



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
COLEGIO DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DEL
SISTEMA AEROPORTUARIO MEXICANO
MEDIANTE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS”.**

Tesis para obtener el título de:

LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

Presenta:

CARLOS SANTIAGO MARTÍNEZ MARTÍNEZ

Director de tesis:

DR. OSCAR LUIS SÁNCHEZ FLORES

PUEBLA, PUE.

NOVIEMBRE 2015

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por permitirme llegar a este momento.

A MI FAMILIA

Por ser mi mayor apoyo en todos los aspectos y por su gran ejemplo de perseverancia.

A MI ASESOR

Por su paciencia, comprensión y compartir su conocimiento.

A MIS AMIGOS

Por ser esa segunda familia que me acompañó durante estos cinco años.

ACRÓNIMOS

SAM: Sistema Aeroportuario Mexicano.

DEA: Del inglés, Data Envelopment Analysis (Análisis Envolvente de Datos). SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SCOP: Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

GAP: Grupo Aeroportuario Pacífico.

OMA: Grupo Aeroportuario Centro – Norte.

AICM: Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

ASUR: Grupo Aeroportuario Sureste.

ASA: Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

DMU: Del inglés, Decision Market Unit. Empleado para referirse a una Unidad de Producción.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1 MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 Conceptos y métodos de análisis de eficiencia técnica.....	7
1.1.1 Conceptos relativos a la eficiencia en la producción.	7
1.1.2 Métodos de evaluación de eficiencia.....	9
1.2 Descripción del método Análisis Envolvente de Datos.	9
1.2.1 Orientación del modelo.	12
1.2.2 Rendimientos a escala (RTS).	12
1.2.3 Áreas de oportunidad (Slacks).	13
1.3 Software para aplicar el método Análisis Envolvente de Datos.	14
1.3.1 Microsoft Excel.....	14
1.3.2 DEAFrontier Software	17
1.3.3 OSDEA-GUI - v 0.2	19
1.4 Antecedentes de la evaluación de eficiencia técnica de aeropuertos.....	22
1.4.1 Análisis de eficiencia de aeropuertos de Turquía con método DEA.	22
1.4.2 Medición de la eficiencia de aeropuertos españoles a través de DEA previo a la privatización.	23
1.4.3 Eficiencia técnica de aeropuertos Ingleses.	25
1.4.4 Empleo de modelos DEA para estimar de forma conjunta percepción de la calidad de servicio y rentabilidad. Evidencia a partir de aeropuertos internacionales.	26
1.4.5 Medición de la eficiencia de aeropuertos Latinoamericanos.	27
2 INSUMOS Y PRODUCTOS DEL SAM.....	30
2.1 Génesis y regulación actual del SAM.	30
2.1.1 Génesis.....	30
2.1.2 Regulación.....	34
2.2 Colecta y validación de información disponible para el análisis.....	37
2.3 Estadística descriptiva de las variables empleadas como insumos y productos.....	43
2.4 Estadística comparativa por grupo aeroportuario y aeropuerto.	49

3	<i>ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DEL SAM</i>	54
3.1	Selección de insumos y productos para aplicar el método DEA.	54
3.2	Descripción y justificación de especificaciones a evaluar.	55
3.3	Resultados generales de las especificaciones evaluadas.	58
3.4	Selección de las especificaciones más convenientes.	60
3.5	Eficiencia de aeropuertos con vocación para el transporte de pasajeros.	62
3.5.1	Por grupo aeroportuario.	63
3.5.2	Por aeropuerto.	66
3.6	Eficiencia de aeropuertos con vocación para el transporte de mercancías.	72
3.6.1	Por grupo aeroportuario.	73
3.6.2	Por aeropuerto.	76
4	<i>ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA TÉCNICA DEL SAM.</i>	85
4.1	Estrategias para aeropuertos con vocación para el transporte de personas.	85
4.1.1	Por grupo aeroportuario.	86
4.1.2	Por aeropuerto.	87
4.2	Estrategias para aeropuertos con vocación para el transporte de mercancías.	88
4.2.1	Por grupo aeroportuario.	90
4.2.2	Por aeropuerto.	90
4.3	Estrategias generales para mejorar el desempeño del SAM.	91
	<i>COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES</i>	94
	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</i>	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Eficiencia técnica.....	8
Ilustración 2. Eficiencia de precio.....	8
Ilustración 3. Rendimientos a escala (RTS).....	13
Ilustración 4. Solución DEA con Microsoft Excel.....	16
Ilustración 5. Solución DEA con DEAFrontier Software.....	18
Ilustración 6. Solución DEA con DEAFrontier Software.....	19
Ilustración 7. Solución DEA con OSDEA-GUI - v 0.2.....	20
Ilustración 8. Solución DEA con OSDEA-GUI - v 0.2.....	20
Ilustración 9. Solución DEA con OSDEA-GUI - v 0.2.....	21
Ilustración 10. Solución DEA con OSDEA-GUI - v 0.2.....	21
Ilustración 11. Distribución geográfica actual del SAM.....	33
Ilustración 12. Diagrama de proceso. Modelo global y desagregado.....	56
Ilustración 13. Eficiencia técnica del SAM. Modelo global.....	68
Ilustración 14. Eficiencia técnica del SAM. Sector pasajeros.....	69
Ilustración 15. Nivel de eficiencia técnica del SAM por regiones. Sector pasajeros.....	70
Ilustración 16. Eficiencia técnica del SAM. Modelo global.....	78
Ilustración 17. Eficiencia técnica del SAM. Sector mercancías.....	79
Ilustración 18. Nivel de eficiencia técnica del SAM por regiones. Sector mercancías.....	80
Ilustración 19. Eficiencia técnica del SAM. Sector mercancías sin San Luis Potosí.....	83
Ilustración 20. Nivel de eficiencia técnica del SAM por regiones. Modelo integral.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Solución DEA con Microsoft Excel.....	14
Tabla 2. Solución DEA con Microsoft Excel.....	15
Tabla 3. Solución DEA con Microsoft Excel.....	17
Tabla 4. Solución DEA con Microsoft Excel.....	17
Tabla 5. Solución DEA con DEAFrontier Software.....	19
Tabla 6. Eficiencia de aeropuertos de Turquía.....	23
Tabla 7. Eficiencia de aeropuertos Españoles.....	24
Tabla 8. Eficiencia de aeropuertos Ingleses.....	26
Tabla 9. Eficiencia de aeropuertos Latinoamericanos.....	28
Tabla 10. Regulación actual del SAM.....	32
Tabla 11. Datos disponibles. Variables de análisis 2011.....	42
Tabla 12. Estadística descriptiva. Pasajeros transportados (miles).....	44
Tabla 13. Estadística descriptiva. Toneladas de carga transportadas.....	46
Tabla 14. Estadística descriptiva. Capacidad de la terminal de pasajeros.....	47
Tabla 15. Estadística descriptiva. Capacidad de la terminal de carga.....	48
Tabla 16. Estadística comparativa por grupo aeroportuario (2011).....	50
Tabla 17. Estadística comparativa por aeropuerto (2011).....	51
Tabla 18. Variables Input y Output seleccionadas para el análisis.....	55
Tabla 19. Modelos desagregados por aeropuerto. Sector pasajeros.....	58
Tabla 20. Modelos desagregados por aeropuerto. Sector mercancías.....	58
Tabla 21. Resultados generales de especificaciones evaluadas.....	60
Tabla 22. Eficiencia técnica por grupo aeroportuario. Modelo integral.....	63
Tabla 23. Eficiencia técnica de OMA con análisis desagregado. Sector pasajeros.....	64
Tabla 24. Eficiencia técnica de GAP con análisis desagregado. Sector pasajeros.....	64
Tabla 25. Eficiencia técnica de ASUR con análisis desagregado. Sector pasajeros.....	65
Tabla 26. Eficiencia técnica por aeropuerto. Modelo integral.....	66
Tabla 27. Eficiencia por aeropuerto con análisis desagregado. Sector pasajeros.....	67
Tabla 28. Eficiencia técnica por grupo aeroportuario. Modelo integral.....	73
Tabla 29. Eficiencia técnica de OMA con análisis desagregado. Sector mercancías.....	74
Tabla 30. Eficiencia técnica de GAP con análisis desagregado. Sector mercancías.....	74
Tabla 31. Eficiencia técnica de ASUR con análisis desagregado. Sector mercancías.....	75

Tabla 32. Eficiencia técnica por aeropuerto. Modelo integral.....	76
Tabla 33. Eficiencia por aeropuerto con análisis desagregado. Sector mercancías.....	77
Tabla 34. Eficiencia por aeropuerto omitiendo a San Luis Potosí. Sector mercancías.....	82
Tabla 35. Resumen general de eficiencia técnica del SAM.....	95
Tabla 36. Escala de eficiencia y resultados generales.....	95

INTRODUCCIÓN.

El crecimiento económico global demanda continuamente planeación y desarrollo de infraestructura que permita ubicar a México en el sistema económico mundial como agente de desarrollo regional. En el sector aéreo, el Sistema Aeroportuario Mexicano (SAM en lo subsecuente) es un núcleo de actividad y desarrollo económico nacional y regional y constituye un vínculo que permite el intercambio comercial y cultural con el exterior.

El transporte aéreo propicia el transporte rápido de personas y productos, ayuda a generar economías más fuertes y vínculos sociales y comerciales a nivel internacional. Hoy día el SAM se ha consolidado a partir de varias decisiones de regulación y política de transporte registrados a lo largo de varias décadas.

El 12 de julio de 1921 se obtiene la primera concesión de transporte de aéreo de pasajeros por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP en adelante). Para 1939 se inaugura el Puerto Aéreo Central de la Ciudad de México bajo la dirección de la SCOP. La aceptación y grandes avances en la materia después de la Segunda Guerra Mundial propiciaron, durante la década de los cuarenta, la construcción de nuevos aeropuertos.

El notable crecimiento de la industria aérea generó que en Junio de 1965, por decreto presidencial se creara el Organismo Descentralizado Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA en lo subsecuente), con objeto de administrar, operar y conservar los 34 aeropuertos que conformaban la red nacional.

El éxito de la operación del sector aeronáutico permaneció vigente por algunas décadas, permitió el incremento en número de terminales aeroportuarias de la red federal que ofrecían servicio de calidad y generaban ingresos importantes. Sin embargo, el periodo comprendido de 1985 al año 2000, representó una reforma de la industria aérea, debido el crecimiento exponencial de la demanda de servicios aéreos y la crisis financiera experimentada. De este modo, en diciembre de 1995 se promulga la Ley de Aeropuertos, permitiendo la apertura a la inversión privada.

Al presente el SAM está regulado por cinco grupos aeroportuarios, cuatro de ellos del sector privado y uno público. OMA con 13 aeropuertos, GAP con 12, ASUR con 9, Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM en lo subsecuente) de manera independiente y ASA con 18. La industria aérea se ha consolidado como un eje de desarrollo, cuyo impacto en la economía nacional constituye un porcentaje de participación representativo, generando ingresos por 3 mil millones de dólares (SE-DGIPAT, 2012). Es una industria de gran alcance

que permite la conectividad y desarrollo de los sectores económico y turístico de nuestro país, debido a la apertura e integración de modalidades de transporte más eficientes y a condiciones de competencia más equitativas.

En este sentido, resulta relevante analizar el desempeño del SAM a partir de los recursos empleados tanto a corto, mediano y largo plazo. Lo anterior con la finalidad de determinar la eficiencia técnica actual, garantizar la cobertura y prever condiciones que permitan hacer frente a demandas futuras de movilidad. Si consideramos las ventajas evidentes que presenta esta industria y el crecimiento registrado a través de los años, también es fundamental analizar áreas con desempeño deficiente para así identificar oportunidades de mejora en sectores estratégicos con base en las condiciones actuales.

Bajo este contexto, se analiza la eficiencia técnica del SAM utilizando la técnica de evaluación no paramétrica determinista denominada DEA (por sus siglas en inglés) o Análisis de Envoltente de Datos. Para tal efecto, se colectó información del periodo 1998-2011 con el fin de conocer la tendencia de variación de las variables para posteriormente enfocarse a los datos del año 2011. Estos datos representan los insumos y productos de cada uno de los aeropuertos operados por grupos aeroportuarios privados en 2011. A partir de un análisis de especificaciones de producción y de combinación de variables finalmente se seleccionaron como variables de insumo para la producción del servicio: el número de movimientos en la pista, la capacidad de la terminal de pasajeros y de carga así como el número de empleados.

En tanto que las variables que caracterizan la producción resultaron ser la cantidad de pasajeros anuales y las toneladas de carga transportada. A partir de estas variables, se analizaron dos especificaciones relativas a las economías de escala de cada grupo aeroportuario: rendimientos constantes y rendimientos variables. Finalmente, se seleccionaron las especificaciones más consistentes en términos de resultados y niveles de eficiencia. Estas fueron aquéllas que emplearon el supuesto de rendimientos constantes y separan la evaluación de la eficiencia por sector de carga o de pasajeros de forma aislada. A su vez, se muestran otros análisis con intercambio de variables seleccionadas como insumos, mostrando la sensibilidad de los resultados al modificar los parámetros involucrados, tanto para el transporte de pasajeros, como para el transporte de carga.

Una vez seleccionadas las variables y las especificaciones para el método DEA, se evaluó el desempeño de cada aeropuerto y se identificaron las áreas con oportunidad de mejora, generando así un conjunto de políticas orientadas a corregir las deficiencias en los sectores analizados.

A pesar de generar varios modelos bajo especificaciones distintas, se evidencia la necesidad de abordar de manera específica cada sector, encontrándose así, líneas futuras de investigación. De este modo, se sientan las bases para trabajos futuros de análisis de eficiencia de la industria aérea en México.

PROBLEMÁTICA.

El crecimiento poblacional de nuestro país asociado al fenómeno de globalización, su situación comercial desde la perspectiva de operación, ubicación geográfica y desarrollo económico, genera una demanda creciente de traslado de personas y bienes. La integración de estos factores en un sistema funcional y dinámico involucra la organización de modalidades de transporte para hacer frente al reto de movilidad. Actualmente el SAM juega un rol relevante en el crecimiento económico, al permitir la conectividad e intercambio comercial y cultural con el exterior.

Para determinar en qué medida el SAM está cumpliendo esta función es necesario evaluar su desempeño. Sin embargo, la tarea es complicada por diversas circunstancias: a) el sistema cuenta con aeropuertos heterogéneos en términos de oferta de servicios: número de vuelos, tipo, costo y calidad de los servicios, capacidad del aeropuerto, inversiones, entre otros. b) la heterogeneidad también se da en términos de demanda: volumen de usuarios, volumen de carga, niveles de ingreso, y c) el sistema tiene varios esquemas de concesionamiento por lo que existen varios grupos de operadores privados y público-privados, cuyas estrategias de explotación pueden ser distintas.

Este trabajo se enfoca a evaluar la eficiencia técnica de los aeropuertos como medida de desempeño para determinar las disparidades entre ellos y así identificar oportunidades de mejora o intervención a fin de homogenizar la funcionalidad y eficiencia del sistema en su conjunto. En este caso se entiende como eficiencia técnica a la máxima producción que puede generar una unidad productiva dado un determinado número de insumos de producción.

Considerando que la evaluación de la eficiencia técnica de un conjunto de unidades de producción es un proceso complejo, debido a la existencia de más de dos variables como insumos y productos y la heterogeneidad de las mismas, es necesario elegir un método capaz de correlacionar todos esos factores. En este tipo de situaciones, generalmente se utiliza el método DEA, el cual se basa en la programación matemática y tiene la ventaja de ser no

paramétrico, lo que facilita la comparación entre unidades de producción con características distintas o heterogéneas.

En este contexto, la pregunta de investigación que motiva este trabajo es en términos generales: ¿Cuál es el nivel de eficiencia del Sistema Aeroportuario Mexicano?, y en forma más específica, dado que el Sistema Aeroportuario Nacional se conforma de un conjunto de aeropuertos distribuidos en el país ¿Son técnicamente eficientes cada uno de los aeropuertos que lo conforman?

HIPÓTESIS.

A través del análisis de eficiencia técnica del conjunto de aeropuertos que conforman el SAM, será posible identificar los aeropuertos de mayor eficiencia. Conocida esta jerarquía, por estadística comparativa, se podrán identificar las áreas de oportunidad de aquéllos que requieren intervención o mejoras. Estas intervenciones se podrán integrar en una política para mejorar la eficiencia del SAM.

Se asume que al mejorar la eficiencia de cada aeropuerto que conforma el SAM, el desempeño del sistema en su conjunto se mejorará. Para tal efecto, se requieren proponer estrategias orientadas a solventar las deficiencias identificadas en cada aeropuerto. La integración de estas estrategias en el marco de una política pública permitiría optimizar el desempeño del SAM de manera integral.

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la eficiencia técnica actual del conjunto de aeropuertos privatizados del SAM a través del método DEA. Conocida la eficiencia proponer un conjunto de estrategias para mejorar la eficiencia de cada aeropuerto y del SAM en su conjunto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Los objetivos planteados que a su vez están asociados a la metodología seguida se describen a continuación:

Establecer el marco teórico relativo a la evaluación de la eficiencia y la eficiencia técnica de sistemas aeroportuarios analizando los antecedentes reportados en la literatura, tanto de sistemas nacionales como internacionales.

Seleccionar el método de evaluación de eficiencia más conveniente para el caso del SAM tomando en cuenta la disponibilidad de datos y el objetivo general planteado.

Obtener, integrar y validar información histórica y actual relativa tanto a los insumos como productos utilizados por el sector aéreo nacional.

Seleccionar las especificaciones más consistentes del método seleccionado (DEA) para obtener la eficiencia del SAM.

Analizar los resultados de eficiencia con la finalidad de identificar áreas de mejora y estrategias específicas para articular una política de transporte que lleve a mejorar la eficiencia del SAM en su conjunto.

ALCANCES Y LIMITACIONES.

El presente es un trabajo exploratorio respecto a la factibilidad de evaluar la eficiencia de todo un sistema de aeropuertos, teniendo como limitante la disponibilidad de datos en un sector donde la información presenta un nivel de restricción debido a que cierta información se reserva por parte de las empresas dado que pudieran representar una ventaja respecto a sus estrategias de competencia. En este sentido, si bien se colectó información de 1998 a 2011, sólo se presenta en este trabajo los resultados para 2011 que representa la información más actualizada.

Por otro lado, todos los análisis con DEA se realizaron utilizando software libre el cual tiene ciertas limitantes respecto al número de unidades de producción incluidas en el análisis. En este sentido, se utilizaron algunas estrategias para analizar todos los aeropuertos del sistema, tanto por grupos aeroportuarios y posteriormente con todos los aeropuertos. No obstante, esta restricción limita la posibilidad de analizar varios periodos de información.

Las especificaciones utilizadas en las funciones objetivo del DEA fueron las integradas en el software libre utilizado. Estas especificaciones pueden modificarse a fin de profundizar el análisis. Sin embargo, si bien DEA se resolvió de manera alternativa con *solvers* propios, este análisis de profundidad se deja para extensiones futuras.

Las especificaciones de las funciones objetivo en su forma más coherente requieren distinguir las variables explicativas en transporte de personas y mercancías. Si bien se tratan de funciones simples, aportan resultados consistentes permitiendo identificar la vocación de los aeropuertos en esos dos sectores. Las especificaciones con un mayor número de variables que incluyan precios y otros insumos de producción no fueron consideradas por ubicarse fuera de los alcances planteados.

ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.

El trabajo realizado contempla aspectos generales del SAM, su descripción, justificación del tema a desarrollar, así como los objetivos y alcances del trabajo realizado. Adicionalmente, expone las condiciones en que se realiza el análisis y los resultados esperados, poniendo de manifiesto el impacto del mismo a corto y largo plazo.

El marco teórico describe los diferentes métodos que actualmente se emplean para calcular la eficiencia de aeropuertos, los antecedentes de la evaluación de eficiencia técnica de aeropuertos del SAM; una breve reseña del método a emplear, su origen, alcances, restricciones, parámetros mínimos requeridos en su ejecución y software disponible que facilita su aplicación. Asimismo, se citan trabajos que servirán de base al presente, considerando las características propias del sistema analizado.

La parte empírica refiere la aplicación del modelo DEA para la obtención de la eficiencia técnica del SAM, describe y justifica las variables seleccionadas y los datos históricos empleados, muestra los resultados generales y las especificaciones de cada evaluación; a continuación se seleccionan los modelos más representativos, agrupados por transporte de pasajeros y transporte de carga, con análisis por grupo aeroportuario o por aeropuerto.

Una vez obtenidas las puntuaciones de eficiencia para cada categoría asignada, se emiten políticas de mejora en función de los resultados reportados, partiendo de estrategias generales a particulares, ya sea por grupo aeroportuario o por aeropuerto. Finalmente se exponen comentarios generales del trabajo y para cada caso en particular, así como los anexos generados por el análisis y conclusiones exponiendo en qué medida se cumplió con los objetivos planteados inicialmente.

1 MARCO TEÓRICO

El presente capítulo describe los conceptos relativos básicos para al análisis de eficiencia. Se describe el método DEA con sus ventajas e inconvenientes, refiriendo de manera puntual las especificaciones técnicas necesarias para su aplicación. Posteriormente se aporta la descripción de software disponible para la aplicación de método y las consideraciones para la elección de uno de ellos.

Finalmente, se presenta una breve síntesis de la aplicación de DEA para evaluar la eficiencia de los sistemas aeroportuarios de España, Turquía y Reino Unido, así como un estudio a nivel Latinoamérica, siendo este, antecedente de la evaluación del desempeño del SAM.

1.1 Conceptos y métodos de análisis de eficiencia técnica.

1.1.1 Conceptos relativos a la eficiencia en la producción.

Antes de abordar los métodos para evaluar el desempeño aeroportuario, debemos considerar que la eficiencia de un sistema de producción se encuentra estrechamente ligada a la disposición y correcto empleo de recursos.

Eficiencia

El término eficiencia puede expresarse en su forma más simple como la relación existente entre los productos obtenidos y los recursos empleados en el proceso de producción.

$$Eficiencia = \frac{Producto (Output)}{Recurso (Input)}$$

La eficiencia puede medirse bajo diversos criterios, de modo que una unidad de producción eficiente es resultado de su productividad, la calidad de su proceso, aspectos económicos y factores de tiempo.

Eficiencia técnica.

“La eficiencia técnica se define como la capacidad que tiene una Unidad para obtener el máximo Output a partir de un conjunto dado de Inputs.” (Coll y Blasco, 2006)

La eficiencia técnica se expresa mediante valores numéricos comprendidos entre cero y uno. Los valores próximos a cero indican deficiencia, mientras que los valores tendientes a uno indican eficiencia.

Para efectos del método DEA, la unidad de producción que manifiesta el mayor valor de producción con el menor número de recursos se considera como la frontera de eficiencia técnica del sistema.

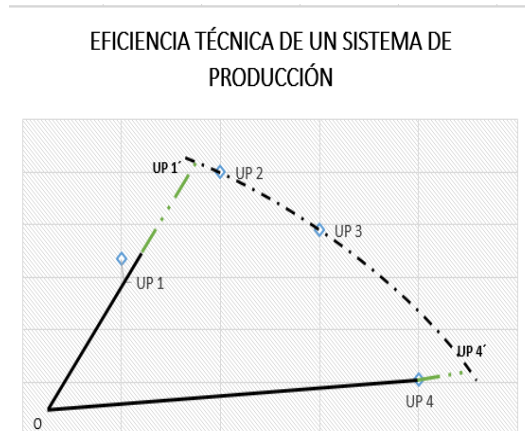


Ilustración 1. Eficiencia Técnica.

La gráfica muestra cuatro unidades de producción (UP), de las cuales UP 2 y UP 3, definen la frontera eficiente del conjunto analizado. La distancia entre UP 1 y UP 1' representa la deficiencia de esa unidad de producción; lo mismo ocurre con UP 4.

En términos matemáticos, el caso de la unidad de producción 1 se expresa como:

$$Eficiencia\ técnica\ UP1 = ET_{UP1} = \frac{\overline{OUP1}}{\overline{OUP1'}}$$

Eficiencia de precio.

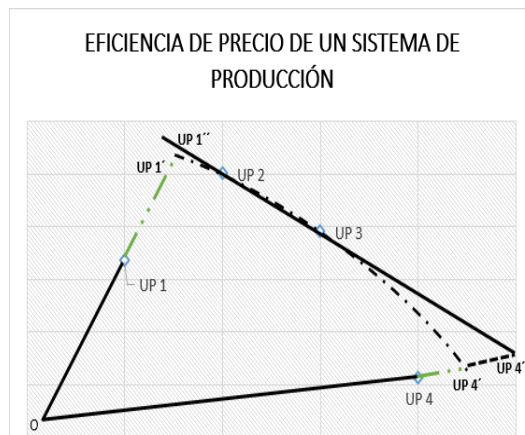


Ilustración 2. Eficiencia de Precio.

Gráficamente se representa por la relación distancia existente entre el origen y su proyección sobre la frontera eficiente y la distancia entre el origen y la línea tangente a la frontera eficiente.

$$Eficiencia\ Precio = EP_{UP1} = \frac{\overline{OUP1'}}{\overline{OUP1''}}$$

Eficiencia global.

También llamada eficiencia económica, se define como el producto de la eficiencia técnica y la eficiencia de precio. Su valor se comprenderá entre cero y uno y se expresa como:

$$Eficiencia\ Global\ EP_{UP1} = \frac{\overline{OUP1}}{\overline{OUP1'}} * \frac{\overline{OUP1'}}{\overline{OUP1''}}$$

Productividad.

Uno de los criterios involucrados en el desempeño eficiente es la productividad, de modo que, una unidad eficiente deberá presentar una alta productividad. “*La productividad hace referencia al número de Unidades de Output producidas por cada Unidad empleada de factor. (Álvarez, 2002)*”. (Coll y Blasco, 2006)

No obstante, cuando se refiere a productividad, se tiende al rendimiento de mano de obra directa en la producción, mejora de métodos o la mecanización de los mismos.

1.1.2 Métodos de evaluación de eficiencia.

Los métodos disponibles pueden clasificarse en paramétricos o no paramétricos, divididos a su vez en estocásticos o deterministas.

Un método paramétrico asume la distribución normal como su distribución muestral. En cambio, un método no paramétrico no se basa en supuestos sobre la distribución de los parámetros involucrados. Se aplican frecuentemente a datos nominales y ordinales, es decir bajo determinadas clasificaciones y escalas definidas.

Por su parte, la principal característica de un método determinista radica en que los resultados generados jamás serán aleatorios (situación que sucede en métodos estocásticos), sino que generarán un resultado a partir de las condiciones iniciales impuestas.

Algunos de los métodos empleados actualmente son índice no paramétrico, modelos paramétricos con enfoque económico y modelos no paramétricos, entre ellos DEA.

A continuación se enlistan algunos estudios sobre eficiencia de aeropuertos, indicando las especificaciones técnicas del método empleado en cada caso.

1.2 Descripción del método Análisis Envolvente de Datos.

El método DEA es empleado para evaluar la eficiencia de un sistema de producción a partir de un conjunto de insumos y productos. Es un método no paramétrico, con enfoque determinista, basado en la programación matemática, que a partir de un conjunto de observaciones permiten obtener una frontera eficiente.

