

Trabajo Fin de Máster
Máster en Organización Industrial y Gestión de
Empresas

Análisis de la Eficiencia del Turismo en Ecuador
mediante Análisis por Envoltura de Datos (DEA)

Autor: Diego Esteban Granda Muñoz

Tutor: Antonio Plácido Moreno Beltrán

Dpto. Organización Industrial y Gestión de
Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024



Trabajo Fin de Máster
Organización Industrial y Gestión de Empresas

Análisis de la Eficiencia del Turismo en Ecuador mediante Análisis por Envoltura de Datos (DEA)

Autor:

Diego Esteban Granda Muñoz

Tutor:

Antonio Plácido Moreno Beltrán

Profesor titular

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Máster: Análisis de la Eficiencia del Turismo en Ecuador mediante Análisis por Envoltura de Datos (DEA)

Autor: Diego Esteban Granda Muñoz

Tutor: Antonio Plácido Moreno Beltrán

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

A mí y a mi familia.

Resumen

En los últimos años el turismo se ha consolidado como uno de los sectores económicos de mayor crecimiento y relevancia, con un impacto significativo en la economía mundial, generando empleo, impulsando el comercio y el desarrollo de los países receptores. Puntualmente Ecuador, es un país mega diverso y cultural con una extensa cantidad de atractivos turísticos. Por tal motivo, en la presente investigación se analiza la eficiencia relativa del turismo en las 24 provincias del Ecuador mediante el uso de la metodología Data Envelopment Analysis (DEA) mediante el modelo Slack-Based Measure (SBM) con la tecnología Constant Return to Scale (CRS) y Variable Return to Scale (VRS). Se considera como variables de entrada el personal ocupado en alojamiento, personal ocupado en servicio de comidas y bebidas, capacidad de alojamiento en número de habitaciones, capacidad en servicios de comidas y bebidas en número de mesas, y como variables de salida las ventas por alojamiento y por servicio de comidas y bebidas en millones de dólares.

De acuerdo con la tecnología CRS las seis provincias identificadas como eficientes son: Napo, Pichincha, Orellana, Galápagos, Guayas y Los Ríos; y dieciocho ineficientes dentro de las cuales algunas son: Pastaza, Santa Elena, Morona Santiago, Bolívar y Cañar. Por otro lado, de acuerdo con la tecnología VRS nueve provincias resultan eficientes: Bolívar, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Napo, Pichincha, Sucumbíos, Zamora Chinchipe y Orellana. Las provincias identificadas como más ineficientes son: Pastaza, Santa Elena, Morona Santiago, Azuay y Tungurahua. Dentro del análisis las provincias que más varían su eficiencia según la tecnología utilizada son Sucumbíos, Zamora Chinchipe, Bolívar, Carchi y Cañar.

Globalmente, se destaca que la variable de entrada que más debe reducirse para mejorar la eficiencia es la capacidad de comidas y bebidas. A su vez, que la variable de salida que requiere un mayor incremento para mejorar la eficiencia es la de ventas por servicio de comidas y bebidas. Se puede argumentar que las provincias de Ecuador poseen un promedio de eficiencia de 55,9% con tecnología constante y un promedio de eficiencia de 64,7% con tecnología variable. Acorde a este resultado, las provincias podrían mejorar su eficiencia en un 44,1% y un 35,3% en función de la tecnología examinada.

Abstract

In recent years, tourism has become one of the fastest growing and most important economic sectors with a significant impact on the world economy, generating employment, boosting trade and development of host countries. Specifically, Ecuador is a mega diverse and cultural country with an extensive number of tourist attractions. For this reason, this research analyzes the relative efficiency of tourism in the 24 provinces of Ecuador using the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology through the Slack-Based Measure (SBM) model with Constant Return to Scale (CRS) and Variable Return to Scale (VRS) technology. The input variables are considered to be occupied personnel in lodging, occupied personnel in food and beverage service, lodging capacity in number of rooms, food and beverage service capacity in number of tables. As output variables, sales per lodging and per food and beverage service in millions of dollars.

According to the CRS technology the six provinces identified as efficient are: Napo, Pichincha, Orellana, Galapagos, Guayas and Los Rios; and eighteen inefficient within which some are: Pastaza, Santa Elena, Morona Santiago, Bolivar and Cañar. On the other hand, according to VRS technology, nine provinces are efficient: Bolivar, Galapagos, Guayas, Los Rios, Napo, Pichincha, Sucumbios, Zamora Chinchipe and Orellana. The provinces identified as most inefficient are: Pastaza, Santa Elena, Morona Santiago, Azuay and Tungurahua. Within the analysis, the provinces that vary the most in efficiency according to the technology used are Sucumbíos, Zamora Chinchipe, Bolívar, Carchi and Cañar.

Overall, the input variable that most needs to be reduced to improve efficiency is the food and beverage capacity. In turn, the output variable that requires the greatest increase to improve efficiency is sales per food and beverage service. Therefore, Ecuador's provinces have an average efficiency of 55.9% with constant technology and an average efficiency of 64.7% with variable technology. According to this result, the provinces could improve their efficiency by 44.1% and 35.3% depending on the technology examined.

ÍNDICE

Agradecimientos	7
Resumen	9
Abstract	10
Índice de Tablas	12
Índice de Figuras	13
1 Introducción	1
2 Contexto del turismo en el Ecuador	2
2.1. <i>Contexto del Turismo</i>	2
2.2. <i>Turismo en el Ecuador</i>	6
3 Metodología DEA	10
3.1 <i>Orígenes de la Metodología DEA</i>	10
3.2 <i>Conceptos Básicos</i>	10
3.3 <i>Ventajas y desventajas de la Metodología DEA</i>	13
3.4 <i>Modelos DEA básicos</i>	13
3.4.1 <i>Orientación y retorno de escala</i>	13
3.4.2 <i>Modelos con retorno de escala constante</i>	15
3.4.3 <i>Modelos con retorno de escala variable</i>	19
3.4.4 <i>Otros modelos DEA</i>	21
3.5 <i>Revisión de literatura de metodología DEA aplicada en el sector turístico</i>	23
4 Implementación del modelo	26
4.1 <i>Objetivo del análisis DEA</i>	26
4.2 <i>Modelo</i>	27
4.2.1 <i>Variables del modelo</i>	27
4.3 <i>Características del Modelo DEA SBM</i>	30
4.4 <i>Modelo Matemático</i>	30
4.5 <i>Implementación en Python</i>	31
5 Resultados Obtenidos	37
5.1 <i>Medida de la Eficiencia</i>	37
5.2 <i>Holguras</i>	42
5.3 <i>Benchmarking</i>	51
6 Conclusiones	55
6.1 <i>Líneas futuras</i>	56
7 Referencias	57
Anexos	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Llegadas internacionales por turismo desde 2019-2023. (Elaboración propia). Fuente: (UNWTO, 2024c).	4
Tabla 2. Región, Provincia-Capital de Ecuador. (Elaboración Propia). Fuente: (GoRaymi, 2022).	6
Tabla 3. Ventajas y Desventajas de la metodología DEA. (Elaboración Propia). Fuente: (Othman et al., 2010; Jordá et al., 2012).	13
Tabla 4. DMUs bajo estudio, provincias del Ecuador. (Elaboración Propia).	26
Tabla 5. Datos modelo DEA de cada DMU. (Elaboración Propia).	29
Tabla 6. Resumen de variables de entrada y salida del modelo DEA. (Elaboración propia).	29
Tabla 7. Provincias con valores más altos y bajos según variables. (Elaboración Propia).	30
Tabla 8. Datos modelo DEA de cada DMU. (Elaboración Propia).	32
Tabla 9. Resultados Eficiencia Modelo SBM CRS. (Elaboración Propia).	37
Tabla 10. Resultados Eficiencia Modelo SBM VRS. (Elaboración Propia).	39
Tabla 10. Eficiencia SBM CRS vs. VRS con % de Variación Porcentual (Elaboración Propia).	41
Tabla 12. Holguras de Entrada SBM CRS (Elaboración Propia).	43
Tabla 13. Holguras de Entrada SBM VRS (Elaboración Propia).	43
Tabla 14. Holguras de Salida SBM CRS (Elaboración Propia).	48
Tabla 15. Holguras de Salida SBM VRS (Elaboración Propia).	49
Tabla 16. Extracto Resultados Proyecciones VRS. (Elaboración Propia).	52
Tabla 17. Proyecciones de Provincias según modelo SBM VRS y CRS. (Elaboración Propia).	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación del turismo anual desde el 2000 hasta 2023. Fuente: (UNWTO, 2021).	4
Figura 2. Llegadas internacionales del 2019 al 2023. (Elaboración propia). Fuente: (UNWTO, 2024c).	5
Figura 3. % de Cambio en llegadas internacionales (2021-2023 vs 2019). Fuente: (UNWTO, 2024c).	5
Figura 4. Mapa del Ecuador por regiones y dividido por provincias. Fuente: (GoRaymi, 2022).	6
Figura 5. Entrada de turistas -miles y participación %- en el año 2017. (Elaboración propia). Fuente: (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017)	8
Figura 6. Mayor Entrada de turistas a Ecuador en el año 2017. (Elaboración propia). Fuente: (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017)	8
Figura 7. Esquema del modelo de productividad de Farrell. (Elaboración propia). Fuente: (Villa Caro, 2003).	11
Figura 8. Representación de la tecnología CRS. Fuente: (Villa Caro, 2003).	14
Figura 9. Representación de la tecnología VRS. Fuente: (Villa Caro, 2003).	15
Figura 10. Solución gráfica CCR-Input. Fuente: (Villa Caro, 2003).	18
Figura 11. Solución gráfica CCR-Output. Fuente: (Villa Caro, 2003).	19
Figura 12. Solución BCC-Input. Fuente: (Villa Caro, 2003).	20
Figura 13. Solución BCC-Output. Fuente: (Villa Caro, 2003).	21
Figura 14. Solución Modelo Aditivo. Fuente: (Villa Caro, 2003).	22
Figura 15. Representación del modelo DEA con entradas y salidas. (Elaboración Propia).	28
Figura 16. Librerías, datos de entrada y salida. SBM VRS. (Elaboración Propia).	33
Figura 17. Definiciones de variables, restricciones y función objetivo. SBM VRS. (Elaboración Propia).	34
Figura 18. Cálculo y almacenamiento de eficiencia, holguras y proyecciones. SBM VRS. (Elaboración Propia).	35
Figura 19. Resultados Eficiencia Modelo SBM CRS. (Elaboración Propia).	38
Figura 20. Visualización Resultados Eficiencia Modelo SBM CRS. (Elaboración Propia).	38
Figura 21. Resultados Eficiencia Modelo SBM VRS. (Elaboración Propia).	40
Figura 22. Visualización Resultados Eficiencia Modelo SBM VRS. (Elaboración Propia).	40
Figura 23. Comparación Resultados Eficiencia VRS vs. CRS. (Elaboración Propia).	42
Figura 24. Holguras de Entrada Personal Ocupado Reducción Porcentual VRS. (Elaboración Propia).	44
Figura 25. Holguras de Entrada Capacidad Reducción Porcentual VRS. (Elaboración Propia).	44
Figura 26. Comparación Holgura Personal Ocupado Alojamiento Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).	45
Figura 27. Comparación Holgura Personal Ocupado Comida Bebida Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).	46
Figura 28. Comparación Holgura Capacidad Alojamiento Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).	46
Figura 29. Comparación Holgura Capacidad Comidas Bebidas Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).	47
Figura 30. Holguras de Salida Incremento Porcentual VRS. (Elaboración Propia).	50

