



Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Comisión de Estudios de Postgrado  
Instituto de Urbanismo  
Especialización en Planificación del Transporte.

***Uso de modelos de simulación de transporte TRANUS  
para evaluar la factibilidad de un aeropuerto***

Trabajo especial de grado presentado  
para optar al  
Título de Especialista en Planificación del Transporte.

Autor (a): TSU Merola Carmine

Tutor (a): Ing. Navarro Ulises

**Caracas, Julio de 2012**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1 .....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1.- Descripción del Tema:.....	2
1.2.- Problema de Investigación: .....	2
1.3.- Fundamentación: .....	4
1.4.- Objetivo: .....	5
1.4.1.- Objetivo General: .....	5
1.4.2.- Objetivo Específico:.....	5
CAPITULO 2 .....	6
MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1.- El Transporte y las actividades: .....	6
2.2.- Antecedentes del Problema: .....	6
2.3.- Marco Conceptual: .....	7
2.3.1.- El estudio del Transporte .....	7
2.3.2.- Modelos de Simulación: Objetivo y rango de aplicaciones.....	8
2.3.3.- Definición de Plan General.....	11
2.3.4.- Criterios Relativos a la Planificación .....	12
CAPITULO 3 .....	14
MARCO METODOLÓGICO .....	14
3.1.- Consideraciones Generales: .....	14
3.2.- Diseño de la Investigación: .....	14
CAPITULO 4 .....	15
TRANUS: Sistema de Simulación Integrado de .....	15
Transporte.....	15
4.1.- Estructura General del Modelo:.....	16
4.2.- Desarrollo de la Investigación: .....	17
4.3.- Metodología de la Simulación: .....	19
4.3.1.- Diseño del Modelo.....	20
4.3.2.- Categorías: (Modos y Usuarios).....	21
4.3.3.- Tipos de Vía .....	21
4.3.4.- Zonificación Usada.....	22
4.4.- Metodología de la Investigación:.....	23
4.5.- Resultados: .....	35
4.5.1.- Programa EVAL: .....	36
4.5.2.- Programa IMPTRA .....	36
CAPITULO 5 .....	45
Conclusiones y Recomendaciones .....	45
5.1.- Conclusiones:.....	45
5.2.- Recomendaciones:.....	46
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	47

Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Comisión de Estudios de Postgrado  
Instituto de Urbanismo  
Especialización en Planificación del Transporte

***Uso de modelos de simulación de transporte TRANUS  
para evaluar la factibilidad de un aeropuerto***

Autor: Merola Ch, Carmine  
Tutor: Navarro, Ulises  
Fecha: Julio de 2012

**RESUMEN**

El propósito de este trabajo es una investigación para la simulación de una red aeroportuaria de los estándares de viajes aéreos en el país con un modelo multimodal y así poder evaluar la factibilidad de un nuevo aeropuerto. Para ello se establecieron los siguientes objetivos: objetivo general: Evaluar la factibilidad de implantar un aeropuerto civil en Maracay (Palo Negro) y determinar los beneficios a los usuarios del nuevo aeropuerto y como objetivos específicos: a) Elaborar la matriz origen-destino de operaciones de carga, pasajeros y aeronaves del sistema aeroportuario nacional, b) Realizar las simulaciones de viajes en el sistema aeroportuario nacional con el aeropuerto en uso militar, c) Realizar las simulaciones de viajes en el sistema aeroportuario nacional con el aeropuerto en uso comercial, d) Estimar si es necesario la inclusión de un aeropuerto civil en el sistema aeroportuario nacional. La interrogante fundamental es: ¿Aplicará un modelo de simulación de transporte terrestre en el transporte aéreo?. Siendo una investigación experimental, se utiliza un simulador de transporte terrestre denominado TRANUS y con ese modelo se realiza las iteraciones que permite determinar si el simulador cumple con los objetivos de este trabajo.

Finalizado el proceso de iteraciones el simulador presenta una serie de resultados que da como conclusiones lo siguiente: Dado el carácter experimental de este trabajo y realizado el análisis de los resultados proporcionados por el modelo, se concluye que el modelo de Simulación de Transporte TRANUS, aún siendo un modelo que se utiliza básicamente en la simulación de transporte terrestre, el mismo puede ser utilizado para el estudio de un emplazamiento de aeropuerto en la red aérea.

El análisis de los resultados indica que es posible ubicar un nuevo aeropuerto en donde se tiene planificado en La Base Aérea "El Libertador" (BAEL), ubicado en Palo Negro, Maracay, Estado Aragua; este aeropuerto sería utilizado para las rutas de mayor recorrido, ver tabla 10 A, Maracay-Barcelona, Maracay-Maracaibo, Maracay-Puerto Ordaz, las cuales son nuestras rutas de estudio y también generar nuevas rutas.

El modelo de Simulación de Transporte TRANUS en su actual versión puede ser utilizado para operar en la red aérea y combinarlo con otros modos de transporte, con lo cual se puede dar una mejor perspectiva de cómo funcionaría el sistema en su conjunto

Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Comisión de Estudios de Postgrado  
Instituto de Urbanismo  
Especialización en Planificación del Transporte

***Uso de modelos de simulación de transporte TRANUS  
para evaluar la factibilidad de un aeropuerto***

Autor: Merola Ch, Carmine  
Tutor: Navarro, Ulises  
Fecha: Julio de 2012

**SUMMARY**

The purpose of this work is to research a simulated airport network, based on the standard air trips in the country, with a multimode model to evaluate the feasibility of a new airport. In order to do that the following objectives were established:

General objective: To evaluate the feasibility of implementing a civil airport in Maracay (Palo Negro) and to determine the benefits for the possible users of this new airport; and as specific objectives:

- a) To elaborate an origin-destination matrix of the cargo, passengers and airplane operations in the national system
- b) To simulate trips in the national airport system with the airport on military use
- c) To simulate trips in the national airport systems with the airport on commercial use
- d) To determine if it's necessary the opening of a new commercial/civil airport in the national airport system

The fundamental question is: Would a land transport model system be applicable for air transport? Being this an experimental research a land transport simulator named TRANUS would be used; using iterations with this model would allow determining if the simulator complies with the objectives of this work.

Once the iterations process has finalized, the simulator presents a series of results that lead to the following conclusion: Given the experimental character of this work and once the results from the model have been analysed, the conclusion is that the transport simulator TRANUS, even when it is a model used mainly for land transport, can be used to study the positioning of an airport in the air network.

The analysis of the results indicates that it would be possible to locate a new airport where it was planned at the Base Area "El Libertador" (BAEL), located in Palo Negro, Maracay, Estado Aragua; this airport would be used for the routes with longest distance, refer to Table 10A, Maracay-Barcelona, Maracay-Maracaibo, Maracay-Puerto Ordaz, which are the routes included in our study and to generate new routes too.

The current version of the transport simulation model TRANUS, could be used to operate on the air network and to combine different modes of transport, which would provide a better understanding on how the whole system would work.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo corresponde a una investigación para la simulación de una red aeroportuaria de los estándares de viajes aéreos en el país con un modelo multimodal y así poder evaluar la factibilidad de un nuevo aeropuerto de pasajeros.

Con este proyecto de investigación se propone determinar si es factible localizar un aeropuerto comercial donde actualmente existe un aeropuerto militar.

Para este trabajo se conformará una simulación de la demanda de la red aérea del país para analizar el efecto de introducir un nuevo aeropuerto al sistema ya existente y, de ser posible el pronóstico se hará a corto plazo, para investigar la necesidad inmediata del nuevo aeropuerto.

Para este trabajo especial de grado se hará un análisis para determinar la factibilidad de ubicar un aeropuerto comercial en la red aérea nacional utilizando un modelo de simulación para transporte terrestre.

## **CAPITULO 1**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1.- Descripción del Tema:**

El tema que se refiere este trabajo es el uso de herramientas de simulación de demanda para determinar la demanda y factibilidad de aeropuertos.

#### **1.2.- Problema de Investigación:**

Planificar un aeropuerto implica una gran inversión, dado la cantidad de componentes y/o servicios que lo conforman, esto hace del aeropuerto un sistema muy complejo; las herramientas y técnicas con las que se cuenta para la planificación de un aeropuerto son básicamente las de carácter estadístico, no hay técnica precisa para la planificación de un aeropuerto, en este caso transformar un aeropuerto militar en civil o comercial o ubicar uno nuevo, salvo aquella que se deriva del el Manual de Planificación de Aeropuerto elaborado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

Aplicando el criterio de la OACI, “En la planificación de un aeropuerto influyen una serie de factores que afectan el uso del suelo, esto hace que se complique por la gran diversidad de instalaciones y servicios necesarios para el movimiento de aeronaves, pasajeros y mercancías, así como la de vehículos terrestres con ellos relacionados, y la necesidad de integrar su planificación.

Las instalaciones que usualmente se consideran para un aeropuerto son las pistas y calles de rodaje, plataformas para aeronaves, edificios en los que los explotadores del servicio de aeronaves entregan y reciben pasajeros y donde las autoridades gubernamentales de control realizan sus inspecciones, e instalaciones proporcionadas para uso y comodidad de los pasajeros.

Adicional a estos edificios, se debe de tener presente las estructuras conexas al aeropuerto como son las instalaciones de servicios de seguridad, combustible, talleres y zonas de estacionamiento para mantenimiento de aeronaves, las calles y estacionamientos para vehículos utilizados por los pasajeros, visitantes, personal de las compañías transportistas, y todos los ocupantes del aeropuerto y los edificios para el despacho y recepción de las mercancías transportadas por vía aérea”. (Manual de Planificación de aeropuertos, OACI)

En el funcionamiento de un aeropuerto depende de la interacción de estas instalaciones, y, por lo tanto no deberían planearse por separado. Las plataformas para aeronaves tienen que estar integradas con las edificaciones relacionadas a ellas. Así como, los estacionamientos para vehículos deben relacionarse con los edificios donde las personas efectúan sus actividades.

La planificación de un aeropuerto, reside en el mejor plan que logre un desarrollo integral para poder satisfacer las necesidades de cada una de las instalaciones a proyectar, y evitar las contradicciones que se pueden generar. El grado esencial de precisión y equilibrio del plan general varía con la magnitud de las actividades para las que se proyecta el aeropuerto.

En el grado que aumenta el ritmo de movimiento de aeronaves, vehículos y pasajeros, resulta más necesario que los planes de los aeropuertos constituyan la solución más lógica posible, de manera que la planificación de cada una de las instalaciones contribuya y se integre al plan más eficiente posible.

En la planificación de un aeropuerto la OACI relaciona todo en función de las instalaciones que requiere un aeropuerto y con ello aplica Métodos de Previsión de Demanda, Los principales métodos que se utilizan en la estimación de demanda en el tráfico aéreo son: la proyección de tendencias, los modelos econométricos y los estudios de mercado y de la industria.

Cada uno de los diferentes métodos mencionados implica una vasta base de datos para su aplicación, pero independientemente el método aplicado se ve afectado por los criterios subjetivos del planificador.

Cualquiera que sea el método de proyección utilizado, es necesario una gran parte de opinión particular. La opinión puede incluir parcialidades personales y frecuentemente sin base, pero funciona para comprobar si los resultados de otros métodos de pronosticación tienen sentido, y para estimar efectos y factores difíciles de medir, hasta aquí se hace una breve reseña de lo que la OACI sugiere lo que debe realizar para la ubicación de un aeropuerto.

Hasta este momento se realizó una breve reseña de lo que la OACI aplica para la planificación de un aeropuerto.

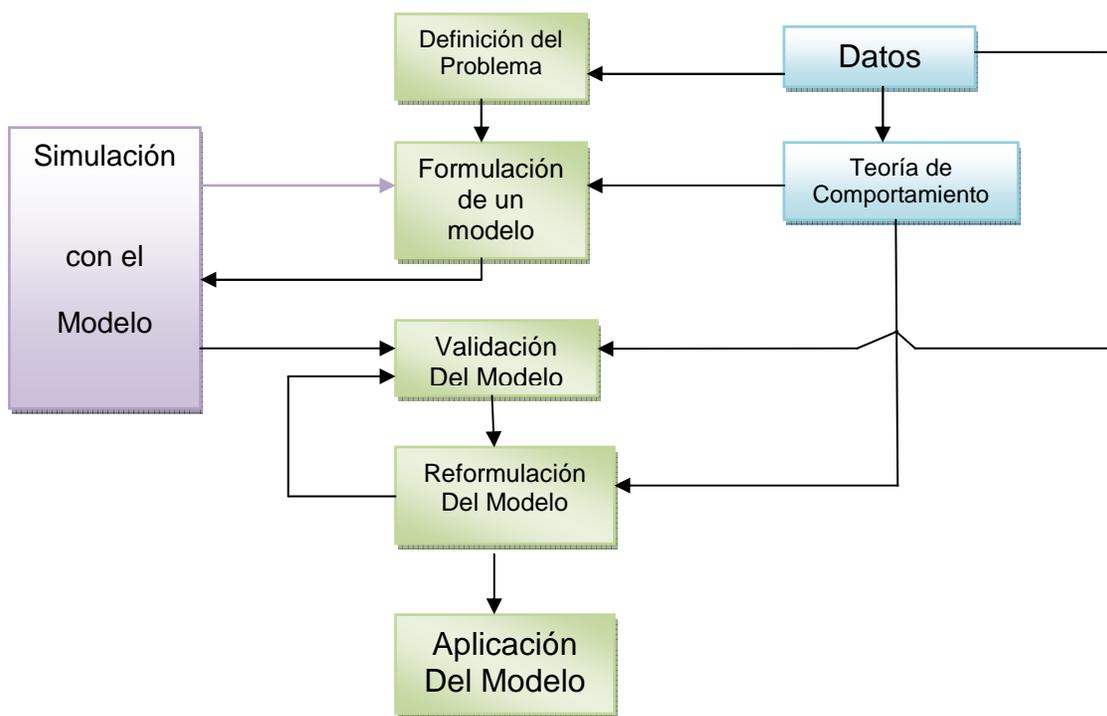
En nuestro caso de estudio se pondrá en práctica, de manera experimental, la aplicación de un modelo de simulación de transporte, en la actualidad existe una mayor aplicación en el uso de soluciones tecnológicas, esto no quiere decir que la metodología utilizada se va a dejar de lado, es que los sistemas informáticos (computadoras), han avanzado tanto que es posible pensar en nuevas maneras de desarrollo para la planificación del transporte.