La ventaja de ser un método determinista radica en que los resultados generados jamás serán aleatorios (estocásticos), sino que generarán un resultado a partir de las condiciones iniciales impuestas.

El método DEA surge a partir de conceptos desarrollados por Farrell, quién estableció una guía de medición sistemática de la eficiencia de un sistema de producción en 1957, de modo que es considerado el pionero de la actual técnica. Dicho trabajo fue introducido de manera formal en la revista *European Journal of Operational Research* (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978).

DEA es un enfoque no paramétrico de medida de eficiencia de diferentes DMU. Se basa en una frontera de eficiencia, la cual es definida de manera geométrica por planes óptimos de producción. La eficiencia individual relativa a la frontera eficiente se calcula por medio de funciones de distancia. (Hirschhausen y Cullmann, 2010)

La función de distancia input d_i es definida en el conjunto input $L(y)$ como:

$$d_i(x, y) = \text{Máx} \left\{ \rho : \left(\frac{x}{\rho} \right) \in L(y) \right\}$$

Donde:

- ρ es una distancia escalar y considera que debido a la cantidad de valores en el vector Input, puede contraerse de manera proporcional con el vector output manteniéndose fijo y permaneciendo dentro del conjunto de posibilidades.
- $d_i(x, y)$ tendrá un valor máximo igual a 1.0, si el vector de entrada x es un elemento dentro del conjunto de posibilidades $L(y)$, que representa el conjunto de todos los vectores input.

Además en $d_i(x, y) - 1$, si x es situado en el límite interior del conjunto input, la medida con input orientado de la eficiencia técnica puede ser expresada por:

$$TE = 1/d_i(x, y)$$

DEA utiliza la programación matemática para construir una superficie lineal o frontera sobre los datos y mide la eficiencia de una unidad dada en relación con el límite de la envolvente convexa de los vectores input y output.

Coelli (2005) introduce DEA de manera intuitiva mediante una forma de relación con programación lineal; así la determinación de la puntuación de eficiencia de una unidad de producción a , que es parte de un conjunto de unidades de producción N , en el modelo CRS equivale a la siguiente optimización:

$$\begin{aligned} & \text{Mín } \theta_{\theta,i} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0 \end{aligned}$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde λ equivale a $N * 1$ *vector de constantes* y X, Y representan las matrices input y output, respectivamente. θ mide la distancia radial entre la observación x, y y el punto de la frontera caracterizado por el nivel de inputs que deberían alcanzar para ser eficiente. Por lo tanto, es la puntuación de eficiencia y es igual a:

$$TE = \theta = 1/d_i$$

Donde:

λ : determina los pesos input y output.

$\theta = 1$ ($d_i = 1$): indica que la unidad de producción es eficiente y por lo tanto se localiza sobre la frontera de eficiencia.

Para determinar la eficiencia bajo el modelo VRS, una restricción de convexidad mayor debe ser considerada:

$$\Sigma \lambda = 1$$

Las fortalezas más destacadas del método son la caracterización de cada una de las unidades mediante puntuaciones de eficiencia individuales; permite la proyección de cada unidad analizada sobre la frontera eficiente, destacando áreas de mejora de manera independiente, así como la facilidad de ajustarse a condiciones exógenas e incorporación de variables de diversas categorías.

En cuanto a sus desventajas, DEA no considera la influencia del proceso productivo en las puntuaciones obtenidas, de igual manera considera que la precisión de los resultados obtenidos es función directa de la exactitud de los valores asignados a Inputs y Outputs.

Además presenta sensibilidad a valores extremos y si cuenta con un número reducido de unidades a analizar en comparación con la cantidad de Inputs y Outputs, seguramente las puntuaciones aparecerán sobre la frontera eficiente.

1.2.1 Orientación del modelo.

El método DEA obtiene resultados en función de la orientación elegida para los modelos de producción, estableciéndose dos. (Charnes, Cooper y Rhodes. 1978)

- Input orientado: espera la máxima reducción de Input en el proceso de producción, intentando mantener la frontera eficiente de producción (Outputs). En consecuencia, se considera deficiente a una Unidad de Producción, si permite la disminución de Input sin alterar sus Output.
- Output orientado: espera un incremento de Outputs manteniendo el nivel de Inputs. En este caso, se considera deficiente a una Unidad de Producción si permite incrementar Outputs sin aumento de Inputs y sin disminuir ningún otro Output.

1.2.2 Rendimientos a escala (RTS).

Los rendimientos a escala hacen referencia a los aumentos en la producción, que son resultado de incrementar todos los factores involucrados en ese proceso de producción, pudiendo ser constantes, variables, crecientes o decrecientes.

Un Rendimiento Constante a Escala (CRS en lo subsecuente) se presenta cuando el incremento del Output se da en la misma medida que el incremento del Input empleado.

Un rendimiento creciente a escala o economía de escala se presenta cuando el Output obtiene mayor incremento que el Input involucrado; mientras que un rendimiento a escala decreciente o deseconomías de escala, se da cuando el incremento del Output es menor que el asignado al Input.

De igual manera, existen situaciones en las que se presentan Rendimientos a Escala Variables (VRS en lo subsecuente), tanto crecientes (a bajos niveles de producción) como decrecientes (a escalas de producción altas). Los rendimientos a escala variables difieren de los constantes por no suponer que las unidades de producción operan en escala óptima, sino que relajan el supuesto, al permitir que existan rangos de rendimientos constantes, crecientes y decrecientes de manera simultánea en los análisis. (Schuschny, 2007)

Otra diferencia relevante en cuanto a rendimientos a escala, es que el modelo VRS muestra puntuaciones de eficiencia mayores a CRS, esto se intensifica en la medida que disminuye el tamaño de las empresas analizadas.

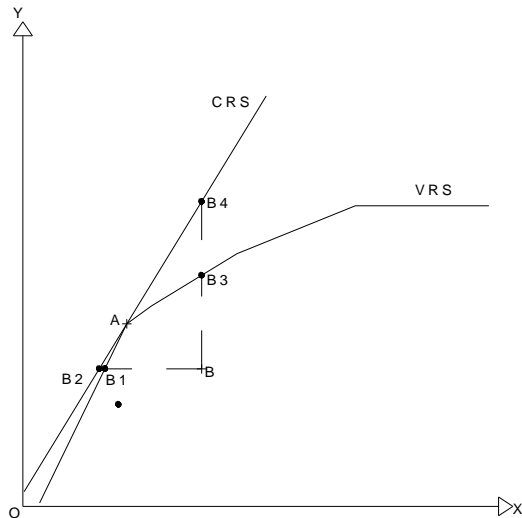


Ilustración 3. Rendimientos a Escala (RTS).

De manera gráfica, tomando como referencia la unidad de producción B, se observa que B1 y B3 (de la frontera VRS) se ubican más próximos que B2 y B4 (de la frontera CRS). Esto evidencia que el cálculo bajo rendimientos a escala variables (VRS), serán mayores a los obtenidos al considerar rendimientos constantes (CRS).

1.2.3 Áreas de oportunidad (Slacks).

Los resultados obtenidos con DEA permiten establecer un conjunto de posibilidades de producción, a partir de insumos y la estimación de su optimización, para generar la mayor producción posible.

La frontera de eficiencia entonces, sirve para estimar la deficiencia de las unidades de producción situadas debajo de ella, y elegir a las que se sitúan sobre esta como referencia. Esto permite identificar las áreas con oportunidad de mejora para las unidades ineficientes, hasta alcanzar los valores óptimos tanto de Input u Output (dependiendo la orientación del modelo), necesarios para lograr ubicar a cada unidad sobre la frontera eficiente.

1.3 Software para aplicar el método Análisis Envolvente de Datos.

Existen diversos programas computacionales que integran el método DEA. A continuación se describen aquéllos evaluados en el marco de esta tesis para elegir aquel más conveniente: Microsoft Excel, DEAFrontier Software y OSDEA-GUI - v 0.2.

1.3.1 Microsoft Excel.

Con este software es necesario especificar las funciones de optimización a través del uso de Solver de Excel. A fin de ejemplificar su uso, tomaremos como referencia seis aeropuertos, con dos Input y dos Output cada uno. En primera instancia, se recomienda asignar una nomenclatura y acomodo que facilite el análisis.

		AICM	MONTERREY	GUADALAJARA	ACAPULCO	CANCÚN	CHIHUAHUA
INPUTS	TAMAÑO TERMINAL	575	33	62	20	119	7
	MOV/ HORA EN LA PISTA	0.061	0.026	0.031	0.008	0.053	0.009
OUTPUTS	TONELADAS TRANSPORTADAS	411.368	50.053	148.155	1.743	18.300	9.296
	PASAJEROS TRANSPORTADOS	24.184	5.623	7.292	0.672	12.243	0.846
Valores indicados en miles (2011)							

Tabla 1. Solución DEA con Microsoft Excel.

Antes de plantear el problema para cada unidad de producción, se emite la siguiente simbología para facilitar su procesamiento.

$V_1 =$ Peso del Input Tamaño de la terminal

$V_2 =$ Peso del Input Capacidad de la pista

$U_1 =$ Peso del Output Toneladas transportadas

$U_2 =$ Peso del Output Numero de pasajeros

$\varepsilon = 0.00001$, corresponde a la restricción mínima del valor de eficiencia

El cálculo de eficiencia, por ejemplo para AICM se modela:

$$\text{Máx}_{u,v} = 411.368 u_1 + 24.184 u_2 \quad (\text{Función objetivo})$$

Sujeto a las restricciones:

$$575 v_1 + 0.061 v_2 = 1.0 \quad (\text{Normalización})$$

$$411.368 u_1 + 24.184 u_2 - (575 v_1 + 0.061 v_2) \leq 0.0$$

$$50.053 u_1 + 5.623 u_2 - (33 v_1 + 0.026 v_2) \leq 0.0$$

$$148.155 u_1 + 7.292 u_2 - (62 v_1 + 0.031 v_2) \leq 0.0$$

$$1.743 u_1 + 0.672 u_2 - (20 v_1 + 0.008 v_2) \leq 0.0$$

$$18.30 u_1 + 12.243 u_2 - (119 v_1 + 0.053 v_2) \leq 0.0$$

$$9.296 u_1 + 0.846 u_2 - (7.0 v_1 + 0.009 v_2) \leq 0.0$$

Los valores de $u_1, u_2, v_1, v_2 \geq \varepsilon$ debido a que no podemos tener un valor de eficiencia menor a cero.

Para modelar el análisis de los demás aeropuertos, se debe modificar la función objetivo y la restricción de Normalización, colocando ahora los valores de los Inputs y Outputs del aeropuerto a analizar, sugiriendo el siguiente formato:

Función objetivo	1.00000		
Restricciones			
Normalización		=	1.00000
A		<=	
B		<=	
C		<=	
D		<=	
E		<=	
F		<=	
Pesos			
u1		>=	0.000001
u2		>=	0.000001
v1		>=	0.000001
v2		>=	0.000001

Tabla 2. Solución DEA con Microsoft Excel.

En el caso de la Función objetivo, se empleará la función de Excel SUMAPRODUCTO. Sus argumentos serán el vector de Output y el vector Pesos del Output.

La normalización se emplea con el fin de restringir el valor máximo de eficiencia que puede obtener cada unidad de producción. Su valor se obtiene con la función

SUMAPRODUCTO de Excel; sus argumentos son el vector Input y el vector Pesos del Input. Su restricción indica: Normalización = 1.0

En cuanto a las demás restricciones, la función SUMAPRODUCTO considera como argumentos el vector Output y el vector de Pesos Output (modificándose para cada unidad de producción), condicionados a ser \leq a la función SUMAPRODUCTO con argumentos del vector Input y vector de pesos Input de la misma unidad de producción.

El cálculo del vector de pesos requiere el empleo de la herramienta Solver de Excel. Debe indicarse que el valor esperado en la celda objetivo corresponda al máximo, se colocan las celdas de pesos como variables y se emiten las restricciones antes detalladas.

The image shows an Excel spreadsheet with the following data:

		AEROPUERTOS					
		MÉXICO	MONTERREY	QUADALAJARA	ACAPULCO	CANCÚN	CHIHUAHUA
INPUTS	TAMAÑO TERMINAL	575	33	62	30	119	7
	CAP. DE LA PISTA	0.061	0.026	0.031	0.008	0.053	0.009
OUTPUTS	TON. TRANSPORTADAS	411.368	50.053	148.155	1.743	18.300	9.296
	PASAJEROS TRANSPORTADOS	24.184	5.623	7.292	0.672	12.243	0.846

Restricciones:

Función objetivo	0.00000						
Normalización	0.00000	=	1.00000				
A	0.00000	<=	0.00000				
B	0.00000	<=	0.00000				
C	0.00000	<=	0.00000				
D	0.00000	<=	0.00000				
E	0.00000	<=	0.00000				
F	0.00000	<=	0.00000				
Pesos							
u1		>=	0.000001				
u2		>=	0.000001				
v1		>=	0.000001				
v2		>=	0.000001				

Parámetros de Solver:

- Establecer objetivo: \$B\$510
- Para: Máx Min Valor de: 0
- Cambiando las celdas de variables: \$B\$521:\$B\$524
- Sujeto a las restricciones:
 - \$B\$513 = \$D\$513
 - \$B\$514:\$B\$519 <= \$D\$514:\$D\$519
 - \$B\$521:\$B\$524 >= \$D\$521:\$D\$524
- Convertir variables sin restricciones en no negativas
- Método de resolución: GRG Nonlinear

Ilustración 4. Solución DEA con Microsoft Excel.

Función objetivo	1.00000		
Restricciones			
Normalización	1.00000	=	1.00000
A	1.00000	<=	1.00000
B	0.23246	<=	0.23587
C	0.30155	<=	0.30155
D	0.02778	<=	0.08137
E	0.50605	<=	0.52718
F	0.03498	<=	0.07755
Pesos			

u1	0.00000	>=	0.000001
u2	0.04133	>=	0.000001
v1	0.00090	>=	0.000001
v2	7.93348	>=	0.000001

Tabla 3. Solución DEA con Microsoft Excel.

La función objetivo mostrará la eficiencia de AICM. Para obtener la eficiencia de las demás unidades de producción se debe cumplir con la modificación de los valores y restricciones para ejecutar la herramienta Solver. Realizados los demás casos, se obtienen los siguientes resultados:

AEROPUERTO (DMU)	EFICIENCIA
AICM	1.000
MONTERREY	1.000
GUADALAJARA	1.000
ACAPULCO	0.341
CANCÚN	0.960
CHIHUAHUA	0.767

Tabla 4. Solución DEA con Microsoft Excel.

1.3.2 DEAFrontier Software

Este software corresponde a un conjunto de macros que operan con Microsoft Excel desarrollado por Joe Zhu (www.deafrontier.com). Es un software de uso sencillo que utiliza el complemento Solver de Excel.

Solver es una herramienta de Excel que se emplea para determinar el valor máximo o mínimo de una celda modificando otras celdas. Las celdas deberán estar relacionadas, de modo que haya dependencia entre ellas al editarlas. Solver considera restricciones para limitar valores del modelo, pudiendo éstas hacer referencia a otras celdas a las que afecte la fórmula de la celda objetivo.

Antes de proceder a la ejecución del Software debemos verificar en Opciones de Excel, en la ficha Complementos, que la herramienta Solver esté activa.

Otra consideración para ejecutar el software, se refiere a cumplir con un formato de Excel predefinido:

- La primera columna corresponde a las unidades de producción.

- Las siguientes columnas corresponden a los Inputs. Se emplean las que sean necesarias, de acuerdo al modelo propuesto.
- Debe existir una columna sin datos antes de colocar los Outputs en las columnas siguientes.
- Forzosamente el nombre de la hoja debe ser "Data".

	A	B	C	D	E	F	G
1	DMU	INPUT 1	INPUT 2		OUTPUT 1	OUTPUT 2	
2	DMU 1	5.000	13.000		12.000	9.000	
3	DMU 2	7.000	2.000		15.000	16.000	
4	DMU 3	6.000	6.000		20.000	10.000	
5	DMU 4	9.000	3.000		9.000	13.000	
6							
7							
8							
9							

Ilustración 5. Solución DEA con DEA Frontier Software.

Ahora estamos en condiciones de poder evaluar las unidades de producción, tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Utilizar "DEAFrontierFree_SolverPlatform.xla." si se utiliza Excel 97, 2000, 2003 y XP.
- Cuando se emplea Excel 2007 o 2010 se debe emplear "DEAFrontierFree.xlam."

Seleccionar la ficha Complemento del menú de Excel y elegir la opción DEA, desplegar opciones y elegir Envelopment Model y elegir el modelo.

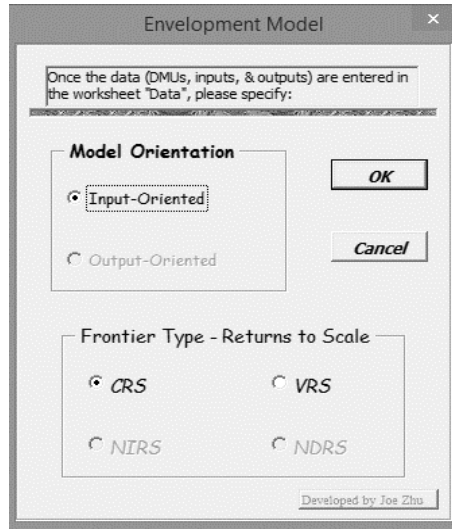


Ilustración 6. Solución DEA con DEAFrontier Software.

A continuación se muestran los valores obtenidos con un modelo de Input orientado con Rendimiento a Escala Constante.

DMU No.	DMU Name	Efficiency CRS
1	DMU 1	0.89647
2	DMU 2	1.00000
3	DMU 3	1.00000
4	DMU 4	0.63194

Tabla 5. Solución DEA con DEAFrontier Software.

1.3.3 OSDEA-GUI - v 0.2

Es un software de acceso libre capaz de resolver diferentes tipos de problemas, bajo las especificaciones técnicas de DEA, disponible para Windows, Linux y Mac en 32 y 64 bits. (www.opensourcedea.org)

Para su ejecución, una vez iniciada la aplicación se crea un nuevo problema DEA, a continuación se debe importar un archivo con extensión .csv que contenga los valores correspondientes a las variables elegidas para el análisis.

El documento debe estar estructurado de manera específica, en la primera columna se colocan las unidades de producción, a continuación se emplean las columnas necesarias

para ubicar las variables Input, enseguida las columnas correspondientes a variables Output, sin existir columnas vacías entre ellas. Una vez importado el documento se verifica que los valores sean correctos.

DMU Names	MOV/HR	CAP. DE TERMINAL DE PASAJEROS
Aguascalient...	9.0	266.0
Bajjo (León)	10.0	586.0
Guadalajara	31.0	1626.0
Hermosillo	15.0	518.0
La Paz	14.0	512.0
Los Mochis	11.0	220.0
Manzanillo	5.0	287.0
Mexicali	8.0	372.0
Morelia	5.0	254.0
Puerto Vallarta	22.0	2071.0
San José del ...	23.0	1890.0
Tijuana	18.0	1511.0
Acapulco	8.0	784.0
Chihuahua	9.0	432.0
Ciudad Juárez	7.0	298.0
Culiacán	19.0	634.0
Durango	7.0	242.0
Mazatlán	8.0	650.0
Monterrey	26.0	1680.0
Reynosa	3.0	266.0
San Luis Pot...	5.0	181.0
Tampico	6.0	338.0

Ilustración 7. Solución DEA con OSDEA-GUI - v 0.2.

En la pestaña Variables se asignan las variables de acuerdo a las especificaciones del análisis, tal como se indica en la Ilustración 8.

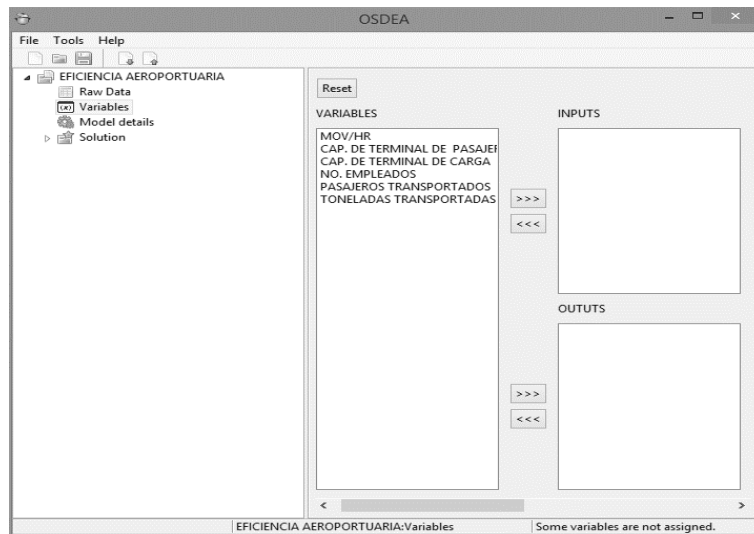


Ilustración 8. Solución DEA con OSDEA-GUI - v 0.2.

Posteriormente se eligen los detalles del modelo de acuerdo a los requerimientos establecidos, como se muestra a continuación:

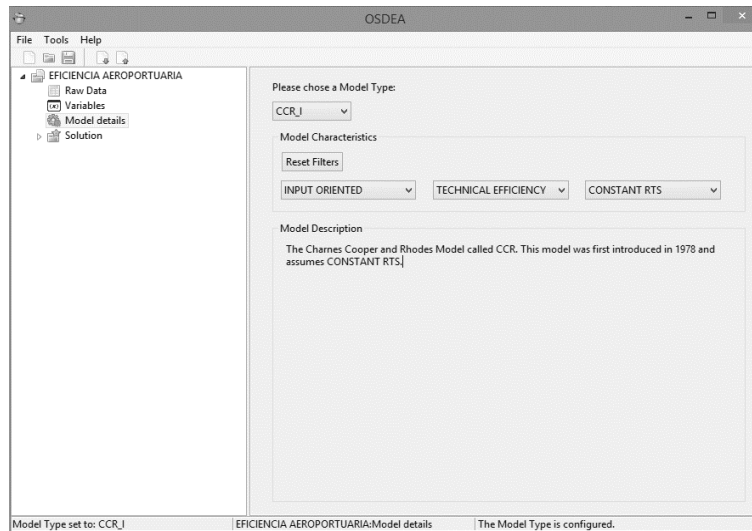


Ilustración 9. Solución DEA con OSDEA-GUI - v 0.2.

Resuelto el problema se puede acceder a la pestaña Solución y observar las siguientes opciones, las cuales pueden ser exportadas en formato .xls

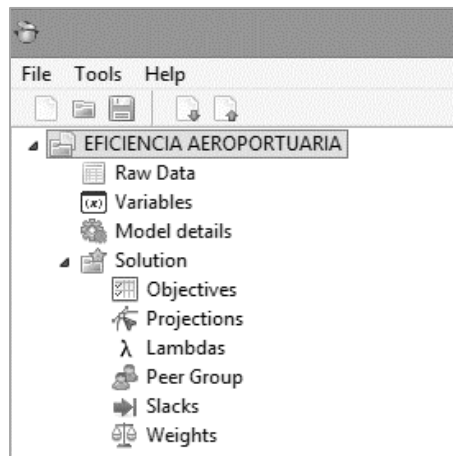


Ilustración 10. Solución DEA con OSDEA-GUI - v 0.2.

Éste ultimo software, por no presentar restricciones en cuanto al número de DMU a evaluar, mostrar de manera específica los detalles del modelo a ejecutar y la facilidad de generar un reporte en extensión .xls, se eligió como conveniente para evaluar el desempeño del SAM.

1.4 Antecedentes de la evaluación de eficiencia técnica de aeropuertos.

Con la finalidad de conocer los antecedentes de estudios previos realizados para evaluar la eficiencia de sistemas aeroportuarios con el método DEA, se revisó la literatura existente. Se identificaron cuatro artículos relevantes sobre evaluación de eficiencia de aeropuertos. A continuación se describen sus aportaciones más relevantes.

1.4.1 Análisis de eficiencia de aeropuertos de Turquía con método DEA.

El artículo (Koçak, 2011) reporta los resultados de eficiencia global de 40 aeropuertos de Turquía mediante el modelo desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) en 1978 y el modelo desarrollado por Banker Charnes y Cooper (BCC) en 1984 para evaluar la eficiencia técnica, con datos del periodo anual 2008. El método se clasifica como no paramétrico, basado en la programación matemática, en forma determinista.

Las variables input consideradas para el análisis fueron gastos de operación, número de empleados, tráfico aéreo anual y pasajeros transportados anualmente; mientras que las variables output fueron, el número de pasajeros por unidad de área, el tráfico registrado por pista, la carga total transportada e ingresos generados anualmente.

De los 40 aeropuertos analizados, se reportó a Antalya, Denizli Çardak, Istanbul Atatürk, Kaysery, Malatya, Sinop, y Van F. Melen como los más eficientes.

Al comparar los resultados obtenidos por ambos modelos, BCC muestra puntuaciones mayores a las obtenidas por CCR. Considerando que CCR es un modelo que calcula la eficiencia total por acumulación de eficiencia técnica y la escala de eficiencia de una unidad o un solo valor. Por su parte BCC mide la eficiencia técnica asumiendo un factor de escala.

Finalmente y de acuerdo a la Tabla 6, el modelo CCR presenta un 17% de aeropuertos eficientes, con eficiencia promedio de 0.618, mientras que el modelo BCC presenta el mismo porcentaje de aeropuertos eficientes con un promedio de 0.673. Se observan puntuaciones mayores para el segundo modelo, sin embargo, no existen variaciones considerables. Algunos de los factores que determinan las puntuaciones son la disposición limitada de recursos, variables económicas, control de capacidad y nuevas estrategias de operación. Una estrategia es que el desempeño de cada aeropuerto sea comparado con el de terminales similares, previendo al incremento de demanda y la imposibilidad de modernización de infraestructura en el mismo sitio.

AEROPUERTO	CCR	BCR	AEROPUERTO	CCR	BCC
Adana	0.85	1.00	Kayseri	1.00	1.00
Adiyaman	0.31	0.45	Konya	0.65	0.68
Agri	0.26	0.26	Korfez	0.20	0.33
Ankara Esenboga	0.93	0.96	Malatya	1.00	1.00
Antalaya	1.00	1.00	Mardin	0.83	0.88
Balikesir	0.10	0.28	Merzifon	0.17	0.29
Bursa Yenisehir	0.75	0.83	Milas Bodrum	0.65	0.66
Canakkale	0.65	0.69	Mugla Dalaman	0.59	0.78
Denizli Cardak	1.00	1.00	Mus	0.23	0.35
Diyarbakir	0.85	0.87	Nevsehir Kapadokya	0.16	0.22
Elazig	0.58	0.62	Samsun Carsamba	0.73	0.75
Erzincan	0.32	0.39	Siirt	0.32	0.40
Erzurum	0.74	0.76	Sinop	1.00	1.00
Gaziantep	0.87	0.90	Sivas	0.58	0.66
Hatay	0.38	0.43	Sanliurfa	0.60	0.61
Isparta S. Demirel	0.45	0.45	Tekidag Corlu	0.68	0.69
Istanbul Ataturk	1.00	1.00	Tokat	0.35	0.43
Izmir A Menderes	0.85	0.93	Trabzon	0.92	1.00
K. Maras	0.45	0.56	Uzak	0.19	0.22
Kars	0.53	0.59	Van Ferit Melen	1.00	1.00

Tabla 6. Eficiencia de aeropuertos de Turquía.