Figura 31. Comparación Holgura Ventas Alojamiento Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).	50
Figura 32. Comparación Holgura Ventas Comidas Bebidas Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).	51
Figura 33. Proyecciones en Provincias Eficientes VRS y CRS. (Elaboración Propia).	53

1 INTRODUCCIÓN

Durante décadas, el turismo se ha posicionado como una de las principales actividades económicas y sociales a nivel mundial, es uno de los sectores económicos que crece con mayor rapidez en el mundo con un aumento constante en el número de personas que viajan con fines turísticos. Este fenómeno se atribuye a diversos factores, como la mayor accesibilidad a los viajes, el desarrollo tecnológico y la búsqueda de nuevas experiencias. El turismo tiene un impacto significativo en la economía global, generando empleo, impulsando el comercio y contribuyendo al crecimiento de los países receptores de turistas. Además, el turismo desempeña un papel crucial en la promoción de la cultura, el intercambio de conocimientos y el entendimiento entre diferentes culturas (UNWTO, 2015).

Acorde al primer barómetro de Organización Mundial del Turismo de las Naciones Unidas (UNWTO) en el 2023, el turismo internacional alcanzó el 88% de los niveles registrados antes de la pandemia con un estimado de 1300 millones de llegadas internacionales. Según las estimaciones preliminares manifestadas por la UNWTO, calculadas en términos de producto interior bruto (PIB) directo del turismo, la contribución económica en 2023 bordea los 3,3 billones de dólares de los Estados Unidos o su equivalente, el 3% a nivel mundial. Lo que indica una recuperación del PIB directo del turismo, a valores previos a la pandemia generados por el crecimiento del turismo nacional e internacional (UNWTO, 2024a).

Puntualmente Ecuador, es un país mega diverso y cultural con una extensa cantidad de atractivos turísticos. Gracias a sus 4 regiones naturales permite a los turistas disfrutar de maravillosos paisajes, playas y naturaleza; sumado a todo esto majestuosas ciudades patrimoniales, edificaciones históricas y diversidad tanto cultural, como gastronómica hacen del Ecuador un destino particularmente atractivo para el turismo (Cancillería del Ecuador, 2022). Es así, que el sector de Alojamiento y Servicios de comida alcanzó una cifra de \$1347,30 millones de dólares en el año 2022, significando una participación en el PIB del 1,90%. De igual manera, dicho valor fue un 11,6% más elevado que lo reflejado en 2021 (Corporación Financiera Nacional, 2023).

Para el año 2024, se prevé que el turismo en Ecuador experimente varias tendencias y desafíos. Se espera un crecimiento continuo del turismo sostenible, con un enfoque en la conservación del medio ambiente y la comunidad local. Esto se reflejará en un aumento de la demanda de experiencias relacionadas con la naturaleza y la cultura, como ecoturismo y turismo comunitario, con un aumento en la cantidad de turistas internacionales que visiten el país. Lo que requerirá un mayor desarrollo de infraestructuras turísticas y la diversificación de la oferta turística para satisfacer la demanda. Como también, el desarrollo de productos y experiencias turísticas con un impulso a la cocina que nace de los mercados populares para ampliar la oferta turística gastronómica nacional (Ministerio de Turismo Ecuador, 2024a).

Esto indica la importancia de este mercado para el país y la necesidad de aprovechar eficientemente los recursos disponibles del sector turístico del Ecuador. Por esta razón, el objetivo de la presente investigación es aplicar la metodología Data Envelopment Analysis (DEA) Slack-Based Measure (SBM) para identificar la eficiencia relativa del turismo en las provincias del Ecuador utilizando la información disponible del año 2017 presentada por el Ministerio de Turismo haciendo énfasis en el alojamiento y servicios de comidas y bebidas. Lo que permite identificar aquellas provincias que son eficientes en el manejo de sus recursos y aquellas que deben incorporar modificaciones para mejorar su rendimiento.

En los siguientes apartados se detalla, el contexto de enfoque de la investigación (Sección 2). La descripción de la metodología DEA y la revisión de la literatura en este sector (Sección 3). La implementación y desarrollo del modelo DEA SBM (Sección 4). Finalmente, los resultados de la aplicación del modelo DEA SBM a las provincias de Ecuador (Sección 5) y sus conclusiones (Sección 6).

2 CONTEXTO DEL TURISMO EN EL ECUADOR

Dentro de esta sección se expone brevemente conceptos e información recabados sobre el turismo a nivel mundial y posteriormente se hará énfasis en el Ecuador.

2.1. Contexto del Turismo

En primer lugar, es imprescindible entender el concepto de turismo, han sido varios los autores y entidades que han definido al turismo, sin embargo, se tomará como definición la estipulada por la Organización de Naciones Unidas Turismo (ONU Turismo), entidad especializada de las Naciones Unidas encargada del turismo responsable, sostenible y al alcance de todos, antiguamente conocida como Organización Mundial de Turismo (OMT).

La cual define al turismo como las actividades realizadas por los visitantes, o bien como un fenómeno social, cultural y económico que implica el desplazamiento de personas a lugares o países fuera de su entorno habitual sea esto por motivos personales, profesionales o de negocios. Además, se debe introducir también el concepto de viajeros, mismos que, pueden ser turistas, excursionistas, residentes o no residentes. Un turista es un visitante que a su vez puede ser (interno, receptor o emisor) catalogado como turista o entendido como visitante que pernocta de ser el caso o como visitante del día conocido como excursionista.

A su vez, es necesario el concepto de destino turístico. Entendido como un espacio físico en el cual un viajero o turista puede pernoctar. En una misma ubicación es un conjunto de productos, servicios, actividades, experiencias en la cadena de valor del turismo y una unidad de análisis del sector. Conjuga diferentes agentes formando conexiones de mayor magnitud relevantes para el lugar analizado (UNWTO, 2024b).

De forma análoga a la definición del turismo existen diversas clasificaciones realizadas por investigadores y organizaciones para el turismo, con el fin de dar un breve resumen se lo dividirá acorde a la modalidad del viaje y el origen del turista siguiendo la línea presentada por (Ibáñez & Cabrera, 2011) con algunas de sus definiciones, como también, las descritas según Recomendaciones internacionales para estadísticas de turismo (RIET, 2008) y (UNWTO, 2024b).

Clasificando al turismo acorde a la modalidad turística se puede dividir en dos grandes grupos, turismo alternativo y turismo masivo.

- *Turismo Alternativo*: Son nuevas tendencias de la sociedad generalmente con un enfoque sustentable. El turista tiene la intención de acercarse a la naturaleza con experiencias en ambientes únicos consecuentes con los valores naturales, sociales y comunitarios. Como también, la motivación de experimentar contacto con culturas rurales, indígenas y urbanas respetando los lugares visitados. Se subdivide en:
 - Turismo de aventura. - Es un tipo de turismo que generalmente ocurre en lugares con características geográficas específicas y se asocia con actividades físicas, culturales y en contacto con la naturaleza, aunque también puede ser realizado en áreas cerradas. Esta experiencia puede contener algún tipo de riesgo real o percibido. Algunas de las actividades que incluye son escalada de montañas, bungee jumping, escalada de piedras, rafting, kayaking, canyoning, mountain biking, senderismo y otros similares.
 - Turismo rural. - Entendido como aquel tipo de turismo realizado en áreas rurales, capturando la cultura, los valores y la identidad de la población local mediante su participación activa en la prestación de servicios. Dentro de las actividades realizadas son la observación de paisajes, talleres artesanales, etnoturismo, eco arqueología, uso de medicina tradicional y entre otros.
 - Ecoturismo. – Definido por viajes responsables que buscan conservar el entorno y el bienestar del lugar visitado. Entre las principales actividades desarrolladas en este tipo de turismo están: los talleres de educación, el senderismo, observación de flora y fauna, visita de ecosistemas, observación geológica y de paisajes naturales.