Para resolver el planteamiento anterior se considera las siguientes inquietudes; la primera ¿Qué es un modelo de simulación? Un modelo es, en esencia, una representación de la realidad, una abstracción que se utiliza para lograr mayor claridad conceptual acerca de la misma, reduciendo su variedad y

complejidad a niveles que permitan comprenderla y especificarla en forma adecuada para el análisis.

La segunda pregunta, ¿Un modelo de transporte diseñado exclusivamente para la modalidad terrestre, aplicará correctamente para otra modalidad, en este caso aéreo?; la respuesta se tendrá con el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado y se espera que se desarrollen más investigaciones en el transporte aéreo

En la figura N° 1 se presenta un enfoque general que sirve para comprender como es el proceso de generación de un modelo de simulación.



**Figura 1 Esquema para la Formulación de un modelo**

Siguiendo esta propuesta se puede desarrollar o utilizar un modelo ya desarrollado de simulación de transporte multimodal para determinar la factibilidad del nuevo aeropuerto y la demanda de pasajeros.

### 1.3.- Fundamentación:

La planificación de un aeropuerto, como cualquier otra infraestructura, se realiza para fijar metas que permitan el desarrollo sustentable de una región según las tendencias que marcan la demanda y luego mantener un seguimiento para así poder controlar el crecimiento según el desarrollo de la demanda.

En nuestro caso lo que se plantea es efectuar las proyecciones y analizar esas mismas proyecciones, tomando como ejemplo y suponiendo que se ubica un aeropuerto comercial en la Base Aérea El Libertador "BAEL".

Este análisis se propone porque se considera fundamental el uso de modelos de transporte multimodales en la planeación de aeropuertos. Con un modelo multimodal, se determinaría no sólo la demanda del aeropuerto en sí, sino que también la demanda de otros modos e infraestructura relacionados (transporte vehicular, vías de acceso, etc.). Por lo tanto, se efectuará un análisis por medio de un estudio de proyección de las operaciones y una simulación de la red multimodal aeroportuaria y terrestre a nivel nacional (carga y pasajeros). La Organización de Aviación Civil Internacional sugiere que la proyección sea a 20 años. Sin embargo para efectos de este estudio las proyecciones a 5 años son suficientes, ya que demuestran la necesidad inmediata del aeropuerto. En cuanto a la simulación se cargará la red aeroportuaria nacional sobre la red de transporte terrestre nacional, incluyéndose las matrices respectivas de viajes, y se observará su comportamiento al introducir un nuevo aeropuerto al sistema.

#### 1.4.- Objetivo:

##### 1.4.1.- Objetivo General:

Evaluar la factibilidad de implantar un aeropuerto civil en Maracay (Palo Negro) y determinar los beneficios a los usuarios del nuevo aeropuerto

##### 1.4.2.- Objetivo Específico:

- Elaborar la matriz origen-destino de operaciones de carga, pasajeros y aeronaves del sistema aeroportuario nacional.
- Realizar las simulaciones de viajes en el sistema aeroportuario nacional con el aeropuerto en uso militar.
- Realizar las simulaciones de viajes en el sistema aeroportuario nacional con el aeropuerto en uso comercial.
- Estimar si es necesario la inclusión de un aeropuerto civil en el sistema aeroportuario nacional

## **CAPITULO 2**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1.- El Transporte y las actividades:**

La relación entre el transporte y las actividades de desarrollo tiene su origen con el inicio de los primeros asentamientos humanos.

El transporte es el movimiento de personas y mercancías por los medios que se utilizan para ese fin. Para muchos el transporte de pasajeros es el de mayor importancia, pero el transporte de mercancías, o sea el transporte de carga, es quizás de mayor importancia para el funcionamiento adecuado y económico de nuestra sociedad. Ambos se deben considerar esenciales.

Los transportes desempeñan un papel esencial en la actualidad. Difícilmente se puede concebir una sociedad futura en la que no continúen siendo de primordial importancia. La eficiencia de un sistema de transportes es un índice del desarrollo económico de un país.

Los sistemas de transporte se asocian generalmente a los medios, por lo que se definen tres grandes sistemas de transporte. Acuático, aéreo y terrestre, en este último se puede distinguir dos sub-sistemas: el sub-sistema vial o carretero y el sub-sistema ferroviario.

#### **2.2.- Antecedentes del Problema:**

El Ministerio del Poder Popular para Transporte Aéreo y Acuático, se encuentra diseñando estrategias para hacer de los aeropuertos comerciales del país sitios que brinden un mejor servicio a los pasajeros y al tiempo puedan absorber la demanda que requiere el transporte aéreo.

El Ministerio no solo busca mejorar los servicios de los aeropuertos comerciales ya existentes, sino también el desarrollo de planes que incrementen la oferta de dichos aeropuertos comerciales; uno de los puntos a tomar es la transformar aeropuertos de uso militar a mixto, que se quiere decir con esto, buscar una alternativa al uso del aeropuerto, ser una estructura para el uso comercial, pasajero y carga y al mismo tiempo militar.

En nuestro caso de estudio, el Ministerio está evaluando la posibilidad de llevar a la Base Aérea El Libertador "BAEL" de Palo Negro, Estado Aragua, a un aeropuerto comercial, manteniendo al mismo tiempo su actual uso; en la

actualidad en Venezuela existen varios aeropuertos que cumplen con este cometido, como ejemplo están los aeropuertos de las ciudades de Maracaibo, Estado Zulia y Barquisimeto, Estado Lara.

Para esto el Ministerio establece la figura del Plan Maestro o Plan General; como mecanismo de planificación para la aplicación de las estrategias a seguir y que aporten las soluciones más lógicas posibles para llevar a la práctica el proyecto y puesta en marcha de las diversas instalaciones y servicios que han de requerirse y cabe destacar que estos planes la estimación de la demandad no está asociada a la simulación de transporte multimodal.

### 2.3.- Marco Conceptual:

#### 2.3.1.- El estudio del Transporte:

En la segunda mitad del siglo XX el rápido crecimiento del transporte aéreo hace que se rebase la capacidad de muchos aeropuertos y esto da motivos para la ubicación de nuevos aeropuertos o la reubicación de algunos aeropuertos. El tráfico cada vez mayor de pasajeros y de mercancías impone nuevas exigencias a los aeropuertos.

El resultado de ello es que las administraciones de los aeropuertos se enfrentan con un nutrido programa de mejoras y construcción para satisfacer las necesidades de la manera más eficiente posible.

Al aumentar la actividad económica aumentan también los viajes de negocios y de otra índole y con ello la necesidad de contar con servicios de transporte aéreo rápido y cómodo. Al crecer el comercio interregional e internacional, los distintos medios de transporte llevan mayor cantidad de carga y, como es frecuente que los sectores más dinámicos de la industria cifren en el transporte aéreo la distribución de sus productos, la demanda de los servicios de carga aérea tiende a aumentar con mayor rapidez que la de otros modos de transporte.

Dado el papel cada vez más importante del transporte aéreo en el desarrollo económico de los países, es importante tener en cuenta las ventajas que puede ofrecer un sistema eficaz de transporte aéreo y determinar debidamente tanto las necesidades futuras en esa esfera como los recursos financieros y humanos con que será necesario contar.

### 2.3.1.1.- Proceso de Planificación del Transporte:

El transporte por definición es todas las actividades de movilización de personas y bienes, con un propósito determinado, de un punto de origen a un punto de destino.

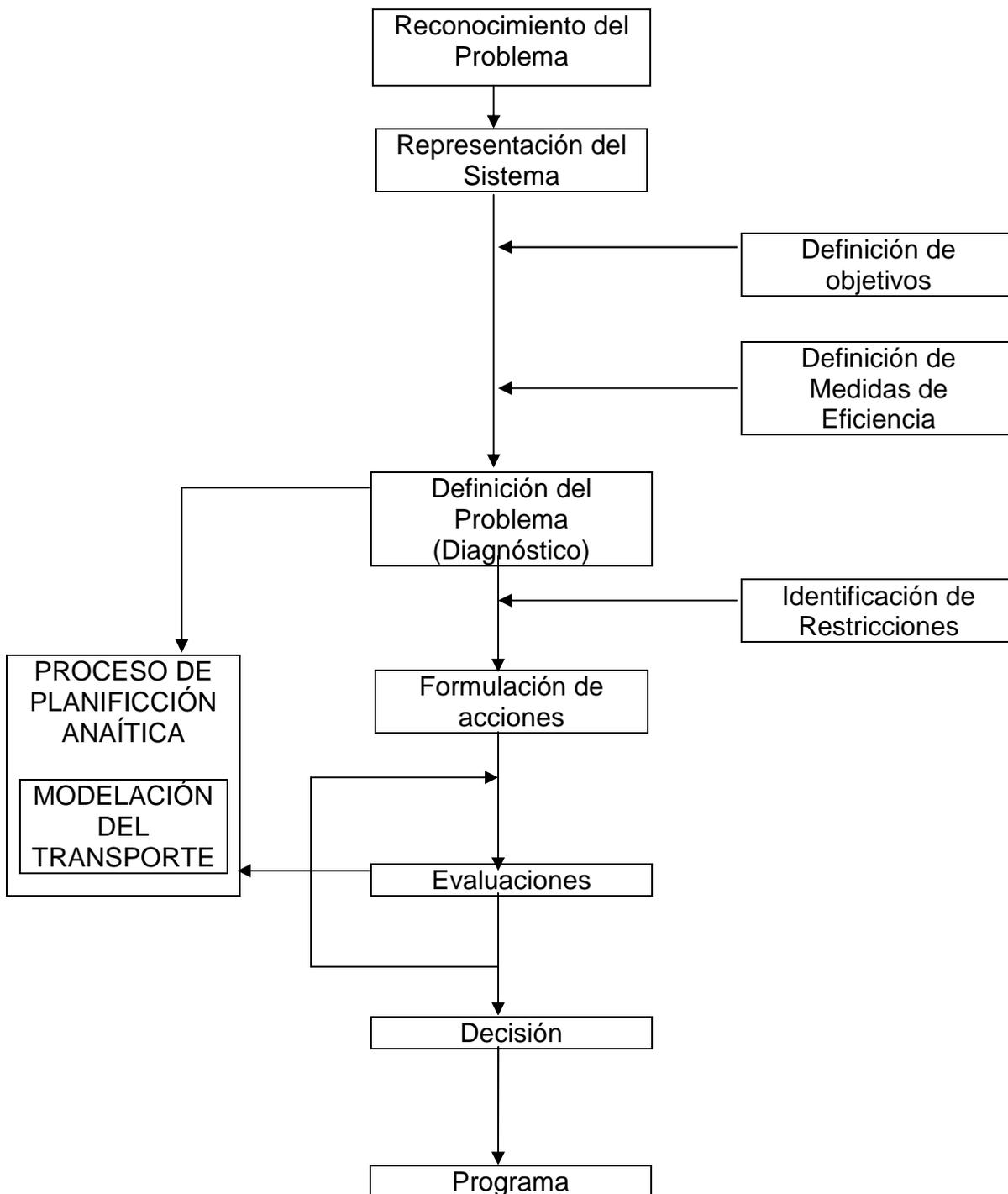
La Planificación del Transporte es un proceso que tiene como propósito satisfacer las necesidades y estudiar las diferentes alternativas a esas necesidades, tomando en consideración la disponibilidad de recursos. La Planificación del Transporte es un proceso que concluye con la identificación de un conjunto de alternativas o cursos de acción.

En la planificación del transporte se utiliza como metodología general de análisis el enfoque de sistemas, lo que implica la consecuencia de diez etapas que presentan en el siguiente esquema de la figura N°2 .

### 2.3.2.- Modelos de Simulación: Objetivo y rango de aplicaciones:

Un modelo de simulación integral de transporte puede ser aplicado a diferentes escalas y a los diferentes modos de transporte llegando a la combinación de los mismos. Está especialmente orientado a la simulación de los efectos probables de la aplicación de políticas y proyectos diversos en ciudades o regiones, y evaluarlos desde un punto de vista social, económico, financiero, energético y ambiental.

La característica más destacable del sistema de simulación es la forma verdaderamente integrada en que se representan los principales componentes del sistema urbano, regional, nacional y el sistema de transporte. Todos estos componentes están relacionados entre sí de manera explícita y de acuerdo a una teoría claramente desarrollada para este fin. De esta manera el fenómeno del movimiento de personas y mercancías se explica por las relaciones económicas y espaciales entre las actividades que los generan. A su vez, la accesibilidad que resulta del sistema de transporte afecta la forma en que interactúan las actividades entre sí. La evaluación económica forma también parte integral del sistema de modelación y de la formulación teórica, proveyéndose todas las herramientas necesarias para el análisis de políticas y proyectos.