1.4.2 Medición de la eficiencia de aeropuertos españoles a través de DEA previo a la privatización.

Artículo (Martín y Román, 2001) realizado con datos del año 1997 para evaluar la eficiencia de 37 aeropuertos de España mediante el método DEA, clasificado como método no paramétrico determinístico. Se emplean tres variables Output, entre las cuales se encuentran movimientos de tráfico aéreo, pasajeros transportados y carga transportada. Las variables Input se orientan al trabajo, capital y materiales requeridos en las actividades de cada aeropuerto.

El estudio presenta la comparación de modelo de Rendimiento a Escala Constante (CRS) y Rendimiento a Escala Variable (VRS). El modelo CRS presenta como eficiente a Barcelona, Lanzarote, Madrid, Melilla, Mallorca, Tenerife Norte Vitoria y Zaragoza. Los resultados del modelo VRS presenta como eficientes a: Badajoz, Barcelona, Cordoba,

Lanzarote, Madrid, Melilla, Mallorca, Salamanca, Tenerife Norte, Tenerife Sur, Valladolid, Vitoria y Zaragoza.

De acuerdo a la Tabla 7, resaltan Madrid, Baleares, Cataluña, Canarias y Euskadi por tener aeropuertos eficientes. Se presenta un valor promedio de eficiencia de 0.609 para modelo CRS, mientras que el modelo VRS muestra una media de 0.708. De los aeropuertos evaluados, 20 se presentan rendimientos a escala crecientes y 9 decrecientes. Se exponen las posibilidades de algunos aeropuertos de alcanzar desempeño eficiente con o sin el proceso de privatización. Sin embargo, independientemente del sector regulador, es necesaria la continua supervisión de las actividades involucradas y el desempeño alcanzado.

AEROPUERTO	CRS	VRS	AEROPUERTO	CRS	VRS
Alicante	0.62	0.71	Málaga	0.60	0.72
Almería	0.34	0.34	Melilla	1.00	1.00
Asturias	0.45	0.46	Mallorca	1.00	1.00
Badajoz	0.24	1.00	Pamplona	0.79	0.83
Barcelona	1.00	1.00	Reus	0.43	0.53
Bilbao	0.73	0.74	Salamanca	0.17	1.00
Córdoba	0.07	1.00	San Javier	0.38	0.41
Coruña	0.42	0.43	San Sebastián	0.42	0.46
Fuerteventura	0.76	0.79	Tenerife norte	1.00	1.00
Girona	0.26	0.28	Tenerife sur	0.82	1.00
Granada	0.30	0.31	Santander	0.48	0.49
Hierro	0.34	0.41	Santiago	0.52	0.56
Ibiza	0.72	0.75	Sevilla	0.32	0.32
Jerez	0.38	0.39	Valencia	0.64	0.65
Lanzarote	1.00	1.00	Valladolid	0.88	1.00
La Palma	0.52	0.53	Vigo	0.51	0.54
Gran Canaria	0.73	0.84	Vitoria	1.00	1.00
Madrid	1.00	1.00	Zaragoza	1.00	1.00
Menorca	0.66	0.67			

Tabla 7. Eficiencia de aeropuertos Españoles.

1.4.3 Eficiencia técnica de aeropuertos Ingleses.

Artículo (Pestana, 2008) que emplea Frontera Eficiente Aleatoria como método para obtener la eficiencia técnica de aeropuertos Ingleses, basado en la combinación de datos operacionales y financieros.

El método permite la combinación de diferentes distribuciones estadísticas, utiliza parámetros aleatorios no vinculados a características de factores en función de costos. El estudio adopta un enfoque metodológico orientado a definir la frontera económica bajo un modelo estocástico. El modelo de análisis se conforma por un vector de variables que incluye precios como input y como output a descriptores de la función costo.

Se enlistan 27 aeropuertos con datos del periodo comprendido entre 2000 y 2005, mostrando los resultados obtenidos con modelo de frontera homogénea y modelo de frontera heterogénea o arbitraria.

El modelo de frontera translogarítmica homogénea muestra como eficientes al aeropuerto de Manchester y Norwich, mientras que la frontera translogarítmica heterogénea sólo muestra el aeropuerto de Luton.

Con base en la Tabla 8, se observan puntuaciones mayores con el modelo de frontera homogénea, mostrando un alto nivel de eficiencia relativa y variaciones considerables entre cada valor en comparación con el modelo de frontera heterogénea, de modo que se indica posible alteración de sus puntuaciones por variables inconsistentes. El análisis de frontera heterogénea evidencia también, que el tamaño de los aeropuertos no es garantía de eficiencia.

Los modelos ejemplificados no son aplicables a la evaluación de la eficiencia técnica del SAM por tratarse de variables transformadas a valores monetarios en función del crecimiento a nivel nacional.

AEROPUERTO	FRONTERA HOMOGENEA	AEROPUERTO	FRONTERA HETEROGENEA
Manchester	1.00	Luton	1.00
Norwich	1.00	Newcastle	0.94
Aberdeen	0.91	Leeds	0.82
Highlands	0.81	Liverpool	0.82
Bournemouth	0.74	Southampton	0.79
Glasgow	0.66	Nottingham	0.78
Edinburgh	0.63	Glasgow	0.73
Heathrow	0.62	Durham	0.70
Southampton	0.58	Edinburgh	0.69

Stansted	0.51	Aberdeen	0.69
Biggin Hill	0.50	Bristol	0.65
Humberside	0.46	Belfast	0.64
Exeter	0.40	Cardiff	0.62
London City	0.38	Blackpool	0.60
Gatwick	0.37	Bournemouth	0.56
Liverpool	0.35	Stansted	0.56
Luton	0.29	Humberside	0.56
Belfast	0.29	Birmingham	0.54
Newcastle	0.26	Southend	0.51
Birmingham	0.26	Exeter	0.51
Leeds	0.22	Biggin Hill	0.51
Cardiff	0.22	London City	0.47
Durham	0.20	Highlands	0.46
Bristol	0.20	Norwich	0.45
Nottingham	0.15	Manchester	0.44
Blackpool	0.15	Gatwick	0.44
Southend	0.15	Heathrow	0.42

Tabla 8. Eficiencia de aeropuertos Ingleses.

1.4.4 Empleo de modelos DEA para estimar de forma conjunta percepción de la calidad de servicio y rentabilidad. Evidencia a partir de aeropuertos internacionales.

Estudio (Merkert y Assaf, 2015) que emplea DEA para evaluar la eficiencia al correlacionar indicadores de calidad de servicio percibido y la rentabilidad de cada aeropuerto de acuerdo al contexto en que se ubica. Además se identifican factores relevantes que permiten estimar una medida de calidad/rentabilidad de manera conjunta.

El estudio evalúa 30 aeropuertos internacionales de tamaño medio a grande, de acuerdo al ranking de 2013. Las variables empleadas como Input son la longitud de la pista y tamaño de la terminal, mientras que los Outputs son pasajeros y carga transportada.

El enfoque permite una combinación de rentabilidad, calidad y tráfico en función de inputs y outputs de manera simultánea para obtener un único indicador que permita identificar factores que tienen un impacto significativo en el desempeño aeroportuario.

El método descrito en el presente artículo no es aplicado a la evaluación de la eficiencia técnica del SAM debido a la inclusión de indicadores de calidad y rentabilidad que

se obtienen a través de encuestas a los usuarios y con la ayuda de evaluaciones financieras. Ambos tipos de información no se encuentran disponibles para México.

El estudio concluye en que la calidad es un indicador importante en el desempeño aeroportuario internacional, sugiriendo que los aeropuertos involucrados en el análisis tomen como referencia los resultados para generar estrategias que mejoren su desempeño.

1.4.5 Medición de la eficiencia de aeropuertos Latinoamericanos.

Actualmente no existe registro de estudios para determinar la eficiencia del SAM. El único trabajo registrado que involucra algunos aeropuertos de nuestro país es el realizado por Sergio Perelman y Tomás Serebrinsky, denominado “Measuring the technical efficiency of airports in Latin America” (Serebrinsky, 2012 y Serebrinsky y Perelman, 2014). Este estudio analiza 21 aeropuertos ubicados en el ranking de aeropuertos con mayor demanda a nivel Latinoamérica. Se emplea el método de DEA para evaluar su eficiencia. Los aeropuertos considerados corresponden a países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, México, Perú y República Dominicana.

Las variables Input empleadas para realizar el análisis fueron el número de empleados, número de pistas y tamaño de la terminal. Las variables Output correspondieron a los pasajeros transportados anualmente, la carga transportada anualmente y los movimientos anuales registrados en cada uno de los aeropuertos.

Como se muestra en la Tabla 9, el cálculo involucra dos periodos de análisis, el primero contempla del año 2000 a 2003 y el segundo de 2004 a 2007, debido a la disponibilidad de datos y a la variación de los registros. En ambos casos se muestran puntuaciones con Rendimientos a Escala Constante (CRS) y Rendimiento a Escala Variable (VRS). No se elige a ningún modelo como sobresaliente sobre el otro. Los valores muestran a Cancún, Guadalajara y AICM como aeropuertos eficientes, siendo un antecedente relevante a los modelos planteados en el presente.

PAÍS	CÓDIGO DE AEROPUERTO	2000 - 2003		2004 - 2007	
		CRS	VRS	CRS	VRS
ARGENTINA	AEP	0.850	1.000	0.652	1.000
	EZE	0.621	0.684	0.773	0.851
	FTE	0.086	1.000	0.215	1.000
BRASIL	BSB	0.953	1.000	0.598	0.619
	CGH	1.000	1.000	1.000	1.000

	GIG	0.307	0.319	0.347	0.347
	GRU	0.877	1.000	0.991	1.000
	MAO	0.558	0.579	0.835	0.854
	VCP	1.000	1.000	1.000	1.000
CHILE	SCL	1.000	1.000	1.000	1.000
COLOMBIA	BAQ	0.279	0.377	0.330	0.427
	CLO	0.796	1.000	0.856	1.000
COSTA RICA	SJO	0.674	0.888	0.903	1.000
ECUADOR	GYE	-	-	0.632	0.859
EL SALVADOR	SAL	0.189	0.225	0.261	0.261
MÉXICO	CUN	1.000	1.000	1.000	1.000
	GDL	0.796	0.802	1.000	1.000
	MEX	1.000	1.000	1.000	1.000
	MTY	0.499	0.509	0.682	0.697
PERÚ	LIM	-	-	0.972	1.000
REP. DOMINICANA	SDQ	-	-	0.357	0.428

Tabla 9. Eficiencia de aeropuertos Latinoamericanos.

Los resultados de eficiencia técnica muestran grandes variaciones, considerando los esquemas de regulación en Latinoamérica. Se plantea la elaboración de recomendaciones para la actual regulación económica de sector aeroportuario en Latinoamérica y mejoras en el análisis que permitan determinar las variaciones al introducir la participación del sector privado, la expansión de su capacidad y regulaciones tarifarias, para así lograr objetivos específicos.

Algunas de las limitaciones del estudio respecto a lo planteado en el presente trabajo son el considerar periodos de análisis para un grupo de aeropuertos con distintos esquemas de regulación y factores internos propios de cada país, así como una evaluación que integra varios parámetros, dificultando la posibilidad de analizar cada sector de manera independiente.

Síntesis del capítulo.

Este capítulo presentó los conceptos empleados en los enfoques para evaluar la eficiencia de unidades de producción, bajo especificaciones técnicas definidas por cada método. Se resalta la elección del método DEA como enfoque para evaluar la eficiencia de SAM, debido a que permite la caracterización de manera independiente para cada unidad de producción, facilita la identificación de oportunidades de mejora y se ajusta a variables heterogéneas.

Adicionalmente, se evidencia su aplicación en la evaluación del sector aéreo en diferentes países del mundo, mostrando así, un antecedente que fortalece la elección del mismo para evaluar el desempeño del SAM.

Detalladas las especificaciones técnicas y software disponible para su aplicación, se decide recurrir a OSDES-GUI-v0.2, en función de los modelos planteados ya que no existen restricciones en cuanto al número de unidades de producción (DMU's) para cada análisis.

2 INSUMOS Y PRODUCTOS DEL SAM.

El presente capítulo incluye una reseña del SAM, abarcando desde su origen hasta su actual regulación, pasando por el proceso de crecimiento de la industria, los retos a los que se ha enfrentado a lo largo de su historia, así como las reformas que ha sufrido para consolidarse como un sistema atractivo actualmente.

En seguida se describe el proceso y resultado de la colecta de datos en el periodo de 1998 a 2011 para cada variable, los aeropuertos seleccionados para el análisis y su respectivo grupo regulador. Se presenta además una estadística descriptiva para cada variable seleccionada como representativa, mostrando los valores distintivos de cada serie de datos, resaltando el valor promedio, la desviación estándar y los valores máximo y mínimo.

2.1 Génesis y regulación actual del SAM.

2.1.1 Génesis.

Los orígenes del SAM se ubican en Balbuena, D.F., el 8 de enero de 1910 con los vuelos de Alberto Braniff, Lebrija, Villasana, Media y otros, mismo sitio donde a partir del 5 de Febrero de 1915 surgió la Fuerza Aérea Mexicana mediante la Escuela Militar de Aviación. (www.sct.gob.mx)

En años siguientes, el crecimiento de la inversión en el sector y la implementación de nuevas tecnologías generaron confianza en la nueva industria. Es así como el 12 de julio de 1921, se otorga la primera concesión por parte de la entonces SCOP, permitiendo la prestación de servicios de transporte aéreo. En ese momento, las limitaciones técnicas y administrativas en el sector por parte de la SCOP, propiciaron que las terminales construidas se regularan bajo el régimen de propiedad privada.

En 1939 se inaugura el Puerto Aéreo Central de la Ciudad de México bajo la dirección de la SCOP. La aceptación y grandes avances en la materia después de la Segunda Guerra Mundial, propiciaron la construcción de nuevos aeropuertos como el de Acapulco, Aguascalientes, Ciudad Juárez, Guadalajara, Guaymas, Hermosillo, La Paz, Matamoros, Mazatlán, Mexicali, Monterrey, Nogales, Oaxaca, Saltillo, San Luis Potosí, Tampico, Tijuana, Tuxtla Gutiérrez, Veracruz, Zacatecas, entre otros. (www.aicm.com.mx)

El notable crecimiento de la industria aérea generó la necesidad de un organismo regulador del sector aeronáutico, de modo que en Junio de 1965, con el apoyo del gobierno federal, surge la Dirección General de Aeropuertos y el organismo Aeropuertos y Servicios

Auxiliares (ASA). Surgió como organismo público descentralizado con objeto de administrar, operar, conservar y/o reconstruir los aeropuertos y aeródromos encomendados por el gobierno federal. Se le encargó además, la tarea de planeación, proyección, promoción y construcción de nuevas terminales aeroportuarias. (www.asa.gob.mx)

El éxito de la operación del sector aeronáutico permaneció vigente por algunas décadas, permitió el incremento en número de terminales aeroportuarias de la red federal que ofrecían servicio de calidad y generaban ingresos importantes. De 1975 a 1985, ASA se consolidó como un Organismo de reconocimiento en América Latina por su capacidad operativa de los más de 60 aeropuertos que conformaban la red. Sin embargo, el periodo comprendido de 1985 al años 2000, representó una reforma de la industria aérea, debido el crecimiento exponencial de la demanda de servicios aéreos y la crisis financiera experimentada no sólo en México.

Para el año 1995 el SAM se constituía de 83 aeropuertos, de los cuales 58 eran administrados por ASA. Sin embargo, el crecimiento de demanda del servicio requería de modernización y equipamiento, tareas que el organismo por sí mismo no podría solventar. Con estas limitaciones se permite la apertura al sector privado bajo el régimen de concesión, promulgándose la Ley de Aeropuertos el día 22 de Diciembre de 1995 por la Presidencia de la República. (www.asa.gob.mx)

Con la promulgación de la Ley de Aeropuertos, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT en lo subsecuente) como autoridad aeroportuaria, era la encargada de planear y establecer las políticas y programas de desarrollo del SAM; construir, administrar y operar los aeródromos civiles; otorgar concesiones y permisos, así como verificar su cumplimiento, modificación y/o revocación; establecer reglas de tránsito aéreo; fijar normas básicas de seguridad e imponer las sanciones correspondientes por el incumplimiento a lo previsto en la Ley.

El 9 de febrero de 1998, la SCT emite los lineamientos para la apertura a la inversión privada en el SAM. Se realiza un reagrupamiento de los aeropuertos de la red federal administrados hasta ese momento por ASA. De acuerdo a características específicas de cada uno de los aeropuertos se presentó la siguiente reestructuración:

SECTOR REGULADOR	GRUPO AEROPORTUARIO	AEROPUERTOS INCLUIDOS
PRIVADO	OMA 13 AEROPUERTOS CONSTITUIDO EL 28 DE MAYO DE 1998	ACAPULCO, CD. JUÁREZ, CHIHUAHUA, CULIACAN, DURANGO, MAZATLÁN, MONTERREY, REYNOSA, SAN LUIS POTOSÍ, TAMPICO, TORREÓN, ZACATECAS Y ZIHUATANEJO.
	GAP 12 AEROPUERTOS CONSTITUIDO EL 28 DE MAYO DE 1998	AGUASCALIENTES, BAJÍO, GUADALAJARA, HERMOSILLO, LA PAZ, LOS MOCHIS, MANZANILLO, MEXICALI, MORELIA, PTO. VALLARTA, SAN JOSÉ DEL CABO Y TIJUANA,
	ASUR 9 AEROPUERTOS CONSTITUIDO EL 1 DE ABRIL DE 1998	CANCÚN, COZUMEL, HUATULCO, MÉRIDA, MINATITLÁN, OAXACA, TAPACHULA, VERACRUZ Y VILLAHERMOSA.
	AICM 1 AEROPUERTO CONSTITUIDO EL 1 DE NOVIEMBRE DE 1998	AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
PÚBLICO	ASA 18 AEROPUERTOS	CAMPECHE, CHETUMAL, CD. DEL CARMEN, CD. OBREGÓN, CD. VICTORIA, GUAYMAS, LORETO, MATAMOROS, NOGALES, NUEVO LAREDO, PUEBLA, PTO. ESCONDIDO, URUAPAN, COLIMA, POZA RICA, TAMIUN, TEHUACÁN.

Tabla 10. Regulación actual del SAM.

En 2011 se tenía un registro de 76 aeropuertos en la red nacional, de los cuales, 64 cubrían servicios nacionales e internacionales, mientras que 12 sólo abarcaban el territorio nacional; además de 1,385 aerodromos. El registro incluye aeropuertos administrados por ASA, SCT, SEDENA, la Secretaría de Marina-Armada de México, Gobiernos Estatales y Municipales.

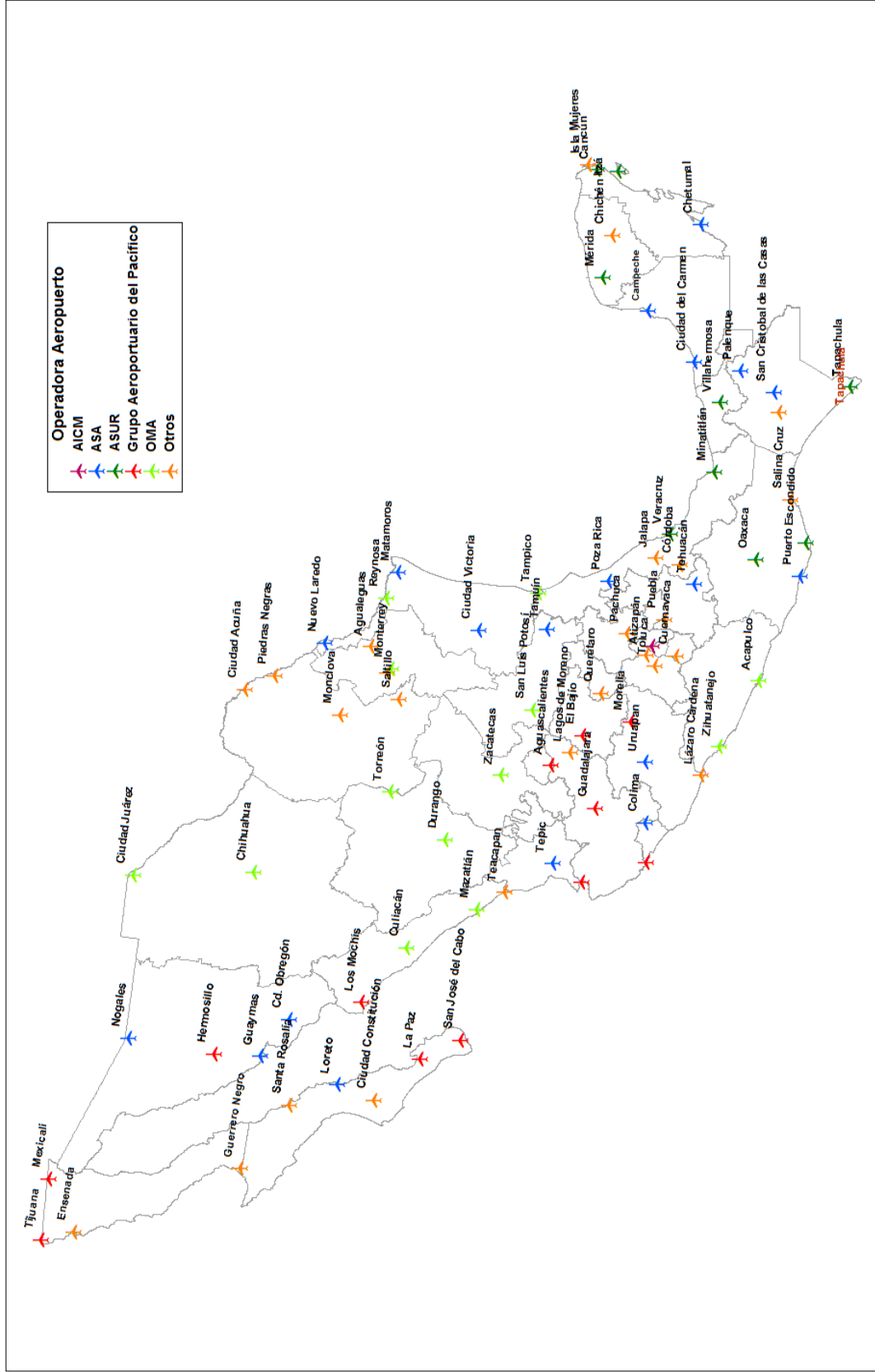


Ilustración 11. Distribución geográfica actual del SAM.

2.1.2 Regulación.

“La regulación es un sistema racional de instrumentos jurídicos que emplea el Estado para establecer obligaciones y derechos destinados a normar la conducta de los particulares y del gobierno, a fin de proteger los intereses sociales.” (ASF, 2013)

La Auditoría Superior de la Federación clasifica la regulación en tres tipos:

1. Económica: fija las normas técnicas y jurídicas para intervenir en el mercado, restringe tarifas y expone los requerimientos mínimos para participar en el mercado.
2. Social: establece las disposiciones en favor de la protección de bienes comunes como el medio ambiente y la salud.
3. Administrativa: incluye las disposiciones destinadas a normar la propia administración pública con el fin de garantizar el abasto de bienes y servicios.

En el sector aéreo, la regulación del SAM fue por varias décadas, función del organismo descentralizado ASA, lo cual mantuvo calidad y crecimiento en el servicio hasta 1995.

Con base en las expectativas de crecimiento de demanda del servicio regular y de carga, se evidenció el inminente rebase de las capacidades financieras y administrativas de ASA, generando como consecuencia la necesidad de apertura al sector privado, o el rezago del sector aéreo de una economía en crecimiento.

La transición al actual régimen regulatorio del sistema aeroportuario se originó con la apertura al capital privado, mediante la Ley de Aeropuertos, cediendo la administración y explotación de los treinta y cinco aeropuertos más rentables de la red federal existente hasta ese momento a particulares.

El día 22 de Diciembre de 1995 se promulga la Ley de Aeropuertos, otorgando facultades a la SCT, la administración, operación, explotación y otorgamiento de concesiones y permisos a terceros. Se confiere además la facultad de establecer las reglas de tránsito aéreo, horarios de operación, bases de prestación de servicio, fijar condiciones mínimas de operación, vigilar normas mínimas de seguridad e imponer las sanciones en que incurran las terminales y prestatarios del servicio por el incumplimiento a lo previsto en esta Ley. (www.asa.gob.mx)

En febrero de 1998 se concreta dicha transición de régimen regulatorio cuando la SCT emite los lineamientos para la apertura a la inversión privada en el SAM, donde, evidentemente la política regulatoria se orientaba a temas estratégicos, en los cuales se

establecían las bases para regir las inversiones privadas, establecimiento de límites tarifarios, condiciones mínimas de seguridad, cobertura y calidad del servicio.

Obviamente, la política regulatoria normaría distinto al mercado nacional e internacional. La inversión privada a nivel nacional estaría reglamentada bajo concesiones y permisos, mientras que la apertura al mercado internacional se normaría con acuerdos bilaterales.

CONCESIONES.

“La concesión regula la operación de una empresa en un conjunto de rutas definido, mismas que deben ser atendidas de acuerdo con la frecuencia e itinerarios autorizados por el órgano regulador.” (Rico y Herrera, 2014)

La Ley de Aeropuertos estipula los requerimientos mínimos de concesión otorgada por parte de la SCT para la administración, operación, explotación y, en su caso, construcción de aeropuertos. Las concesiones se otorgan únicamente a sociedades constituidas conforme a leyes mexicanas mediante licitación, debidamente publicada en el Diario Oficial de la Federación o sin licitación en casos especiales. Para ello los interesados deberán acreditar capacidad jurídica, técnica, administrativa y financiera y no podrán exceder un plazo de utilización de la infraestructura de 50 años.

PERMISOS.

“El permiso se otorga para prestar servicios públicos bajo la modalidad de fletamiento y, por ello, no obliga a las empresas a restringirse a ciertas rutas o itinerarios.” (Rico y Herrera, 2014)

Se confiere la facultad a la SCT de otorgar permisos a personas físicas o morales constituidas conforme a leyes mexicanas para la administración, operación, explotación, y en su caso, construcción de aeródromos civiles distintos a los aeropuertos; debiendo acreditar capacidad jurídica, técnica, administrativa y financiera. Para aeródromos de servicio general, se otorgan permisos sólo a sociedades mercantiles mexicanas, previo cumplimiento de los requisitos establecidos por la Ley de Aeropuertos. Ningún permiso podrá exceder 30 años de utilización de la infraestructura.

Cabe mencionar que la infraestructura de transporte aéreo permanece con carácter público y es propiedad de la nación a pesar de que su administración y explotación se encuentre a cargo de particulares.

ACUERDOS BILATERALES.