- *Turismo Masivo*: Es definido como aquel turismo que es realizado por un elevado número de personas, principalmente de destinos de playa, ciudades coloniales o de atractivo cultural y que por lo general conlleva un impacto al lugar. Son movimientos de todas las edades y condiciones económicas, precedentes de grandes urbes en su mayoría, principalmente en ciertas épocas del año hacia lugares paradisíacos. Los turistas que realizan este tipo de turismo tienen rasgos consumistas y de alta demanda de servicios.
 - Relacionadas sol y playa. - Alta demanda de visitas a lugares con playa y de complejos turísticos con actividades acuáticas relacionadas.
 - Turismo urbano. - Hace referencia al turismo que se desarrolla en un lugar urbano con sus atributos inherentes por una economía no agrícola basada en la administración, comercio, manufactura. Ofrecen servicios de experiencias, productos culturales, tecnológicos, arquitectónicos, sociales y naturales.
 - Otras de lujosa infraestructura. - Turismo hacia destinos como restaurantes, hoteles y otros centros de entretenimiento de lujo.

La siguiente clasificación detallada es acorde al origen del turismo, debido a que es de gran relevancia cuando se quiere medir la actividad o entender su evolución con las cuentas turísticas considerando el número de turistas que egresan o ingresan a un determinado territorio, si son nacionales o extranjeros y si pernoctan o no, entre otros.

- *Turismo Receptor*. – Este turismo engloba las actividades desempeñadas por un turista no residente en el país de visita como parte de un viaje.
- *Turismo Emisor*. - Este turismo incluye aquellas actividades realizadas por un visitante residente fuera del país de referencia como parte de un viaje.
- *Turismo Interior*. – Contempla el turismo tanto interno y el receptor, identificando las actividades realizadas por los viajeros residentes y no residentes en el país de referencia.
- *Turismo Interno*: El turismo interno abarca las actividades realizadas por un visitante residente en el país de referencia, como parte de un viaje turístico interno o de un viaje turístico emisor.
- *Turismo Internacional*. - Este turismo contempla al turismo receptor y el turismo emisor, es decir, las actividades realizadas por los visitantes residentes fuera del país de referencia, como parte de sus viajes turísticos o emisores, y las actividades realizadas por los visitantes no residentes en el país de referencia, como parte de sus viajes turísticos receptores.

Ahora bien, la industria turística mundialmente ha estado presente tanto en el desarrollo económico como en el intercambio cultural de los países. Tomando como referencia lo sucedido en el año 2019 donde las llegadas internacionales de los turistas ascendieron a 1400 millones, dos años antes que las previsiones según cifras de la Organización Mundial del Turismo de las Naciones Unidas consolidando al sector turístico como uno de los motores más poderosos de crecimiento y desarrollo económico a nivel global acorde al secretario general de la UNWTO, Zurab Pololikashvili. (UNWTO, 2019).

No obstante, la pandemia de COVID-19 en el año 2020 presentó desafíos sin precedentes para este sector referentes a la disminución de movimientos internacionales, convirtiéndolo en el peor año para la historia del turismo con una caída en las llegadas internacionales del 74%, mil millones menos que el año anterior por la baja demanda y restricciones en los viajes (UNWTO, 2021) mostrado en la Figura 1.

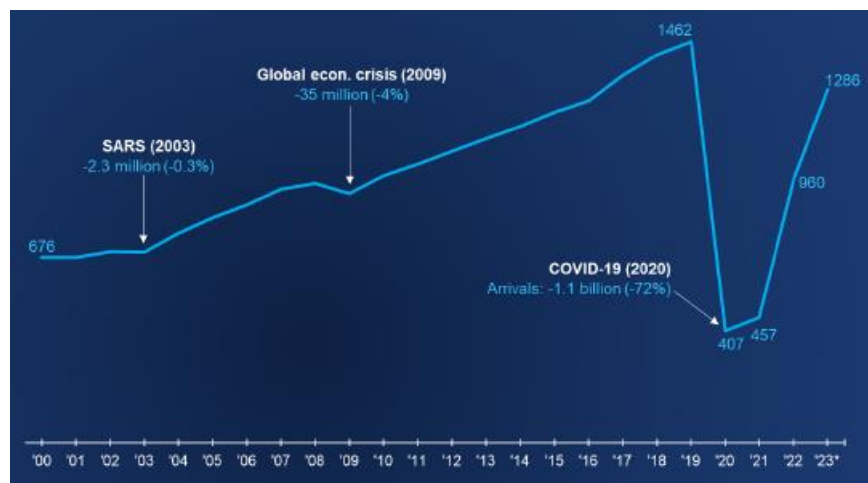


Figura 1. Comparación del turismo anual desde el 2000 hasta 2023. Fuente: (UNWTO, 2021).

Con base en el barómetro presentado por la Organización Mundial del Turismo de las Naciones Unidas que provee una visión general del sector, el turismo internacional culminó el año 2023 con un 88% de los niveles pre-pandemia con 1,3 billones de llegadas internacionales. Además, los ingresos por turismo internacional alcanzaron los 1,4 billones de USD en 2023 acorde a estimaciones preliminares, un valor cercano al 93% de los 1,5 billones de USD obtenidos por los destinos en 2019. Es así que los ingresos totales por exportación del turismo (incluido el transporte de pasajeros) se estiman en 1,6 billones de USD en 2023, equivalente a casi el 95% de los 1,7 billones de USD registrados en 2019 (UNWTO, 2024c).

De manera análoga, considerando los últimos años desde el 2019 hasta el 2023 se recopila las llegadas internacionales por turismo y se exhibe en la Tabla 1.

Tabla 1. Llegadas internacionales por turismo desde 2019-2023. (Elaboración propia). Fuente: (UNWTO, 2024c).

Llegadas internacionales 2019-2023 (Millones)					
Región/Año	2019	2020	2021	2022	2023*
Mundo	1462	407	458	960	1286
Europa	742.4	239.7	301.3	596.8	700.4
Asia y el Pacífico	360.1	59.1	24.6	91.5	233.4
América	219.3	69.6	81.8	156.6	198.3
África	69.1	18.7	19.7	47.5	66.4
Oriente Medio	71.3	19.4	30.2	67.8	87.1

Describiendo la lectura de la Tabla 1 tomando como ejemplo, Europa, la región más visitada en el 2019, contó con 742,4 millones de llegadas internacionales, con un declive en el año 2020 a 239,7 millones de turistas por la pandemia, presentó una recuperación en 2021 a 301,3 millones de turistas, de manera similar una mejoría en 2022 con 596,8 millones de turistas y en 2023 con 700,4 millones de turistas indicando la recuperación del sector y su fuerte resiliencia al dinamismo. Se obtiene una lectura referente similar para el resto de regiones y el mundo. Visualmente se expone en la Figura 2.

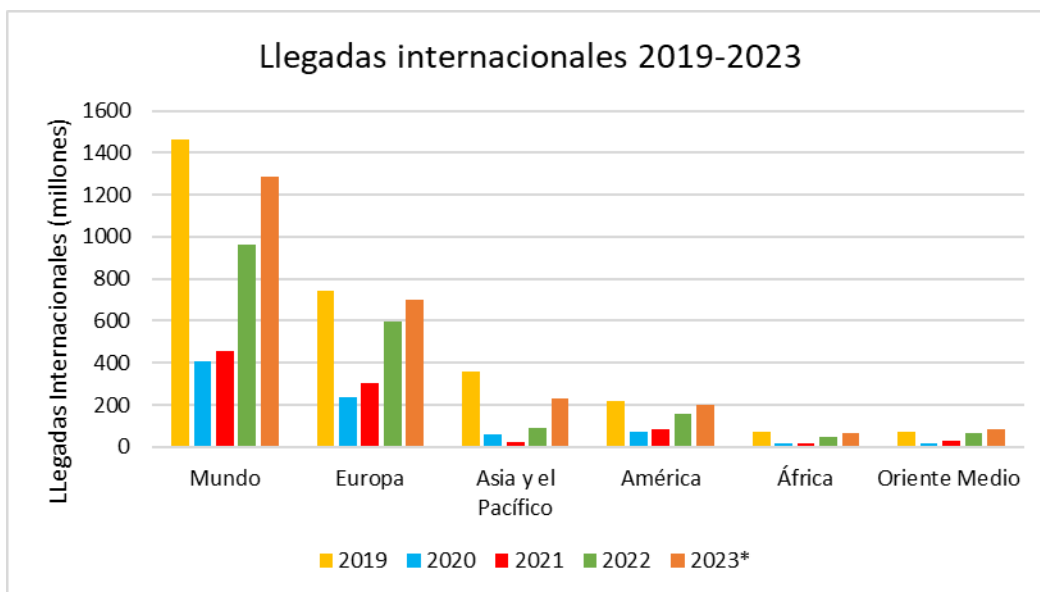


Figura 2. Llegadas internacionales del 2019 al 2023. (Elaboración propia). Fuente: (UNWTO, 2024c).

Además, se muestra la comparación porcentual versus el año 2019 en la Figura 3.

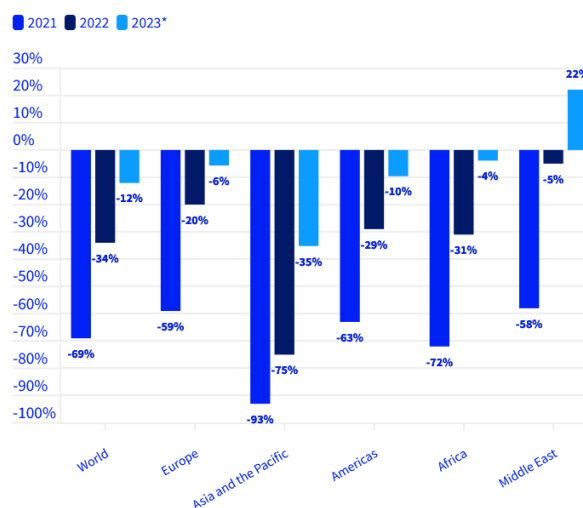


Figura 3. % de Cambio en llegadas internacionales (2021-2023 vs 2019). Fuente: (UNWTO, 2024c).