**Figura 2 Esquema del Proceso General de Planificación del Transporte**

Fuente: Notas Docentes Ingeniería De Los Sistemas de Transporte, Morais Ana

Un sistema de simulación de esta naturaleza permite evaluar los efectos de políticas de transporte sobre los diferentes modos de transporte y como realizar combinación entre ellos para lograr un sistema multimodal y que sea eficiente.

También es posible analizar los efectos de políticas sobre el sistema de transporte, y naturalmente el efecto de esas políticas.

La simulación integrada permite, además, estimar matrices origen-destino de viajes a un costo reducido. Las matrices que se derivan de encuestas son muy costosas, y aún con una muestra muy amplia, no se puede garantizar la solidez estadística de los resultados. La alternativa es utilizar una muestra pequeña para calibrar un modelo integrado de transporte, con lo cual es posible construir analíticamente las matrices, y obtener resultados más confiables a un costo mucho menor. Así se produce un conjunto de matrices con la *demanda potencial* de transporte y posibles viajes exógenos. Sobre esta base, el modelo de transporte deriva los viajes, estima su distribución en modos y los asigna a la oferta.

En cuanto a escala de aplicaciones, la aplicación de programas de simulación permite la simulación de:

- ❖ Áreas urbanas detalladas
- ❖ Áreas metropolitanas
- ❖ Regiones metropolitanas
- ❖ Regiones, estados o provincias
- ❖ Nivel nacional
- ❖ Regiones formadas por varios países

Un sistema de simulación permite representar tanto los movimientos de carga como de pasajeros en transporte tanto modal como multimodal, público y privado, en una misma red de transporte, simulando el efecto conjunto sobre la capacidad de las diferentes modalidades del transporte.

La primera tarea de un modelo de transporte es la búsqueda de los *pasos* que conectan cada par origen-destino por cada *modo de transporte*. Los modos, a su vez, pueden estar constituidos por varios *operadores de transporte*; entre los cuales los usuarios pueden transferirse.

El modelo construye los pasos a partir de la *red de transporte*, por enlaces que tienen asignados un conjunto de características: tipo de vía, distancia, capacidad, rutas, etc.

Los pasos no son simplemente rutas físicas entre pares origen-destino, sino secuencias enlace -operador o enlace- ruta que conforman itinerarios de viaje, de tal manera que puede haber dos pasos distintos que sigan una secuencia de enlaces idéntica pero rutas diferentes. A lo largo de un paso puede haber

transbordos entre operadores y rutas, lo cual agrega al costo el tiempo de espera y tarifas adicionales.

En la planificación de aeropuertos regionales, locales e internacionales, se suele dar prioridad a la representación de los movimientos de pasajeros, incluyendo exógenamente los movimientos de carga, para incluir su efecto en la congestión. Sin embargo, la carga que se moviliza por vía aérea es poco significativa. De hecho, en Venezuela se movilizan anualmente unas 18 mil toneladas anuales por vía aérea, de las cuales el 99.93% se mueve a través de Maiquetía (Plan Estratégico Nacional de Transporte, MPPTAA). Por lo anterior, el análisis que aquí se realiza enfatiza el transporte de pasajeros.

### 2.3.3.- Definición de Plan General:

Según la OACI, “se entiende por plan general de un aeropuerto, la concepción del planificador en cuanto a la evolución final de determinado aeropuerto. Con él se da a conocer la investigación y el razonamiento lógico a partir de los cuales se ha elaborado el plan y lo presenta de manera atractiva, en forma gráfica y escrita. Los planes generales se utilizan para la modernización y ampliación de aeropuertos existentes y para la construcción de otros nuevos, independientemente de su tamaño o de los aspectos funcionales propios de su existencia, en este estudio no se va a realizar un Plan General, solo experimentar con simulador de de modelos de transporte y ver si el mismo funciona para la ubicación de un nuevo aeropuerto.

Es importante hacer destacar que todo plan maestro de aeropuerto constituye solamente una orientación sobre los siguientes aspectos:

1. la construcción de las instalaciones físicas de todo aeropuerto, sean o no aeronáuticas;
2. el desarrollo de planes para la utilización de los terrenos situados en las zonas que lo rodean;
3. la determinación de las repercusiones que la construcción y explotación del aeropuerto pueden tener en el medio ambiente; y
4. la determinación de las necesidades del aeropuerto en materia de vías de acceso.” (Manual de Planificación de Aeropuertos, OACI)

En el caso de nuestra investigación, sólo se determinará la viabilidad de la existencia de un nuevo aeropuerto, más no el plan maestro del aeropuerto.

### 2.3.4.- Criterios Relativos a la Planificación:

El Ministerio del Poder Popular para el Transporte Aéreo y Acuático (MPPTAA), establece para la ejecución de un plan maestro el cumplir un elenco de primacías, en el cual se especifican los criterios que se deben seguir para la planificación de un aeropuerto, dentro las referencias que el Ministerio determina para la realización del plan general el determinar la demanda es de alta prioridad y con este estudio podemos apoyar al MTC con nuevos criterios para la planificación de un aeropuerto.

#### 2.3.4.1.- Consideraciones Generales:

Siguiendo los criterios que aplica la OACI para la planificación de un aeropuerto, todo plan general debería comprender un elenco de prioridades y los distintos ciclos para llevar a la práctica las diversas mejoras o ampliaciones que se requieren. A continuación se facilitan más detalles sobre la planificación general.

A. “Todo plan general de aeropuerto sirve de orientación para:

1. Evaluar qué instalaciones necesita el aeropuerto;
2. Determinar la utilización del terreno circundante;
3. Determinar las repercusiones que la construcción y explotación del aeropuerto tendrán en el medio ambiente; y
4. Determinarlas necesidades del aeropuerto en materia de vías de acceso.

B. Entre otras cosas, todo plan general de aeropuerto se consulta para:

1. Conseguir orientación sobre los criterios y decisiones a corto y largo plazo;
2. Prever las posibles dificultades y también las oportunidades;
3. Basar las solicitudes de ayuda económica;

4. Servir como base de negociación entre la dependencia aeroportuaria y los concesionarios; y
5. Fomentar el interés público y el apoyo local.

Estos criterios se refieren a aeropuertos cuya ubicación ha sido decidida, pero la determinación de la necesidad de un aeropuerto no está entre los criterios arriba descritos.” (Manual de Planificación de Aeropuerto, OACI), siendo este el objetivo de este estudio.

## **CAPITULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1.- Consideraciones Generales:**

En todo estudio, se hace necesario, que los hechos, así como las relaciones que se establecen entre estos, los resultados obtenidos encontrados en relación con el problema investigado, además de los nuevos conocimientos que es posible situar, reúnan las condiciones de fiabilidad, objetividad y validez interna; para lo cual, se requiere delimitar los procedimientos de orden metodológico, a través de los cuales se intenta dar respuestas a las interrogantes objeto de estudio.

#### **3.2.- Diseño de la Investigación:**

El diseño de la investigación es mediante una simulación en la cual dentro de la red aeroportuaria y utilizando un programa de simulación se hará la evaluación de la inserción un nuevo aeropuerto usando una simulación de transporte multimodal en todo el país.

Un objetivo adicional de este estudio es la introducción de simulación de transporte multimodal en la planificación de un aeropuerto.

Esta investigación es de forma experimental, debido a que partiendo de un caso real y mediante simulaciones con matrices de origen y destino, se evaluará la pertinencia de un cambio de uso en un aeropuerto existente.

## CAPITULO 4

### **TRANUS: Sistema de Simulación Integrado de Transporte**

En el campo de planificación del transporte la utilización de modelos de simulación es cada vez mayor. Algunas ventajas de la utilización de este tipo de herramientas son:

- Permiten ensayar y experimentar propuestas a situaciones determinadas, que técnica, ética, económica o políticamente sería imposible desarrollar sobre el caso real.
- Ofrecen la posibilidad de manejar gran cantidad de información interrelacionada.
- Promueven el conocimiento exhaustivo de la realidad objeto de análisis, ya que el proceso de estilización de la misma a los fines de la modelación así lo requiere. Este conocimiento preciso y sistemático facilita a posteriori la proposición de políticas y la evaluación de resultados.
- Obliga al usuario a un continuo proceso de actualización de conocimientos, ya que para la aplicación de un modelo es conveniente la comprensión de la base teórica del mismo.

En consecuencia, los modelos en la planificación se utilizan, tanto en la fase de descripción del Sistema y definición de problemas, como en la fase de proposición y evaluación de cursos de acción.

Para el desarrollo de la investigación el modelo que se aplicará es TRANUS; es un modelo de simulación que integra el uso de los diferentes modos de transporte que puede aplicarse a escala local, regional y nacional y también urbana, suburbana e interurbana. La orientación de TRANUS es la simulación de los posibles efectos que se puedan dar debido a la aplicación de las políticas y proyectos en ciudades y regiones y entre regiones de un país o entre varios países; evaluarlos desde los aspectos social, económico, financiero, energía y ambientales.

El modelo permite estimar matrices origen-destino de viajes a bajos costos. Elaborar matrices que se derivan de la encuestas son muy costosas y aún así no hay garantía de la exactitud estadística de los resultados. El modelo utiliza muestras pequeñas para calibrar modelos de simulación integrados de localización y transporte, esto permite construir matrices analíticas, y con esto tener resultados más confiables a un menor costo, en nuestro caso las matrices OD se determinaron fuera del modelo.

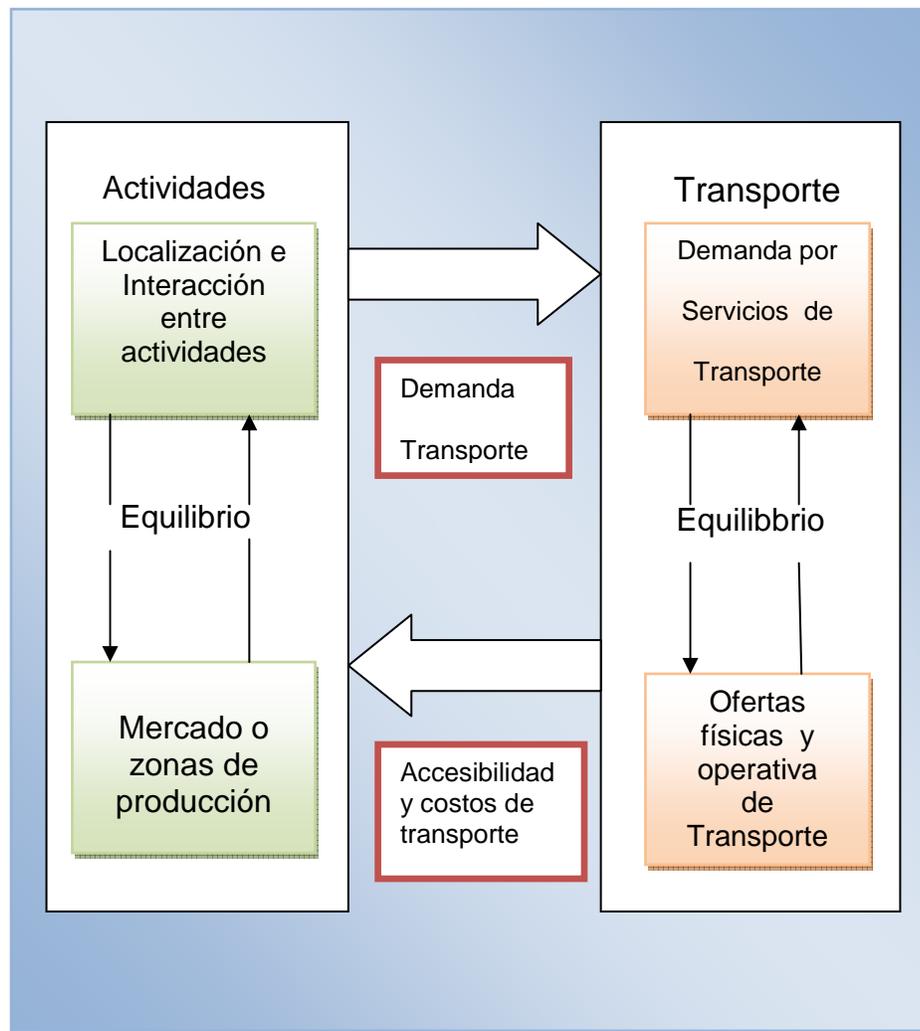
#### 4.1.- Estructura General del Modelo:

El modelo lo conforman dos componentes básicos (ver Fig. 3), ahí se identifican los dos subsistemas que son: Actividades y Transporte, en donde se puede observar el estado de equilibrio entre los elementos de demanda y de oferta.

La interacción entre actividades genera necesidades de viaje. En el subsistema de transporte, la demanda está representada por las necesidades de transporte, que puede tomar la forma de personas viajando a los diferentes sitios de trabajo, vacaciones o cualquier otra actividad, o mercancías producidas en un lugar y consumidas en otro. En la oferta de transporte, por su parte, se hace una distinción entre la *oferta física* y la *oferta operativa*. La oferta física está constituida por la infraestructura en forma de red, compuesta por carreteras, vías férreas, rutas marítimas, y aeropuertos. La oferta operativa está formada por un conjunto de operadores que proveen los servicios de transporte, tales como rutas de buses, empresas de camiones, aerolíneas. La oferta operativa utiliza a la oferta física para proveer sus servicios.

