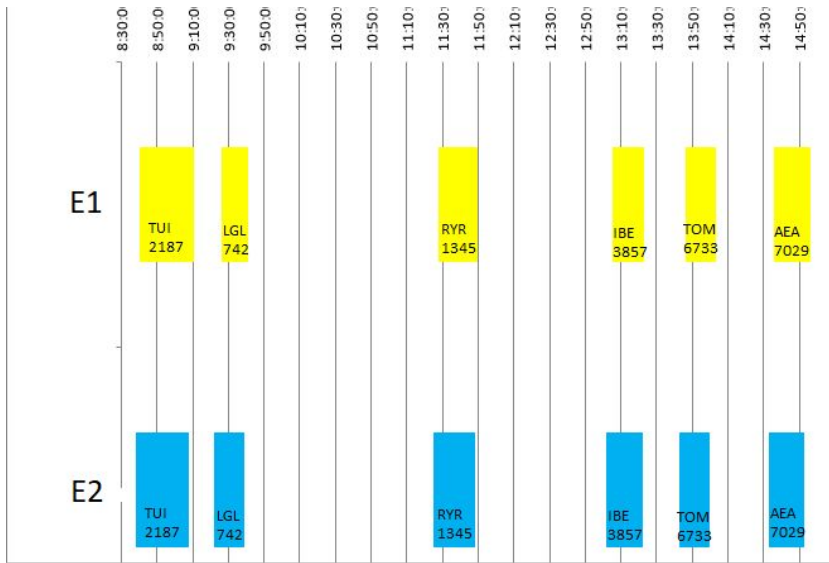


Figura A.15. Solución 12 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote

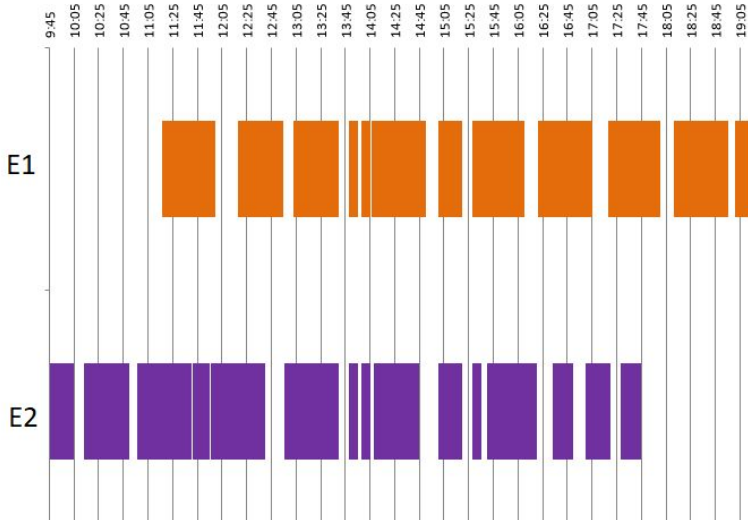


Figura A.16. Nueva solución para 12 de Noviembre de 2017 en Lanzarote

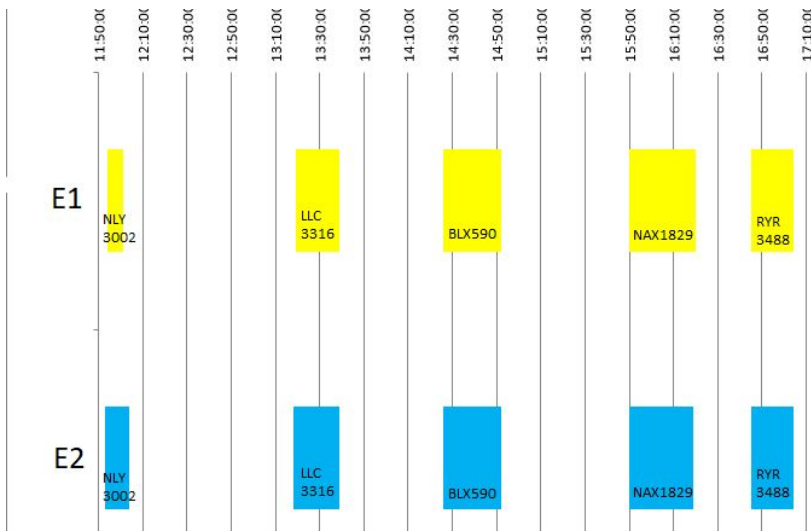


Figura A.17. Solución 13 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote

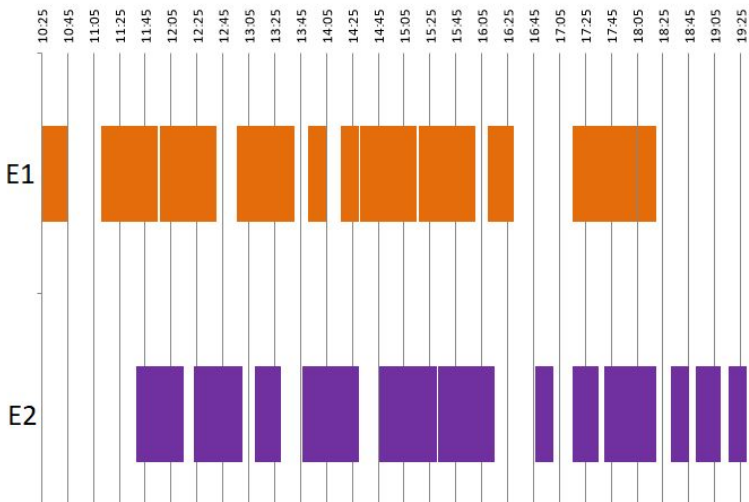


Figura A.18. Nueva solución para 13 de Noviembre de 2017 en Lanzarote

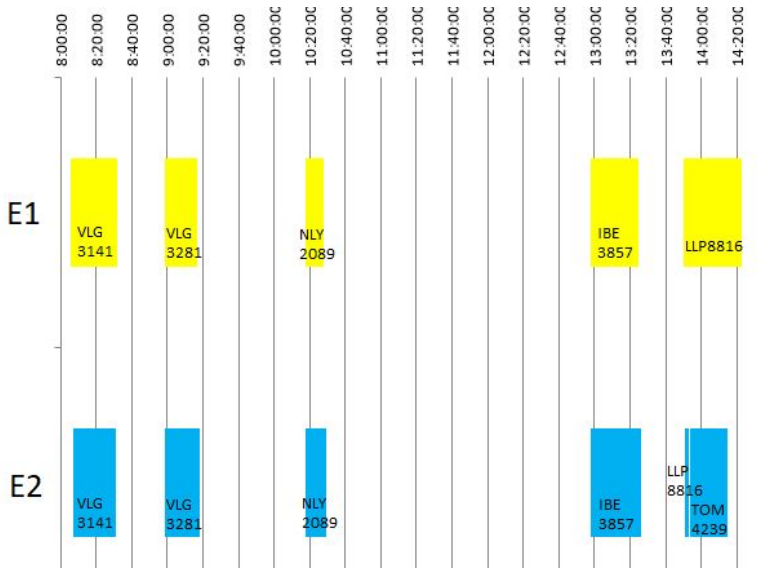


Figura A.19. Solución 14 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote

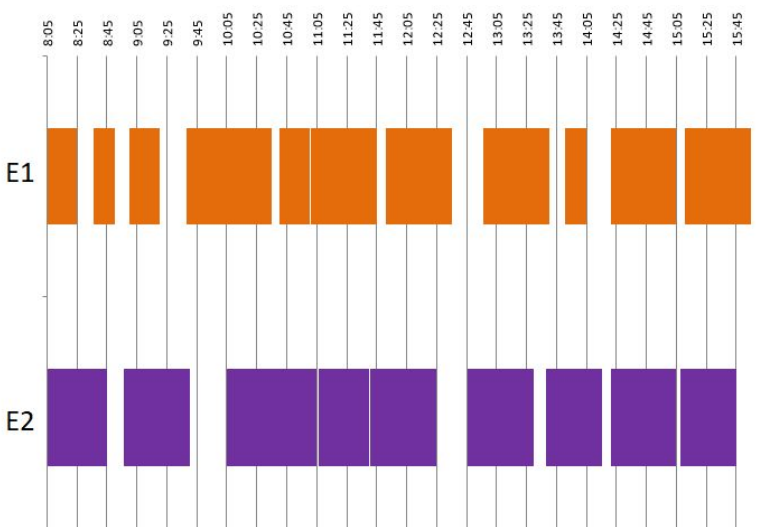


Figura A.20. Nueva solución para 14 de Noviembre de 2017 en Lanzarote

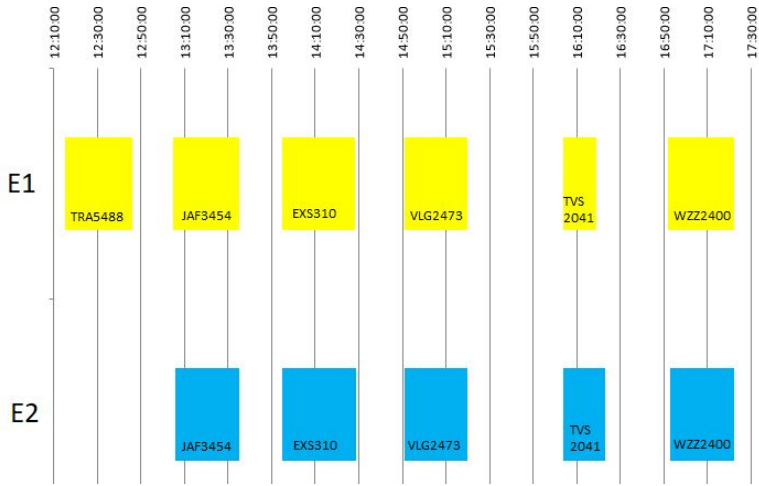


Figura A.21. Solución 15 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote

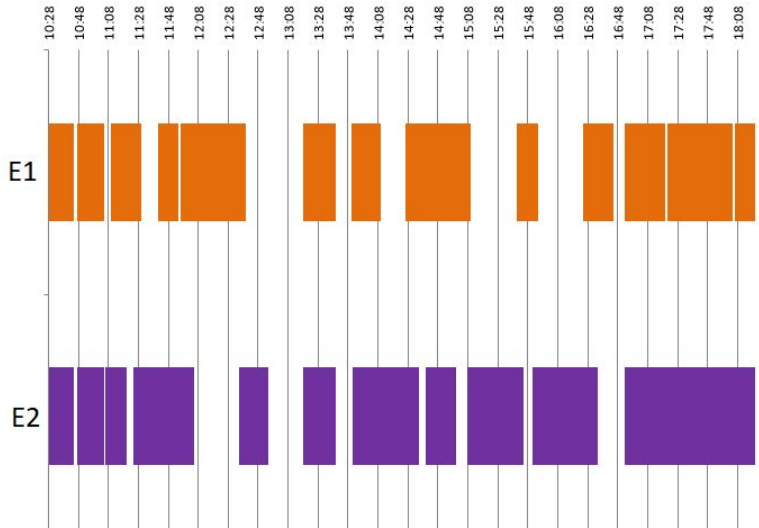


Figura A.22. Nueva solución para 15 de Noviembre de 2017 en Lanzarote

Bibliografía

- [1] JUAN JOSÉ SALAZAR. *Programación Matemática*. Madrid : Díaz de Santos, 2001.
- [2] ISTAC. ENCUESTA FRONTUR-CANARIAS.
http://www.gobiernodecanarias.org/istac/galerias/documentos/E16028B/metodologia_FRONTUR.pdf
- [3] GUÍA DE AVIONES COMERCIALES
<https://www.emptyleg.com/es/guia-de-aviones/guia-aviones-comerciales>

Lista de Figuras

2.1. Hoja vuelos_IN	5
2.2. Solución del ISTAC para el mes de Septiembre en el aeropuerto de Fuerteventura	6
2.3. Base de datos de las encuestas realizadas	7
A.1. Solución 2 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	29
A.2. Nueva solución para 2 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	29
A.3. Solución 3 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	30
A.4. Nueva solución para 3 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	30
A.5. Solución 4 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	31
A.6. Nueva solución para 4 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	31
A.7. Solución 7 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	32
A.8. Nueva solución para 7 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	32
A.9. Solución 8 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	33
A.10. Nueva solución para 8 de Enero de 2018 en Tenerife Norte	33
A.11. Solución 10 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote .	34
A.12. Nueva solución para 10 de Noviembre de 2017 en Lanzarote.....	34
A.13. Solución 11 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote .	35
A.14. Nueva solución para 11 de Noviembre de 2017 en Lanzarote.....	35
A.15. Solución 12 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote .	36
A.16. Nueva solución para 12 de Noviembre de 2017 en Lanzarote.....	36
A.17. Solución 13 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote .	37
A.18. Nueva solución para 13 de Noviembre de 2017 en Lanzarote.....	37
A.19. Solución 14 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote .	38
A.20. Nueva solución para 14 de Noviembre de 2017 en Lanzarote.....	38
A.21. Solución 15 de Noviembre de 2017 en el aeropuerto de Lanzarote .	39
A.22. Nueva solución para 15 de Noviembre de 2017 en Lanzarote.....	39