Los acuerdos bilaterales definen las rutas, las aerolíneas designadas para operarlas y la frecuencia de sus operaciones. Todo esto bajo reciprocidad y garantía de equidad en las oportunidades de negocio para las aerolíneas involucradas. (Rico y Herrera, 2014)

Los acuerdos bilaterales, que regulan el transporte aéreo internacional, surgieron en la llamada Convención Internacional de Chicago de 1944. Los accesos a mercados de otros países se restringen por las denominadas “libertades del aire”, clasificadas en nueve categorías o niveles paulatinamente más permisivos:

- Primera: las aerolíneas adquieren derecho de sobrevolar territorio extranjero.
- Segunda: permite a aerolíneas aterrizar por razones técnicas, sin abordar o descender pasajeros en territorio extranjero.
- Tercera: la aerolínea tiene derecho de transportar pasajeros o carga desde su país hacia el exterior.
- Cuarta: permite a una aerolínea transportar pasajeros o carga hacia su país, desde el extranjero.
- Quinta: permite a una aerolínea transportar pasajeros o carga desde su país hacia otro país y de ahí transportar pasajeros o carga hacia un segundo país.
- Sexta: concede derecho a una aerolínea para transportar pasajeros o carga entre dos países, usando su país como punto de tránsito.
- Séptima: otorga derecho a una aerolínea para transportar pasajeros o carga entre dos países sin involucrar a su país en su intercambio.
- Octava: permite a una aerolínea transportar pasajeros y carga dentro de otro país, teniendo inicio en su país (cabotaje consecutivo).
- Novena: concede derecho a una aerolínea para transportar pasajeros y carga dentro de otro país (cabotaje autónomo).

Rico y Herrera (2014) indican que los convenios bilaterales de México, incluyen únicamente las primeras cuatro libertades, prohibiéndose las restantes y especialmente la octava y novena. Las aerolíneas mexicanas interesadas en participar en el mercado de otros países, deben obtener apoyo del gobierno mexicano para alcanzar su ingreso a la ruta deseada, siempre y cuando se cumplan las reglas establecidas por ambos países. La regulación tarifaria a nivel internacional, no presenta restricciones.

2.2 Colecta y validación de información disponible para el análisis

El cálculo de eficiencia del SAM requiere del procesamiento de series de datos registrados históricamente para cada uno de los aeropuertos a analizar. Los datos empleados para la obtención de la eficiencia técnica del SAM corresponden a aeropuertos concesionados a la inversión privada, debido a que presentan mayor demanda y oferta de servicios. Los aeropuertos incorporados a ASA muestran valores menores y para efecto del presente trabajo no son representativos, ya que propiciarían mayores holguras entre aeropuertos eficientes y deficientes, además de competir en condiciones desfavorables respecto al sector privado.

Los datos disponibles corresponden a 35 Aeropuertos, los cuales se obtuvieron de estadísticas anuales emitidas por la SCT y de los registros emitidos por cada grupo aeroportuario. A continuación se presentan los aeropuertos por analizar, ordenados alfabéticamente, sin diferenciar por el grupo aeroportuario al que pertenecen.

Acapulco	Culiacán	Manzanillo	Morelia	Tapachula
Aguascalientes	Durango	Mazatlán	Oaxaca	Tijuana
Bajío (León)	Guadalajara	Mérida	Puerto Vallarta	Torreón
Cancún	Hermosillo	Mexicali	Reynosa	Veracruz
Chihuahua	Huatulco	México (AICM)	San José del Cabo	Villahermosa
Ciudad Juárez	La Paz	Minatitlán	San Luis Potosí	Zacatecas
Cozumel	Los Mochis	Monterrey	Tampico	Zihuatanejo

Todos los parámetros presentan datos del periodo comprendido entre 1998 y 2011, sin embargo, sólo se manejarán datos del año 2011, por ser la información más actualizada. A continuación se enlistan las variables disponibles, sujetas a una selección en función de su importancia.

- *Número de pasajeros transportados a nivel nacional:* corresponde al número de personas transportadas exclusivamente dentro de la República Mexicana.
- *Número de pasajeros transportados a nivel internacional:* indica el número de personas transportadas a nivel internacional, sin hacer referencia a una región en específico.
- *Número de pasajeros programados:* se refiere al número de pasajeros cuya reservación de servicio se hace con antelación.

- *Número de pasajeros no programados*: incluye a los pasajeros cuya fecha de solicitud de servicio se hace el mismo día en que se requiere.
- *Número total de pasajeros transportados*: número total de personas transportadas anualmente en cada terminal aeroportuaria. Considera los pasajeros con destinos nacionales e internacionales.
- *Número de pasajeros transportados por empresas nacionales*: indica el número de pasajeros que emplearon aerolíneas mexicanas para transportarse, ya sea a nivel nacional o internacional.
- *Número de pasajeros transportados por empresas extranjeras*: contempla los pasajeros que emplean aerolíneas extranjeras para transportarse y que a la vez cumplen con los acuerdos bilaterales en los que participa México.
- *Número de pasajeros en el mes más ocupado del año*: indica el volumen de pasajeros transportados durante el mes de máxima demanda para cada aeropuerto.
- *Número total de pasajeros durante la hora más ocupada del año*: indica el volumen de pasajeros atendidos en la hora de máxima demanda de cada año registrado.
- *Toneladas de carga transportada a nivel nacional*: se refiere al volumen de carga transportado exclusivamente dentro de la República Mexicana.
- *Toneladas de carga transportadas a nivel internacional*: indica el volumen de carga transportado a nivel internacional, sin hacer referencia a una región en específico.
- *Toneladas de carga transportadas*: representa el volumen total de toneladas transportadas anualmente en cada terminal aeroportuaria, ya sea con destino nacional o internacional.
- *Carga transportada por empresas nacionales*: indica el volumen de carga transportada por aerolíneas mexicanas, ya sea con destino nacional o internacional.
- *Carga transportada por empresas extranjeras*: contempla el volumen de carga transportada por aerolíneas extranjeras y que a la vez cumplen con los acuerdos bilaterales en los que participa México.
- *Número de operaciones durante la hora más ocupada del año*: se refiere al valor máximo de movimientos registrado en la pista, en la hora más ocupada del año. Incluyendo movimientos de despegue y aterrizaje.
- *Numero de pistas de aterrizaje*: número de pistas disponibles en cada aeropuerto, ya sea para movimientos de despegue o aterrizaje.
- *Movimientos por hora en la pista*: denominado capacidad de la pista; representa el número de operaciones en las pistas del aeropuerto, ya sea despegue o aterrizaje

por cada hora de operación. Se consideran operaciones con aviones Boeing 737, A320 y similares.

- *Capacidad de la terminal de pasajeros*: representa el número de pasajeros que podrían ser atendidos por cada hora de operación de la terminal, al trabajar a su máxima capacidad. Sus unidades son pasajeros/hora.
- *Capacidad de la terminal de carga*: variable que representa la superficie en metros cuadrados destinada a atender la demanda del servicio de carga en cada terminal.
- *Tamaño de la terminal*: indica la superficie total de cada aeropuerto, incluye la terminal de pasajeros, carga, espacios destinados a ventas al por menor, salas de espera, estacionamientos y servicios diversos.
- *Espacio utilizado para actividades de venta al por menor*: contempla el área destinada a servicios de ventas de artículos de viaje o para consumo.
- *Número de puertas de contacto*: indica el número de puertas disponibles que permiten el arribo desde la terminal de pasajeros o de carga.
- *Estacionamiento de aeronaves*: indica el número de espacios disponibles para estacionar las aeronaves cuando están fuera de servicio o necesitan servicio.
- *Número de unidades de reclamación de equipaje*: se refiere a los espacios disponibles para tratar asuntos relacionados a problemas con el equipaje de los pasajeros.
- *Empleados contratados directamente por la administración del aeropuerto*: personal contratado y administrado por el aeropuerto.
- *Número total de empleados*: se refiere al número total de personal empleado en la terminal, ya sea directamente en el servicio de transporte de pasajeros o carga o en actividades complementarias.

Analizadas todas las variables disponibles y de acuerdo a los criterios indicados en el apartado 3.1, se enlistan a continuación aquellas que cumplen con los requerimientos y objetivos planteados en el presente trabajo.

- ✓ Número total de pasajeros transportados (pasajeros/año): Es la única variable con valores expresados en miles, con intención de facilitar el manejo de datos.
- ✓ Toneladas de carga transportadas (ton/año).
- ✓ Movimientos por hora en la pista (movimientos/hora).
- ✓ Capacidad de la terminal de pasajeros (pasajeros/hora).
- ✓ Capacidad de la terminal de carga (m²).

- ✓ Número total de empleados (número).

Evidentemente el volumen de pasajeros y carga transportada son las variables de mayor importancia en el análisis y se agrupan en variables Output. En cuanto a los insumos, se eligen los movimientos por hora en la pista por considerarse una medida que permite la prestación de servicio en relación con la demanda de pasajeros y carga.

Adicionalmente, con intención de evaluar de manera independiente cada sector, se eligen las variables de capacidad de la terminal de pasajeros y carga, considerando que el tamaño total de la terminal involucra otras actividades que requieren de cierta superficie. Finalmente, se emplea el número total de empleados permitiendo definir en qué medida es adecuado contratar un alto o bajo volumen de personal.

A continuación se presentan los valores del año 2011 para cada variable de análisis ordenadas por grupo aeroportuario.

G. A.	AEROPUERTO	PASAJEROS TRANSPORTADOS (Miles)	CARGA TRANSPORTADA	MOV/HR	CAPACIDAD DE LA TERMINAL DE PASAJEROS	CAPACIDAD DE LA TERMINAL DE CARGA	EMPLEADOS
AICM	AICM	24,184	411,368	61	10,761	51,873	5,258
	Acapulco	672	1,743	8	784	1,994	58
	Chihuahua	846	9,296	9	432	685	42
	Ciudad Juárez	597	6,770	7	298	428	26
	Culiacán	1,136	3,999	19	634	805	48
	Durango	181	366	7	242	317	36
	Mazatlán	663	3,207	8	650	1,630	41
	Monterrey	5,623	50,053	26	1,680	3,297	111
OMA	Reynosa	214	2,683	3	266	121	29
	San Luis Potosí	206	25,697	5	181	250	32
	Tampico	449	1,055	6	338	627	35
	Torreón	323	1,218	5	174	700	26
	Zacatecas	253	1,198	3	240	370	25
	Zihuatanejo	466	827	6	532	906	21
	Aguascalientes	282	1,321	9	266	380	37
	Bajío (León)	803	4,176	10	586	2,000	42
GAP	Guadalajara	7,292	148,155	31	1,626	6,194	121
	Hermosillo	1,099	7,533	15	518	2,000	29
	La Paz	567	4,565	14	512	518	31

GAP	Los Mochis	253	1,253	11	220	500	21
	Manzanillo	124	393	5	287	470	19
	Mexicali	439	3,033	8	372	500	27
	Morelia	387	724	5	254	585	22
	Puerto Vallarta	2,561	4,377	22	2,071	3,900	64
	San José del Cabo	2,771	5,610	23	1,890	2,716	43
	Tijuana	3,712	27,137	18	1,511	6,000	64
	Cancún	12,243	18,300	53	6,479	11,885	158
	Cozumel	431	1,296	13	921	983	37
	Huatulco	358	849	5	399	824	17
ASUR	Mérida	1,179	30,425	14	569	1,622	52
	Minatitlán	118	1,095	4	137	282	11
	Oaxaca	431	2,946	8	323	335	16
	Tapachula	186	1,449	7	257	378	21
	Veracruz	905	3,641	14	566	570	34
	Villahermosa	729	5,678	8	368	945	25

Tabla 11. Datos disponibles. Variables de análisis.

2.3 Estadística descriptiva de las variables empleadas como insumos y productos.

El proceso de análisis previo al desarrollo del método DEA consistió en la generación de una estadística descriptiva de los valores registrados en los últimos años. La estadística descriptiva muestra valores relevantes de la serie de datos de cada aeropuerto, que consiste en un grupo de variables estadísticas obtenidas a partir de cierto número de datos.

Con objeto de analizar de manera más completa la variación de los datos registrados durante los últimos años, únicamente en este apartado se manejarán valores que involucran el periodo comprendido entre 1998 y 2011.

Por otra parte, debido a que se eligieron modelos representativos de análisis desagregado, solamente se presenta la estadística descriptiva de esas variables, tal como se muestra en las tablas 12 a 15. Las consideraciones para su elección se presentan en el apartado 3.2 del capítulo siguiente.

Las variables seleccionadas para los modelos representativos son:

- ✓ Número total de pasajeros transportados (Miles).
- ✓ Toneladas de carga transportadas.
- ✓ Capacidad de la terminal de pasajeros (pasajeros/hora).
- ✓ Capacidad de la terminal de carga (m^2).

Los valores representativos de cada variable se concentran por grupo aeroportuario, incluyendo el valor promedio registrado en el periodo de 1998 a 2011, la variación respecto a la media aritmética, los valores mínimos y máximos registrados de cada variable en ese periodo para cada aeropuerto y finalmente, se muestra una columna que representa la suma total de los registros de 1998 a 2011. Cada una de las tablas de acompaña de un resumen que permite ubicar aeropuertos con mayor demanda y capacidad operativa.

NÚMERO TOTAL DE PASAJEROS TRANSPORTADOS (MILES)						
G. A.	AEROPUERTO	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Suma
AICM	AICM	22,797.90	2,234.80	18,947.00	26,153.00	319,171.00
OMA	Acapulco	786.86	107.58	668.00	995.00	11,016.00
	Chihuahua	614.71	148.23	453.00	846.00	8,606.00
	Ciudad Juárez	605.00	134.57	449.00	900.00	8,470.00
	Culiacán	791.07	237.59	545.00	1,136.00	11,075.00
	Durango	206.50	25.76	177.00	261.00	2,891.00
	Mazatlán	669.50	60.34	586.00	794.00	9,373.00
	Monterrey	4,540.29	1,228.51	3,048.00	6,568.00	63,564.00
	Reynosa	167.14	35.32	130.00	240.00	2,340.00
	San Luis Potosí	198.14	27.46	163.00	251.00	2,774.00
	Tampico	407.07	84.71	319.00	566.00	5,699.00
	Torreón	366.43	57.67	313.00	508.00	5,130.00
	Zacatecas	266.21	34.30	225.00	327.00	3,727.00
Zihuatanejo	496.21	51.81	424.00	583.00	6,947.00	
GAP	Aguascalientes	350.36	50.45	276.00	456.00	4,905.00
	Bajío (León)	957.29	153.72	708.00	1,265.00	13,402.00
	Guadalajara	5,897.79	976.08	4,672.00	7,318.00	82,569.00
	Hermosillo	1,110.07	127.65	805.00	1,317.00	15,541.00
	La Paz	477.14	67.02	410.00	619.00	6,680.00
	Los Mochis	218.79	25.73	188.00	283.00	3,063.00
	Manzanillo	157.93	23.25	124.00	201.00	2,211.00
	Mexicali	453.86	80.04	283.00	597.00	6,354.00
	Morelia	516.29	76.40	387.00	661.00	7,228.00
	Puerto Vallarta	1,955.93	672.94	1,183.00	2,955.00	27,383.00
	San José del Cabo	1,980.14	695.04	1,042.00	2,832.00	27,722.00
	Tijuana	3,555.21	413.31	3,117.00	4,729.00	49,773.00
ASUR	Cancún	7,159.21	2,837.77	3,704.00	12,243.00	100,229.00
	Cozumel	352.50	63.85	247.00	449.00	4,935.00
	Huatulco	256.50	54.26	187.00	358.00	3,591.00
	Mérida	991.79	160.90	812.00	1,272.00	13,885.00
	Minatitlán	144.64	20.71	118.00	188.00	2,025.00
	Oaxaca	487.93	51.62	431.00	594.00	6,831.00
	Tapachula	209.43	36.12	176.00	287.00	2,932.00
	Veracruz	659.93	206.59	409.00	978.00	9,239.00
	Villahermosa	664.64	142.10	497.00	956.00	9,305.00

Tabla 12. Estadística descriptiva. Pasajeros transportados (Miles).

Analizando los datos por periodo, se muestra a AICM como el grupo aeroportuario con mayor volumen de pasajeros transportados, seguido por GAP, donde destacan Guadalajara y Tijuana, posteriormente se encuentra ASUR, donde destaca el aeropuerto de Cancún. En último lugar tenemos a OMA, con Monterrey como su aeropuerto principal.

De manera independiente podemos observar a AICM como el aeropuerto con mayor volumen de pasajeros transportados, seguido por Cancún, Guadalajara y Monterrey con más de 12, 7 y 6 millones de pasajeros transportados en un año, respectivamente.

TONELADAS DE CARGA TRANSPORTADAS						
G. A.	AEROPUERTO	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Suma
AICM	AICM	368,689.40	35,712.20	282,500.00	411,367.80	5,161,651.80
OMA	Acapulco	1,696.65	236.71	1,403.80	2,081.91	23,753.16
	Chihuahua	7,526.14	902.26	6,217.01	9,296.00	105,365.91
	Ciudad Juárez	4,050.04	1,393.51	2,646.20	6,770.00	56,700.56
	Culiacán	3,422.18	615.61	2,450.02	4,245.51	47,910.48
	Durango	381.86	79.03	280.78	510.11	5,346.01
	Mazatlán	3,246.16	446.31	2,591.29	3,945.86	45,446.21
	Monterrey	39,939.47	6,837.94	29,476.32	50,053.00	559,152.63
	Reynosa	1,421.76	849.65	631.62	2,683.00	19,904.68
	San Luis Potosí	16,344.10	6,991.62	6,270.40	25,697.00	228,817.37
	Tampico	1,063.48	131.17	861.13	1,272.72	14,888.73
	Torreón	1,208.41	182.28	1,002.00	1,649.93	16,917.72
	Zacatecas	879.05	247.24	478.55	1,198.00	12,306.76
	Zihuatanejo	788.56	144.54	610.58	1,020.60	11,039.86
GAP	Aguascalientes	1,030.21	177.23	778.08	1,320.97	14,422.90
	Bajío (León)	3,211.22	586.17	2,381.75	4,176.46	44,957.06
	Guadalajara	107,194.87	24,275.73	73,565.60	148,154.74	1,500,728.17
	Hermosillo	5,742.66	1,082.87	4,214.71	7,532.93	80,397.19
	La Paz	3,670.30	563.00	2,862.09	4,585.02	51,384.20
	Los Mochis	1,008.12	151.29	790.59	1,253.47	14,113.68
	Manzanillo	306.42	52.93	231.16	393.28	4,289.92
	Mexicali	2,439.14	366.04	1,912.83	3,032.76	34,147.94
	Morelia	553.18	105.09	404.97	724.44	7,744.56
	Puerto Vallarta	3,519.22	528.93	2,758.78	4,377.34	49,269.13
	San José del Cabo	4,375.96	752.39	3,305.70	5,610.15	61,263.41
	Tijuana	20,345.11	4,073.55	14,627.81	27,137.46	284,831.58

ASUR	Cancún	15,330.85	1,892.89	12,557.47	18,300.00	214,631.85
	Cozumel	1,160.43	85.39	1,023.27	1,296.15	16,245.99
	Huatulco	923.51	220.75	700.00	1,298.87	12,929.09
	Mérida	22,786.09	4,567.20	16,358.80	30,424.99	319,005.30
	Minatitlán	960.66	84.67	825.46	1,095.45	13,449.29
	Oaxaca	2,560.81	253.07	2,191.07	2,946.18	35,851.32
	Tapachula	1,356.73	72.14	1,239.24	1,449.14	18,994.17
	Veracruz	3,055.66	383.19	2,491.49	3,641.43	42,779.29
	Villahermosa	4,626.70	657.91	3,673.31	5,678.03	64,773.75

Tabla 13. Estadística descriptiva. Toneladas de carga transportadas.

En cuanto a carga transportada, nuevamente se observa a AICM como el grupo con mayor volumen transportado, seguido por GAP y OMA con 2 y 1 millón respectivamente, ubicando a ASUR en último lugar con menos de 1 millón de toneladas transportadas.

Al evaluarlos en función del máximo volumen transportado en un año de operación, tenemos otros aeropuertos importantes como Mérida, Guadalajara y Monterrey, así como San Luis Potosí, con la mitad del volumen transportado por Monterrey.

CAPACIDAD DE LA TERMINAL DE PASAJEROS (PASAJEROS/HR)						
G. A.	AEROPUERTO	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Suma
AICM	AICM	7,521.60	2,505.60	5,722.00	10,761.00	105,303.00
OMA	Acapulco	939.07	86.25	784.00	1,105.00	13,147.00
	Chihuahua	395.79	25.23	351.00	436.00	5,541.00
	Ciudad Juárez	456.57	90.61	298.00	591.00	6,392.00
	Culiacán	482.64	70.80	396.00	634.00	6,757.00
	Durango	184.21	28.98	129.00	242.00	2,579.00
	Mazatlán	791.07	86.11	649.00	931.00	11,075.00
	Monterrey	1,927.14	203.67	1,546.00	2,214.00	26,980.00
	Reynosa	213.07	57.20	127.00	314.00	2,983.00
	San Luis Potosí	177.21	16.52	143.00	201.00	2,481.00
	Tampico	412.50	59.67	338.00	529.00	5,775.00
	Torreón	235.93	46.47	172.00	330.00	3,303.00
	Zacatecas	253.93	42.67	192.00	323.00	3,555.00
Zihuatanejo	706.43	66.95	532.00	764.00	9,890.00	
GAP	Aguascalientes	234.86	26.83	212.00	290.00	3,288.00

	Bajío (León)	701.43	78.84	586.00	847.00	9,820.00
	Guadalajara	1,843.36	178.52	1,625.00	2,278.00	25,807.00
	Hermosillo	624.50	60.58	518.00	729.00	8,743.00
	La Paz	417.57	55.82	353.00	529.00	5,846.00
	Los Mochis	250.21	28.88	220.00	332.00	3,503.00
	Manzanillo	386.36	75.71	258.00	509.00	5,409.00
	Mexicali	425.64	77.78	325.00	545.00	5,959.00
	Morelia	406.86	79.11	254.00	531.00	5,696.00
	Puerto Vallarta	2,609.21	395.00	1,996.00	3,138.00	36,529.00
	San José del Cabo	3,518.14	1,453.37	1,888.00	5,338.00	49,254.00
	Tijuana	1,706.93	191.18	1,438.00	2,227.00	23,897.00
ASUR	Cancún	5,447.79	499.57	4,516.00	6,479.00	76,269.00
	Cozumel	595.64	223.44	306.00	921.00	8,339.00
	Huatulco	455.07	44.15	388.00	553.00	6,371.00
	Mérida	486.93	81.92	363.00	652.00	6,817.00
	Minatitlán	240.79	60.03	137.00	338.00	3,371.00
	Oaxaca	432.00	64.24	323.00	533.00	6,048.00
	Tapachula	199.00	57.01	111.00	312.00	2,786.00
	Veracruz	500.64	75.85	393.00	658.00	7,009.00
	Villahermosa	445.86	54.46	368.00	532.00	6,242.00

Tabla 14. Estadística descriptiva. Capacidad de la terminal de pasajeros.

Evaluando la capacidad de la terminal de pasajeros por grupo aeroportuario, tenemos a GAP encabezando la lista, considerando la capacidad acumulada registrada por sus aeropuertos, seguido por ASUR, AICM y OMA. Comparando dicha capacidad por aeropuerto, tenemos evidentemente a AICM en primer lugar, seguido por Cancún, San José del Cabo, Puerto Vallarta, Guadalajara, Monterrey y Tijuana.

CAPACIDAD DE LA TERMINAL DE CARGA (M2)						
G. A.	AEROPUERTO	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Suma
AICM	AICM	51,873.00	0.00	51,873.00	51,873.00	726,222.00
OMA	Acapulco	1,994.00	0.00	1,994.00	1,994.00	27,916.00
	Chihuahua	685.00	0.00	685.00	685.00	9,590.00
	Ciudad Juárez	428.00	0.00	428.00	428.00	5,992.00
	Culiacán	805.00	0.00	805.00	805.00	11,270.00
	Durango	317.00	0.00	317.00	317.00	4,438.00
	Mazatlán	1,630.00	0.00	1,630.00	1,630.00	22,820.00
	Monterrey	3,297.00	0.00	3,297.00	3,297.00	46,158.00
	Reynosa	121.00	0.00	121.00	121.00	1,694.00
	San Luis Potosí	250.00	0.00	250.00	250.00	3,500.00
	Tampico	627.00	0.00	627.00	627.00	8,778.00
	Torreón	700.00	0.00	700.00	700.00	9,800.00
	Zacatecas	370.00	0.00	370.00	370.00	5,180.00
	Zihuatanejo	906.00	0.00	906.00	906.00	12,684.00
GAP	Aguascalientes	380.00	0.00	380.00	380.00	5,320.00
	Bajío (León)	2,000.00	0.00	2,000.00	2,000.00	28,000.00
	Guadalajara	6,194.00	0.00	6,194.00	6,194.00	86,716.00
	Hermosillo	2,000.00	0.00	2,000.00	2,000.00	28,000.00
	La Paz	518.00	0.00	518.00	518.00	7,252.00
	Los Mochis	500.00	0.00	500.00	500.00	7,000.00
	Manzanillo	470.00	0.00	470.00	470.00	6,580.00
	Mexicali	500.00	0.00	500.00	500.00	7,000.00
	Morelia	585.00	0.00	585.00	585.00	8,190.00
	Puerto Vallarta	3,000.00	696.14	2,500.00	3,900.00	42,000.00
	San José del Cabo	2,716.00	0.00	2,716.00	2,716.00	38,024.00
	Tijuana	6,000.00	0.00	6,000.00	6,000.00	84,000.00
ASUR	Cancún	8,975.43	2,250.53	7,359.00	11,885.00	125,656.00
	Cozumel	983.00	0.00	983.00	983.00	13,762.00
	Huatulco	824.00	0.00	824.00	824.00	11,536.00
	Mérida	1,622.00	0.00	1,622.00	1,622.00	22,708.00
	Minatitlán	282.00	0.00	282.00	282.00	3,948.00
	Oaxaca	335.00	0.00	335.00	335.00	4,690.00
	Tapachula	378.00	0.00	378.00	378.00	5,292.00
	Veracruz	570.00	0.00	570.00	570.00	7,980.00
	Villahermosa	945.00	0.00	945.00	945.00	13,230.00

Tabla 15. Estadística descriptiva. Capacidad de la terminal de carga.

Finalmente, al comparar la capacidad de la terminal de carga, podemos observar a AICM con una capacidad promedio de más de 50 mil metros cuadrados disponibles, seguido por GAP, ASUR y OMA con 2,000, 1,600 y 900 metros cuadrados, respectivamente. Adicionalmente no se presentan variaciones en las capacidades de la terminal de carga en aeropuertos, excepto en terminales de Puerto Vallarta y Cancún.

Analizando los valores por aeropuerto, destacan Monterrey, Guadalajara, Puerto Vallarta, San José del Cabo, Tijuana, Cancún y San Luis Potosí, dónde éste último sobresale por la baja capacidad de su terminal de carga y un volumen elevado de carga transportada.

2.4 Estadística comparativa por grupo aeroportuario y aeropuerto.

Considerando que los volúmenes de demanda no son constantes para todos los aeropuertos y que los insumos empleados para generar servicio no son proporcionales; se presenta una estadística comparativa que permita identificar el aeropuerto y grupo aeroportuario con mayor demanda y mayor disponibilidad de insumos.