El equilibrio entre demanda y oferta de transporte se alcanza mediante una combinación de dos elementos: precios y tiempo. Si la demanda sobrepasa la capacidad de un servicio, el precio del servicio puede aumentar, pero puede ser que el tiempo de viaje también se incremente.

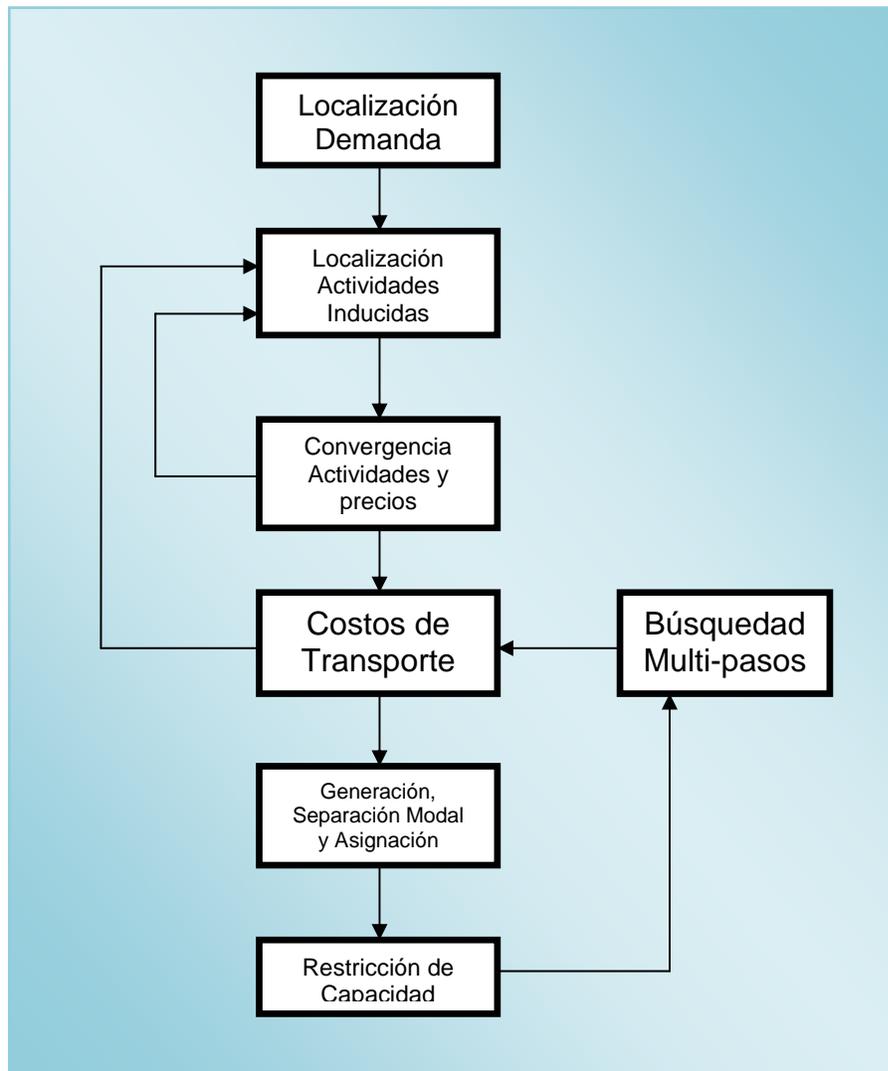
**Figura 3 Componentes principales del Sistema**



Las matrices O-D que se generaron para este estudio son de elaboración propia, por lo que no hubo aporte ni colaboración de organismo oficial o entes ligados a la aviación.

#### 4.2.- Desarrollo de la Investigación:

La presente investigación se refiere a la evaluación de la localización de un nuevo aeropuerto a través del uso de un modelo de transporte multimodal a nivel nacional.



**Figura 4 Estructura General del Sistema TRANUS**

En el estudio que se propone en esta investigación es la utilización de un modelo integrado de simulación de transporte. Se puede definir un modelo complejo para representar al sistema económico y social, o un modelo simplificado en el cual sólo estén presentes los elementos fundamentales. La complejidad del modelo depende de los objetivos y alcances de la aplicación, los recursos disponibles y la información existente.

Como resultado del proceso se obtiene un conjunto de matrices de flujos. En el modelo se deriva la demanda de transporte a partir de los flujos socioeconómicos. Hay varios tipos de conversión que dependen de la aplicación. Entre ellas están las siguientes:

- Formación de categorías de transporte a partir de los flujos económicos. Para ello se define la proporción de volumen transportable de cada categoría que una unidad de flujo genera. Por ejemplo, viajes de negocios.
- Conversión de las unidades de medida utilizadas en el modelo de transporte, si hubiese diferencias. Por ejemplo, si se han simulado flujos monetarios entre sectores productivos, habrá que aplicar factores valor-volumen para obtener toneladas de producto transportable por categoría.
- Conversión de las unidades de tiempo utilizadas en el modelo de transporte, si hubiese diferencias. Por ejemplo, en un modelo típico de insumo-producto se suele simular la demanda y la producción anual; en cambio el modelo de transporte simula los viajes diarios o en hora pico.
- Determinación del sentido (origen-destino) del volumen movilizado en relación con el sentido de las transacciones. Los flujos socioeconómicos siempre se originan en la zona de consumo y se dirigen a la zona de producción (flujos de compra). El sentido de la movilización que generan algunos sectores puede tener ese mismo sentido, en cuyo caso no se requiere conversión, mientras otros sectores generan movilización en sentido contrario, como es el caso de la carga que se dirige desde el lugar de producción al de consumo. Algunos sectores pueden generar movimientos en ambos sentidos en distintas proporciones (viajes diarios de personas).
- Inclusión de viajes exógenos, no simulados por el modelo, por ejemplo, viajes de paso. Estos se ingresan por categoría de transporte o por categoría y modo, con indicación del origen y destino de los viajes.

#### 4.3.- Metodología de la Simulación:

El sistema Tranus es un software para planificación urbana y de transporte desarrollado en Venezuela por Modelística. Este sistema ha tenido muy buena y creciente aceptación, tanto en el país como en el extranjero, y ha sido aplicado a un gran número de ciudades y regiones en todo el mundo. Las principales características del sistema Tranus son:

- Incluye un detallado modelo de transporte multimodal con posibilidades de simular carga y pasajeros de manera combinada
- El modelo de transporte permite simular sistemas de redes de transporte público de gran complejidad y con una gran diversidad de esquemas tarifarios
- El sistema de modelos incluye la evaluación económica y ambiental
- Incluye una interfaz al usuario en ambiente Windows muy fácil de utilizar

- La base de datos del sistema es orientada a objeto con múltiples relaciones lógicas entre las variables y con representación explícita de escenarios
- El sistema mantiene relaciones múltiples con sistemas de información geográficos GIS

Además de estas características generales, que le proveen ventajas sobre los demás modelos de transporte, hay un elemento que es de especial importancia para este proyecto. La mayoría de los modelos de transporte disponibles en el mercado utilizan un método de asignación de vehículos en la red viaria que se denomina *asignación por equilibrio*. Este procedimiento asume que, en ausencia de congestión, los usuarios viajarán por el camino de menor costo generalizado. En estos modelos, la congestión es el único elemento que puede desviar vehículos a caminos diferentes del mínimo.

Tranus no utiliza asignación por equilibrio. En su lugar utiliza un modelo probabilístico basado en modelos de decisión discretos tipo logit, que produce resultados mucho más realistas que el modelo de equilibrio, especialmente en condiciones de bajos niveles de congestión.

Cabe mencionar que Transus permite trabajar con coordenadas geográficas específicas. En este caso, como se verá, la red se codificó sobre el mapa digital base de Venezuela.

#### 4.3.1.- Diseño del Modelo:

Una de las primeras actividades a realizar para la aplicación del sistema de modelos al caso de estudio es el diseño del modelo. En este sentido el software es muy flexible, lo cual permite al usuario del modelo el adaptarlo a las características del caso que se está analizando, a la información disponible y a los objetivos del estudio.

La información disponible para el modelo, denominado **Modelo Venezuela**, que se utilizará en este trabajo de investigación se obtiene fundamental de las características de la red vial actual y del ámbito socioeconómico, y una buena estimación de la demanda actual basada en las encuestas origen-destino que se realizaron, además de los aforos mecánicos y clasificados. También existe información para proyectar esta demanda a futuro, tal como estimaciones de crecimiento del PIB por sector, planes de desarrollo, potencialidades, expectativas de crecimiento urbano, etc.

En estas circunstancias en que se conoce la demanda actual y existen suficientes elementos para proyectarla a futuro, sólo se utilizó el componente de transporte del sistema Transus. Esta configuración, que es la única que ofrecen los modelos de transporte convencionales, es de uso habitual en modelos regionales,

especialmente cuando no se dispone de suficientes recursos y tiempo para realizar una aplicación más detallada con localización de actividades y mercado de suelo urbano.

Luego de esta primera decisión de diseño, el siguiente paso es definir las categorías de usuarios, modos y operadores de transporte, tipos de vía y la zonificación del área de estudio.

#### 4.3.2.- Categorías: (Modos y Usuarios)

La primera distinción es entre pasajeros y carga, esta distinción se hace para el modelo base de este estudio, no para esta investigación. Para el Modelo Venezuela se realizaron encuestas en campo y distinguió entre pasajeros de automóviles y pasajeros de transporte público, y ésta es la distinción que se propone utilizar para el resto del estudio, hay que recordar que la investigación es la ubicación de un aeropuerto, pero este modelo sirve de base porque utiliza la red vial de Venezuela y los modos terrestres de transporte; esto hace que haya interacción entre la modalidad aérea y la modalidad terrestre.

Idealmente se debería distinguir por niveles de ingreso, pero esto complica considerablemente las investigaciones en campo, ya que habría que preguntar acerca del ingreso de los diversos usuarios del transporte aéreo, tarea particularmente compleja en este caso por los diversos tipos de viajes (placer, negocios, etc).

Para el caso de la carga, en principio se adoptará tres categorías de camiones: livianos, pesados y extra-pesados.

Por lo tanto, las categorías de viajes codificadas en el modelo son:

- Pasajeros en transporte privado
- Pasajeros en transporte público
- Carga liviana
- Carga pesada
- Carga extra-pesada

#### 4.3.3.- Tipos de Vía:

En este punto se siguió los lineamientos del Nomenclador Vial del MOP ('Nomenclatura y Características Físicas de la Red Vial de Venezuela'), que aunque no ha sido revisado en décadas, aún sigue siendo válido. Aquí se

distingue entre unos tres tipos de carreteras pavimentadas, autopistas interurbanas, autopistas urbanas y vías urbanas. La vialidad urbana, aunque representa una pequeña fracción de la interurbana para efectos de esta red de análisis, tiene un efecto importante al representar la fricción que imponen en muchos casos las áreas urbanas al tráfico regional.

Además de la tipología general, se hicieron dos distinciones adicionales. La primera se refiere a la condición de la vía, que fue clasificada en mal estado, regular y buena. La otra distinción es la pendiente, que se distinguió entre carreteras o autopistas llanas, onduladas y montañosas. Similarmente, se incluyeron vías férreas, ferries, chalanas y otros tipos de infraestructura para el transporte a nivel nacional.

Teniendo en cuenta lo anterior, los tipos de vía codificados en el modelo son:

1. Carretera pavimentada tipo 1, llana
2. Carretera Pavimentada tipo 2, ondulada
3. Autopista urbana
4. Autopista llana
5. Autopista ondulada
6. Carretera pavimentada tipo 2 llana
7. Carretera pavimentada tipo 3 llana
8. Carretera pavimentada tipo 2 ondulada
9. Carretera pavimentada tipo 1 montañosa
10. Carretera pavimentada tipo 2 montañosa
11. Carretera pavimentada tipo 3 montañosa
12. Puente
13. Ferry
14. Chalana
15. Urbana
16. Ferrocarril

A esta lista se le agrega una nueva modalidad, **la Aérea**, al añadir este modo de transporte en esta investigación se podrá determinar si el modelo será funcional con un nuevo modo de transporte.

#### 4.3.4.- Zonificación Usada:

La unidad básica para definir la zonificación fue el municipio. Fuera del área de influencia inmediata del estudio se fueron agrupando los municipios hasta llegar a nivel de estados. La definición utilizó un criterio funcional y los efectos del proyecto objeto del estudio. Así, por ejemplo, el Estado Bolívar está dividido en cuatro conjuntos de municipios. También se crearon zonas externas (en azul en la tabla que sigue), ver tablas en Anexos, para representar los principales accesos internacionales, como sería el caso de los tres accesos a Colombia (Arauca, Cúcuta y Maicao), y los principales puertos y aeropuertos.

En el CD Anexo se presenta una serie de tablas en donde se da a conocer la lista completa de zonas con indicación de los municipios que componen a cada una.