De donde se observa que en el 2023 Oriente Medio lideró la recuperación en términos relativos al ser la única región que superó los niveles previos a la pandemia, con unas llegadas un 22% superiores a las de 2019. Europa, la región más visitada del mundo, consiguió el 94% de los niveles de 2019, apoyada por la demanda intrarregional y los viajes procedentes de Estados Unidos. África recuperó el 96% de los visitantes anteriores a la pandemia y América alcanzó el 90%. Asia y el Pacífico alcanzaron el 65% de los niveles pre pandémicos tras la reapertura de varios mercados y destinos (UNWTO, 2024c).

Estas estimaciones preliminares sobre la contribución económica del turismo, medida en producto interior bruto directo del turismo (PIBDT) apuntan a 3,3 billones de USD en 2023, es decir, el 3% del PIB mundial. Esto indica una recuperación del PIBDT anterior a la pandemia, impulsado por un fuerte turismo nacional e internacional. Posteriormente a un fuerte repunte en 2023, se prevé que el turismo internacional recupere plenamente los niveles anteriores a la pandemia para el año 2024, con estimaciones iniciales que apuntan a un crecimiento del 2% por encima de los niveles de 2019 en llegadas de turistas internacionales. Las perspectivas positivas para el sector se reflejan en la última encuesta del Índice de Confianza Turística de las Naciones Unidas, en la que el 67% de los profesionales del turismo indican unas perspectivas mejores o mucho mejores para 2024 en comparación con 2023 (UNWTO, 2024c).

2.2. Turismo en el Ecuador

Ecuador, ubicado geográficamente en el noroccidente de Sudamérica y en la línea equinoccial, limita al Norte con Colombia, al Sur y Este con Perú y al Oeste con el Océano Pacífico y el espacio marítimo de Costa Rica. Es el cuarto país más pequeño del continente. Ecuador ocupa un área de 256370 km² con 4 regiones: Galápagos, Costa, Sierra y Amazonía, a su vez, dividido en 24 provincias (Cancillería del Ecuador, 2022). Las cuales se observan en la Figura 4 y se detallan con su capital en la Tabla 2.



Figura 4. Mapa del Ecuador por regiones y dividido por provincias. Fuente: (GoRaymi, 2022).

Tabla 2. Región, Provincia-Capital de Ecuador. (Elaboración Propia). Fuente: (GoRaymi, 2022).

Región	Provincia - Capital
Galápagos	1. Galápagos - Puerto Baquerizo Moreno
Costa	1. Esmeraldas - Esmeraldas
	2. Manabí - Portoviejo
	3. Los Ríos - Babahoyo
	4. Santa Elena - Santa Elena
	5. Guayas - Guayaquil
	6. Santo Domingo de los Tsáchilas - Santo Domingo
	7. El Oro - Machala
Sierra	1. Azuay - Cuenca
	2. Bolívar - Guaranda
	3. Cañar - Azogues
	4. Carchi - Tulcán
	5. Cotopaxi - Latacunga
	6. Chimborazo - Riobamba
	7. Imbabura - Ibarra
	8. Loja - Loja
	9. Pichincha - Quito
	10. Tungurahua - Ambato
Amazonía	1. Morona Santiago - Macas
	2. Napo - Tena
	3. Orellana - Orellana
	4. Pastaza - Puyo
	5. Sucumbios - Lago Agrio
	6. Zamora Chinchipe - Zamora

Ecuador tiene una población de 17510643 habitantes, el 51% son mujeres y el 49% hombres. El 64% vive en el área urbana y el 36% en el sector rural. Su estructura poblacional es joven, donde el 38% es menor de 20 años y el 11% mayor de 60 años. La esperanza de vida en la actualidad es de 80 años para las mujeres y de 74,5 años para los hombres. Es un país multiétnico y pluricultural, el 71,9% de la población se auto identifica como mestiza, el 7,4% montubia, el 7,2% afro ecuatoriana, el 7% indígena, el 6,1% blanca, y el 0,4% de otras etnias (UNFPA, 2022).

Ecuador forma parte del privilegiado grupo de países mega diversos del mundo, los cuales poseen la mayor diversidad de especies de animales y plantas, con estimaciones que aproximadamente el 70% de la diversidad alfa se ha registrado en el Ecuador ocupando el 8vo lugar mundial en biodiversidad total (especies de anfibios, aves, mamíferos y plantas vasculares). Acorde al Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) de Ecuador, el país posee el 18 % del total de aves reconocidas a nivel mundial, lo que representa al menos 1610 especies y lo sitúa en el 4.º lugar a nivel mundial. De estas, 133 son colibríes, posicionándolo en el 2.º lugar mundial dentro de este grupo. Además, alberga el 7 % de los anfibios y mamíferos del mundo (Granizo et al., 2019).

En Ecuador se ha identificado alrededor de 45 tipos de vegetación y aproximadamente 18198 especies de plantas vasculares, con unas 4500 especies endémicas. Entre estas plantas vasculares se encuentran unas 4000 especies de orquídeas, de las cuales 1714 son endémicas en el país, lo que posiciona a Ecuador como uno de los países con mayor diversidad de orquídeas en el mundo (Granizo et al., 2019).

Ecuador es un país mega diverso y cultural que tiene mucho por ofrecer al turismo, por destacar algunos de los lugares de interés más reconocidos por entidades como la UNESCO y el Ministerio de Turismo de Ecuador:

- Las islas Galápagos, en Galápagos, conocidas mundialmente por su única y extensa biodiversidad con visita a tortugas gigantes, iguanas marinas, piqueros de patas azules y la observación de especies marinas como tiburones martillos, delfines, rayas, corales y entre muchos otros.
- La ciudad de Quito, en Pichincha, capital del Ecuador con su centro histórico muy bien conservado, hermosas iglesias y parques, además, el monumento a la mitad del mundo que marca el Ecuador.
- Baños, ciudad ubicada en la Amazonía que ofrece aguas termales, actividades de aventura como visitas a cascadas como el pailón del diablo, kayaking, canopining, bungee jumping y vistas impresionantes del volcán Tungurahua.
- Míndo, ubicada en una región de bosque nuboso conocida por su rica biodiversidad y oportunidades de observación de aves. Míndo ofrece diversas actividades al aire libre, como senderismo y tirolina.
- Laguna de Quilotoa, ubicada en Pujilí, Cotopaxi situada a 3900 msnm es una de las 15 lagunas de origen volcánico más hermosas del mundo por su color verde esmeralda con diversos servicios de alojamiento y su exquisita gastronomía.
- Volcán Chimborazo, ubicado en el centro del Ecuador es el destino de experiencias de escalada de alta montaña de gran relevancia a nivel mundial, es el punto de la tierra más cercano al sol con 6310 msnm medido desde el centro de la Tierra.

Gracias a sus 4 regiones naturales: Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos permiten a los turistas disfrutar de maravillosos paisajes y playas; sumado a todo esto majestuosas iglesias, edificaciones históricas, ciudades patrimoniales, naturaleza y diversidad tanto cultural como gastronómica hacen del Ecuador un destino muy atractivo para el turismo (Cancillería del Ecuador, 2022).

El turismo en el Ecuador tiene sus inicios alrededor de los años 50, pero comienza a tomar más fuerza en las tres últimas décadas consolidándose como una actividad económicamente influyente y socio cultural de gran importancia (Ruiz & Solis, 2007). Haciendo énfasis en la actualidad, en el año 2017, se registraron 1,6 millones de llegadas internacionales, significando un incremento del 14% con relación al año anterior, mismas que, dejaron un ingreso de 1,2 millones de dólares. Tomando como referencia la balanza turística del 2018 tuvo un crecimiento vs. el 2017, dejando un saldo positivo de los ingresos frente a los egresos de 1,3 millones de dólares. En este mismo año el turismo insertó 2,3 millones de dólares a la economía nacional lo que le mantuvo al turismo como la tercera fuente de ingresos no petroleros después del banano y camarón (Ministerio de Turismo Ecuador, 2019).

Por motivos de disponibilidad de información para esta investigación se entrará en detalle en la información recabada por el Ministerio de turismo en su Boletín de Estadísticas Turísticas 2013-2017. Dentro del turismo receptor en Ecuador en el año 2017 se registraron 1608473 llegadas de extranjeros, haciéndose evidente un crecimiento del 13,4% en relación al año anterior. Los principales mercados emisores para Ecuador estuvieron ubicados en el continente americano con un 79% de participación, destacándose Colombia, Estados Unidos y Perú. En cuanto a Europa, mantiene una cuota significativa con 15%, siendo liderados por países como España y Holanda (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017) presente en la Figura 5 y la Figura 6.