Se ordenarán los grupos aeroportuarios y aeropuertos por mayor volumen de Output e Input, de modo que al evaluar la eficiencia técnica para cada uno, se podrá establecer si existe relación directa entre los volúmenes de Input y Output con las puntuaciones de eficiencia obtenidas. De ser diferente, se podrán identificar los sectores con problemas de deficiencia y así podremos establecer estrategias de mejora en los mismos.

Cabe resaltar que las estrategias de mejora se orientan a modelos específicos, sin embargo, estaremos en condiciones de ubicar otros sectores importantes, a nivel de grupo aeroportuario y por aeropuerto, generando así nuevas líneas de trabajo orientadas a establecer la relación entre volúmenes de Input, Output y eficiencia técnica.

Se muestran los resultados para las variables empleadas únicamente en los modelos representativos (explicados con detalle en el apartado 3.2), siendo estas:

- ✓ Número total de pasajeros transportados (Miles).
- ✓ Toneladas de carga transportadas.
- ✓ Capacidad de la terminal de pasajeros (pasajeros/hora).
- ✓ Capacidad de la terminal de carga (m²).

Inicialmente se presentarán los resultados por grupo aeroportuario. Los resultados obtenidos corresponden a la suma de los valores de todos los aeropuertos, registrados para el año 2011, tal como lo muestra la Tabla 16. Posteriormente se realizará una comparativa

por aeropuerto, sin tomar en cuenta el grupo aeroportuario al que pertenecen, con datos del mismo año, como se indica en la Tabla 17.

ESTADÍSTICA COMPARATIVA POR GRUPO AEROPORTUARIO (2011)				
	AICM	OMA	GAP	ASUR
PASAJEROS TRANSPORTADOS (MILES)	24,184	11,629	20,310	16,580
CARGA TRANSPORTADA	411,368	108,112	208,299	65,680
CAP. TERMINAL DE PASAJEROS	10,761	6,451	10,113	10,019
CAP. TERMINAL DE CARGA	51,873	12,130	25,763	17,824

Tabla 16. Estadística comparativa por grupo aeroportuario (2011).

AICM se presenta como el grupo aeroportuario con mayor demanda y capacidad de oferta, para cada variable. En cuanto a los pasajeros transportados, de los más de 73 millones transportados en el año 2011, AICM representa el 33% del total, seguido por GAP con el 28%. Resaltando la capacidad operativa de un solo aeropuerto en comparación con lo generado por un grupo de 12.

Un caso aún más representativo, se presenta en la carga transportada para el año 2011, donde, de las casi 800 mil toneladas transportadas, AICM transportó el 52%. En este caso, GAP, OMA y ASUR representan el 26%, 13% y el 9%, respectivamente.

Se observa también una mayor capacidad de la terminal de pasajeros de AICM, respecto a la suma obtenida para cada grupo aeroportuario, siendo GAP y ASUR los más cercanos.

Finalmente, en cuanto a la capacidad de la terminal de carga, AICM representa poco más del doble de la capacidad de GAP, cuatro veces más que la capacidad de OMA y casi tres veces lo obtenido en grupo ASUR. Cabe resaltar que existe cierta proporcionalidad entre la carga transportada y la capacidad de la terminal de carga de cada grupo aeroportuario, excepto para grupo ASUR, donde teóricamente deberían destinarse alrededor de 9 mil metros cuadrados a este servicio.

ESTADÍSTICA COMPARATIVA POR AEROPUERTO (2011)						
No	AEROPUERTO	PASAJEROS (MILES)	CARGA	CAP. TERM. DE PASAJEROS	CAP. TERM. DE CARGA	G.A.
1	AICM	24,184	411,368	10,761	51,873	AICM
2	Cancún	12,243	18,300	6,479	11,885	ASUR
3	Guadalajara	7,292	148,155	1,626	6,194	GAP
4	Monterrey	5,623	50,053	1,680	3,297	OMA
5	Tijuana	3,712	27,137	1,511	6,000	GAP
6	San José del Cabo	2,771	5,610	1,890	2,716	GAP
7	Puerto Vallarta	2,561	4,377	2,071	3,900	GAP
8	Mérida	1,179	30,425	569	1,622	ASUR
9	Culiacán	1,136	3,999	634	805	OMA
10	Hermosillo	1,099	7,533	518	2,000	GAP
11	Veracruz	905	3,641	566	570	ASUR
12	Chihuahua	846	9,296	432	685	OMA
13	Bajío (León)	803	4,176	586	2,000	GAP
14	Villahermosa	729	5,678	368	945	ASUR
15	Acapulco	672	1,743	784	1,994	OMA
16	Mazatlán	663	3,207	650	1,630	OMA
17	Ciudad Juárez	597	6,770	298	428	OMA
18	La Paz	587	4,585	512	518	GAP
19	Zihuatanejo	466	827	532	906	OMA
20	Tampico	449	1,055	338	627	OMA
21	Mexicali	439	3,033	372	500	GAP
22	Cozumel	431	1,296	921	983	ASUR
23	Oaxaca	431	2,946	323	335	ASUR
24	Morelia	387	724	254	585	GAP
25	Huatulco	358	849	399	824	ASUR
26	Torreón	323	1,218	174	700	OMA
27	Aguascalientes	282	1,321	266	380	GAP
28	Los Mochis	253	1,253	220	500	GAP
29	Zacatecas	253	1,198	240	370	OMA
30	Reynosa	214	2,683	266	121	OMA
31	San Luis Potosí	206	25,697	181	250	OMA
32	Tapachula	186	1,449	257	378	ASUR
33	Durango	181	366	242	317	OMA
34	Manzanillo	124	393	287	470	GAP
35	Minatitlán	118	1,095	137	282	ASUR

Tabla 17. Estadística comparativa por aeropuerto (2011).

La estadística comparativa por aeropuerto, muestra evidentemente a AICM como el aeropuerto que encabeza la lista de valores para cada variable. Otros aeropuertos importantes por presentar altos valores de demanda y oferta son Guadalajara, Monterrey, Cancún, Acapulco, Tijuana, Mérida, San José del Cabo, San Luis Potosí, entre otros.

Si analizamos los resultados de los 10 aeropuertos con valores más altos en el transporte de pasajeros destaca GAP con 5 aeropuertos, mientras que OMA y ASUR muestran 2 cada uno. En el transporte de carga, OMA ocupa 4 lugares, GAP 3 y ASUR 2. En cuanto a capacidad de la terminal de pasajeros y de carga, GAP presenta 4 y 6, seguido por OMA con 3 y 2, y finalmente ASUR con 2 y 1, respectivamente.

En contraste, al analizar aeropuertos con menor volumen transportado y capacidad en sus terminales, tenemos a San Luis Potosí, Tapachula, Durango, Minatitlán, Manzanillo, Zihuatanejo, Morelia, Zacatecas, Los Mochis, Oaxaca y Reynosa.

Síntesis del capítulo.

El presente capítulo presenta una reseña histórica de la industria aérea en nuestro país, el proceso de reestructuración que ha conducido a la regulación actual, las disposiciones emitidas por el Estado mediante la Ley de Aeropuertos de 1995 y el decreto publicado en 1998, donde se exponen los derechos y obligaciones de los inversionistas para sobrevolar el espacio aéreo nacional e internacional.

Se describen las variables disponibles para evaluar el desempeño del SAM, los aeropuertos involucrados y las especificaciones técnicas necesarias para su análisis con datos del año 2011. Se muestra además, una estadística descriptiva con objeto de observar medidas relevantes del periodo comprendido entre 1998 y 2011, junto con una estadística comparativa para mostrar los volúmenes de demanda del año 2011 para cada grupo aeroportuario y aeropuerto.

3 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DEL SAM

El presente capítulo describe las especificaciones técnicas a evaluar, el proceso mediante el cual se eligieron los modelos representativos a partir de la selección de variables representativas, ya sea de manera global o desagregada, permitiendo observar la aportación de cada variable a la puntuación de eficiencia, facilitando la identificación de sectores deficientes y generando un antecedente de las estrategias de mejora que serán planteadas en el capítulo 4.

El proceso de evaluación de la eficiencia técnica del SAM, plantea alrededor de 120 modelos bajo especificaciones distintas, generando así un modelo global o integral y uno desagregado por vocación de servicio, ya sea para transporte de pasajeros o de mercancías. Se expone la justificación y criterios que permitieron proponer y elegir los modelos representativos, evidenciando nuevamente que dicho proceso gira en torno a las variables más importantes, volumen de pasajeros y mercancías transportadas.

Las puntuaciones de eficiencia se agrupan primero en función de su vocación hacia el transporte de pasajeros y después por su vocación al transporte de mercancías, comparadas de manera oportuna con lo obtenido en el modelo global, ya sea por grupo aeroportuario o por aeropuerto.

3.1 Selección de insumos y productos para aplicar el método DEA.

Las variables disponibles para realizar el análisis, se asignan bajo condiciones específicas al grupo Input y Output. Si bien, el objetivo principal de un aeropuerto es el transporte de personas y mercancías, en este sentido, las variables referentes al número total de pasajeros transportados y carga transportada se asignan al grupo Output, debido a que son el resultado de un proceso de producción a partir de varios insumos definidos.

Del mismo modo, todo producto de un proceso de producción, requiere de cierto número de insumos bajo porcentajes definidos. La capacidad para transportar de un aeropuerto entonces, es consecuencia de la participación de Inputs en sectores estratégicos que permitan ofrecer un producto final.

Las variables Input más relevantes serán la capacidad de la terminal de pasajeros y la capacidad de la terminal de carga; de este modo se puede obtener de manera rápida, las unidades de variable Input requeridas para generar una unidad de variable Output. Sin embargo, es necesario incluir otros parámetros cuya aportación puede causar variaciones importantes en la puntuación de eficiencia.

Esas variables adicionales son el número de movimientos (ya sea despegue o aterrizaje) en una hora de operación y el número total de empleados que laboran en el aeropuerto. Se resalta en este punto, que el número de movimientos por hora engloba los destinados a transporte de pasajeros y carga. En cuanto al número de empleados, considera al personal de todas las áreas involucradas en la prestación del servicio.

VARIABLE	INPUT	OUTPUT
NÚMERO TOTAL DE PASAJEROS TRANSPORTADOS		X
TONELADAS DE CARGA TRANSPORTADAS		X
MOVIMIENTOS POR HORA EN LA PISTA	X	
CAPACIDAD DE LA TERMINAL DE PASAJEROS	X	
CAPACIDAD DE LA TERMINAL DE CARGA	X	
NÚMERO TOTAL DE EMPLEADOS	X	

Tabla 18. Variables Input y Output seleccionadas para el análisis.

3.2 Descripción y justificación de especificaciones a evaluar.

Tomando en consideración la disponibilidad de más de veinticinco variables, se procedió a seleccionar aquellas que cumplen con los requerimientos y permitan dar una idea más clara del desempeño del SAM. Planteando así modelos con especificaciones diversas a partir de las variables seleccionadas en el apartado 3.1, obedeciendo al proceso siguiente:

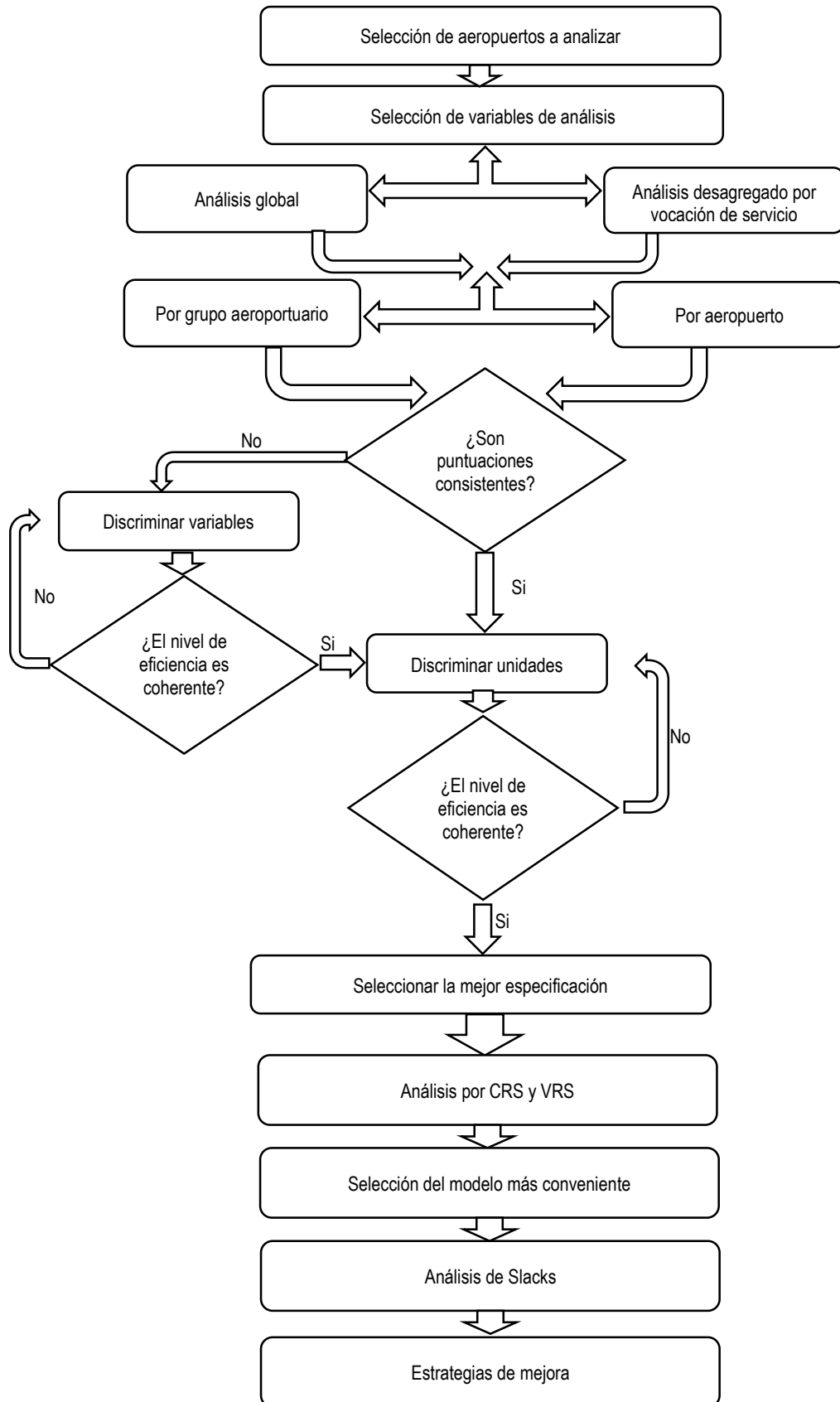


Ilustración 12. Diagrama de proceso. Modelo global y desagregado.

Seleccionados los aeropuertos y variables representativas se asumió relevante el análisis por grupo aeroportuario y por aeropuerto, con el fin de visualizar el desempeño de aeropuertos que compiten bajo condiciones regulatorias similares y su mejora o rezago frente a regulaciones distintas. Seguidamente se realizó una comparativa que permitiera verificar la calidad y consistencia de los resultados con base en los valores reportados en la literatura, lo cual condujo a la discriminación de variables y unidades evaluadas, considerando la calidad de cada resultado obtenido. Este último proceso fue repetitivo en la medida de la consistencia de las puntuaciones, hasta obtener niveles de eficiencia coherentes, eligiendo así la mejor especificación para modelo global y desagregado.

Posteriormente, considerando distintos rendimientos a escala, se plantea un balance entre CRS y VRS, de modo que las especificaciones con resultados más consistentes son los correspondientes al primero de estos. Consecuentemente, se eligió el modelo más representativo para cada caso, lo cual nos conduce posteriormente al análisis de Slacks y la propuesta de estrategias que permitan mejorar el desempeño del SAM de manera integral y por sector en específico.

En general, considerando el proceso iterativo, ya sea por modelo global o desagregado, se plantearon alrededor de 120 modelos con combinaciones distintas que permitieron verificar la calidad de cada uno, valorando de esta manera la influencia de cada variable en la puntuación obtenida. Durante el proceso se observó, que a medida que se agregaban variables al análisis las unidades de producción tendían a ser eficientes, de modo que los análisis con más variables ubicaron a mayor cantidad de unidades de producción evaluadas sobre la frontera de eficiencia. Consecuentemente los insumos y productos seleccionados se organizaron en un modelo de análisis global y cuatro casos que permiten su desagregación, en función de la vocación de servicio.

Otro punto importante a destacar es el empleo de rendimientos a escala constante (CRS) debido a que los rendimientos variables (VRS) presentan puntuaciones de eficiencia inconsistentes y es recomendado en análisis de unidades de producción pequeñas, para lo cual, en el presente trabajo no se han definido dichos límites.

Finalmente, los modelos de análisis quedan definidos de la siguiente manera:

1. Modelo integral que involucra las seis variables propuestas. Este primer modelo tiene la intención de proporcionar una referencia del desempeño de cada aeropuerto, y del SAM de manera integral.
2. Modelo de análisis desagregado para el sector pasajeros, integrado por varios casos, los cuales se muestran en la siguiente matriz de correlación:

MODELOS PARA AEROPUERTOS CON VOCACIÓN DE TRANSPORTE DE PASAJEROS					
	PASAJEROS TRANSPORTADOS		MOV/HORA EN LA PISTA	CAPACIDAD DE LA TERMINAL DE PASAJEROS.	NÚMERO DE EMPLEADOS
CASO 1	•	VS	•	•	•
CASO 2	•			•	•
CASO 3	•		•	•	
CASO 4	•			•	

Tabla 19. Modelos desagregados por aeropuerto. Sector pasajeros.

3. Modelo de análisis desagregado para el sector mercancías, compuesto por varios casos, los cuales involucran las siguientes variables:

MODELOS PARA AEROPUERTOS CON VOCACIÓN DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS					
	CARGA TRANSPORTADA		MOV/HORA EN LA PISTA	CAPACIDAD DE TERMINAL DE CARGA.	NÚMERO DE EMPLEADOS
CASO 1	•	VS	•	•	•
CASO 2	•			•	•
CASO 3	•		•	•	
CASO 4	•			•	

Tabla 20. Modelos desagregados por aeropuerto. Sector mercancías.

El objetivo del segundo y tercer análisis, es la identificación de las variables cuya participación impacta de manera relevante en el desempeño de cada aeropuerto, esto permitirá generar estrategias de mejora específicas para cada sector de las terminales deficientes, ya sea en la vocación de transporte de pasajeros o transporte de mercancías.

3.3 Resultados generales de las especificaciones evaluadas.

Los resultados reportados por cada análisis corresponden a modelos con Input orientado y rendimientos a escala constantes, que no presentan puntuaciones de eficiencia para grupo ASA, debido a que involucra aeropuertos con bajos volúmenes de demanda, mostrando desventajas frente al sector privado y consecuentemente genera mayores holguras entre las puntuaciones de eficiencia.

Las evaluaciones se realizaron por grupo aeroportuario y por aeropuerto, para identificar las variaciones en la eficiencia de cada aeropuerto al evaluarlo frente a aeropuertos de su mismo grupo y su desempeño de manera independiente. Cabe mencionar que no se

presenta análisis por grupo aeroportuario para AICM debido a que se integra por una sola terminal, sin tener aeropuertos para comparación directa.

Los resultados del análisis por grupo aeroportuario con modelo integral para grupo OMA, presenta eficiencia promedio de 0.64, donde aeropuertos como el de Monterrey, Reynosa y San Luis Potosí resultan eficientes, mientras que Acapulco, Mazatlán y Durango son sus terminales con mayores deficiencias. GAP presenta una eficiencia promedio de 0.68, destacando Guadalajara y San José del Cabo, mientras que Bajío y Manzanillo son sus terminales deficientes. Finalmente, ASUR muestra el mejor desempeño con los aeropuertos de Cancún, Mérida y Veracruz, mostrando una eficiencia promedio de 0.74; sus aeropuertos deficientes son Tapachula y Cozumel.

El análisis por aeropuerto bajo el mismo modelo, presenta seis aeropuertos en la frontera de eficiencia, destacando Guadalajara, Monterrey, Reynosa, San Luis Potosí, AICM y Cancún. Se muestra una eficiencia promedio de 0.60, donde destaca el grupo OMA por representar el 50% de aeropuertos con desempeño eficiente, es decir, tres de sus aeropuertos son terminales de referencia para la optimización de aeropuertos deficientes.

De la misma forma, resalta ASUR por presentar un solo aeropuerto eficiente y tres de sus aeropuertos con puntuaciones del orden de 0.30, mostrando variaciones importantes respecto al análisis por grupo aeroportuario.

Al evaluar el desempeño por grupo aeroportuario en el sector de transporte de pasajeros, bajo las especificaciones de modelo desagregado en su caso 4, se observa que OMA presenta como su único aeropuerto eficiente a Monterrey, con eficiencia promedio de 0.43. GAP tiene a Guadalajara como su aeropuerto de referencia con eficiencia promedio de 0.37, mientras que ASUR nuevamente presenta las puntuaciones más altas, siendo Mérida su aeropuerto eficiente y presentando puntuación promedio de 0.63.

Al evaluar el mismo modelo con todos los aeropuertos de manera independiente, la puntuación promedio alcanzada para el SAM de forma desagregada en su caso representativo es de 0.33. El aeropuerto de referencia es Guadalajara, perteneciente a GAP, además se observa que existe cierta tendencia de desempeño para algunos aeropuertos, ubicando a Monterrey, AICM, Mérida y Cancún en las primeras diez posiciones; mientras que Durango, Tapachula, Cozumel y Manzanillo permanecen en los últimos lugares.

Finalmente, el análisis desagregado en el sector de transporte de mercancías, muestra en OMA a San Luis Potosí como su único aeropuerto eficiente, con eficiencia promedio para todo el grupo de 0.14. Para GAP, Guadalajara es nuevamente su aeropuerto

de referencia, con puntuación promedio de 0.21, mientras que ASUR muestra una vez más las puntuaciones más altas y Mérida como su terminal eficiente. El análisis por aeropuerto presenta a San Luis Potosí como el único aeropuerto eficiente; el valor promedio de eficiencia para el caso representativo es de 0.09, observándose grandes deficiencias a nivel nacional en este sector.

A continuación se presenta un resumen de las eficiencia promedio obtenidas en cada modelo, ya sea por grupo aeroportuario o por aeropuerto.

	INTEGRAL	SECTOR PASAJEROS				SECTOR CARGA			
		CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
OMA	0.64	0.47	0.45	0.47	0.43	0.22	0.22	0.18	0.14
GAP	0.68	0.50	0.50	0.43	0.37	0.23	0.23	0.22	0.21
ASUR	0.74	0.66	0.66	0.65	0.63	0.33	0.33	0.31	0.31
AICM	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AEROPUERTO	0.60	0.44	0.41	0.39	0.33	0.21	0.18	0.17	0.09

Tabla 21. Resultados generales de especificaciones evaluadas.

En este sentido se observa que a medida que se desagregan variables, las puntuaciones tienden a ser cada vez menores y el número de terminales eficientes disminuye considerablemente.

3.4 Selección de las especificaciones más convenientes.

En virtud de la consistencia de las puntuaciones de eficiencia técnica obtenidas, se procede a identificar el modelo que representa de manera adecuada el objetivo del presente trabajo:

- a) Por grupo aeroportuario: permite determinar el desempeño de cada grupo aeroportuario, considerando homogeneidad en condiciones de regulación, sin embargo, no permite identificar su desempeño frente a aeropuertos con entornos distintos.
- b) Por aeropuerto: sus puntuaciones son menores a las resultantes en el análisis por grupo aeroportuario. Representan de manera general el desempeño del SAM, siendo el objetivo principal del presente trabajo, consecuentemente será el tipo de análisis representativo.

Respecto a las variables involucradas en el análisis y la calidad de la información proporcionada tenemos:

- a) Modelo integral: incluye seis variables relativas a insumos y productos. Aporta una idea general del desempeño, ya sea por grupo aeroportuario o por aeropuerto, de modo que la identificación de los sectores deficientes requiere de un proceso más complejo.
- b) Modelo desagregado por vocación de servicio: determina la eficiencia técnica en función de un número de variables reducido, propiciando la identificación de sectores deficientes con mayor facilidad.

En este caso, ambos modelos resultan importantes debido a que el desempeño actual es resultado de la correlación de todas las variables involucradas; sin embargo, en la medida en que se definan los sectores deficientes por vocación de servicio y se optimice su funcionamiento, se mejorará de manera integral el desempeño del SAM.

Para los modelos desagregados por vocación de servicio, el caso 4 es el que aporta mayor información y permite detectar sectores con oportunidad de mejora, todo esto bajo el modelo de rendimiento a escala constante, debido a la consistencia de sus resultados

En términos generales, los modelos representativos son aquellos que evalúan los aeropuertos de manera independiente, bajo rendimientos constantes y en su forma integral o desagregada por vocación de servicio. Sin embargo, se agregan los valores obtenidos bajo rendimientos variables, con el fin de comparar ambas especificaciones.

3.5 Eficiencia de aeropuertos con vocación para el transporte de pasajeros.

De acuerdo a lo establecido en los apartados anteriores, se exponen los resultados de eficiencia técnica de los aeropuertos con vocación en el sector de transporte de pasajeros bajo las especificaciones de los modelos elegidos como representativos.

La tabla 22 muestra la comparativa de las puntuaciones de eficiencia técnica del análisis integral con seis variables, concentrando todos los grupos aeroportuarios. Posteriormente se presentan los valores correspondientes al modelo desagregado, ordenados nuevamente por grupo aeroportuario y en función de su caso representativo, tal como se muestra en las tablas 23 a 25.

Finalmente, en la Tabla 26 se exponen los valores obtenidos en el análisis por aeropuerto con modelo integral, para comparar nuevamente con las puntuaciones obtenidas en el modelo desagregado representativo, mostrando los valores de manera numérica y esquemática en la Tabla 26 y 27 e Ilustraciones 13 a 15.

Cabe mencionar que AICM no se evalúa como grupo aeroportuario, debido a que se trata de una sola terminal, no obstante se valora en el análisis por aeropuerto, así como la consideración de mostrar a manera de referencia la comparativa de puntuaciones bajo especificaciones CRS y VRS.

3.5.1 Por grupo aeroportuario.

G. A	DMU No.	DMU NAME	CRS MODEL	VRS MODEL
OMA	1	Monterrey	1.000	1.000
	2	Reynosa	1.000	1.000
	3	San Luis Potosí	1.000	1.000
	4	Ciudad Juárez	0.829	1.000
	5	Culiacán	0.823	0.845
	6	Chihuahua	0.734	0.848
	7	Torreón	0.554	1.000
	8	Zihuatanejo	0.437	1.000
	9	Tampico	0.419	0.793
	10	Zacatecas	0.400	1.000
	11	Acapulco	0.388	0.599
	12	Mazatlán	0.383	0.701
	13	Durango	0.332	0.841
		Eficiencia promedio		0.639
GAP	1	Guadalajara	1.000	1.000
	2	San José del Cabo	1.000	1.000
	3	La Paz	0.963	1.000
	4	Tijuana	0.953	1.000
	5	Mexicali	0.746	1.000
	6	Puerto Vallarta	0.645	0.740
	7	Aguascalientes	0.630	1.000
	8	Hermosillo	0.612	1.000
	9	Morelia	0.562	1.000
	10	Los Mochis	0.430	1.000
	11	Bajío (León)	0.341	0.657
	12	Manzanillo	0.224	1.000
		Eficiencia promedio		0.676
ASUR	1	Cancún	1.000	1.000
	2	Mérida	1.000	1.000
	3	Veracruz	1.000	1.000
	4	Oaxaca	0.995	1.000
	5	Villahermosa	0.987	1.000
	6	Huatulco	0.465	0.994
	7	Minatitlán	0.449	1.000
	8	Tapachula	0.418	0.776
	9	Cozumel	0.345	0.490
		Eficiencia promedio		0.740

Tabla 22. Eficiencia técnica por grupo aeroportuario. Modelo integral.