#### 4.4.- Metodología de la Investigación:

En toda investigación es importante aplicar una metodología, es proceso que permite llevar una forma ordenada y lógica de una investigación; en esta investigación se empieza por la construcción de matrices Origen-Destino, en este estudio la metodología aplicada se inicia con la búsqueda de información referente a las rutas nacionales; esta información se proporciona a través de la Gaceta Aérea que es un boletín que publica la Asociación Cooperativa Empresas Turísticas 10 RL; de esta gaceta se consideran dos aspectos:

- \* Frecuencia de vuelos diarios y/o semanales
- \* Orígenes y destinos de los vuelos

De esta información se elaboran dos matrices; una matriz Origen-Destino con la frecuencia de vuelos semanales (ver anexo Matrices Viajes en CD anexo). Con la segunda información se pasa a determinar una matriz Origen-Destino del número de pasajeros (ver anexo 2 Matrices asientos en CD anexo), para calcular el número de asientos se obtiene al multiplicar el número de vuelos, en este caso semanal, por la capacidad según el tipo de aeronave que se utilizan en las diferentes rutas aéreas (ver anexo 3 Tabla 1 O-D número de asientos-tipo de avión en CD anexo), en esa misma tabla se efectúa una distribución porcentual de los asientos según el tipo de aeronave, luego se realiza un supuesto de ajuste en el cual se considera que los vuelos no siempre van llenos, ese supuesto es que los vuelos van a un 90 % de capacidad, luego las mismas son transformadas de viajes semanales a viajes diarios.

Solo como información, debido a que no se va a tener en consideración para este estudio, para determinar el tamaño de un aeropuerto y a las funciones que será destinado, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), desarrollo las claves de referencia. El objetivo de estas claves es proveer una metodología sencilla que permita relacionar las diversas especificaciones relativas a las características del proyecto.

En la tabla 1 se dan ejemplo y especifican las longitudes de las pistas del Aeropuerto Internacional de Maiquetía, Valencia y las longitudes de las pistas de la base militar de Palo Negro.

**Tabla 1 Longitudes de las pistas de algunos aeropuertos nacionales**

Aeropuerto	Nº de Pistas	Orientación	Longitudes En mt.	Ancho de Pistas en mt.	Distancia Entre pistas En mt.
<i>Simón Bolívar</i> (Maiquetía)	2	07 25 09 27	3000 3500	60 45	No datos
<i>Arturo Michelena</i> (Valencia)	1	10 28	3000	50	
<i>Base Aérea "El Libertador"</i> (Palo Negro)	2	09L 27R 09H 27L	3987 2500	60 45	520

Además de la longitud de la pista existe otro aspecto que está relacionado con la frecuencia de los vuelos y esa es la capacidad de la pista. La capacidad de la pista está en función del tipo de avión, de los vientos dominantes y de otras condiciones climáticas, y se expresa separadamente en términos de Reglas de Vuelo Visual (RVV) y Reglas de Vuelo por Instrumentos (RVI). La capacidad práctica (CP) se logra cuando las demoras para el despegue de los aviones comerciales son de cuatro minutos como promedio durante dos horas de máxima demanda contiguas normales en la semana. La demora de 32 minutos representa la capacidad práctica en el caso de aviones pequeños. Se utiliza también la capacidad práctica anual (CAPAN). La cabida del terminal aéreo depende además del número y configuración de las pistas principales y del número y configuración de las calles de rodaje que comunican con las pistas principales.

La capacidad práctica anual (CAPAN) de un aeropuerto para una sola pista no debe exceder de 195000 movimientos, si se cuenta con calles de rodajes apropiadas. Un sistema de pistas usadas principalmente por aviones con base local, posiblemente no rebasará los 150.000 movimientos de una demanda anual, este caso se da si los aviones que la utilizan como base no llegan a 200 aeronaves. En la figura 5, se muestran las series de capacidad horaria y el volumen de servicio anual para diferentes configuraciones de pistas. Los datos varían dentro de cada serie, según la variedad de aeronaves, el porcentaje de llegadas, la visibilidad, etc. para cada configuración de pista y en la tabla 2 se detallan, como ejemplo, las capacidades de tres aeropuertos nacionales del cual uno es militar.

**Tabla 2 Capacidades de pistas**

Aeropuerto	Configuración según Fig. 4-1	Volumen de servicio Anual (Movim./ hora)
<i>Simón Bolívar</i> (Maiquetía)	*2 o *3 o *4	260.000 - 355.000 275.000 - 365.000 305.000 - 370.000
<i>Arturo Michelena</i> (Valencia)	1	195.000 – 240.000
<i>Base Aérea</i> <i>“El Libertador”</i> Palo Negro	2	260.000 – 355.000

\* No hay datos de la distancia entre pistas, por lo que se puede suponer que puede ser cualquiera de las diferentes configuraciones.

El tipo de aeronave en el proceso de planificación de un aeropuerto, es esencial tener conocimiento de los tipos de aeronaves que utilizarán las instalaciones de un aeropuerto. Las aeronaves que en la actualidad se usan en los servicios aéreos cuentan con una capacidad que fluctúan entre 20 a más de 500 pasajeros, y dependiendo de su tamaño y características, se debe diseñar la longitud de la pista del aeropuerto y el número de pistas a colocar. Los aviones de la aviación general, son generalmente mucho más pequeños en tamaño, y de uso más bien particular.

Para tener una perspectiva de la diversidad de aeronaves que pueden formar una flota de una línea aérea, las de mayor uso, se condensa en la tabla 4 por sus características principales: tamaño, peso, capacidad y longitud de pista necesaria. Y en la tabla 5 se describen las aeronaves típicas de la aviación general. En este estudio al ser un caso experimental el tipo de aeronave a considerar es el ATR 42, las especificaciones del mismo están la sección de anexos de este trabajo; también se utilizan otros tipos de aeronave como son: Boeing 737, DC 9, MD 80-82, Cessna y otros, como es una investigación experimental se utilizará el ATR 42 (ver especificaciones en CD Anexo ).

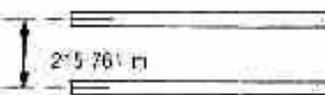
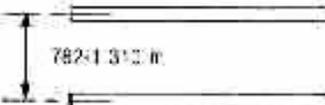
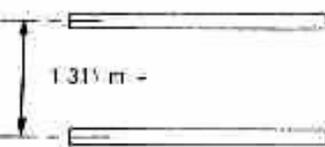
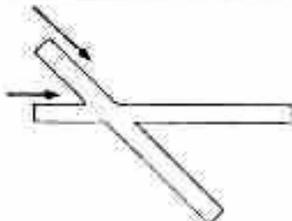
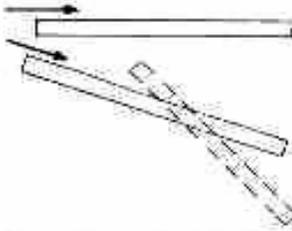
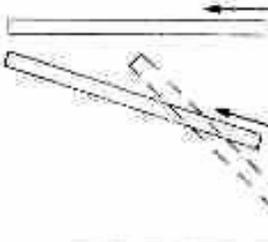
Número	Configuración de la pista	Capacidad movimientos/h		Volumen de servicio anual Movimientos/h
		VFR	IFR	
1		51-98	50-59	195 000-240 000
2		94-197	56-60	260 000-355 000
3		103-197	62-75	275 000-365 000
4		103-197	59-115	335 000-370 000
5		72-98	58-60	200 000-265 000
6		73-150	56-60	220 000-270 000
7		73-132	56-60	215 000-265 000

Figura 5 Capacidad Horaria y Volumen de servicio Anual para la Planificación a Largo Plazo

Fuente: OACI

Se procede a la construcción de una tercera matriz con los datos de las diferentes tarifas aéreas (ver anexo 4 Matriz Tarifa en CD anexo).

Luego se construye una tabla de Distancia-Tarifa (ver Tabla 3) con la finalidad de efectuar una regresión lineal y tener conocimiento de cual será el costo según cada kilometro y suministrarla en el simulador.

Con la matriz de O-D referente al número de asiento se carga el modelo en donde se marcan las rutas y los link entre los diferentes aeropuertos objetos de este estudio, para esto se utiliza la pestaña *transport*. Los comandos de este menú permiten definir o editar todas las entidades del sistema de transporte y sus correspondientes datos, en un archivo de base de datos (extensión TUZ).

En la pestaña *transport* se efectúa el suministro de información referente a los comandos *links* y *routs* que se deben enlazar, la frecuencia, Antes de ingresar al comando *routs*, por ejemplo, se deben haber definido los operadores correspondientes; cumpliendo con esta indicación, se crea el modo de transporte aéreo, luego se suministro todos los datos en el modelo según lo aquí mencionado.

El comando *Links* muestra la lista de los enlaces previamente definidos, acompañados de dos pequeños íconos; el primero son flechas de dirección que indican si el enlace tiene uno o dos sentidos; el segundo es un cuadrado que tiene color verde cuando el enlace ha sido creado o modificado en el escenario seleccionado, de lo contrario tiene color gris.

Una vez terminado de suministrar los datos que el modelo necesita se procede a la importación de la matriz O-D número de asientos y se lleva al modelo, de ahí se pasa al comando *Project-run*; se utiliza el menú *Project ® Run* que ejecuta los programas que contienen los modelos de manera automatizada, sin tener que recurrir a los menús anteriores para generar los archivos de datos.

**Tabla 3 Tarifas y distancias entre destinos nacionales, transporte aéreo, año 2011**

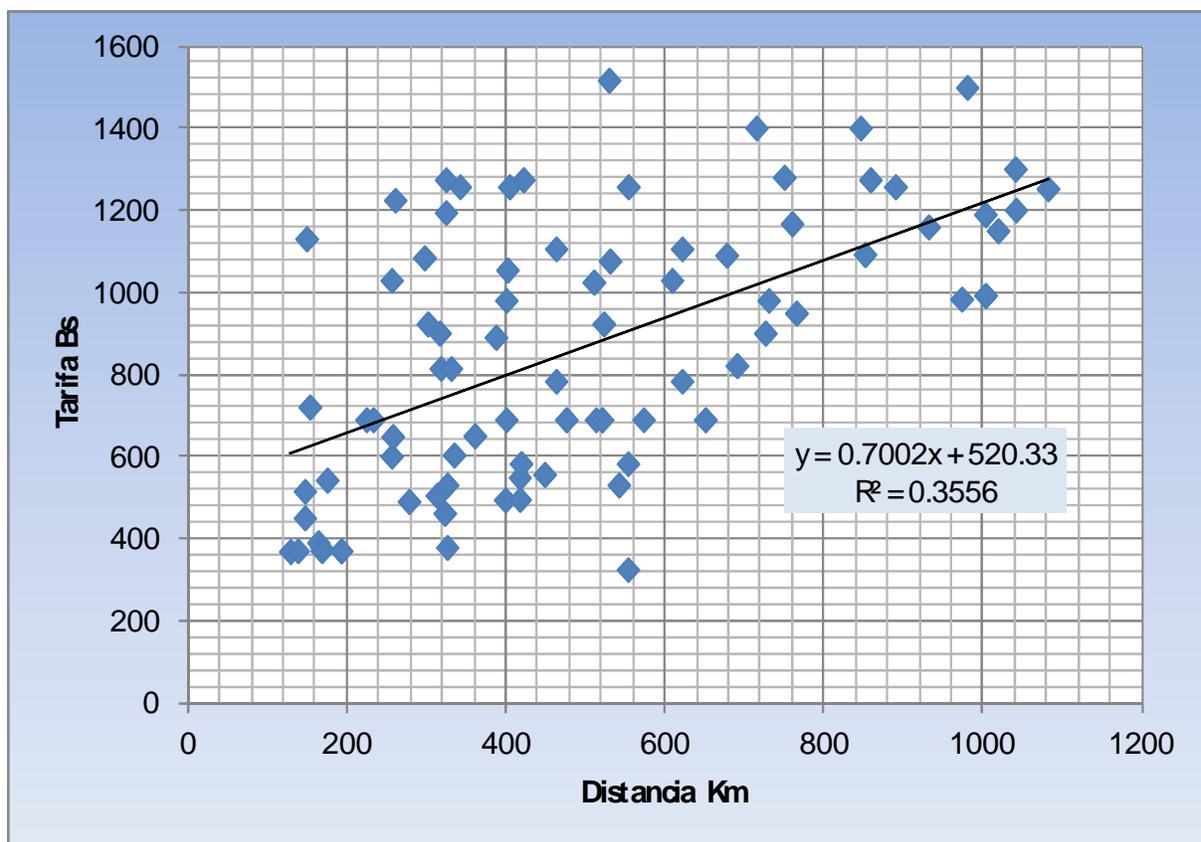
Origen	Destino	Distancias (Km)	Tarifa Bs
Barcelona	Porlamar	128.08	368.00
Porlamar	Barcelona	128.08	368.00
Guasdalito	Elorza	137.38	370.00
Barcelona	San Tomé	146.25	450.00
San Tomé	Barcelona	146.25	514.80
Barquisimeto	Valencia	148.48	1130.00
Valencia	Barquisimeto	148.48	1130.00
Maturín	Porlamar	152.47	720.00
Porlamar	Maturín	152.47	720.00
Puerto Ordaz	Maturín	163.11	390.00
San Antonio/Táchira	Mérida	166.75	378.00
Barinas	Guasdalito	167.40	370.00
Maiquetía	Valencia	174.37	542.00
Valencia	Maiquetía	174.37	542.00
Barinas	Elorza	191.84	370.00
Elorza	Barinas	191.84	370.00
El Vigía	Maracaibo	223.51	689.00
Maracaibo	Mérida	232.07	689.00
Mérida	Maracaibo	232.07	689.00
Barquisimeto	Mérida	255.38	600.00
Porlamar	Barquisimeto	255.38	1029.00
Maiquetía	Barcelona	256.70	648.00
Barcelona	Maiquetía	256.70	648.00
Barquisimeto	Maracaibo	259.69	1224.00
Maiquetía	Barquisimeto	277.14	490.00
Barquisimeto	Maiquetía	277.14	490.00
Barcelona	Puerto Ordaz	296.67	1083.50
Puerto Ordaz	Barcelona	296.67	1083.95
Maiquetía	Cúmana	300.74	922.50
Cúmana	Maiquetía	300.74	922.50
San Fernando	Barinas	311.96	505.00
Barinas	San Fernando	312.65	505.00
Cdad Bolívar	Porlamar	315.57	900.00
Porlamar	Ciudad Bolívar	315.57	900.00
Porlamar	Puerto Ordaz	317.02	814.00
Maiquetía	Coro	322.11	461.25
Coro	Maiquetía	322.11	461.25