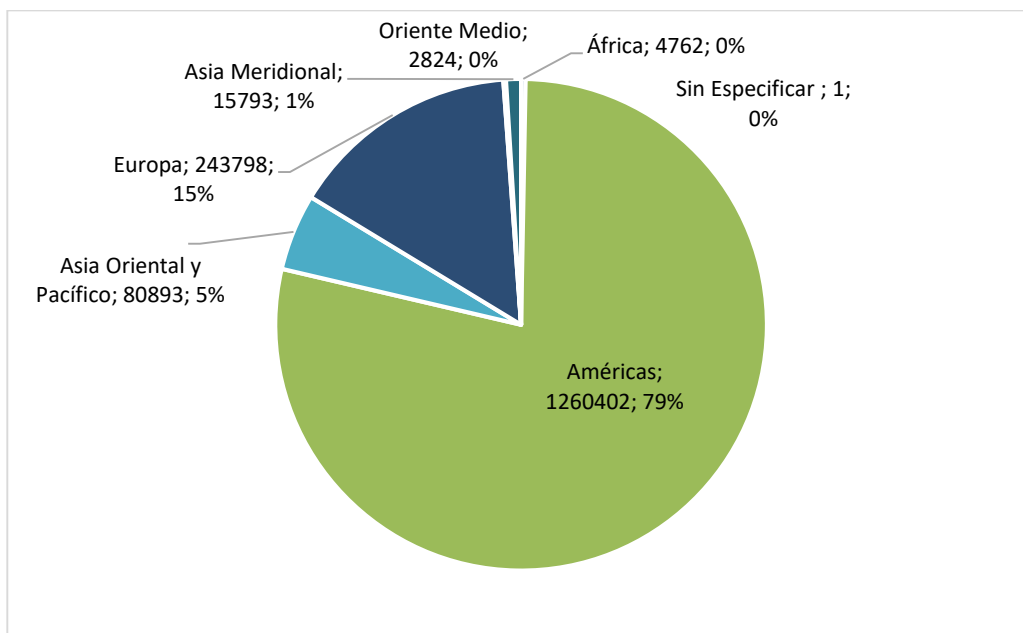


Figura 5. Entrada de turistas -miles y participación %- en el año 2017. (Elaboración propia). Fuente: (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017)

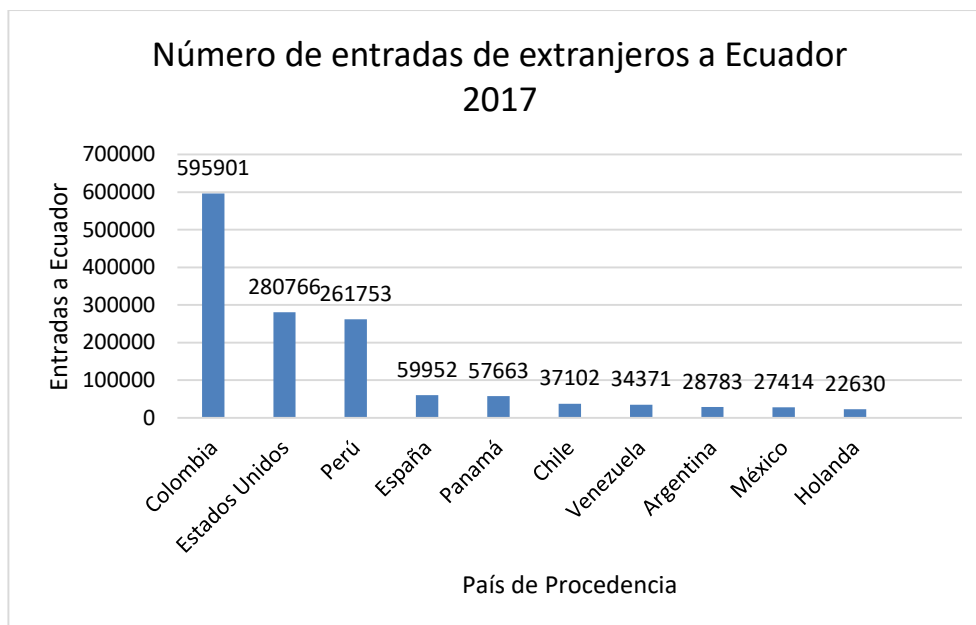


Figura 6. Mayor Entrada de turistas a Ecuador en el año 2017. (Elaboración propia). Fuente: (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017)

Durante los años 2017 y 2018, se registró una creciente cantidad de turistas extranjeros en Ecuador, alcanzando un máximo de 2,443 millones de personas en 2018. Dicha afluencia se redujo en un 16 % al cierre del año 2019. La afluencia de extranjeros disminuyó significativamente en un 77% en 2020 debido a la pandemia de COVID-19. No obstante, a una mejora leve en 2021, todavía está muy por debajo de los niveles previos a la pandemia. En 2021, la mayor participación de turistas extranjeros que ingresaron al país fueron originarios de Estados Unidos 49 %, España 12 % y Colombia 10 % (Corporación Financiera Nacional, 2023).

Esta industria no solo contribuye a la entrada de divisas, sino que también sirve como una importante fuente de empleo, beneficiando a los locales y a las comunidades, especialmente en ciudades conocidas como destinos turísticos. Según el Ministerio de Turismo (2018), los principales contribuyentes al empleo en este sector son predominantemente hoteles y restaurantes. En este año, generó 480000 empleos directos y 112000 indirectos, con un notable aumento a 512000 empleos directos y 189000 indirectos para el año 2019.

El Ministerio de Turismo enfatiza que el empleo generado por el turismo ha supuesto entre el 5% y el 6,5% del empleo total en los últimos años, registrándose esta última cifra en 2018. El turismo es reconocido como una actividad económica vital que no sólo crea puestos de trabajo, sino que también facilita la redistribución de la riqueza. Se estima que por cada empleo directo en el sector turístico se crean entre 3 y 6 empleos indirectos, según ha informado el Ministerio de Turismo en 2019 (Zurita, EG., Borja, ME., González, MG., Pinilla, 2021).

Para el año 2022, la contribución del sector de Viajes y Turismo de Ecuador al PIB aumentó un 43,3% en contraste con el año anterior, alcanzando una cifra de 4,6 mil millones de dólares, equivalente al 4,2% de la economía ecuatoriana. En ese mismo año, el sector creó más de 390 mil puestos de trabajo, lo que plasma el 4,8% del total de empleos en el país, un 5,5% más que en el año anterior. Dentro del sector de Alojamiento y Servicios de comida alcanzó una cifra de \$1347,30 millones de dólares en el año 2022, representando una participación en el PIB del 1,90%. De igual manera dicho valor fue un 11,6% más elevado que lo reflejado en 2021 (Corporación Financiera Nacional, 2023).

Cabe destacar que la llegada de viajeros extranjeros en 2022 fue de 1,2 millones frente a los 0,6 millones de turistas en 2021, lo que generó un impuesto de \$ 2,4 mil millones en 2022, un crecimiento del 60,9% vs. el 2021. Por otro lado, los viajeros domésticos simbolizaron 1,2 mil millones de dólares, un 32,9% más que las cifras de 2021 y solo un 0,5% menos que las cifras de 2019. Según el Instituto nacional de estadística y censos en 2022, el flujo migratorio general fue de 5052633 movimientos, de los cuales 2457544 corresponden a entradas internacionales y 2595089 a salidas internacionales de ecuatorianos y extranjeros (INEC, 2023).

Julia Simpson, Presidenta y CEO del World Travel & Tourism Council, afirmó que el sector de viajes y turismo en Ecuador se está recuperando y que los turistas de todo el mundo tienen una gran preferencia por visitar y explorar todo lo que ofrece el país (WTTC, 2023).

De la misma forma, durante la vigésima novena edición de los World Travel Awards (WTA) en 2022 Ecuador, las ciudades de Quito y Guayaquil, y sus empresas turísticas recibieron 27 galardones. 11 en la categoría Sudamérica y 16 en la categoría de país. Ecuador fue designado por séptimo año como Destino Verde Líder de Sudamérica, mientras que, Guayaquil fue designado como Destino de escapada urbana líder y Destino líder de reuniones y conferencias de América del Sur (Ministerio de Turismo Ecuador, 2022).

Además, el Puerto Principal recibió un premio como Patronato de Turismo de Ciudad Líder de Sudamérica 2022 por parte de la Empresa Pública y Municipal de Turismo, Promoción Cívica y Relaciones Internacionales. Entre otros, los galardonados incluyeron hoteles, agencias de viajes, renta de autos y tour operadores nacionales, lo que reconoce la excelencia de los servicios y experiencias que brindan las empresas del sector turístico nacional realizando un gran trabajo para obtener estos premios y que requieren continuar por esta senda (Ministerio de Turismo Ecuador, 2022).

3 METODOLOGÍA DEA

El presente capítulo explica la metodología de Análisis por Envoltura de Datos (en inglés Data Envelopment Analysis - DEA). Dentro del mismo se incluye los orígenes de la metodología DEA, se desarrollan conceptos básicos necesarios para la comprensión de la metodología, se mencionan sus ventajas y desventajas, además, se detallan los modelos DEA básicos con su expresión matemática. Finalmente, se expone la revisión literaria de la metodología DEA para demostrar cómo diferentes autores han aplicado esta metodología en el sector turístico.

3.1 Orígenes de la Metodología DEA

El Análisis por Envoltura de Datos (DEA) fue propuesto en 1978 por Abraham Charnes, William Cooper y Edward Rhodes en la Universidad de Texas (Austin), cuando pretendían responder la pregunta de cómo estudiar la eficiencia relativa de distintas Unidades de Toma de Decisiones (DMUs: Decisión Making Units) utilizando modelos de programación lineal, algo totalmente innovador.

Es así, que fue en una conferencia impartida por Rhodes con el título “Data Envelopment Analysis and Approaches for Measuring the Efficiency of Decision-Education”, donde se aplicó por primera vez la metodología DEA buscando evaluar los programas Follow-Through de Estados Unidos. Se enfocó en analizar la eficiencia de varios centros de educación en el país considerando múltiples recursos y derivó en la primera formulación matemática de la metodología DEA, el modelo DEA-CCR haciendo referencia a sus autores.

Desde la aparición de la metodología DEA, varios investigadores incluidos los mencionados, abarcaron diferentes aplicaciones introduciendo muchos y diversos modelos que permiten cubrir gran parte de las necesidades. Es conveniente mencionar algunos incluidos en la literatura: el modelo DEA-BCC, el modelo DEA-Aditivo de Charnes et al. (1985), modelo Multiplicativo de Charnes et al. (1982), como el modelo de Supereficiencia de Anderson and Peterson, (1993). Con el paso del tiempo han continuado surgiendo modelos y variantes más complejas permitiendo una mayor aplicación de la metodología DEA, orientado hacia diferentes áreas como el deporte, educación, salud, turismo, finanzas, entre otros.

3.2 Conceptos Básicos

Previo al análisis de los modelos DEA se detalla la definición de conceptos básicos necesarios para el entendimiento de la metodología.