➤ OMA

DMU No.	DMU NAME	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4 CRS	CASO 4 VRS
1	Monterrey	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Ciudad Juárez	0.599	0.599	0.599	0.599	0.845
3	Chihuahua	0.585	0.585	0.585	0.585	0.747
4	Torreón	0.555	0.555	0.555	0.555	1.000
5	Culiacán	0.535	0.535	0.535	0.535	0.639
6	Tampico	0.397	0.397	0.397	0.397	0.621
7	San Luis Potosí	0.340	0.340	0.340	0.340	0.961
8	Zacatecas	0.390	0.315	0.390	0.315	0.725
9	Mazatlán	0.383	0.321	0.383	0.305	0.416
10	Zihuatanejo	0.438	0.438	0.359	0.262	0.403
11	Acapulco	0.388	0.256	0.388	0.256	0.348
12	Reynosa	0.330	0.240	0.330	0.240	0.654
13	Durango	0.224	0.224	0.224	0.224	0.719
Eficiencia promedio		0.474	0.446	0.468	0.432	0.698

Tabla 23. Eficiencia técnica de OMA con análisis desagregado. Sector pasajeros.

➤ GAP

DMU No.	DMU NAME	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4 CRS	CASO 4 VRS
1	Guadalajara	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Tijuana	0.953	0.939	0.877	0.548	0.603
3	Hermosillo	0.612	0.612	0.473	0.473	0.751
4	Morelia	0.340	0.340	0.340	0.340	0.972
5	San José del Cabo	1.000	1.000	0.512	0.327	0.383
6	Bajío (León)	0.341	0.316	0.341	0.306	0.563
7	Puerto Vallarta	0.645	0.633	0.495	0.276	0.329
8	Mexicali	0.265	0.265	0.263	0.263	0.691
9	Los Mochis	0.256	0.256	0.256	0.256	1.000
10	La Paz	0.313	0.313	0.256	0.256	0.560
11	Aguascalientes	0.236	0.236	0.236	0.236	0.849
12	Manzanillo	0.106	0.106	0.105	0.096	0.767
Eficiencia promedio		0.506	0.501	0.430	0.365	0.706

Tabla 24. Eficiencia técnica de GAP con análisis desagregado. Sector pasajeros.

➤ ASUR

DMU No.	DMU NAME	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4 CRS	CASO 4 VRS
1	Mérida	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Villahermosa	0.987	0.987	0.971	0.956	1.000
3	Cancún	1.000	1.000	1.000	0.912	1.000
4	Veracruz	0.805	0.805	0.772	0.772	0.789
5	Oaxaca	0.683	0.683	0.644	0.644	0.791
6	Huatulco	0.463	0.463	0.463	0.433	0.571
7	Minatitlán	0.423	0.423	0.416	0.416	1.000
8	Tapachula	0.354	0.354	0.349	0.349	0.633
9	Cozumel	0.242	0.242	0.239	0.226	0.277
Eficiencia promedio		0.662	0.662	0.650	0.634	0.785

Tabla 25. Eficiencia técnica de ASUR con análisis desagregado. Sector pasajeros.

El análisis por grupo aeroportuario en forma integral muestra a ASUR como el grupo con mayor eficiencia promedio con un valor de 0.74. En segundo lugar se ubica GAP con 0.67 y por último OMA con 0.63.

En cuanto a la cantidad de aeropuertos eficientes por grupo, existe similitud entre ASUR y OMA, sin embargo, destaca el primero por estar integrado por un número menor de aeropuertos. El caso representativo del modelo desagregado (caso 4), nuevamente presenta a ASUR como el grupo aeroportuario con puntuaciones mayores. Las holguras respecto al modelo integral son de 0.11, 0.30 y 0.20 para ASUR, GAP y OMA, respectivamente. Adicionalmente, se observa una reducción de terminales eficientes, siendo Monterrey, Guadalajara y Mérida los aeropuertos que permanecen en la frontera de eficiencia, evidenciando sectores específicos con oportunidad de mejora.

Los aeropuertos con mayores deficiencias son Durango, Manzanillo y Cozumel, ya sea en modelo integral o desagregado, con una puntuación mínima de 0.096 en éste último.

3.5.2 Por aeropuerto.

DMU No.	DMU NAME	CRS MODEL	VRS MODEL
1	Guadalajara	1.000	1.000
2	Monterrey	1.000	1.000
3	Reynosa	1.000	1.000
4	San Luis Potosí	1.000	1.000
5	AICM	1.000	1.000
6	Cancún	1.000	1.000
7	Veracruz	0.927	0.981
8	San José del Cabo	0.916	1.000
9	Tijuana	0.883	0.983
10	Ciudad Juárez	0.830	1.000
11	Culiacán	0.824	0.840
12	Oaxaca	0.753	1.000
13	Chihuahua	0.735	0.849
14	La Paz	0.661	0.768
15	Mérida	0.606	0.669
16	Hermosillo	0.601	0.861
17	Puerto Vallarta	0.580	0.651
18	Villahermosa	0.537	0.812
19	Mexicali	0.513	0.746
20	Aguascalientes	0.433	0.764
21	Morelia	0.428	0.890
22	Tampico	0.420	0.754
23	Torreón	0.414	1.000
24	Zacatecas	0.401	1.000
25	Zihuatanejo	0.379	0.847
26	Mazatlán	0.351	0.641
27	Acapulco	0.347	0.581
28	Huatulco	0.344	0.942
29	Bajío (León)	0.341	0.606
30	Durango	0.333	0.752
31	Los Mochis	0.325	0.763
32	Tapachula	0.287	0.712
33	Cozumel	0.257	0.445
34	Minatitlán	0.253	1.000
35	Manzanillo	0.155	0.753
Eficiencia promedio		0.595	0.846

Tabla 26. Eficiencia técnica por aeropuerto. Modelo integral.

DMU No.	DMU NAME	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4 CRS	CASO 4 VRS
1	Guadalajara	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Monterrey	0.917	0.826	0.862	0.746	0.761
3	Tijuana	0.883	0.871	0.747	0.548	0.583
4	AICM	1.000	0.501	1.000	0.501	1.000
5	Hermosillo	0.601	0.601	0.473	0.473	0.648
6	Mérida	0.462	0.462	0.462	0.462	0.619
7	Ciudad Juárez	0.447	0.447	0.447	0.447	0.776
8	Villahermosa	0.478	0.478	0.442	0.442	0.703
9	Chihuahua	0.437	0.437	0.437	0.437	0.655
10	Cancún	1.000	1.000	0.709	0.421	0.664
11	Torreón	0.414	0.414	0.414	0.414	1.000
12	Culiacán	0.400	0.400	0.400	0.400	0.542
13	Veracruz	0.428	0.428	0.357	0.357	0.522
14	Morelia	0.340	0.340	0.340	0.340	0.738
15	San José del Cabo	0.832	0.832	0.440	0.327	0.362
16	Bajío (León)	0.341	0.316	0.330	0.306	0.468
17	Oaxaca	0.418	0.418	0.298	0.298	0.608
18	Tampico	0.313	0.296	0.311	0.296	0.593
19	Puerto Vallarta	0.555	0.555	0.402	0.276	0.309
20	Mexicali	0.269	0.269	0.263	0.263	0.533
21	Los Mochis	0.256	0.256	0.256	0.256	0.734
22	La Paz	0.305	0.305	0.256	0.256	0.447
23	San Luis Potosí	0.254	0.254	0.254	0.254	0.845
24	Aguascalientes	0.236	0.236	0.236	0.236	0.626
25	Zacatecas	0.346	0.235	0.311	0.235	0.672
26	Mazatlán	0.349	0.262	0.304	0.227	0.377
27	Huatulco	0.317	0.317	0.264	0.200	0.454
28	Zihuatanejo	0.333	0.328	0.275	0.195	0.383
29	Minatitlán	0.192	0.192	0.192	0.192	1.000
30	Acapulco	0.347	0.192	0.285	0.191	0.315
31	Reynosa	0.289	0.179	0.253	0.179	0.580
32	Durango	0.167	0.167	0.167	0.167	0.613
33	Tapachula	0.161	0.161	0.161	0.161	0.581
34	Cozumel	0.173	0.173	0.128	0.104	0.213
35	Manzanillo	0.107	0.107	0.103	0.096	0.481
Eficiencia promedio		0.439	0.407	0.388	0.334	0.612

Tabla 27. Eficiencia por aeropuerto con análisis desagregado. Sector pasajeros.

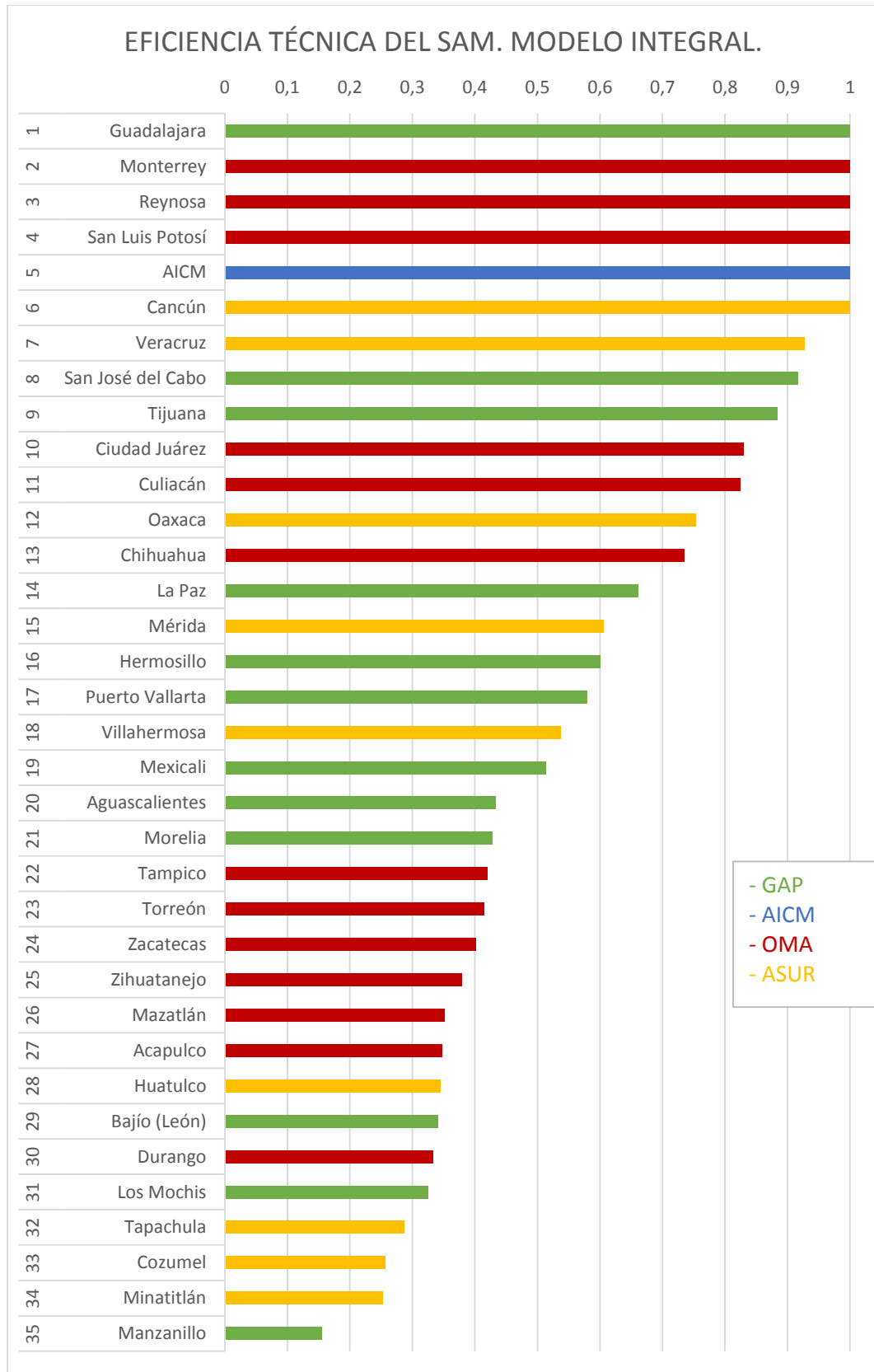


Ilustración 13. Eficiencia técnica del SAM. Modelo global.

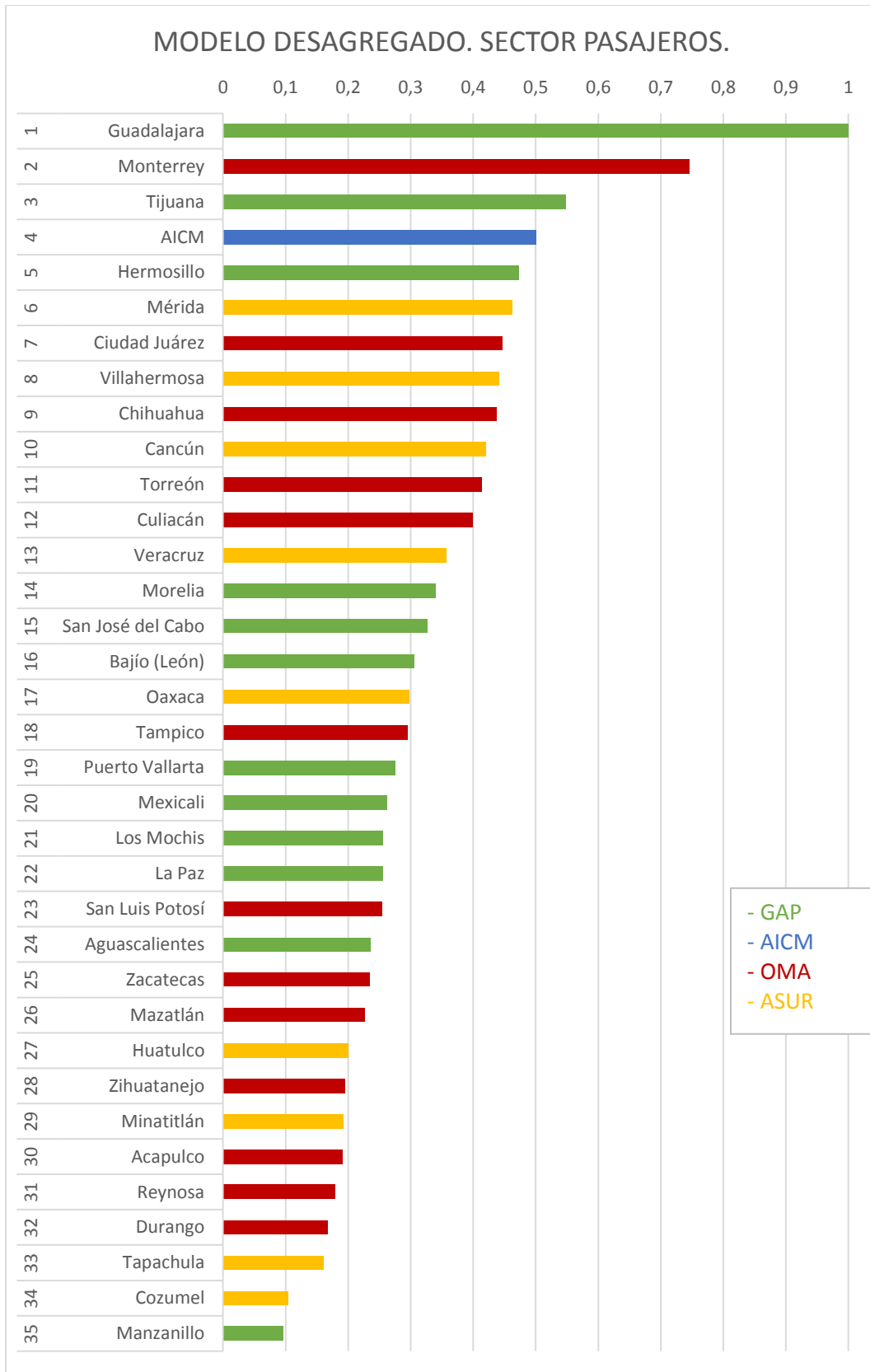


Ilustración 14. Eficiencia técnica del SAM. Sector pasajeros.

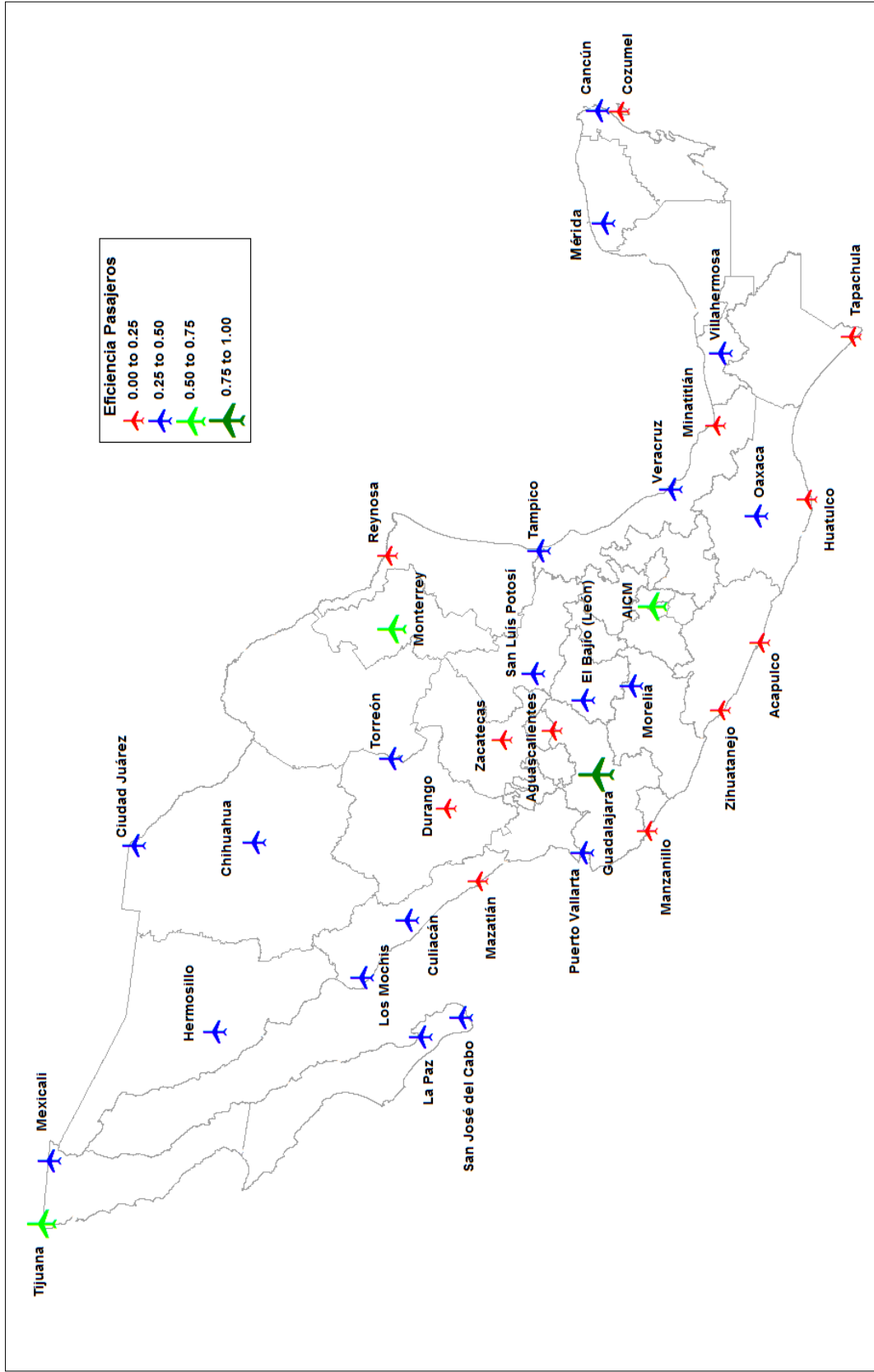


Ilustración 15. Nivel de eficiencia técnica del SAM por regiones. Sector pasajeros.

Los resultados reportados en el análisis por aeropuerto con modelo integral (Ilustración 13 y 20) presentan una eficiencia media de 0.60, ubicándose por debajo de los reportados en el análisis por grupo aeroportuario. Los aeropuertos de referencia son Guadalajara, Monterrey, Reynosa, San Luis Potosí, AICM y Cancún. Sin embargo, al desagregar las variables el único aeropuerto eficiente es Guadalajara, tal como se muestra en la Ilustración 14 y 15. Algunos de los aeropuertos que se mantienen entre los diez con mejor desempeño son Monterrey, Tijuana, AICM, Cancún y Cd. Juárez. Destacando San Luis Potosí y Reynosa por desplazarse alrededor de 20 y 30 lugares respectivamente.

En contraste tenemos a Manzanillo, Cozumel y Tapachula como los aeropuertos deficientes, donde el primero reporta la mínima puntuación con 0.096 bajo especificación de modelo desagregado.

En este apartado resalta de manera especial el caso de AICM, que a pesar de representar un porcentaje importante del volumen de pasajeros y carga, no logra ubicarse como eficiente en todos los análisis. En este contexto, podemos concluir que los aeropuertos con vocación para el transporte de pasajeros son Guadalajara, Monterrey, Tijuana y AICM, considerando únicamente a los que presentan valores mayores a 0.50 y de acuerdo al modelo que evalúa el número total de pasajeros transportados frente a la capacidad de la terminal de pasajeros.

Evidentemente las puntuaciones tienen que ver con la demanda de pasajeros que presenta cada aeropuerto, que a su vez es función de otros factores como ubicación geográfica, actividades productivas y turísticas, disponibilidad de recursos y servicios e incluso seguridad.

3.6 Eficiencia de aeropuertos con vocación para el transporte de mercancías.

Nuevamente, tomando en cuenta las especificaciones técnicas establecidas en apartados anteriores se muestran los resultados de eficiencia de los aeropuertos con vocación en el sector de transporte de mercancías bajo los detalles de los modelos elegidos como representativos.

En primer lugar se muestra la tabla 28 con los valores de eficiencia técnica del análisis integral con seis variables por grupo aeroportuario, ordenados de mayor a menor. Posteriormente se muestran los valores correspondientes al modelo desagregado por grupo aeroportuario, ordenados bajo el mismo criterio.

Los resultados por aeropuerto integran los resultados de modelo global y desagregado, cuyo orden obedece a la puntuación obtenida por cada uno. Dichos resultados se muestran en las Ilustraciones 16 a 18 del presente apartado.

De manera similar con el análisis por vocación de transporte de pasajeros, AICM no se evalúa como grupo aeroportuario, sino por aeropuerto. Nuevamente los resultados bajo especificación CRS y VRS se exponen únicamente como comparativa para observar las variaciones que presenta cada uno.

3.6.1 Por grupo aeroportuario.

G. A	DMU No.	DMU NAME	CRS MODEL	VRS MODEL
OMA	1	Monterrey	1.000	1.000
	2	Reynosa	1.000	1.000
	3	San Luis Potosí	1.000	1.000
	4	Ciudad Juárez	0.829	1.000
	5	Culiacán	0.823	0.845
	6	Chihuahua	0.734	0.848
	7	Torreón	0.554	1.000
	8	Zihuatanejo	0.437	1.000
	9	Tampico	0.419	0.793
	10	Zacatecas	0.400	1.000
	11	Acapulco	0.388	0.599
	12	Mazatlán	0.383	0.701
	13	Durango	0.332	0.841
Eficiencia promedio			0.639	0.895
GAP	1	Guadalajara	1.000	1.000
	2	San José del Cabo	1.000	1.000
	3	La Paz	0.963	1.000
	4	Tijuana	0.953	1.000
	5	Mexicali	0.746	1.000
	6	Puerto Vallarta	0.645	0.740
	7	Aguascalientes	0.630	1.000
	8	Hermosillo	0.612	1.000
	9	Morelia	0.562	1.000
	10	Los Mochis	0.430	1.000
	11	Bajío (León)	0.341	0.657
	12	Manzanillo	0.224	1.000
Eficiencia promedio			0.676	0.950
ASUR	1	Cancún	1.000	1.000
	2	Mérida	1.000	1.000
	3	Veracruz	1.000	1.000
	4	Oaxaca	0.995	1.000
	5	Villahermosa	0.987	1.000
	6	Huatulco	0.465	0.994
	7	Minatitlán	0.449	1.000
	8	Tapachula	0.418	0.776
	9	Cozumel	0.345	0.490
Eficiencia promedio			0.740	0.918

Tabla 28. Eficiencia técnica por grupo aeroportuario. Modelo integral.

➤ OMA

DMU No.	DMU NAME	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4 CRS	CASO 4 VRS
1	San Luis Potosí	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Reynosa	0.216	0.216	0.216	0.216	1.000
3	Ciudad Juárez	0.326	0.326	0.188	0.154	0.336
4	Monterrey	0.566	0.566	0.375	0.148	1.000
5	Chihuahua	0.278	0.278	0.201	0.132	0.231
6	Culiacán	0.104	0.104	0.048	0.048	0.159
7	Zacatecas	0.078	0.060	0.078	0.032	0.327
8	Mazatlán	0.099	0.099	0.078	0.019	0.076
9	Torreón	0.060	0.060	0.047	0.017	0.173
10	Tampico	0.038	0.038	0.034	0.016	0.193
11	Durango	0.013	0.013	0.011	0.011	0.382
12	Zihuatanejo	0.049	0.049	0.027	0.009	0.134
13	Acapulco	0.042	0.038	0.042	0.009	0.061
Eficiencia promedio		0.221	0.219	0.180	0.139	0.390

Tabla 29. Eficiencia técnica de OMA con análisis desagregado. Sector mercancías.

➤ GAP

DMU No.	DMU NAME	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4 CRS	CASO 4 VRS
1	Guadalajara	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	La Paz	0.370	0.370	0.370	0.370	0.983
3	Mexicali	0.254	0.254	0.254	0.254	0.896
4	Tijuana	0.345	0.345	0.316	0.189	0.234
5	Hermosillo	0.208	0.208	0.158	0.158	0.313
6	Aguascalientes	0.145	0.145	0.145	0.145	1.000
7	Los Mochis	0.105	0.105	0.105	0.105	0.760
8	Bajío (León)	0.087	0.087	0.087	0.087	0.247
9	San José del Cabo	0.106	0.106	0.086	0.086	0.202
10	Morelia	0.052	0.052	0.052	0.052	0.650
11	Puerto Vallarta	0.055	0.055	0.047	0.047	0.128
12	Manzanillo	0.035	0.035	0.035	0.035	0.809
Eficiencia promedio		0.230	0.230	0.221	0.211	0.602

Tabla 30. Eficiencia técnica de GAP con análisis desagregado. Sector mercancías.