Maracaibo	San Antonio/Táchira	323.66	1194.00
San Antonio/Táchira	Maracaibo	323.66	1274.00
Maiquetía	San Tomé	325.26	530.00
San Tomé	Maiquetía	325.26	378.00
Puerto Ordaz	Porlamar	330.00	814.00
Maiquetía	Porlamar	333.79	603.00
Porlamar	Maiquetía	333.79	603.00
Santo Domingo	Maracaibo	341.18	1257.00
Barcelona	Valencia	359.89	650.00
Valencia	Barcelona	359.89	650.00
Mérida	Valencia	386.45	890.00
Valencia	Mérida	386.45	890.00
Maiquetía	Las Piedras	398.43	494.00
Las Piedras	Maiquetía	398.43	494.00
Maiquetía	Carúpano	399.59	980.00
Carúpano	Maiquetía	399.59	689.00
Maracaibo	Valencia	401.03	1054.00
Valencia	Maracaibo	401.03	1054.00
Barquisimeto	Santo Domingo	403.48	1257.00
Santo Domingo	Barquisimeto	403.48	1257.00
Maiquetía	Maturín	416.55	548.50
Maturín	Maiquetía	416.55	495.00
Maiquetía	Barinas	418.15	582.00
Barinas	Maiquetía	418.15	582.00
Barquisimeto	San Antonio/Táchira	421.07	1274.00
San Antonio/Táchira	Barquisimeto	421.07	1274.00
Maiquetía	Cdad Bolívar	447.72	556.00
Cdad Bolívar	Maiquetía	447.72	556.00
Porlamar	Valencia	462.20	783.00
Valencia	Porlamar	462.20	1105.70
Maiquetía	Valera	475.03	689.00
Valera	Maiquetía	475.03	689.00
Barquisimeto	Barcelona	509.67	1024.50
Barcelona	Barquisimeto	509.70	1024.50
El Vigía	Maiquetía	512.17	689.00
Maiquetía	Mérida	519.94	689.00
Mérida	Maiquetía	519.94	689.00
Maiquetía	Maracaibo	522.16	922.50
Maracaibo	Maiquetía	522.16	922.50

Santo Domingo	Valencia	528.71	1516.50
Valencia	Santo Domingo	528.71	1516.50
Maturín	Valencia	529.98	1076.00
Valencia	Maturín	529.98	1076.00
Maiquetía	Pto Ordaz	541.05	530.00
Puerto Ordaz	Maiquetía	541.05	530.00
Maiquetía	Pto Ayacucho	552.60	582.00
Puerto Ayacucho	Maiquetía	552.60	324.00
San Antonio/Táchira	Valencia	552.99	1257.00
Valencia	San Antonio/Táchira	552.99	1257.00
Maiquetía	El Vigía	572.17	689.00
Barquisimeto	Porlamar	607.99	1029.00
Puerto Ordaz	Valencia	620.58	1105.70
Valencia	Puerto Ordaz	620.58	783.00
Maiquetía	La Fría	649.74	689.00
La Fría	Maiquetía	649.74	689.00
Barquisimeto	Maturín	676.67	1090.00
Maturín	Barquisimeto	676.67	1090.00
Maiquetía	Santo Domingo	689.67	821.00
Santo Domingo	Maiquetía	689.67	821.00
Cúmana	Puerto Ayacucho	714.18	1400.00
Maiquetía	San Antonio/Táchira	725.36	900.00
San Antonio/Táchira	Maiquetía	725.36	900.00
Barcelona	Mérida	729.58	980.00
Canaima	Porlamar	749.16	1280.00
Porlamar	Canaima	749.16	1280.00
Barquisimeto	Puerto Ordaz	758.93	1167.00
Puerto Ordaz	Barquisimeto	758.93	1167.00
Barcelona	Maracaibo	764.45	949.00
Maracaibo	Barcelona	764.45	949.00
Cúmana	El Vigía	845.07	1400.00
Maracaibo	Porlamar	850.58	1092.00
Porlamar	Maracaibo	850.58	1092.00
Barcelona	Santo Domingo	857.48	1274.00
Santo Domingo	Barcelona	857.48	1274.00
Barcelona	San Antonio/Táchira	888.87	1257.00
San Antonio/Táchira	Barcelona	888.87	1257.00
Maracaibo	Maturín	930.61	1159.00
Maturín	Maracaibo	930.61	1159.00

Porlamar	Santo Domingo	972.29	983.00
Santo Domingo	Porlamar	972.29	983.00
San Antonio/Táchira	Ciudad Bolívar	979.20	1499.00
Maturín	Santo Domingo	1001.94	1189.00
Santo Domingo	Maturín	1001.94	1189.00
Porlamar	San Antonio/Táchira	1002.30	992.00
San Antonio/Táchira	Porlamar	1002.30	992.00
Maracaibo	Puerto Ordaz	1017.98	1149.75
Puerto Ordaz	Maracaibo	1017.98	1149.75
Puerto Ordaz	Santo Domingo	1039.74	1300.00
Santo Domingo	Puerto Ordaz	1039.74	1300.00
San Antonio/Táchira	Maturín	1040.38	1200.00
Puerto Ordaz	San Antonio/Táchira	1080.74	1252.00
San Antonio/Táchira	Puerto Ordaz	1080.74	1252.00

**Gráfico 1 Gráfico de Dispersión entre tarifas aéreas y distancias**



**Tabla 4 Características de las Principales Aeronaves de Transporte; Fuente: OACI**

Aeronave	Fabricante	Envergadura (m)	Longitud (m)	Masa máxima estructural de despegue (kg)	Masa máxima de aterrizaje (kg)	Núm. y tipo de motor <sup>1</sup>	Num. de asientos <sup>2</sup>
A-300	Airbus Industrie	44,83	54,08	165 000	138 000	2TF	267-375
A-310	Airbus Industrie	43,85	44,66	153 000	123 000	2TF	210-280
B707-120B	Boeing	39,92	44,22	116 727	86 183	4TF	137-174
B707-320B	Boeing	43,41	46,61	151 318	67 132	4TF	141-189
B720B	Boeing	39,88	41,68	106 277	79 379	4TF	131-149
B727-200	Boeing	32,92	46,69	76 657	68 039	2TF	134-163
B737-200	Boeing	28,35	30,48	45 586	44 452	2TF	86-125
B737-300	Boeing	28,88	32,18	61 220	51 703	2TF	122-149
B747SP	Boeing	59,64	53,82	294 835	204 117	4TF	288-364
B747-100B	Boeing	59,64	59,80	351 534	255 826	4TF	362-513
B747-300	Boeing	59,64	69,80	340 100	255 800	4TF	522-624
B747-400	Boeing	(62,3) <sup>3</sup>	(69,81) <sup>3</sup>	(386 000) <sup>3</sup>	N A	4TF	N A
B757-200	Boeing	38,06	46,97	108 800	89 800	2TF	178-217
B757-300	Boeing	47,57	47,24	142 900	123 400	2TF	216-290
B757-300	Boeing	47,57	54,94	159 210	126 070	2TF	254-312
BAC 111-200	BAC <sup>4</sup>	26,97	28,19	35 834	31 298	2TF	65-79
BAe 146-100	BAe	26,34	26,19	37 308	32 817	4TF	82-93
BAe 146-200	BAe	26,34	28,60	40 579	35 154	4TF	82-109
Caravelle-9	Aérospatiale	34,29	32,99	56 001	49 501	2TF	86-104
Concorde	BAC Aérospatiale	25,55	61,65	176 447	108 862	4 <sup>1</sup>	108-128
Dash 7	De Havilland Canada	28,35	24,58	19 958	19 051	4TP	48-52
DC-10-10	Douglas	47,35	55,55	195 045	164 881	3TF	270-345
DC-10-30/40	Douglas	50,39	55,35	251 744	182 798	3TF	270-345
DC-8-61/71	Douglas	43,41	57,12	147 418	108 862	4TF	196-259
DC-8-62/72	Douglas	45,23	45,18	158 757	108 862	4TF	189
DC-8-63/73	Douglas	45,23	57,12	161 025	117 027	4TF	196-259
DC-9-32	Douglas	28,44	36,37	48 988	44 906	2TF	115-127
DC-9-50	Douglas	28,44	40,23	54 431	48 895	2TF	130
F-27-500	Fokker	29,00	25,06	20 412	19 051	2TP	52-60
F-28-6000	Fokker	25,07	27,40	33 112	31 300	2TF	65-85
Ilyushin-62	USSR	43,21	53,11	161 937	105 233	4TF	168-186
L-1011	Lockheed	47,35	53,75	195 045	162 386	3TF	256-320
MD 81	Douglas	32,87	45,06	63 533	58 060	2TF	115-172
MD 82	Douglas	32,87	45,06	67 812	58 967	2TF	115-172
MD 83	Douglas	32,87	45,06	72 575	63 276	2TF	155-172
MD 87	Douglas	32,87	39,75	63 503/67 812*	58 060/58 967*	2TF	139-130
Mercure	Dassault	30,53	33,99	52 000	48 002	2TF	124-134
Super VC-10	BAC <sup>4</sup>	42,67	52,32	151 953	107 501	4TF	100-163
Trident 2E	Hawker Siddeley	29,67	34,98	65 091	51 256	3TF	82-115
Tupolev-154	USSR	37,54	47,90	90 000	84 000	3TF	129-158

1 T = turboréactor, TF = turbolán, TP = turbopropélice

2 Número aproximado de asientos, depende de la configuración de los asientos y de la situación de las cocinas de a bordo

3 Cifras preliminares únicamente

4 British Aircraft Corporation

\* Opcional

**Tabla 5 Características de la Aeronaves de la Aviación General y de Transporte Regional; Fuente: OACI**

Aeronave	Energadura [PI]	Longitud [m]	Masa máxima estructural de despegue [kg]	Num. máximo de asientos <sup>1</sup>	Núm. y tipo de motor <sup>2</sup>	Longitud de pista <sup>3</sup> [m]
Beech 23 Musketeer(s)	9,98	7,62	997,90	4	1P	420
Beech V25 Bonanza	10,19	9,30	1.542,21	6	1P	400
Beech 58 Baron	11,53	9,07	3.673,09	8	2P	725*
Beech B80 Queen Air	15,32	13,82	2.991,61	11	2P	550
Beech B200 Super King Air	16,61	13,34	6.670,03	15	2TP	867*
Beech Model 1-900	16,61	17,53	2.530,00	21	2TP	994
Boeing 260C	10,41	5,99	1.360,78	4	1P	305
Cessna 160	9,95	7,91	725,75	2	1P	420
Cessna 172 Skyhawk	10,90	8,70	1.043,26	4	1P	465
Cessna 180 Skyhawk	10,92	8,53	1.338,10	4	1P	410
Cessna T310	11,25	9,99	2.494,76	5	2P	545
Cessna Conquest II	15,04	11,59	4.468,00	11	2TP	751
Cessna Citation III	16,31	15,90	6.525,00	11	2TF	1.435
DeSaulle Jet Falcon 201	16,54	18,29	13.199,54	20	2TF	1.350
Gulfstream II	20,58	24,36	26.081,58	22	2TF	1.740
Lear Jet 25	10,85	14,50	6.803,89	8	2T	1.580
Lockheed Jet Star	16,51	18,42	19.050,88	12	4T	1.490
North American Sabreliner-60	12,54	14,79	9.071,85	12	2T	1.485
Piper PA 23-250 Aztec	11,32	9,32	2.358,68	6	2P	380
Piper PA180 Cherokee Archer	9,75	7,32	1.110,00	4	1P	495
Piper PA-29R 201 Cherokee Arrow II	10,67	7,62	1.247,00	4	1P	498
Piper Pawnee Comanche G	10,97	7,67	1.632,93	5	2P	570
Piper PA-31T2	12,40	11,38	4.297,00	8	2TP	896
Piper PA-42	14,53	13,13	5.080,00	11	2TP	928*
Piper PA-43	12,52	11,56	4.082,00	11	2TP	808

1. El número de asientos incluye el del piloto.

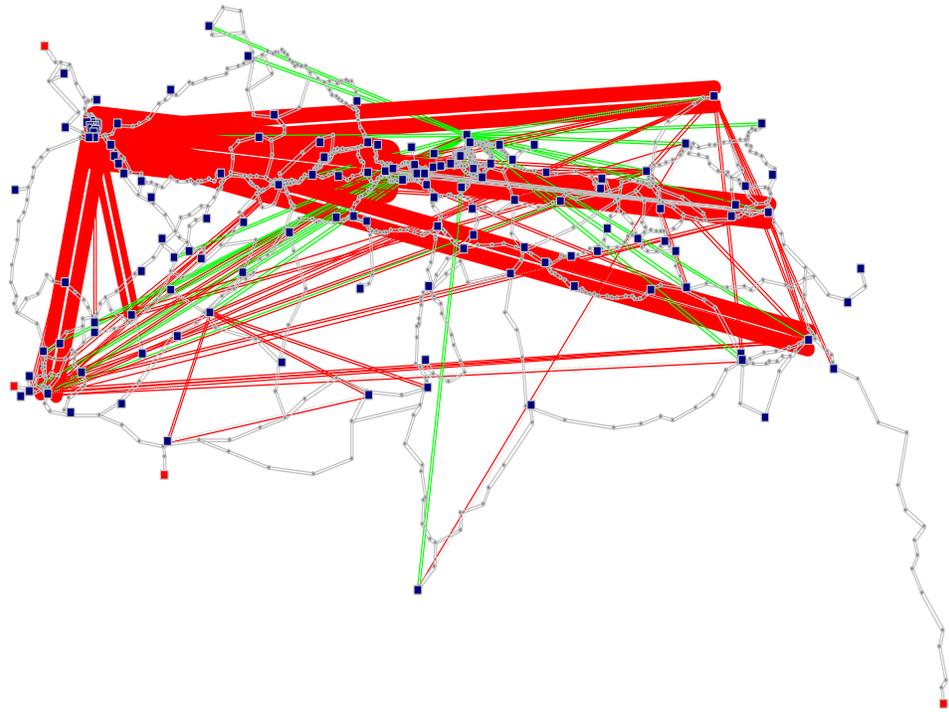
2. P = motor de émbolo; T = turborreactor; TF = turboprop; TP = turbopélica.