La metodología DEA es una herramienta basada en la programación lineal que contempla la evaluación del uso de los recursos para generar productos de entidades y poder compararlas con otras similares argumentando sobre su eficiencia relativa. Por lo tanto, es requerido definir el concepto propuesto por Farrell en 1957, la productividad, que es la relación presente entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados en su producción, siendo una forma de evaluar cómo se están aprovechando dichos recursos. La expresión matemática introducida por Farrell en 1957 es la siguiente:

$$Productividad = \frac{Producción\ Creada}{Recurso\ Consumido} = \frac{Salida\ (Output)}{Entrada\ (Input)}$$

Dentro de esta metodología se evalúa la productividad cuando las Unidades Productivas o DMUs por sus siglas del inglés “Decision Making Unit” (entendidas como cualquier tipo de organización, industria, proceso productivo, entidad, universidad, país, etc) analizadas tienen la capacidad de decidir la cantidad de recursos que consumen o generan a través de cierta transformación aprovechando las entradas/inputs obteniendo ciertas salidas/outputs.

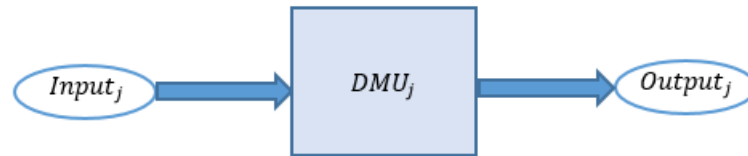


Figura 7. Esquema del modelo de productividad de Farrell. (Elaboración propia). Fuente: (Villa Caro, 2003).

Como se muestra en la Figura 7, en el caso de tener únicamente un input y un output, esto es suficiente para realizar el análisis de productividad mediante la aplicación de la fórmula de Farrell y por ende medir la eficiencia productiva de las unidades de toma de decisiones o DMUs. No obstante, esta no siempre es la realidad, debido a que la mayoría de unidades productivas poseen múltiples entradas y salidas. Es por esta razón que el análisis de la eficiencia va incrementando su complejidad y la metodología DEA se convierte en una herramienta que permite evaluar la eficiencia relativa de cada DMU considerando varias entradas y salidas.

Para la aplicación de la metodología DEA el primer paso consiste en la determinación exhaustiva de cada uno de los factores, entendidos como entradas y salidas, aquellos que realmente son significativos para que la unidad productiva alcance sus objetivos afectando su eficiencia. Con este fin, se requiere el análisis preliminar de las Unidades Productivas que serán evaluadas, es decir, la recopilación de recursos que serán considerados entradas, así como también, los posibles resultados que podrían ser generados. Todas las entradas y salidas deben ser medibles numéricamente, en el caso de ser cualitativos se tiene que establecer un sistema de medición. Es imprescindible en la metodología DEA que las unidades productivas cuenten con las mismas entradas y salidas.

La eficiente realización de este primer paso dependerá en su mayoría del analista y su capacidad para identificar las DMUs y la selección acertada de entradas y salidas del modelo DEA para la obtención de un resultado robusto. Posteriormente, se debe medir los recursos seleccionados intentando que sean exactos evitando aproximaciones.

El siguiente paso tras la selección y medición de entradas y salidas consiste en la determinación de la productividad para cada DMU. Si bien los resultados pueden ser varios considerando lo diferentes de las entradas y salidas, la productividad de la DMU es un escalar, por este motivo, es necesario el uso de una expresión matemática que incluya todas las entradas y todas las salidas de la DMU relacionada con la productividad.

$$Productividad = \frac{\text{Suma ponderada de salidas}}{\text{Suma ponderada de entradas}}$$

Sin embargo, el agrupar de tal manera las entradas y las salidas de cada DMU representa una dificultad al conjugar distintos recursos y productos que pueden ser de distinta naturaleza y por tal razón contar con unidades de medida diferentes dentro de la misma expresión. Con el fin de solucionar esta problemática se definen los conceptos de entrada y salida virtual, el cual consiste en la agregación de entradas y salidas escaladas mediante la multiplicación de un peso asociado a cada una de ellas para que el resultado sea adimensional e independiente de la escala métrica utilizada. Es así, que las entradas y salidas virtuales se expresan matemáticamente como:

$$Entrada\ virtual_j = \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij}$$

$$Salida\ virtual_j = \sum_{k=1}^s v_{kj}y_{kj}$$

Donde x_{ij} denota la cantidad de entrada i utilizada por la unidad j , y_{kj} la cantidad de salida k utilizada por la unidad j , u_{ij} los pesos de cada entrada, v_{kj} los pesos de cada salida, m el número total de entradas consideradas y s el número total de salidas. Con estos nuevos conceptos, es posible definir la productividad como:

$$Productividad_j = \frac{Salida\ Virtual_j}{Entrada\ Virtual_j} = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj}y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij}}$$

De esta expresión es posible obtener el cálculo de la productividad de una determinada DMU y contempla el caso general con varias entradas y salidas. No obstante, este dato no nos proporciona información de cómo los recursos disponibles están siendo aprovechados para producir los productos obtenidos en relación a otras unidades similares. Por lo que, se requiere de alguna forma la comparación con otras unidades productivas semejantes en el estudio de la productividad. Aquí es donde surge el concepto de la eficiencia relativa (definida así a la eficiencia a lo largo del documento):

$$Eficiencia_j = \frac{Productividad_j}{Productividad_o} = \frac{Salida\ virtual_j / Entrada\ virtual_j}{Salida\ virtual_o / Entrada\ virtual_o}$$

Donde el subíndice j representa la unidad productiva en estudio, el subíndice o la DMU que se toma como referencia.

Es posible distinguir distintos tipos de eficiencias relativas en función de la unidad de referencia que se utilice:

- **Eficiencia Global:** Se trata de eficiencia global cuando la unidad productiva de referencia es la de mayor productividad entre las unidades que están siendo analizadas.
- **Eficiencia Técnica:** Se trata de eficiencia técnica cuando la unidad productiva de referencia es la de mayor productividad de entre las unidades de su tamaño.
- **Eficiencia de Escala:** Se define como la relación entre la eficiencia global y la eficiencia técnica.

$$Eficiencia\ de\ Escala = \frac{Eficiencia\ Global}{Eficiencia\ Técnica}$$

Por tal motivo, si una DMU posee una eficiencia de escala equivalente a 1 su eficiencia técnica y global son la misma. Es decir, esa DMU evaluada es del mismo tamaño que la DMU de mayor productividad siendo denominada de Tamaño de Escala Más Productivo o MPSS Most Productive Scale Size. De las previas definiciones es importante constatar que la eficiencia relativa de cualquier unidad productiva siempre será menor o igual a la unidad. Es entonces que la DMU cuya eficiencia sea la unidad será definida como eficiente. En caso contrario, dicha DMU tomará un valor menor y se la denominará ineficiente indicando que existe alguna otra DMU que posee una mayor eficiencia.

Analizando el cociente que proviene de la expresión de la eficiencia a partir de la definición de Farrell:

$$Eficiencia_j = \frac{\frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}}}{\frac{\sum_{k=1}^s v_{kj0} y_{kj0}}{\sum_{i=1}^m u_{ij0} x_{ij0}}}$$

Es posible constatar que existirían una infinidad de distintas combinaciones de pesos para alcanzar la misma eficiencia, debido a que los pesos (u_{ij}, v_{kj}) y $(\alpha u_{ij}, \beta v_{kj})$, siendo α y β cualquier número real, obtendría la misma eficiencia. Para minimizar de alguna forma el número de pesos (u_{ij}, v_{kj}) que por lo anteriormente detallado calculan la misma eficiencia relativa, se establecerá que la productividad de la unidad de referencia es 1.

De esta manera, sin considerar la definición de eficiencia con la que se esté analizando, el denominador siempre será la unidad, ya que, la DMU de referencia será eficiente (Villa Caro, 2003). Por tal motivo posible expresar a la eficiencia como:

$$Eficiencia_j = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}}$$

Siendo esta la expresión a la que se referirá como eficiencia en el resto de conceptos y modelos.

3.3 Ventajas y desventajas de la Metodología DEA

A continuación, se presenta la Tabla 3 en donde se resume las principales ventajas y desventajas de la metodología DEA.

Tabla 3. Ventajas y Desventajas de la metodología DEA. (Elaboración Propia). Fuente: (Othman et al., 2010; Jordá et al., 2012).

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Representa un método por el cual múltiples entradas y salidas de una unidad productiva pueden ser contempladas objetivamente de un conjunto de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> La metodología no proporciona un modelo para predecir el rendimiento de una organización durante años debido a la limitación de ceñirse a la base de datos con lo que se realiza el modelo.
<ul style="list-style-type: none"> La metodología DEA calcula la eficiencia de las DMU basándose en las mejores prácticas observadas, no en un modelo "medio" o "ideal". 	<ul style="list-style-type: none"> Al ser una técnica que considera los puntos extremos un error en la elección de la medición de los datos puede afectar los resultados obtenidos.
<ul style="list-style-type: none"> DEA se estima con una metodología no paramétrica, por lo que, no hay necesidad de imponer ninguna forma funcional a los datos, ni tampoco hacer suposiciones de distribución para el término de ineficiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> La elección de las DMUs, entradas y salidas en una evaluación es difícil como crucial para el análisis; una pobre elección de factores conlleva a resultados incorrectos.
<ul style="list-style-type: none"> Muestra una evaluación productiva comprensible de en qué medida las unidades necesitan reducir sus insumos o aumentar sus productos para llegar a ser eficientes. 	<ul style="list-style-type: none"> Ignora el efecto de las variables exógenas en el análisis.
<ul style="list-style-type: none"> DEA puede identificar y considerar economías de escala. 	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados obtenidos del análisis DEA son específicos a cada muestra.