➤ ASUR

DMU No.	DMU NAME	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4 CRS	CASO 4 VRS
1	Mérida	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Oaxaca	0.469	0.469	0.469	0.469	1.000
3	Veracruz	0.341	0.341	0.341	0.341	0.645
4	Villahermosa	0.390	0.390	0.327	0.320	0.490
5	Minatitlán	0.207	0.207	0.207	0.207	1.000
6	Tapachula	0.204	0.204	0.204	0.204	0.773
7	Cancún	0.199	0.199	0.159	0.082	0.089
8	Cozumel	0.070	0.070	0.070	0.070	0.293
9	Huatulco	0.085	0.085	0.078	0.055	0.342
Eficiencia promedio		0.329	0.329	0.317	0.305	0.626

Tabla 31. Eficiencia técnica de ASUR con análisis desagregado. Sector mercancías.

Los aeropuertos con vocación para el transporte de mercancías presentan puntuaciones menores a las obtenidas en el sector de pasajeros. La eficiencia promedio del grupo OMA en modelo desagregado presenta una puntuación de 0.14, siendo San Luis Potosí su aeropuerto de referencia y generando holguras del orden de 0.80 y hasta 0.99 con respecto a terminales como la de Durango, Zihuatanejo y Acapulco. Resalta el caso de Acapulco con la puntuación más baja, lo cual es evidente debido a su ubicación geográfica y actividades turísticas que se desarrollan a su alrededor.

Para GAP, Guadalajara es el único aeropuerto eficiente, seguido por La Paz y Tijuana con una diferencia considerable entre sus puntuaciones. La eficiencia media del modelo desagregado es de 0.21, generando una holgura de 0.47 respecto al modelo integral. Resalta San José del Cabo por desplazarse del lugar 2 al 9, nuevamente por condiciones existentes a su alrededor, convirtiéndolo en un aeropuerto con mayor vocación para el transporte de pasajeros y no de mercancías.

En ASUR, la eficiencia media es de 0.31, donde el aeropuerto eficiente en todos los casos es Mérida, seguido por Oaxaca, Veracruz y Villahermosa. Se evidencian las bajas puntuaciones por parte de Cancún, Cozumel y Huatulco, debido a que actividad principal es el turismo, convirtiéndolos en aeropuertos con vocación para el transporte de personas.

3.6.2 Por aeropuerto.

DMU No.	DMU NAME	CRS MODEL	VRS MODEL
1	Guadalajara	1.000	1.000
2	Monterrey	1.000	1.000
3	Reynosa	1.000	1.000
4	San Luis Potosí	1.000	1.000
5	AICM	1.000	1.000
6	Cancún	1.000	1.000
7	Veracruz	0.927	0.981
8	San José del Cabo	0.916	1.000
9	Tijuana	0.883	0.983
10	Ciudad Juárez	0.830	1.000
11	Culiacán	0.824	0.840
12	Oaxaca	0.753	1.000
13	Chihuahua	0.735	0.849
14	La Paz	0.661	0.768
15	Mérida	0.606	0.669
16	Hermosillo	0.601	0.861
17	Puerto Vallarta	0.580	0.651
18	Villahermosa	0.537	0.812
19	Mexicali	0.513	0.746
20	Aguascalientes	0.433	0.764
21	Morelia	0.428	0.890
22	Tampico	0.420	0.754
23	Torreón	0.414	1.000
24	Zacatecas	0.401	1.000
25	Zihuatanejo	0.379	0.847
26	Mazatlán	0.351	0.641
27	Acapulco	0.347	0.581
28	Huatulco	0.344	0.942
29	Bajío (León)	0.341	0.606
30	Durango	0.333	0.752
31	Los Mochis	0.325	0.763
32	Tapachula	0.287	0.712
33	Cozumel	0.257	0.445
34	Minatitlán	0.253	1.000
35	Manzanillo	0.155	0.753
Eficiencia promedio		0.595	0.846

Tabla 32. Eficiencia técnica por aeropuerto. Modelo integral.

DMU No.	DMU NAME	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4 CRS	CASO 4 VRS
1	San Luis Potosí	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Guadalajara	1.000	1.000	0.879	0.233	1.000
3	Reynosa	0.216	0.216	0.216	0.216	1.000
4	Mérida	0.568	0.568	0.412	0.183	0.296
5	Ciudad Juárez	0.294	0.294	0.187	0.154	0.336
6	Monterrey	0.444	0.444	0.364	0.148	0.434
7	Chihuahua	0.250	0.250	0.199	0.132	0.231
8	La Paz	0.166	0.166	0.086	0.086	0.254
9	Oaxaca	0.198	0.198	0.086	0.086	0.366
10	AICM	1.000	0.095	1.000	0.077	1.000
11	Veracruz	0.120	0.120	0.062	0.062	0.222
12	Mexicali	0.124	0.124	0.073	0.059	0.246
13	Villahermosa	0.208	0.208	0.135	0.059	0.146
14	Culiacán	0.094	0.094	0.048	0.048	0.160
15	Tijuana	0.346	0.346	0.264	0.044	0.053
16	Minatitlán	0.102	0.102	0.053	0.038	0.429
17	Tapachula	0.077	0.077	0.040	0.037	0.320
18	Hermosillo	0.212	0.212	0.095	0.037	0.074
19	Aguascalientes	0.043	0.043	0.034	0.034	0.318
20	Zacatecas	0.077	0.055	0.076	0.032	0.327
21	Los Mochis	0.062	0.062	0.024	0.024	0.242
22	Bajío (León)	0.087	0.084	0.077	0.020	0.065
23	San José del Cabo	0.107	0.107	0.046	0.020	0.051
24	Mazatlán	0.081	0.070	0.074	0.019	0.076
25	Torreón	0.049	0.047	0.046	0.017	0.173
26	Tampico	0.035	0.033	0.034	0.016	0.193
27	Cancún	0.095	0.095	0.063	0.015	0.018
28	Cozumel	0.036	0.036	0.019	0.013	0.123
29	Morelia	0.033	0.033	0.028	0.012	0.207
30	Durango	0.013	0.013	0.011	0.011	0.382
31	Puerto Vallarta	0.056	0.056	0.037	0.011	0.034
32	Huatulco	0.042	0.042	0.032	0.010	0.147
33	Zihuatanejo	0.034	0.034	0.026	0.009	0.134
34	Acapulco	0.042	0.028	0.039	0.009	0.061
35	Manzanillo	0.021	0.021	0.015	0.008	0.257
Eficiencia promedio		0.209	0.182	0.168	0.085	0.296

Tabla 33. Eficiencia por aeropuerto con análisis desagregado. Sector mercancías.

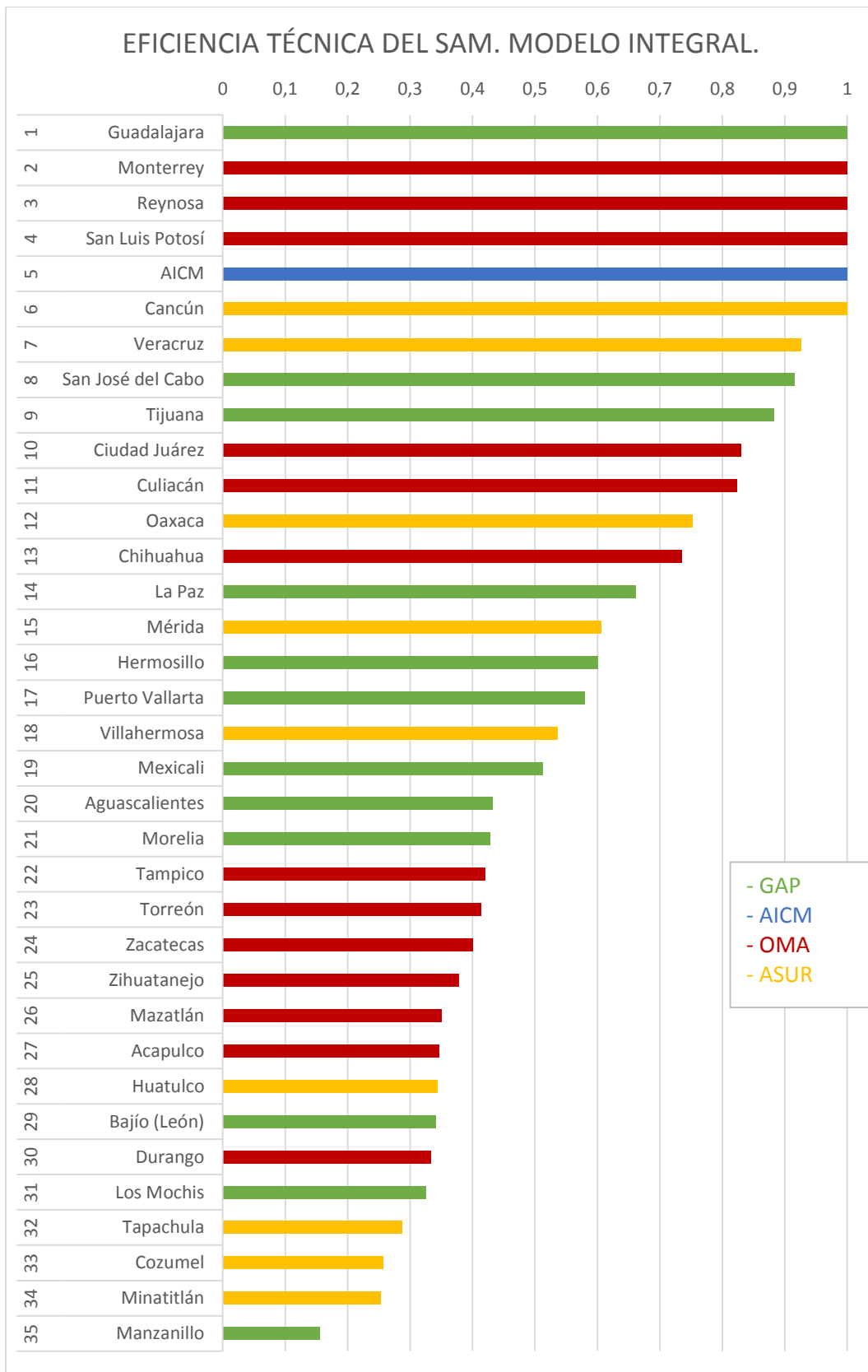


Ilustración 16. Eficiencia técnica del SAM. Modelo global.



Ilustración 17. Eficiencia técnica del SAM. Sector mercancías.

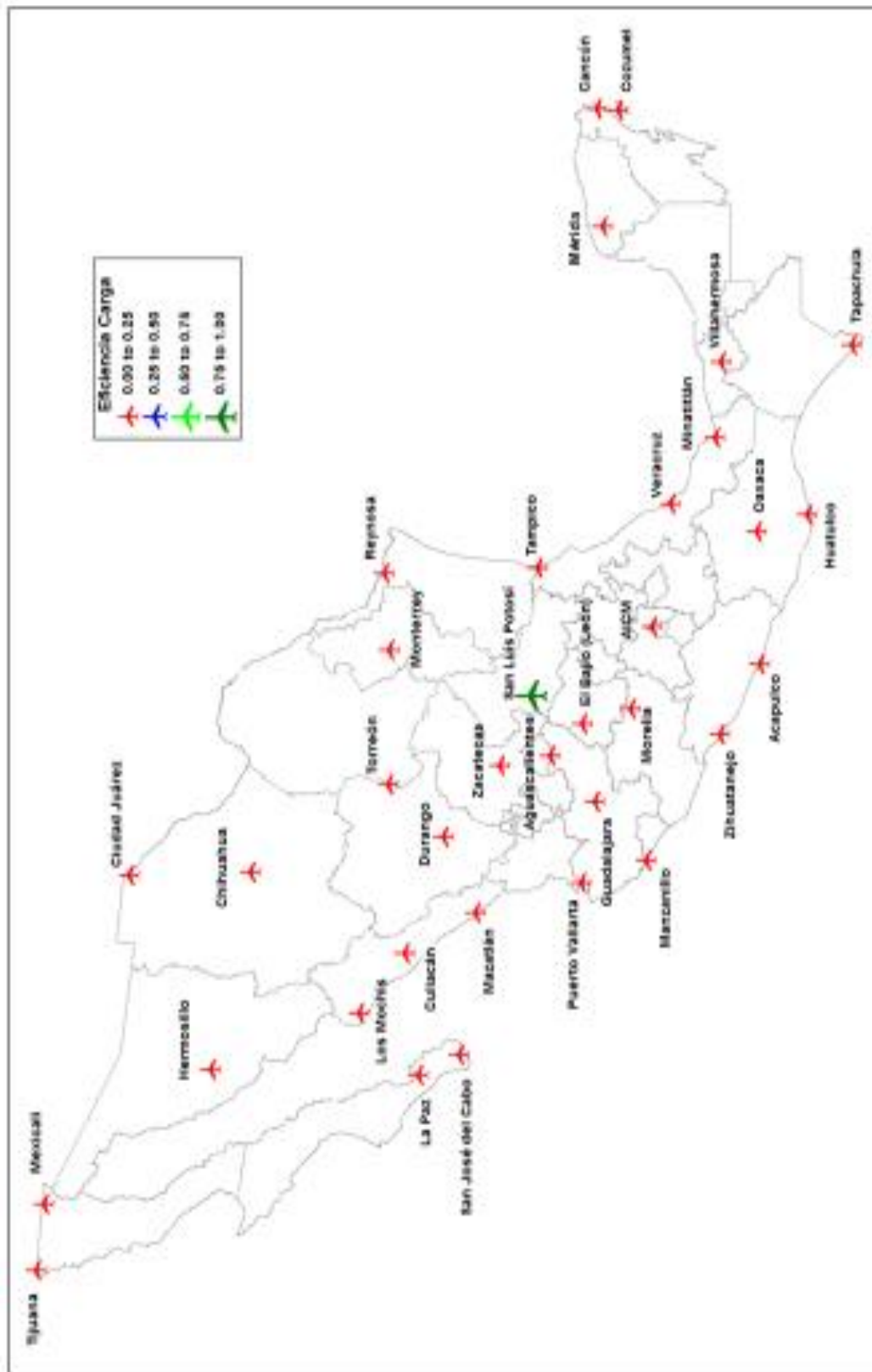


Ilustración 18. Nivel de eficiencia técnica del SAM por regiones. Sector mercancías.

Con base en un promedio de eficiencia del modelo desagregado de 0.085, es evidente que el SAM presenta grandes deficiencias en el sector de transporte de mercancías. Las puntuaciones obtenidas para cada aeropuerto de manera independiente, sin considerar el grupo aeroportuario al que pertenecen, indican que San Luis Potosí es el único aeropuerto que presenta un balance entre sus insumos y productos al mostrarse eficiente, aunado a la consideración de que en esa terminal se concentran las operaciones logísticas de la empresa de carga aérea y mensajería Estafeta a nivel nacional e internacional.

Algunos otros aeropuertos importantes en este sector son Guadalajara, Reynosa, Mérida, Monterrey y AICM. Nuevamente se destaca el hecho de que no necesariamente un aeropuerto de grandes dimensiones y grandes volúmenes de demanda es eficiente. Otro punto importante es el desplazamiento de aeropuertos como el de San José del Cabo, Cancún y Acapulco, demostrando una vez más su vocación para el transporte de pasajeros y no de mercancías.

Como en el caso del sector del transporte de pasajeros, las puntuaciones son afectadas de manera directa por factores exógenos, tales como la ubicación geográfica, actividades terciarias desarrolladas alrededor de cada terminal aeroportuaria, entre otros. Surgiendo así nuevas líneas de investigación en torno a este supuesto.

Debido a las holguras generadas en este último modelo y con el fin de analizar el desempeño de cada aeropuerto bajo nuevas especificaciones, se presentan las puntuaciones obtenidas con un modelo que no considera la terminal de San Luis Potosí, observando un incremento en la eficiencia técnica promedio de 0.165, siendo ahora Guadalajara el aeropuerto de referencia y manteniéndose todos los aeropuertos en la misma posición observada en el modelo inicial, como se muestra en la Tabla 34 e Ilustración 19. Sin embargo, estos valores corresponderían a un modelo utópico, que pone de manifiesto un sector deficiente y cuyo incremento en las puntuaciones de eficiencia no presenta un cambio importante en el desempeño del SAM.

DMU No.	DMU NAME	CASO 4 CRS SIN S.L.P. SECTOR MERCANCÍAS
1	Guadalajara	1.000
2	Reynosa	0.927
3	Mérida	0.784
4	Ciudad Juárez	0.661
5	Monterrey	0.635
6	Chihuahua	0.567
7	La Paz	0.370
8	Oaxaca	0.368
9	AICM	0.332
10	Veracruz	0.267
11	Mexicali	0.254
12	Villahermosa	0.251
13	Culiacán	0.208
14	Tijuana	0.189
15	Minatitlán	0.162
16	Tapachula	0.160
17	Hermosillo	0.157
18	Aguascalientes	0.145
19	Zacatecas	0.135
20	Los Mochis	0.105
21	Bajío (León)	0.087
22	San José del Cabo	0.086
23	Mazatlán	0.082
24	Torreón	0.073
25	Tampico	0.070
26	Cancún	0.064
27	Cozumel	0.055
28	Morelia	0.052
29	Durango	0.048
30	Puerto Vallarta	0.047
31	Huatulco	0.043
32	Zihuatanejo	0.038
33	Acapulco	0.037
34	Manzanillo	0.035
PROMEDIO		0.250

Tabla 34. Eficiencia por aeropuerto omitiendo a San Luis Potosí. Sector mercancías.

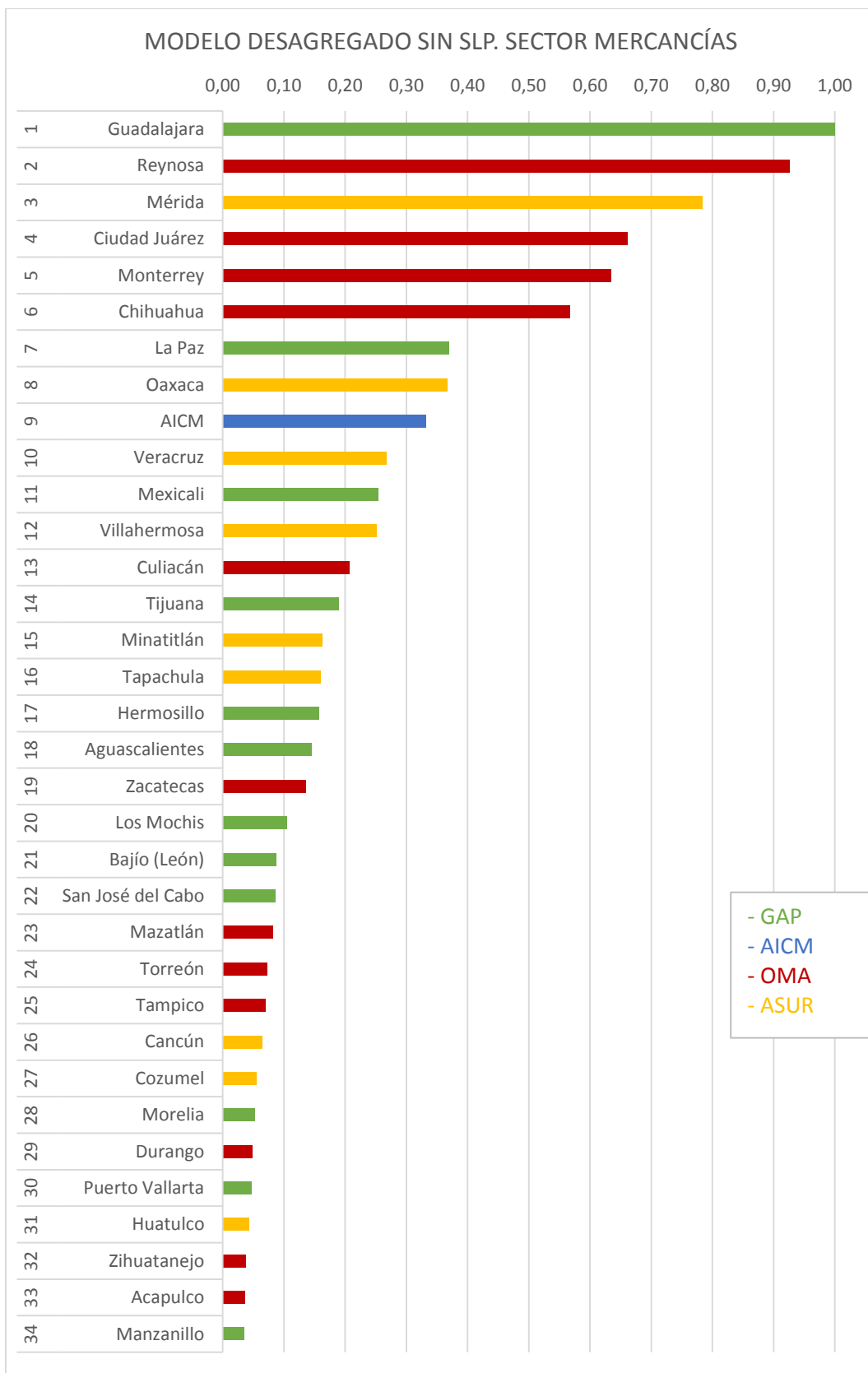


Ilustración 19. Eficiencia técnica del SAM. Sector mercancías sin San Luis Potosí.

Síntesis del capítulo.

El presente capítulo plantea las especificaciones bajo las cuales se desarrolla el método DEA, estableciendo los modelos de evaluación de eficiencia más convenientes. Se describe el proceso de evaluación para cada grupo aeroportuario y aeropuertos de forma independiente, ya sea de manera integral o de manera desagregada, tanto para transporte de pasajeros como en transporte de mercancías.

Se describen los resultados generales derivados de las especificaciones planteadas, donde los resultados muestran grandes variaciones del modelo desagregado respecto al integral, en especial en el sector de transporte de mercancías. De esta forma, los aeropuertos de referencia son Guadalajara y San Luis Potosí para el transporte de pasajeros y mercancías, respectivamente. Mientras que algunos de los aeropuertos que requieren de mayor intervención son Durango, Tapachula, Cozumel, Zihuatanejo, Acapulco y Manzanillo.

Destacan puntos importantes como el de San Luis Potosí, por ser la terminal de referencia en el sector de mercancías, esto debido a que en dicho aeropuerto se concentran las operaciones logísticas de la empresa Estafeta, a nivel nacional e internacional. Sin embargo, al plantear un nuevo modelo que omita dicha terminal, la eficiencia promedio se incrementa de 0.085 a 0.250, siendo un incremento poco representativo respecto al desempeño real de SAM en el sector de transporte de mercancías.

Otro punto que destaca es el desempeño de AICM, evidenciando que no necesariamente un aeropuerto de grandes dimensiones y altos volúmenes de demanda es eficiente, así como la influencia de factores externos que intervienen en el desempeño de cada aeropuerto.

4 ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA TÉCNICA DEL SAM.

El presente capítulo integra las observaciones que permiten identificar aquellos aeropuertos con oportunidad de intervención en áreas específicas, tomando en cuenta la orientación del modelo como Input Orientado, es decir, la optimización de las variables involucradas se plantea a la categoría de insumos. A partir de dicha identificación, se plantean estrategias de mejora para cada sector, ya sea para aeropuertos con vocación en el transporte de pasajeros o de mercancías, dirigidas a corregir aquellos que son deficientes, así como estrategias generales que permitan mejorar el desempeño del SAM de manera integral.

Las estrategias se orientan en primera instancia a la promoción del transporte aéreo como alternativa rápida y segura, tomando en cuenta algunas consideraciones como el efecto de estacionalidad en aeropuertos ubicados en destinos turísticos y la capacidad de transporte de mercancías bajo la actual regulación en precio, horarios y rutas, así como su adecuación a las condiciones actuales de demanda. Cada propuesta se emite a partir de la observación de aeropuertos de referencia que permiten generar modelos de producción con posibilidad de implementación en terminales deficientes.

4.1 Estrategias para aeropuertos con vocación para el transporte de personas.

Considerando la orientación del modelo y las ineficiencias evidentes en algunos sectores estratégicos de cada aeropuerto, se emiten las recomendaciones pertinentes que permitan generar las condiciones óptimas de funcionamiento de manera particular para cada terminal analizada.

Las estrategias propuestas para aeropuertos con vocación en el transporte de pasajeros se basan en los resultados del caso desagregado representativo, el cual evalúa el número de pasajeros transportados frente a la capacidad de la terminal de los mismos.

Analizando la Ilustración 15, que representa la distribución geográfica del SAM categorizada por escalas de eficiencia y por aeropuerto, surgen las siguientes observaciones:

1. Únicamente cuatro aeropuertos presentan eficiencia técnica mayor a 0.50, siendo Guadalajara la única terminal de referencia.
2. Diecinueve de los aeropuertos evaluados presentan eficiencia en un rango de 0.25 a 0.50, ubicándose geográficamente en una franja que va del Noroeste al Sureste pasando por la región centro del país y regiones costeras. En este grupo resaltan aeropuertos como el de Cancún y San José del Cabo, que a pesar de presentar altos volúmenes de demanda de pasajeros no alcanzan altos niveles de eficiencia.

3. Los aeropuertos con mayores deficiencias (puntuaciones menores a 0.25) se ubican principalmente en las costas del Pacífico y del Golfo de México, junto con Aguascalientes, Durango y Zacatecas.

Tomando en consideración los puntos anteriores, las estrategias de mejora se basan en las siguientes reflexiones:

- Los aeropuertos ubicados en la costa se ven afectados por el fenómeno de estacionalidad, es decir, únicamente en determinados meses del año presentan alta demanda de pasajeros, consecuentemente la necesidad de insumos para atender la máxima demanda del año es estacional, generando deficiencias notables en épocas con baja demanda de pasajeros.
- Generar un sistema de producción discontinuo, es decir, que varíe sus capacidades operativas en función de la demanda esperada para cada época del año, requiere de análisis muy complejos, que a su vez podrían generar inestabilidad operativa en los aeropuertos.
- Promoción del transporte aéreo como una alternativa atractiva al consumidor. Es una estrategia compleja que requiere armonía en todos sus sectores, considerando principalmente:
 1. Atracción de precio. Competitividad en tarifas con el transporte terrestre.
 2. Disponibilidad de rutas y horarios. Requiere participación de las aerolíneas operadoras en cada aeropuerto y análisis de capacidad de operación de las pistas disponibles.
 3. Adicionalmente, una selección adecuada del tipo de aeronaves que prestaran el servicio, tomando en cuenta el porcentaje de ocupación de cada uno.
- Realizar un análisis de factibilidad de agrupar aeropuertos cuyo servicio se oriente exclusivamente al transporte de pasajeros.

4.1.1 Por grupo aeroportuario.

Tomar como referencia el modelo operativo de Monterrey, Guadalajara y Mérida para OMA, GAP y ASUR respectivamente, generando similitudes operacionales en sectores estratégicos bajo las siguientes relaciones:

1. Unidades de superficie empleadas por pasajero atendido.
2. Número de pasajeros atendidos por cada empleado activo.

3. Pasajeros atendidos por cada hora de operación (Capacidad de la terminal de pasajeros).
4. Capacidad y número de pistas de aterrizaje.