3. Distancia máxima en los 5 m más próximos para alcanzar la altura de 15 m para el despegue o para aterrizar desde una altura de 15 m.

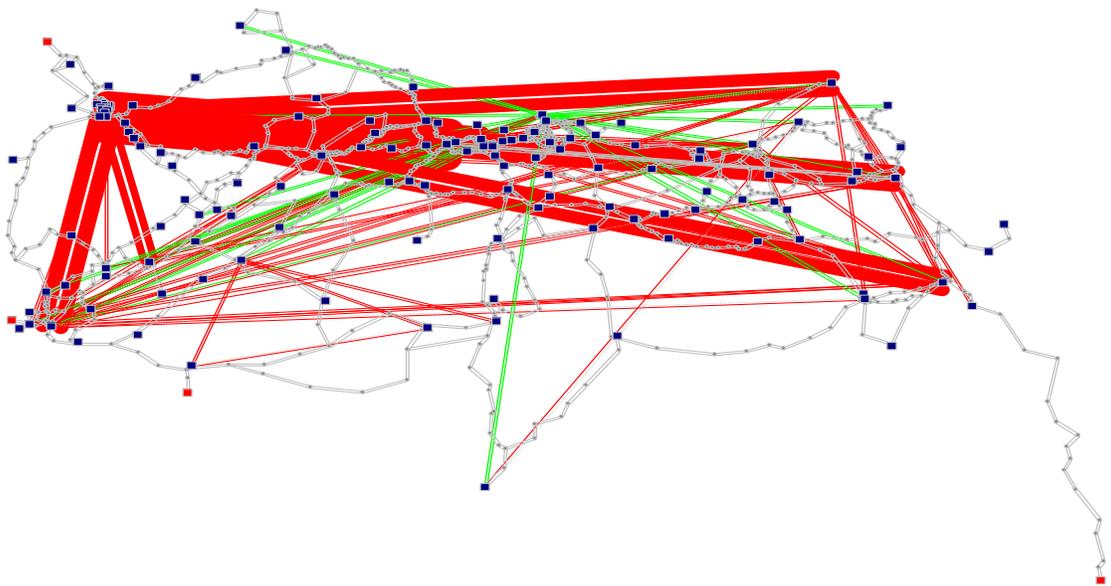
4. La longitud de aterrizaje es en este caso.

En esta etapa del proceso se generaron dos escenarios, el primero denominado **12A**, el cual es el escenario base y el segundo denominado **12B** y es en donde se introduce el nuevo aeropuerto. En este paso se generó una nueva matriz de origen-destino número de asientos modificada (ver anexo 6 Matrices asiento 1 en CD anexo), la matriz modificada introduce un nuevo aeropuerto, que esta ubicado en la ciudad de Maracay, en la gaceta aérea la ciudad de Maracay no genera frecuencia de vuelos por lo tanto tampoco hay generación de asientos.

Para determinar los vuelos que salen y llegan a Maracay en el escenario a futuro se considera lo siguiente: debido a que no hay operación aeroportuaria en la ciudad de Maracay se asume que la operaciones aéreas es un porcentaje de las operaciones aéreas de la ciudad de Valencia, para ello se determinó cuales son



**Figura 6 Escenario 12A**



**Figura 7 Escenario 12B**

las poblaciones de ambas ciudades, se determinó la diferencia porcentual entre ambas ciudades y esto dio como resultado una diferencia porcentual de 38,543 % Maracay menor que Valencia (Ver Tabla 7), este porcentaje se le aplica a la matriz *Matrices O-D asientos*; el resultado obtenido son los asientos que se asumen genera el aeropuerto que se ubicará en la ciudad de Maracay y también se asumirá que utilizará los mismos destinos que la ciudad de Valencia. (ver anexo 6 *Matrices asientos 1*).

*Tabla 7 Comparación Poblacional*

<i>Ciudad</i>	<i>Población</i>
Valencia	1.206.463
Maracay	870.820
<b>Diferencia POblacional</b>	<b>335.543</b>
<b>Diferencia porcentual</b>	<b>38,543 %</b>

#### 4.5.- Resultados:

Una vez desarrollado los dos escenarios y de una ejecución exitosa de la secuencia de modelos, se generan gran cantidad de resultados en archivos binarios. Para consultarlos y analizarlos, los programas de reporte ofrecen una amplia variedad de opciones que producen tablas, matrices y listas de resultados.

Los principales programas de reporte de Tranus son:

EVAL

IMPLOC

IMPTRA

MATS

MATESP

De los programas de reportes a consultar son:

EVAL

IMPTRA

#### 4.5.1.- Programa EVAL:

EVAL, presenta las matrices de beneficios al consumidor de una política alternativa respecto a un caso base. Para ello, lee las matrices de viaje y las des-utilidades resultantes del modelo de transporte TRANS de los dos escenarios a comparar. El resultado son matrices de Excedente al Consumidor, por categoría de transporte y período de tiempo, que son los indicadores más representativos de beneficio.

El programa EVAL tiene por objeto comparar los resultados de las simulaciones en dos períodos o políticas para calcular el excedente al consumidor como indicador de beneficios a los usuarios del transporte. Generalmente se compara una estrategia sin proyecto con otra estrategia que incluye el proyecto que se pretende evaluar, denominadas *base* y *alternativa* respectivamente. El cálculo de beneficios se realiza para cada una de las categorías de demanda en los períodos de simulación que especifique el usuario y para cada par origen-destino, presentando los resultados se presentan en forma matricial. Se destaca que los valores están en las unidades monetarias que se estén utilizando en el modelo y corresponden al período de simulación. Por ejemplo, si la simulación se realizó para el período pico de la mañana, los valores resultantes corresponden a los beneficios (positivos o negativos) que genera la alternativa para ese período.

En el archivo EVAL12A-12B, en el CD anexo, se presentan los resultados dados por el modelo, se evidencia que la instalación de un nuevo aeropuerto produce beneficios en casi toda la red, dando un total de 33.674.292,00 de unidades monetarias.

Cuando se dice que es en casi toda la red es porque solo dos rutas presentaron resultados negativos. Estos resultados negativos son 1285,00 unidades monetarias y representa el 0,00381 % por lo que se puede considerar despreciable

#### 4.5.2.- Programa IMPTRA:

IMPTRA, extrae los resultados del modelo de transporte, en términos de generación, división modal y asignación arco a arco. Presenta además los indicadores de funcionamiento del sistema de transporte en su conjunto y de los tres principales agentes: usuarios (demanda), operadores (los que prestan el servicio) y administradores de la oferta física. Presenta el perfil detallado de cada ruta de transporte público.

IMPTRA aporta varias categorías al reporte pero en este trabajo se van a considerar dos de ellas y son: Cuadro de Indicadores, Estadística por rutas

**Cuadro de Indicadores:** Produce una serie de tablas con los indicadores de desempeño del sistema de transporte para todos los agentes:

- Usuarios (demanda por categoría)
- Operadores (prestatarios del servicio)
- Administradores de la Infraestructura

Los resultados que se van a analizar son los referidos a los usuarios (demanda por categoría) y en especial a los datos arrojados por el modelo elaborado para el ATR, y en la tabla 8 se presenta un resumen de los indicadores de demanda (pasajeros) tiempo de viaje, tiempo de espera y totales y distancias según el operador de estudio; en el Cd anexo están los archivos para los dos escenarios y ambos ubicados en la carpeta IMPTRA.

Al observar los datos presentados por el modelo se evidencia que hay un incremento en la demanda de viajeros en todos los ítems, al ofertar un nuevo aeropuerto en la red aérea, esto hace viable la ubicación del aeropuerto.

***Estadísticas por ruta:*** Presenta un resumen de los indicadores de desempeño de todas las rutas con formato de base de datos y representa todos los abordajes que se generan en el operador ATR-42, ver las Tablas 9, 9A escenario base 12A, 10 y 10A escenario alternativo 12B, en el CD anexo Carpeta Rutas están los archivos con la base de datos de Rutas 12A y 12B.

**TABLA N°8**  
*Resumen de Demanda (Pasajeros)*

<b>Descripción</b>	<b>Escenario 12<sup>a</sup></b>	<b>Escenario 12B</b>	<b>Diferencia 12B-12A</b>	<b>Incremento en % (12A a 12B)</b>
<b>Abordajes por Categoría &amp; Operador</b>	176.727	189.319	12.592	7,13 %
<b>Pasajeros por Tiempo de viaje por Categoría &amp; Operador</b>	226.466	239.415	12.949	5,72 %
<b>Pasajeros por Tiempo de espera por Categoría &amp; Operador</b>	29.588	34.128	4.540	15,34 %
<b>Pasajeros por Tiempo Total por Categoría &amp; Operador</b>	256.034	273.543	17.509	6,84 %
<b>Pasajeros por Distancia de viaje por Categoría &amp; Operador</b>	90.578.200	95.766.161	5.187.961	5,73 %

Al igual que en el indicador anterior, al introducir un escenario alternativo el modelo arroja una base de datos en donde se muestra la generación de demanda de pasajeros y esto se evidencia en que de las 9 rutas que genera el nuevo aeropuerto el 66,67% (6 rutas) tiene un alto promedio de ocupación, ver *Tabla 10A Abordaje por Operador escenario alternativo 12B*.

**TABLA 9 Escenario Rutas-Abordajes, Escenario base 12A**

	Ruta	Operador	Boardings	TargetOccup	AvgOccup
1342	Maquetía - Ma	ATR	0	70	0
1344	Maiquiría-Barc	ATR	16129	70	134.4
1345	Maiquetía-Cúm	ATR	1838	70	70
1346	Maiquetía-Bar	ATR	9076	70	75.6
1347	Maiquetía-Ciu	ATR	0	70	0
1348	Maiquetía-Car	ATR	0	70	0
1350	Maiquetía-Bar	ATR	4212	70	69.8
1351	Maiquetía-Cor	ATR	0	70	0
1352	Maiquetía-El	ATR	0	70	0
1353	Maiquetía-La	ATR	0	70	0
1354	Maiquetía-Las	ATR	4063	70	70
1355	Maiquetía-Mér	ATR	5927	70	70
1356	Maiquetía-Por	ATR	0	70	0
1357	Maiquetía-Pue	ATR	758	70	37.9
1358	Maiquetía-Pue	ATR	16456	70	137.1
1359	Maiquetía-San	ATR	11205	70	93.4
1360	Maiquetía-San	ATR	6373	70	42.1
1361	Maiquetía-El	ATR	0	70	0
1362	Maiquetía-Val	ATR	0	70	0
1363	Maiquetía-Mat	ATR	10370	70	86.4
1364	Canaima-Porla	ATR	1338	70	63
1365	Barcelona-Bar	ATR	4780	70	69.8
1366	Barcelona-Mar	ATR	0	70	0
1367	Barcelona-Mér	ATR	379	70	19
1368	Barcelona-Por	ATR	3987	70	68.8
1369	Barcelona-Pue	ATR	1591	70	70
1370	Barcelona-San	ATR	0	70	0
1371	Barcelona-San	ATR	719	70	35.9
1372	Barcelona-San	ATR	4097	70	67.6
1373	Barcelona-Val	ATR	3348	70	69.9
1374	Barinas-Guasd	ATR	134	70	6.7
1375	Barinas-Elorz	ATR	268	70	13.4
1377	Barquisimeto-	ATR	420	70	21
1378	Barquisimeto-	ATR	4146	70	64.6
1379	Barquisimeto-	ATR	0	70	0
1380	Barquisimeto-	ATR	3328	70	69.6
1381	Barquisimeto-	ATR	2135	70	52.9
1382	Ciudad Bolíva	ATR	392	70	19.6
1383	Cúmana-Puerto	ATR	327	70	32.7
1384	Cúmana-El Vig	ATR	0	70	0