3.4 Modelos DEA básicos

Una vez definidas correctamente las DMUs a analizar y los factores escogidos (entradas y salidas) es necesario la elección del modelo DEA que permita obtener un análisis robusto acorde a los objetivos planteados. Por esta razón, dentro de este apartado se describirán definiciones previas para la comprensión de los modelos básicos de DEA.

3.4.1 Orientación y retorno de escala

Los modelos que se detallan en siguientes apartados requieren de la definición de conceptos previos como lo son la orientación y el retorno de escala, los cuales se subdividen en dos, respectivamente.

En primer lugar, se definirá la Orientación, que es el proceso por el que optan las unidades productivas (cualquier organización, ente o empresa en análisis) para acercarse al nivel de eficiencia dentro del estudio correspondiente. Se subdivide en orientación de entrada y orientación de salida.

- *Orientación de Entrada (Input)*: Hace referencia a que la unidad productiva busca alcanzar la eficiencia de la unidad de referencia reduciendo la cantidad de entradas que utiliza para desarrollar sus productos.
- *Orientación de Salida (Output)*: Se entiende al hecho que la unidad productiva en estudio tiene la capacidad de aumentar la cantidad de salidas que genera con el motivo de alcanzar la productividad de la unidad comparativa.

Ahora es necesario introducir otro concepto fundamental para la metodología DEA, conocido como el retorno

de escala o tecnología, mismo que, se divide en retorno de escala constante (CRS) y retorno de escala variable (VRS), detallados a continuación.

1. *Retorno de Escala Constante (CRS)*: También conocido como Constant Return to Scale, se denomina a la posibilidad de que cualquier DMU analizada en el estudio tiene la capacidad de alcanzar la productividad de las eficientes. Por tal motivo, se calcula la eficiencia global dentro del estudio debido a que todas las unidades productivas independientemente de su tamaño se comparan como referencia a la de mayor productividad.

Con esta definición las posibles DMUs vienen denotadas dentro del siguiente conjunto:

$$T_{CRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda}X \leq \vec{x}; \vec{\lambda}Y \leq \vec{y}\}$$

Donde lambda $\vec{\lambda}$ es un vector con tantas componentes como DMUs definidas en el estudio. X es la matriz de entrada, contendrá tantas columnas como variables de entrada estén en análisis y Y definida como la matriz de salida, con tantas columnas como variables de salida sean incluidas en el modelo para las unidades productivas analizadas.

El conjunto de DMUs posibles expresado visualmente para una entrada y una salida se muestra a continuación en la Figura 8.

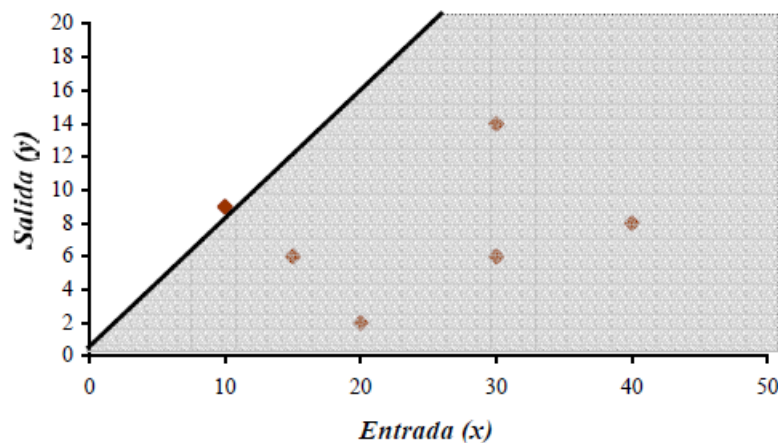


Figura 8. Representación de la tecnología CRS. Fuente: (Villa Caro, 2003).

Como se puede observar cada punto indica a las unidades productivas reales consideradas en el estudio. El conjunto TCRS es entonces la zona sombreada, que se extiende desde la línea que parte desde el origen, pasando por la DMU más eficiente hasta el infinito, envolviendo todo lo que se encuentre por debajo conformando la región de tecnologías admisibles.

2. *Retorno de Escala Variable (VRS)*: También conocido como Variable Return to Scale, es definido partiendo de que ciertas DMUs pueden tener tamaños diferentes al de las eficientes y puede que no sean capaces de alcanzar el nivel de productividad de las DMUs más eficientes. Indicando que el estudio debe ser calculado a partir de la eficiencia técnica, referenciando cada DMU a la de mayor productividad entre las de su tamaño.

De manera análoga, es posible definir el conjunto de puntos admisibles del estudio para el retorno de escala variable VRS:

$$T_{VRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda}X \leq \vec{x}; \vec{\lambda}Y \leq \vec{y}; \vec{\lambda}\vec{e}^T = 1\}$$

Donde los términos del conjunto fueron definidos en TCRS. Sin embargo, la principal diferencia es la inclusión de obligatoriedad al vector lambda $\vec{\lambda}$, forzando a que la suma de sus componentes tenga que ser la unidad. Representando gráficamente el conjunto para el caso de una sola entrada y salida:

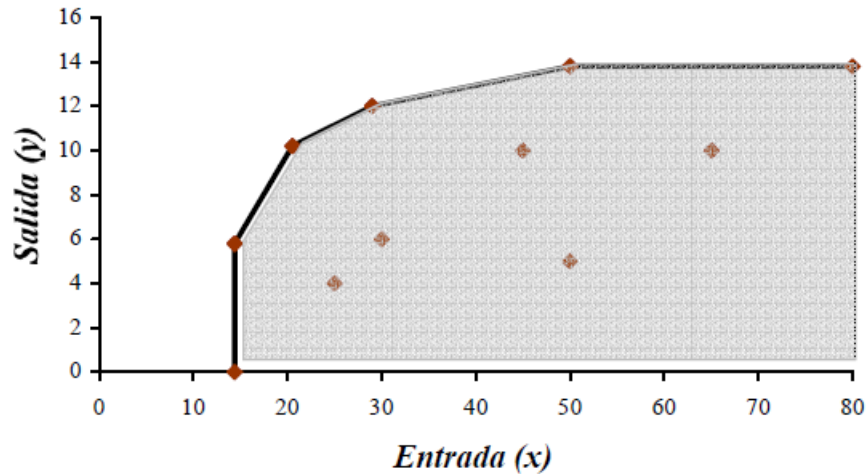


Figura 9. Representación de la tecnología VRS. Fuente: (Villa Caro, 2003).

Se observa en la Figura 9 que los puntos son las unidades observadas en el estudio y la zona sombreada estipula la región de tecnologías VRS, misma que, está formada por aquellas DMUs más eficientes de su tamaño y que se extiende hacia el infinito.

Dependerá de la naturaleza intrínseca del análisis si la tecnología o retorno de escala es constante CRS o variable VRS. Cuando las DMUs bajo estudio operan de manera independiente respecto a las que consumen o producen, y logran alcanzar la máxima productividad observada, se aplicará la tecnología de retornos de escala constante CRS. En contraste, en situaciones donde las unidades, debido a su tamaño, no pueden alcanzar la máxima productividad observada en el estudio, se empleará la tecnología de retornos de escala variable VRS. Ante la incertidumbre, se aconseja optar por la hipótesis de retornos de escala variable VRS.

3.4.2 Modelos con retorno de escala constante

En los modelos presentados en esta sección, las unidades productivas adoptan como DMU de referencia aquella que posee la mayor productividad entre las observadas, calculando la eficiencia relativa. A continuación, se describen tres de estos modelos: el modelo RATIO, el modelo CCR-INPUT y el modelo CCR-OUTPUT.

3.4.2.1 Modelo RATIO

Este modelo opera con retorno de escala constante debido a que el análisis de una DMU se compara con otras DMUs que poseen la mayor eficiencia observada. Su nombre surge debido a que la función objetivo del modelo es un cociente, haciéndolo un problema no lineal.

En el modelo RATIO cada unidad productiva al calcular su eficiencia tiene libre elección de los pesos que transforman las entradas y salidas en valores adimensionales, siendo aquellos los que optimicen su eficiencia. Es relevante recalcar que una vez que la DMU escoge sus pesos, estos serán utilizados por el resto de DMUs en el análisis. Por tal razón, cada DMU comparará su productividad con las otras en estudio considerando los pesos con los que su eficiencia es la mejor.

Se expresa el modelo anteriormente descrito de forma analítica:

$$\text{Max} \left[h_j = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \right]$$

S.a.

$$\frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \leq 1 \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad \forall k = 1, \dots, s$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad \forall i = 1, \dots, m$$

El h_j indica a la variable estudiada especificada por el subíndice j . El término ε es obligatoriamente un número mayor que cero, es decir, positivo que actúa como una constante no-arquimediana, menor que cualquier número real positivo. De esta manera, las restricciones donde se ve este valor fuerza a que ningún peso sea nulo. Es así que se trata de n problemas de maximización, donde la función objetivo elige los pesos que hacen máxima la eficiencia, denotada como h_j de la DMU bajo estudio.

Existe una restricción para cada Unidad de Toma de Decisiones en estudio, la cual impide que ninguna DMU pueda tener una eficiencia superior a uno. Esta restricción refleja la limitación impuesta a los pesos cuando cada DMU busca maximizar su valor, por lo que, cada vez que intenta elegir pesos que aseguren una eficiencia alta, simultáneamente se debe garantizar que ninguna DMU del problema alcance una eficiencia inadmisibles, es decir, superior a uno. La estructura del modelo asegura que, si una unidad no logra ser eficiente, incluso seleccionando los mejores pesos posibles, significa que existe otra unidad que ya es eficiente con esos mismos pesos.

Una vez resuelto los n problemas planteados, se generará un subconjunto K que consiste en las unidades DMU r que han demostrado ser eficientes al resolver el modelo, asignándoles un valor $h_j = 1$. Esto implica que estas unidades cumplen la restricción con un signo de igualdad:

$$\frac{\sum_{k=1}^s v_{kr}^* y_{kr}}{\sum_{i=1}^m u_{ir}^* x_{ir}} = 1 \quad r \in K$$

Si una DMU j no cumple con dicha condición será considerada como ineficiente en relación al subconjunto K .