Validation of mathematical solutions for the problem of optimal flight selection in the



Universidad de La Laguna

ISTAC tourism survey

María Pérez Canino

Facultad de Ciencias · Sección de Matemáticas
Universidad de La Laguna

alu0100773323@ull.edu.es



Abstract

The ISTAC carries out various surveys for passengers on flights departing from canarian airports. FRONTUR-Canarias amongst them. It is studied and compared the solutions proposed by the ISTAC with those of the mathematical problem proposed by Juan José Salazar González, to optimize the selection of flights in the ISTAC tourism survey, the solution that this model represents will be obtained by doing a recoding in Cplex. We analyze if the requirements imposed by the ISTAC are fulfilled, such as the minimum sample sizes, the number of hours, the number of interviewers... these being as representative as possible, that is, including surveys of all destinations towards where the flights departing from a Canarian airport are heading. Notice, that the math solution leverages the time of surveyers, questioning a higher amount of flights, and as a consequence performing more interviews Representative – ISTAC – Surveys – Minimum sample sizes.

1. Introduction

The grad end project will consist in analyzing the solution found by the ISTAC, examining the data they have given us. To expose the conclusions so we can then propose the problem well and set the restrictions based on the given data, to proceed in finding out if the enterprise hired by the ISTAC comes up with the optimal solution of flights to be surveyed or if it's possible to find a better solution for the flying section.

To finish, we compare the solutions proposed by the ISTAC against the solutions implemented with a mathematical model, that seeks to maximize the number of passengers to be surveyed according to the

restrictions we will analyze further on, this solutions will be obtained by recoding the mathematical model on Cplex, that way getting new solutions to compare against the real ones, always taking into account that the solution obtained by the enterprise is the real one, it's the field solution, since the one we obtain does not take into account cancellations, delays...

2. Outline of the first Chapter

The statistics on the touristic demand are gathered in relation to the number of touristic travels and the number of pernoctations in said travels, in this context we can find the "Encuesta de Movimientos Turicos en Fronteras en Canarias" (FRONTUR-Canarias). The main objectives of this operation are:

- To estimate the number of tourists coming from foreign countries arriving in each of the islands, according to their features.
- To estimate the number of tourists coming from the rest of the national territory arriving in each of the islands, according to their features.
- To estimate the number of travellers in each of the islands.

In this chapter we will describe the survey.

3. Outline of the second chapter

To the raise the issue well we'll study the data given by the ISTAC. We analyzed the week from January 2nd to 8th in North Tenerife airport and the week from November 10th to 15th in Lanzarote. The conclusions were:

- There can't be more than two surveyers in the same airport in the same day. Regarding to La Palma airport there are days in which there is only one surveyer.

- In general, the working time is less than eight hours daily.
- The minimum goals about sample sizing must be achieved, if is not possible the sample will be completed with data of previous surveys.
- Surveys are perform during a week in a month, that is to say seven days in a row, even though there could be non-working days like holidays.
- The time to do the surveys is limited. We will assume that the average time to do them is thirty seconds.
- We will assume that the total occupancy of the flight is 80%.
- 50% of the passengers in the selected flights must be surveyed.
- Flights selected by INE can't be surveyed.

4. Outline of the third chapter

After the problem is raised we propose a math model to solved it.

We analyze the new solutions obtained through the proposed math model and we compared them to the ones obtained by the ISTAC.

References

- [1] JUAN JOSÉ SALAZAR. *Programación Matemática*. Madrid : Díaz de Santos, 2001.
- [2] ISTAC. ENCUESTA FRONTUR-CANARIAS. http://www.gobiernodecanarias.org/istac/galeria:documentos/E16028B/metodologia_FRONTUR.
- [3] GUÍA DE AVIONES COMERCIALES <https://www.emptyleg.com/es/guia-de-aviones/guia-aviones-comerciales>