**TABLA 9A Escenario Rutas-Abordajes, Escenario base 12A**

	Ruta	Operador	Boardings	TargetOccup	AvgOccup
1385	El Vigía-Mara	ATR	0	70	0
1386	Guasdalito-El	ATR	0	70	0
1387	Maracaibo-Mat	ATR	4948	70	24.7
1388	Maracaibo-Por	ATR	6789	70	33.9
1389	Maracaibo-Pue	ATR	0	70	0
1390	Maracaibo_San	ATR	0	70	0
1391	Maracaibo-Val	ATR	1587	70	7.9
1392	Maturín-Porla	ATR	1883	70	67.3
1393	Maturín-Santo	ATR	2560	70	64.2
1394	Maturín-Valen	ATR	2181	70	69.9
1395	Mérida-Valenc	ATR	278	70	13.9
1396	Porlamar-San	ATR	0	70	0
1397	Porlamar-Vale	ATR	3012	70	67.5
1398	Puerto Ordaz-	ATR	2541	70	35
1399	Puerto Ordaz-	ATR	1969	70	47.4
1400	Puerto Ordaz-	ATR	3070	70	70
1401	San Antonio d	ATR	830	70	70
1402	San Antonio d	ATR	461	70	46.1
1403	San Antonio d	ATR	1063	70	53.2
1404	Santo Domingo	ATR	1712	70	35
1406	Santo Domingo	ATR	2105	70	69.9
1407	Barinas - S.	ATR	264	70	13.2
1409	Barquisimeto-	ATR	442	70	44.2
1410	Barquisimeto-	ATR	4110	70	66.6
1411	Barquisimeto-	ATR	801	70	40.1
1412	Porlamar-Puer	ATR	5048	70	56
1413	Porlamar-Sant	ATR	3552	70	70
1414	Puerto Ordaz-	ATR	2231	70	68.9
1415	San Antonio d	ATR	837	70	70
1416	Valencia-Mara	ATR	1587	70	7.9
1417	Mérida-Maraca	ATR	905	70	9.1
1418	Maiquetía-Val	ATR	2164	70	70
1419	Maracay-Barce	ATR	0	70	0
1420	Maracay-Maiqu	ATR	0	70	0
1421	Maracay-Matur	ATR	0	70	0
1422	Maracay-Puert	ATR	0	70	0
1423	Maracay-Porla	ATR	0	70	0
1424	Maracay-Barqu	ATR	0	70	0
1425	Maracay-Santo	ATR	0	70	0
1426	Maracay-Mérid	ATR	0	70	0
1427	Maracay-Marac	ATR	0	70	0

**TABLA 10 Escenario Rutas-Abordajes, Escenario alternativo 12B**

	Ruta	Operador	Boardings	TargetOccup	AvgOccup
1342	Maquetía - Ma	ATR	0	70	0
1344	Maiquiría- Barc	ATR	16129	70	134.4
1345	Maiquetía- Cúm	ATR	1838	70	70
1346	Maiquetía- Bar	ATR	9076	70	75.6
1347	Maiquetía- Ciu	ATR	0	70	0
1348	Maiquetía- Car	ATR	0	70	0
1350	Maiquetía- Bar	ATR	4212	70	69.8
1351	Maiquetía- Cor	ATR	0	70	0
1352	Maiquetía-El	ATR	0	70	0
1353	Maiquetía-La	ATR	0	70	0
1354	Maiquetía- Las	ATR	4063	70	70
1355	Maiquetía- Mér	ATR	5927	70	70
1356	Maiquetía- Por	ATR	0	70	0
1357	Maiquetía- Pue	ATR	758	70	37.9
1358	Maiquetía- Pue	ATR	16456	70	137.1
1359	Maiquetía- San	ATR	11205	70	93.4
1360	Maiquetía- San	ATR	6373	70	42.1
1361	Maiquetía-El	ATR	0	70	0
1362	Maiquetía- Val	ATR	0	70	0
1363	Maiquetía- Mat	ATR	10370	70	86.4
1364	Canaima- Porla	ATR	1338	70	63
1365	Barcelona- Bar	ATR	4780	70	69.8
1366	Barcelona- Mar	ATR	0	70	0
1367	Barcelona- Mér	ATR	379	70	19

1368	Barcelona-Por	ATR	3987	70	68.8
1369	Barcelona-Pue	ATR	1591	70	70
1370	Barcelona-San	ATR	0	70	0
1371	Barcelona-San	ATR	719	70	35.9
1372	Barcelona-San	ATR	4097	70	67.6
1373	Barcelona-Val	ATR	3348	70	69.9
1374	Barinas-Guasd	ATR	134	70	6.7
1375	Barinas-Elorz	ATR	268	70	13.4
1377	Barquisimeto-	ATR	420	70	21
1378	Barquisimeto-	ATR	4146	70	64.6
1379	Barquisimeto-	ATR	0	70	0
1380	Barquisimeto-	ATR	3328	70	69.6
1381	Barquisimeto-	ATR	2135	70	52.9
1382	Ciudad Bolíva	ATR	392	70	19.6
1383	Cúmana-Puerto	ATR	327	70	32.7
1384	Cúmana-El Vig	ATR	0	70	0

**TABLA 10 A Escenario Rutas-Abordajes, Escenario alternativo 12B**

	Ruta	Operador	Boardings	TargetOccup	AvgOccup
1385	El Vigía-Mara	ATR	0	70	0
1386	Guasdalito-El	ATR	0	70	0
1387	Maracaibo-Mat	ATR	4948	70	24.7
1388	Maracaibo-Por	ATR	6789	70	33.9
1389	Maracaibo-Pue	ATR	0	70	0
1390	Maracaibo_San	ATR	0	70	0
1391	Maracaibo-Val	ATR	1587	70	7.9

1392	Maturín-Porla	ATR	1883	70	67.3
1393	Maturín-Santo	ATR	2560	70	64.2
1394	Maturín-Valen	ATR	2181	70	69.9
1395	Mérida-Valenc	ATR	278	70	13.9
1396	Porlamar-San	ATR	0	70	0
1397	Porlamar-Vale	ATR	3012	70	67.5
1398	Puerto Ordaz-	ATR	2541	70	35
1399	Puerto Ordaz-	ATR	1969	70	47.4
1400	Puerto Ordaz-	ATR	3070	70	70
1401	San Antonio d	ATR	830	70	70
1402	San Antonio d	ATR	461	70	46.1
1403	San Antonio d	ATR	1063	70	53.2
1404	Santo Domingo	ATR	1712	70	35
1406	Santo Domingo	ATR	2105	70	69.9
1407	Barinas - S.	ATR	264	70	13.2
1409	Barquisimeto-	ATR	442	70	44.2
1410	Barquisimeto-	ATR	4110	70	66.6
1411	Barquisimeto-	ATR	801	70	40.1
1412	Porlamar-Puer	ATR	5048	70	56
1413	Porlamar-Sant	ATR	3552	70	70
1414	Puerto Ordaz-	ATR	2231	70	68.9
1415	San Antonio d	ATR	837	70	70

1416	Valencia-Mara	ATR	1587	70	7.9
1417	Mérida-Maraca	ATR	905	70	9.1
1418	Maiquetía-Val	ATR	2164	70	70
1419	Maracay-Barce	ATR	2082	70	69.9
1420	Maracay-Maiqu	ATR	1357	70	67.8
1421	Maracay-Matur	ATR	1368	70	68.4
1422	Maracay-Puert	ATR	1925	70	70
1423	Maracay-Porla	ATR	1889	70	67.5
1424	Maracay-Barqu	ATR	498	70	24.9
1425	Maracay-Santo	ATR	1308	70	65.4
1426	Maracay-Mérid	ATR	175	70	8.7
1427	Maracay-Marac	ATR	1990	70	10

En este escenario se destaca la ruta Maracay-Barcelona que produce la cantidad de **2082** abordajes en una semana hacia el Oriente, seguida por la ruta Maracay-Maracaibo **1990** abordajes a la semana hacia el Occidente y las dos rutas se ubican en la zona norte-costera, también se denota que todas las rutas de mayor abordaje son también las de mayor distancia de recorrido. La tercera ruta con mayor cantidad de abordajes es la de Maracay-Puerto Ordaz con **1925** abordajes y también de largo recorrido y en dirección al sur.

## **CAPITULO 5**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

Las conclusiones y recomendaciones presentadas son referidas únicamente a los resultados arrojados por la utilización del modelo de Simulación de Transporte TRANUS para este Trabajo Especial de Grado.

#### **5.1.- Conclusiones:**

Dado el carácter experimental de este trabajo y realizado el análisis de los resultados proporcionados por el modelo, se concluye que el modelo de Simulación de Transporte TRANUS, aún siendo un modelo que se utiliza básicamente en la simulación de transporte terrestre, el mismo puede ser utilizado para el estudio de un emplazamiento de aeropuerto en la red aérea.

Los resultados que genera el modelo indican un incremento en la demanda de pasajeros que produciría por ubicar un nuevo aeropuerto en la red aérea nacional, por ejemplo se observa un incremento del 7,13 % en los abordajes, en otras palabras incremento de pasajeros, esto influirá en el desarrollo de la zona.

También se denota un aumento en las distancia de recorridos en 5,73%, esto implica que se generan nuevas rutas y la posibilidad de nuevos destinos a futuro y con ello posibilidades de desarrollo de esas localidades.

Algo que no se puede dejar pasar es que aunque existen incrementos que se consideran positivos, se presenta uno que no es muy deseado en ningún sistema de transporte de pasajeros y muy especial en el transporte aéreo, el tiempo de espera cuyo incremento es del 15,72 %, su importancia se debe a que por los altos costos de la modalidad aérea no es aconsejable tiempos de espera muy prolongados por las multas que se producen a los operadores aéreos debido a esos retardos

El análisis de los resultados indica que ante la posibilidad de ubicar un nuevo aeropuerto comercial en donde se tiene planificado que es La Base Aérea “El Libertador” (BAEL), ubicado en Palo Negro, Maracay, Estado Aragua; este aeropuerto sería utilizado para las rutas de mayor recorrido, ver tabla 10 A, Maracay-Barcelona, el cual sería como destino turístico y Maracay-Maracaibo, Maracay-Puerto Ordaz, como destinos de negocios; esto no quiere decir que son las únicas rutas que manejaría el aeropuerto, se pueden generar nuevos destinos de ser necesarias y si la demanda así lo requiera

El modelo de Simulación de Transporte TRANUS en su actual versión puede ser utilizado para operar en la red aérea y combinarlo con otros modos de transporte, con lo cual se puede dar una mejor perspectiva de cómo funcionaría el sistema en su conjunto.

## 5.2.- Recomendaciones:

Aunque en el aparte anterior se da el visto bueno a la ubicación de un aeropuerto civil en la base aérea, siempre es recomendable hacer seguimiento continuo utilizando este modelo de simulación para aeropuertos de cierta envergadura.

Se recomienda realizar investigaciones para la creación de simulador TRANUS con mayor detalle para el Transporte Aéreo en donde se puedan manejar más variables como: tipo de aeronave, movimiento de pasajero y carga por tipo aeronave, tipo de operador público o privado, categorizar a los aeropuertos para determinar sus costos de operación y localización y algunas otras variables que puedan ayudar a mejorar al Transporte Aéreo.

Este proyecto se realiza para determinar si un modelo de simulación de transporte terrestre aplica para ser utilizado en una red aérea, hecho que si se demuestra, pero se recomienda que antes de emplazar un aeropuerto como se busca ubicar en la ciudad de Maracay, realizar un estudio utilizando el mismo simulador de transporte TRANUS únicamente para la colocación de aeropuerto

solo de carga y generar así un gran centro de distribución y puerto multimodal como lo hay en países altamente desarrollados

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

BACA URBINA, G. (1.990); ***Evaluación de Proyectos***, 2da. Edición, McGraw-Hill, México.

HAY, William (1998); ***Ingeniería de Transporte***, LIMUSA, Ciudad de México.

MEROLA, Carmine (2002); ***Proyección y Análisis de las Operaciones de Carga, Pasajeros y Movimiento de Aeronaves para El Futuro Terminal Internacional de Carga Proyecto para La Base Aérea "EL LIBERTADOR" (BAEL), Ubicado En Palo Negro, Estado Aragua***, MIINFRA

OACI (1987); ***Manual de Planificación de Aeropuertos, Parte 1, Planificación General***, 2da. Edición, 1987.

OACI (1985); ***Manual de Planificación de Aeropuertos, Parte 2, Utilización del Terreno y Control del Medio Ambiente***, 2da. Edición.

OACI (1983); ***Manual de Planificación de Aeropuertos, Parte 3, Directrices para la Preparación de Contratos de Consultores y de Construcción***, 1ra. Edición.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (28-09-2001); Gaceta Oficial N° 37.293; **Ley de Aviación Civil**, Caracas.

ORTÚZR S. Juan de Dios (2000), **Modelos de Demandad de Transporte**, Ediciones Universidad Católica de Chile, 2da. Edición, Santiago de Chile.

SAPAG CHAIN, Nassir; SAPAG CHAIN Reinaldo (1995); **Preparación y Evaluación de Proyectos**; McGraw-Hill, 3ra. Edición, Bogotá.