De manera independiente:

1. Utilización de aeronaves acordes a los volúmenes de demanda.
2. Prever el efecto de estacionalidad para aeropuertos ubicados en la costa principalmente.
3. Promoción de cada aeropuerto acorde a factores como la ubicación geográfica y actividades productivas principales.

4.1.2 Por aeropuerto.

Debido a que en la evaluación por aeropuerto existe un único aeropuerto eficiente, se sugiere tomar nuevamente a Guadalajara como el aeropuerto de referencia, atendiendo los puntos siguientes para generar condiciones operacionales similares a las del aeropuerto mencionado:

1. Unidades de superficie empleadas por pasajero atendido en ese aeropuerto para adaptar dicha relación a volúmenes de demanda de cada terminal.
2. Número de pasajeros atendidos por cada empleado activo.
3. Pasajeros atendidos por cada hora de operación (Capacidad de la terminal de pasajeros).
4. Capacidad y número de pistas de aterrizaje necesarias en cada terminal, para atender su respectiva demanda.

De manera independiente:

1. Utilización de aeronaves acordes a los volúmenes de demanda.
2. Prever el efecto de estacionalidad para aeropuertos ubicados en la costa principalmente.
3. Promoción de cada aeropuerto acorde a factores como la ubicación geográfica y actividades productivas principales.

4.2 Estrategias para aeropuertos con vocación para el transporte de mercancías.

Del mismo modo que en aeropuertos con vocación para el transporte de pasajeros, el modelo representativo es el que involucra la carga transportada con la capacidad de la terminal de destinada a ese fin. Nuevamente, se destaca que debido a la orientación del modelo, las políticas de mejora se dirigen a optimizar exclusivamente la variable Input, debido a que la modificación de volúmenes de demanda requiere de un proceso más complejo y puede generar mayor deficiencia o restringir el crecimiento de dicho servicio.

Se consideran las mismas observaciones que en el caso de transporte de pasajeros, pero ahora dirigidas al transporte de mercancías. En la Ilustración 18 se muestra una escala de eficiencia que ubican de manera geográfica a cada aeropuerto, a partir de la cual surgen las siguientes consideraciones:

- San Luis Potosí es el único aeropuerto eficiente, convirtiéndose en la única terminal de referencia. Los aeropuertos restantes presentan puntuaciones en un rango de 0.00 a 0.25.
- Es conveniente resaltar aeropuertos como Guadalajara, Monterrey y AICM, los cuales a pesar de presentar altos volúmenes de demanda, no logran puntuaciones cercanas a la frontera de eficiencia.
- San Luis Potosí se convierte en un caso especial debido a la reducida capacidad de su terminal de carga y alto volumen de carga transportada, ya que en esa terminal se ubica el centro logístico de la empresa Estafeta para envíos a nivel nacional e internacional.
- Al evaluar un nuevo modelo de análisis que omite la participación de San Luis Potosí, convierte a Guadalajara en el aeropuerto de referencia, tal como se observa en la Ilustración 19, no observando variación en cuanto a la posición que ocupa cada terminal y con incrementos de eficiencia no representativos en la mayoría de los casos.

Tomando en consideración los puntos anteriores, las estrategias de mejora se basan en las siguientes reflexiones:

- Los aeropuertos mexicanos requieren mayores intervenciones al evaluar su capacidad operativa para el transporte de mercancías.

- Aeropuertos de alta demanda a nivel nacional como AICM, Guadalajara, Monterrey, Cancún, entre otros, requieren ajustes significativos en sus insumos que permitan transportar la demanda de este sector con menor cantidad de recursos.
- La ubicación geográfica de cada aeropuerto influye de manera relevante, puesto que aeropuertos ubicados en costa tienden a presentar mayor demanda de pasajeros y no de mercancías.
- La estrategia nuevamente se orienta a la promoción del transporte aéreo como una alternativa atractiva al consumidor en aspectos como:
 1. Atracción de precio. Competitividad en tarifas con el transporte terrestre y marítimo de mercancías ligeras.
 2. Tiempos de entrega, siendo más rápido un servicio aéreo en comparación con el terrestre y marítimo. En este caso es conveniente generar un servicio que articule dos o más de las alternativas de transporte disponibles, en caso de ser necesario.
 3. Disponibilidad de rutas, en función de la participación de las aerolíneas operadoras en cada aeropuerto y análisis de capacidad de operación de las pistas disponibles. Surge así un servicio mixto que permita el transporte de pasajeros y mercancías en un mismo vuelo.
 4. Selección adecuada del tipo de aeronaves que prestarán el servicio, considerando limitaciones de peso máximo y distancia de traslado.
- Finalmente, realizar un análisis de factibilidad de agrupar aeropuertos cuyo servicio se oriente exclusivamente al transporte de mercancías.

4.2.1 Por grupo aeroportuario.

Considerar a San Luis Potosí, Guadalajara y Mérida para OMA, GAP y ASUR respectivamente, como modelos operativos de referencia, generando condiciones operacionales en sectores estratégicos bajo las siguientes relaciones:

1. Unidades de superficie empleadas por tonelada de carga transportada, o en su caso por unidades de peso pequeñas.
2. Toneladas transportadas por cada empleado activo.
3. Capacidad y número de pistas de aterrizaje.

De manera independiente:

1. Utilización de aeronaves acordes a peso transportado.
2. Promoción de cada aeropuerto acorde a factores como la ubicación geográfica y actividades productivas principales.
3. Generación de aeropuertos enlace que permitan generar rutas más cortas y mayores volúmenes de mercancías a un destino final, lo cual podría derivar en reducciones económicas.

4.2.2 Por aeropuerto.

Tomando en consideración las Ilustraciones 17 y 18, y al ser San Luis Potosí es el único aeropuerto eficiente, se considera viable generar condiciones operativas similares a dicha terminal de referencia, surgiendo las siguientes observaciones:

1. Tomar como modelo guía las unidades de superficie empleadas por tonelada transportada en ese aeropuerto.
2. Número de toneladas transportadas por cada empleado activo.
3. Capacidad y número de pistas de aterrizaje necesarias en cada terminal, para atender su respectiva demanda de mercancías.

De manera independiente:

1. Utilización de aeronaves acordes a los volúmenes de demanda y peso transportado.
2. Promoción de cada aeropuerto acorde a factores como la ubicación geográfica y actividades productivas principales. Tomando en consideración que aeropuertos ubicados en costa, generalmente presentan bajos niveles de demanda de mercancías.
3. Analizar la factibilidad de agrupar aeropuertos exclusivos para el transporte de mercancías.

4.3 Estrategias generales para mejorar el desempeño del SAM.

Las propuestas de mejora de desempeño del SAM de manera integral, son viables sólo a partir de modelos de análisis globales que permitan la correlación de varios parámetros. Considerando que a medida que se desagregan variables de análisis se observa mayor facilidad en la identificación de sectores deficientes, es necesario resaltar que en un modelo con un número mayor de variables, la correlación de las mismas dificulta dicha tarea.

Consecuentemente, algunas de las consideraciones que permiten proponer estrategias orientadas a mejorar el desempeño del SAM son:

- Influencia de la ubicación geográfica de nuestro país, considerado como un punto de enlace importante a nivel internacional, ya sea por el océano Pacífico o Atlántico, adicionado al tráfico con el norte y sur del continente Americano.
- La ubicación de AICM a nivel nacional genera un enlace radial con los demás aeropuertos del país, así como su alta capacidad operativa y volumen de demanda de pasajeros y mercancías.
- Existencia de aeropuertos importantes a nivel nacional e internacional como Guadalajara, Monterrey, Cancún y San Luis Potosí (de acuerdo a su eficiencia en el sector mercancías).
- Grandes disparidades entre aeropuertos en cuanto a volúmenes transportados y capacidades operativas.
- La actual regulación contempló aeropuertos piloto, entre ellos AICM, Guadalajara, Monterrey, Cancún, Tijuana y Reynosa (como caso particular), los cuales se integraron a determinados grupos aeroportuarios. Sin embargo, con el fin de acrecentar la rentabilidad y eficiencia de aeropuertos pequeños, se generaron condiciones desequilibradas respecto a los de grandes dimensiones a pesar de pertenecer a un mismo grupo aeroportuario con regulaciones y políticas operacionales equitativas.

Consecuentemente las políticas de mejora consideran lo siguiente:

- Promoción del sector aéreo en México como una modalidad de transporte atractiva mediante la disponibilidad de rutas, horarios y persuasión mediante incentivos económicos principalmente. Esta medida considera a las aerolíneas como las protagonistas, puesto que su actual regulación de precio e itinerarios definidos

requerirían de modificaciones que permitan la incorporación de nuevas alternativas más atractivas en el mercado.

- Haciendo referencia a la ubicación geográfica de México, plantear al SAM como un punto de enlace con el exterior, generando condiciones adecuadas en determinados aeropuertos para atender la demanda que pudiera generarse.
- En el caso de aeropuertos ubicados en las costas mexicanas, evaluar la factibilidad de agruparlos para servicio exclusivo de pasajeros. Adicionalmente generar condiciones operativas similares a las de aeropuertos de referencia y determinar modelos operativos que permitan atender de manera adecuada los volúmenes generados por efectos de estacionalidad, sin generar grandes deficiencias en periodos de baja demanda.
- Implementar servicios complementarios como ventas comerciales, servicios de reunión o servicios de logística en terminales de baja utilización.
- Tomar a Reynosa como el aeropuerto de referencia, puesto que sus volúmenes de demanda y capacidades operativas se encuentran en condiciones similares a la mayoría de las terminales mexicanas.
- Otra alternativa es generar condiciones similares a las de aeropuertos de referencia, tomando en cuenta las dimensiones del aeropuerto en intervención.

Síntesis del capítulo

Atendiendo a uno de los objetivos generales planteados para el presente trabajo, algunas de las propuestas generadas a lo largo de este capítulo se orientan principalmente a la generación de un sistema de transporte aéreo atractivo a los usuarios, considerando aspectos relevantes como la rapidez y continuidad en el servicio, generación de mayor cantidad de movimientos para cada ruta y aspectos económicos que permitan el incremento de demanda.

Evidentemente es necesario un análisis más detallado que permita optimizar el desempeño del SAM y permita un equilibrio entre los productos generados y los insumos empleados, y de manera especial si se considera generar mayor oferta a partir de la competencia de las aerolíneas que operan en cada aeropuerto analizado. En este caso se recomienda generar para cada aeropuerto deficiente modelos operativos similares a los de aeropuertos con alto desempeño, tomando en cuenta efectos ajenos al propio aeropuerto, como es el efecto de estacionalidad en aeropuertos turísticos, capacidad y limitaciones de aeropuertos para transportar altos volúmenes de mercancías y su competencia con otras modalidades de transporte.

COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

La evaluación de la eficiencia técnica del SAM requirió alrededor de 120 análisis, considerando variedad de modelos en orientación, rendimientos a escala y correlación de sus variables. No obstante, únicamente se consideró como representativo un modelo integral que correlaciona seis variables y el caso 4 de cada modelo desagregado, donde se evaluó el volumen de pasajeros transportados y la carga transportada frente a la capacidad de la terminal de pasajeros y carga, respectivamente.

De acuerdo a la estadística comparativa indicada en la Tabla 17, se observan aeropuertos representativos en algunas variables, resaltando AICM, Guadalajara, Monterrey, Cancún, Acapulco, San Luis Potosí, Mérida, Tijuana. En contraste, algunos de los aeropuertos con bajos volúmenes de demanda y capacidad operativa son Tapachula, Durango, Minatitlán, Manzanillo, Zihuatanejo, Morelia, Zacatecas, Los Mochis, Oaxaca y Reynosa. Sin embargo, con base en los resultados obtenidos sobresalen aeropuertos como el de San Luis Potosí, Oaxaca y Reynosa, que al evaluarse presentaron puntuaciones elevadas y en consecuencia, requieren de menor intervención para mejorar su desempeño, lo cual nos lleva a reflexionar sobre los resultados mostrados por AICM, demostrando que a pesar de que representa un volumen de transporte que sobrepasa por mucho a los demás grupos aeroportuarios, no alcanza la frontera de eficiencia. De modo que un aeropuerto de grandes dimensiones y gran volumen de demanda, no necesariamente es eficiente.

De acuerdo a la Ilustración 13 y 16, las puntuaciones de eficiencia técnica bajo las especificaciones de modelo global muestran a Guadalajara, Monterrey, Reynosa, San Luis Potosí, AICM y Cancún como aeropuertos de referencia, destacando ASUR con una puntuación promedio de 0.74, a pesar de tener sólo a Cancún en la frontera de eficiencia. En este caso la eficiencia técnica promedio del SAM es del orden de 0.60.

La Ilustración 20 ubica los resultados de modelo global por región, observando que los aeropuertos con mayores deficiencias se ubican en las costas mexicanas, donde aunado al bajo volumen de mercancías transportadas, se presentan el efecto de estacionalidad en el transporte de pasajeros.

Al desagregar el modelo por vocación para el transporte de pasajeros, el número de terminales eficientes se reduce a una sola, siendo Guadalajara el aeropuerto que define la frontera de eficiencia tal como se observa en la Ilustración 14, con una puntuación general promedio de 0.33, reduciendo en 50% la eficiencia técnica global. Por su parte, el modelo desagregado por vocación para el transporte de mercancías presenta un valor promedio de

0.09, siendo el sector con mayor deficiencia de acuerdo a las especificaciones planteadas, lo cual se indica en la Ilustración 17. Este modelo presenta grandes holguras en cuanto a puntuaciones, debido a que San Luis Potosí es el aeropuerto de referencia y centro logístico de la empresa Estafeta a nivel nacional e internacional. Consecuentemente se generó un nuevo modelo cuya intención fue verificar en qué medida se incrementaban las puntuaciones al omitir dicho aeropuerto, obteniendo un valor promedio de 0.25. Los resultados se muestran en la Ilustración 19, sin embargo, suponen únicamente una referencia por tratarse de un modelo en cierta medida utópico.

Los resultados generales se concentran en la tabla 35, mostrando de manera general las puntuaciones de eficiencia promedio para cada caso, ya sea por grupo aeroportuario o por aeropuerto.

	SECTOR PASAJEROS				SECTOR MERCANCÍAS				
	INTEGRAL	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
OMA	0.64	0.47	0.45	0.47	0.43	0.22	0.22	0.18	0.14
GAP	0.68	0.50	0.50	0.43	0.37	0.23	0.23	0.22	0.21
ASUR	0.74	0.66	0.66	0.65	0.63	0.33	0.33	0.31	0.31
AICM	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AEROPUERTO	0.60	0.44	0.41	0.39	0.33	0.21	0.18	0.17	0.09

Tabla 35. Resumen general de eficiencia técnica del SAM.

Debido a que la eficiencia técnica se mide en un rango de 0 a 1, se propone la siguiente escala de medición:

- ✓ 1.00 - 0.75 Aeropuertos eficientes.
- ✓ 0.75 - 0.50 Aeropuertos medianamente eficientes.
- ✓ 0.50 – 0.25 Aeropuertos deficientes.
- ✓ 0.25 – 0.00 Aeropuertos muy deficientes.

A continuación se muestra el número de aeropuertos ubicados en cada categoría, ya sea bajo especificaciones de modelo global o desagregado.

ESCALA	EFICIENCIA GLOBAL	SECTOR PASAJEROS	SECTOR MERCANCÍAS
1.00 - 0.75	12	1	1
0.75 - 0.50	7	3	0
0.50 – 0.25	15	19	0
0.25 – 0.00	1	12	34

Tabla 36. Escala de eficiencia y resultados generales.

Refiriendo al modelo integral, se rebasa por un porcentaje mínimo el valor medio de eficiencia, sin embargo, los modelos desagregados lo ubican en un rango menor, con lo cual **se concluye que el Sistema Aeroportuario Mexicano es deficiente con tendencia a muy deficiente bajo las especificaciones técnicas planteadas y las particularidades de método Análisis Envolvente de Datos.**

El método DEA permitió obtener los aeropuertos de referencia (aquellos que determinan la frontera eficiente), cumpliendo de manera adecuada con el primer objetivo general del presente trabajo, el cual planteó como meta la evaluación de la eficiencia técnica del SAM. Así mismo, se comprueba de manera puntual la hipótesis planteada, concluyendo que a medida que cada aeropuerto se aproxima a la frontera de eficiencia, el SAM mejora su desempeño de manera integral.

Adicionalmente, refiriendo a los estudios reportados en la literatura, las puntuaciones de eficiencia técnica obtenidas para el sector aeronáutico mexicano frente a los valores reportados en el capítulo 1, se observa que el modelo integral ubica al SAM (0.60) en desempeño similar a Turquía (0.618) y España (0.609), al considerar especificaciones técnicas semejantes (sin suponer aspectos regulatorios, ni años de evaluación similares). De manera particular y a nivel Latinoamérica, podemos observar con especificaciones de modelo global que AICM, Cancún y Guadalajara resultan eficientes, comprobando nuevamente la consistencia de los resultados alcanzados bajo este enfoque. En este sentido, el método DEA fortalece la justificación de su elección y permite observar que su aplicación en el sector aeronáutico puede extenderse a variedad de modelos bajo especificaciones distintas.

En referencia al segundo objetivo general, la propuesta de estrategias que permitan optimizar el desempeño del SAM de manera integral y por sector se ha cumplido al formular como principal alternativa la promoción del sector aéreo como opción viable de transporte, basado en aspectos estratégicos como la rapidez, seguridad, disponibilidad y precio. Esto se complementa con políticas complementarias que involucran directamente la participación de aerolíneas y revisión de la actual regulación aeroportuaria en México, así como una nueva línea de investigación que permita definir en que medida es adecuada la disgregación del transporte de pasajeros del de mercancías.

Finalmente, se retoman algunas de las futuras investigaciones complementarias al presente trabajo, referidas a lo largo de la evaluación del desempeño del SAM, las cuales se enlistan a continuación:

- ✓ Ventajas de emplear Rendimientos a Escala Constantes (CRS) o Variables (VRS), a partir del establecimiento de criterios que permitan definir a una empresa como grande o pequeña.
- ✓ Influencia de factores exógenos en la eficiencia técnica del SAM. Definir las ventajas o inconvenientes de la ubicación geográfica y actividades terciarias desarrolladas alrededor de cada aeropuerto.
- ✓ En análisis desagregados, creación de registros más detallados de la distribución de los movimientos por hora registrados en la pista para cada sector en particular, así como un análisis de los empleados activos en cada uno.
- ✓ Factibilidad de agrupar determinados aeropuertos para prestar servicio a un sector en específico a partir de las puntuaciones de eficiencia obtenidas y la necesidad de intervención en sectores deficientes. Análisis especial en aeropuertos ubicados en costas mexicanas.
- ✓ Evaluación de nuevos modelos que permitan comparar aeropuertos con similitud en capacidades operativas y de demanda.

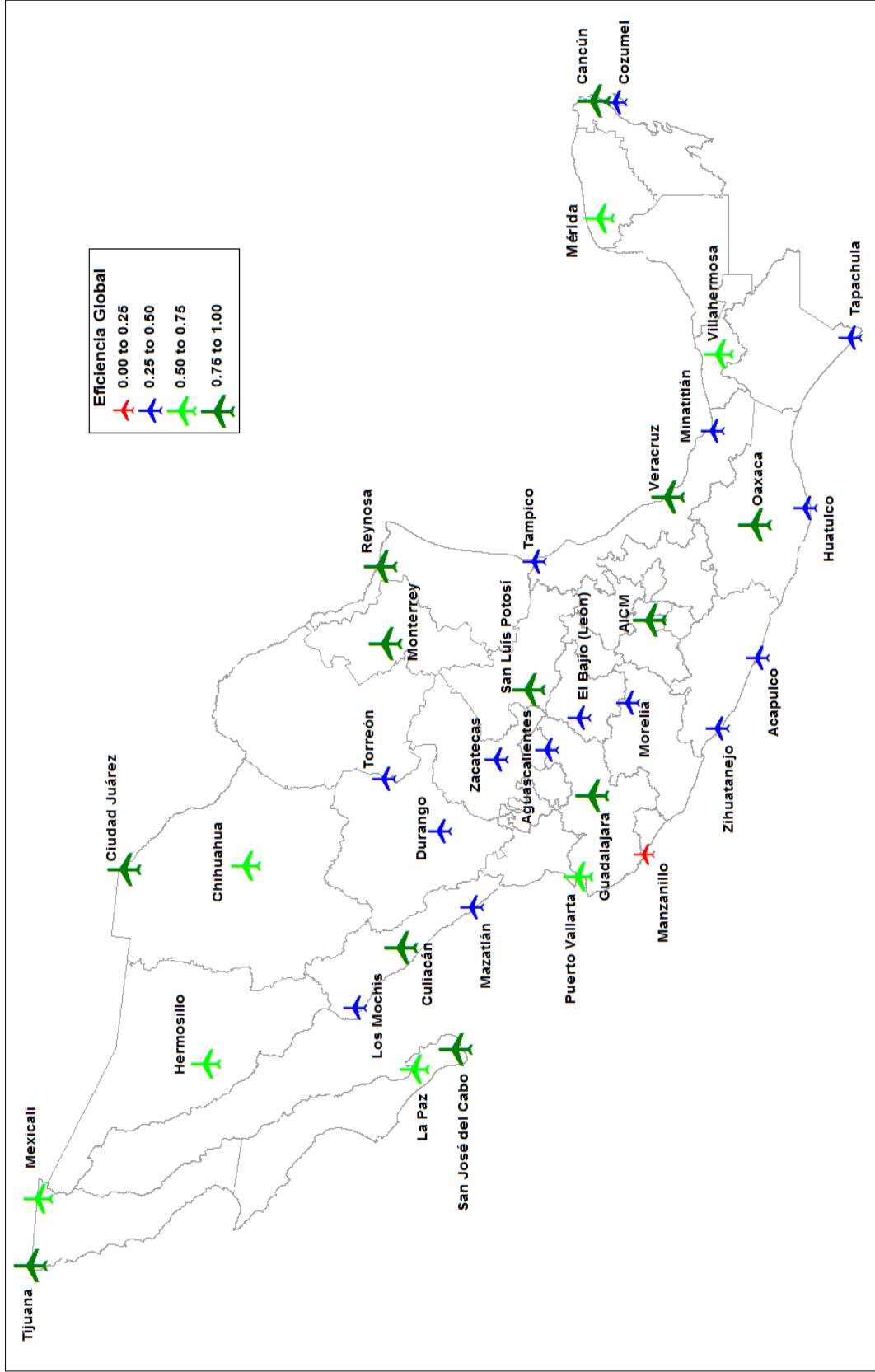


Ilustración 20. Nivel de eficiencia técnica del SAM por regiones. Modelo integral

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (s.f.) *Marco Histórico del AICM*. Recuperado de www.aicm.com.mx el 05 de Junio de 2015.
- Aeropuertos del Sureste (s.f.) *Nuestros aeropuertos*. Recuperado de www.asur.com.mx el 07 de Junio de 2015.
- Aeropuertos y Servicios Auxiliares (s.f.) *Grupos aeroportuarios*. Recuperado de <http://www.asa.gob.mx> el 27 de Mayo de 2015.
- Assaf, A., G., Merkett, R. (2006). Using DEA models to jointly estimate service quality perception and profitability – Evidence from international airports. *Transportation Research*, 75, 42 – 50.
- Auditoría Superior de la Federación. (2013). *Evaluación número 1205 “Política pública de regulación y supervisión del sistema aeroportuario”*, 5 – 47. México. Cámara de Diputados. Recuperado de www.asf.gob.mx el 27 de Mayo de 2015.
- Banker, D., R., Cooper, W., W., Seiford, L., M., Zhu, J. (2011). Returns to Scale in DEA*. *European Journal of Operational Research*, 154, 345 – 362.
- Cachanosky, Iván. (2012). Eficiencia técnica, eficiencia económica y eficiencia dinámica. *Revista Europea de Economía Política*, 9, 51 – 80.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429 – 444.
- Coll, S. V., Blasco, B. O. (2006). *Introducción a los modelos básicos. Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Universidad de Valencia. España. Recuperado de fonseca.vet.br el 12 de Mayo de 2015.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. *Aviación Mexicana en cifras 2014*. Recuperado de www.sct.gob.mx el 23 de Mayo de 2015.
- Grupo Aeroportuario Centro Norte (s.f.) *Información de Operaciones*. Recuperado de www.oma.aero el 09 de Junio de 2015.
- Grupo Aeroportuario Pacífico (s.f.) *Reporte de tráfico*. Recuperado de www.aeropuertogap.com.mx el 25 de Junio de 2015.
- Herrera, G., A. (2006). *Alternativas de solución para problemas de capacidad aeroportuaria*. Publicación Técnica No. 284 del Instituto Mexicano del Transporte. México.

- Hirschhausen, C., Cullmann, A. (2010). A nonparametric efficiency analysis of German public transport companies. *Transportation Research*, 46, 436 – 445. doi: 10.1016/j.tre.2009.11.005
- Koçak, Habip. (2010). Efficiency Examination of Turkish Airport with DEA Approach. *International Business Research*, 4, 204 – 212. doi: 10.5539/ibr.v4n2p204.
- Murillo, M., C. (2002). *Contribuciones al análisis estocástico de la eficiencia técnica mediante métodos no paramétricos*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Cantabria, Santander, España. Recuperado de repositorio.unican.es el 13 de Mayo de 2015.
- Open Source DEA (s.f.) *OSDEA-GUI*. Recuperado de www.opensourcedea.org el 15 de Mayo de 2015.
- Pestana, B., C. (2008). Technical efficiency of UK airports. *Journal of Air Transport Management*, 14, 175 – 178.
- Rico, G. O., Herrera, G. A. (2014). *Situación actual de los mercados del aerotransporte comercial mexicano*. Publicación Técnica No. 422 del Instituto Mexicano del Transporte. México.
- Rico, Galeana, O., A. (2002). *Estrategias de actuación comercial para las terminales con baja utilización en la nueva estructura aeroportuaria mexicana*. Publicación Técnica No. 212 del Instituto Mexicano del Transporte. México.
- Román, C., Martín, J., C. (2001). An application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization. *Journal of Air Transport Management*, 7, 149 – 157.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT. (2012). *Anuario estadístico 2012*. Dirección General de Planeación. México. Recuperado de www.sct.gob.mx el 23 de Mayo de 2015.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (s.f.). *Aviación mexicana en cifras 1992 – 2013*. México. DGAC. Recuperado de www.sct.gob.mx el 22 de Mayo de 2015.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1995). *Ley de Aeropuertos*. Diario Oficial de la Federación. México. Recuperado de www.sct.gob.mx el 19 de Mayo de 2015.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2007). *Programa sectorial de comunicaciones y transportes*. Diario Oficial de la Federación. México.

- Secretaría de Economía, Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología. (2012). *Industria Aeronáutica en México*. México. Recuperado de www.economia.gob.mx el 20 de Mayo de 2015.
- Serebrisky, T. (2012). *Airport Economist in Latin America and the Caribbean. Benchmarking, Regulation, and Pricing*. Washington DC. USA. The World Bank. doi: 10.1596/978-0-8213-8977-5.
- Serebrisky, T., Perelman, S. (2012). Measuring the technical efficiency of airports in Latin America. *Utilities Policy*, 22, 1- 7.
- Zhu, J. (2014). Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking. *International Series in Operations Research & Management Science* 2, 11 - 20. doi: 10.1007/978-3-319-06647-9_2.