3.4.2.2 Modelo CCR-INPUT

Como fue detallado el modelo RATIO en su función objetivo trata con un cociente convirtiéndolo en un problema de no linealidad. Con el fin de solventar esta limitación los autores Charnes, Cooper y Rhodes desarrollaron el modelo CCR-Input, el cual transforma dichos cocientes en ecuaciones lineales modelado con retorno de escala constante y orientación de entrada (Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, 1978).

La linealización parte del modelo RATIO con la asunción de que el denominador de la función objetivo es la unidad, convirtiéndolo en constante.

$$\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} = 1$$

Por lo que, el modelo ahora pretende buscar la maximización solo del numerador, siendo una expresión lineal como se modela a continuación:

$$Max \quad \sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}$$

S.a.

$$\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} \leq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} = 1$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad \forall k = 1, \dots, s$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad \forall i = 1, \dots, m$$

De tal manera es un modelo expresado en su forma primal, de programación lineal conocido como forma multiplicadora. En la práctica, la resolución más común es mediante su modelo dual, denominado forma envolvente que se expresa como se exhibe:

$$\text{Min } \theta_j - \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

S.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} - h_i^- \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad \forall k = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, m \quad \forall k = 1, \dots, s$$

θ_j libre

Las n variables λ_j corresponden a las primeras n restricciones del problema primal, θ_j es generada por la restricción faltante. Los términos h_k^+ h_i^- son conocidos como variables de holgura, referentes a las s salidas y m entradas ($s+m$) cotas del modelo. Dichos valores hacen referencia a la cantidad por la cual una DMU puede incrementar su salida o disminuir su entrada sin cambiar los niveles de otras DMUs. Las holguras de entrada se refieren a la cantidad por la cual una DMU puede reducir sus valores de entrada conservando el mismo nivel de salida que las unidades eficientes e indica una ineficiencia en el consumo de las entradas. Las holguras de salida, representan la cantidad por la cual una DMU puede incrementar sus niveles de salida conservado el mismo nivel de entrada que las unidades eficientes, indicando una ineficiencia en las salidas generadas.

La resolución del modelo consta de dos fases:

En la primera fase conocida como radial (Fase I) de resolución, el objetivo es minimizar la variable θ_j :

$$\text{Min } \theta_j$$

S.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} \quad \forall k = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n$$

θ_j libre

En la Fase I se minimiza θ_j buscando que sea un valor menor a la unidad y corresponde a la reducción equiproporcional de las entradas de las DMUs bajo estudio con el fin de mantener salidas similares. Las restricciones determinan una combinación lineal entre el punto (x_{ij}, y_{kj}) y el resto de puntos en estudio (x_{ij}, y_{kj}) , cuyo resultado es la unidad virtual $(\theta_j, x_{ij}, y_{kj})$. Esto implica que las unidades ineficientes son proyectadas radialmente para alcanzar la frontera eficiente que va desde el origen pasando por las unidades eficientes. Con el valor θ_j^* obtenido se resuelve la segunda, fase rectangular, Fase II:

$$\text{Min } - \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

S.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j^* x_{ij} - h_i^- \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad \forall k = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, m \quad \forall k = 1, \dots, s$$

La Fase II rectangular, optimiza las variables de holgura h_i^- , h_k^+ para acercar a la DMU ineficiente a la frontera eficiente. La unidad virtual se considera eficiente cuando $\theta_j^* = 1$ y $h_i^{-*}, h_k^{+*} = 0$ lo que significa que no requiere de proyección adicional y está dentro de la frontera eficiente. Lo anterior explicado gráficamente para una entrada y una salida se exhibe en la Figura 10.

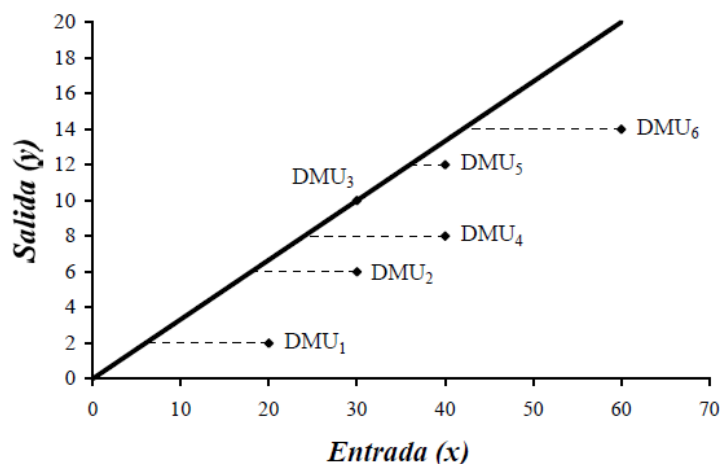


Figura 10. Solución gráfica CCR-Input. Fuente: (Villa Caro, 2003).

En la Figura 10, se manifiesta la proyección en la frontera eficiente de las DMUs, que detalla el valor de entrada que requieren disminuir para ser eficientes, conservando la misma cantidad de salida. Por ejemplo, la DMU₃ se encuentra en la frontera eficiente siendo considerada eficiente, mientras que, si se observa la DMU₆ debe realizar una proyección disminuyendo sus entradas.

3.4.2.3 Modelo CCR-OUTPUT

El modelo CCR-Output es similar al modelo CCR-Input con la principal distinción que, al ser también no lineal para solventar dicha limitación, ahora se iguala a la unidad el numerador de la función objetivo del modelo RATIO, convirtiéndolo en constante de lo que se obtiene un modelo lineal similar al anterior, donde la función objetivo es el inverso de la eficiencia relativa de la unidad J que siempre será mayor o igual a uno:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}$$

S.a.

$$\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} \leq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj} = 1$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad \forall k = 1, \dots, s$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad \forall i = 1, \dots, m$$

De manera análoga que con el modelo CCR-Input para su resolución se plantea con su modelo dual:

$$\text{Max} \quad \gamma_j + \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

S.a.

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= x_{ij} - h_i^- & \forall i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= \gamma_j y_{kj} + h_k^+ & \forall k = 1, \dots, s \\ \lambda_j &\geq 0 & \forall j = 1, \dots, n \\ h_i^-, h_k^+ &\geq 0 & \forall i = 1, \dots, m \forall k = 1, \dots, s \\ \gamma_j &\text{ libre} \end{aligned}$$

En este modelo se define una nueva variable γ_j que es la ampliación radial que debe aplicarse a las salidas para que sean proyectadas en la frontera eficiente. Se aplican las mismas consideraciones que para el modelo CCR-Input, es decir, se resuelve en dos fases en la cual se calcula γ_j^* en la fase radial y posteriormente las holguras h_i^{-*}, h_k^{+*} en la fase rectangular, expuesto gráficamente para una entrada y una salida en la Figura 11.

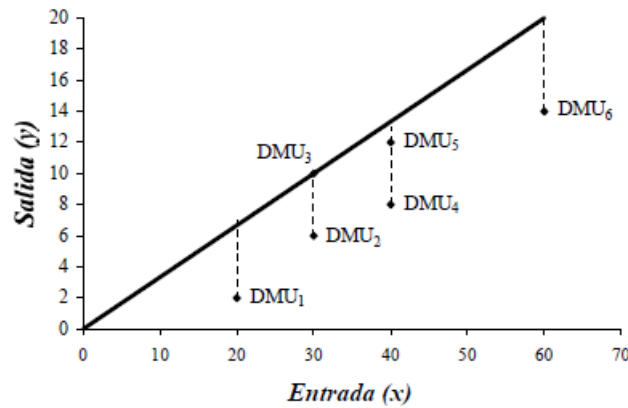


Figura 11. Solución gráfica CCR-Output. Fuente: (Villa Caro, 2003).

Como se muestra en la Figura 11 corresponde a la proyección del punto sobre la frontera eficiente incrementando de forma radial las entradas por eso es considerado un problema con orientación de salida. De forma similar que el modelo anterior en el caso de que $\gamma_j^* = 1$ y $h_i^{-*}, h_k^{+*} = 0$ la unidad virtual es considerada eficiente, de no ser el caso, se produciría alguna proyección paralela al eje.

3.4.3 Modelos con retorno de escala variable

Los modelos detallados anteriormente no pueden ser aplicados en aquellos problemas que se tenga en cuenta un retorno de escala variable. Por este motivo se exponen los modelos BCC-Input (Orientado a las entradas) y el modelo BCC-Output (Orientado a las salidas), mismos que, contemplan el análisis con la eficiencia técnica comparando su productividad dentro de su tamaño.

3.4.3.1 Modelo BCC-INPUT

Para que el modelo contemple un retorno de escala variable se requiere incorporar una restricción o variable al modelo RATIO linealizado, así especificando al modelo que cada DMUj debe ser evaluada con la de su tamaño y no con todas las unidades productivas bajo estudio.

Partiendo de la forma envolvente del modelo CCR-Input expuesto como a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Min } \theta_j - \varepsilon & \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right] \\ \text{S.a.} & \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= \theta_j x_{ij} - h_i^- & \forall i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad \forall k = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad \forall i = 1, \dots, m \quad \forall k = 1, \dots, s$$

θ_j libre

En donde se puede observar que se ha añadido una restricción en el dual de este modelo que corresponde a la suma de las componentes del vector $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \dots \lambda_n)$ equivalentes a uno; obligando a que la proyección de la DMU bajo estudio sea proyectada en el hiperplano conformado por las unidades más productivas de su tamaño. De esta manera, algunas unidades no eficientes en el modelo de escala constante en este modelo sí lo serían, por lo que, la frontera eficiente cuenta con más unidades eficientes que el modelo CCR. Para la resolución de este modelo se lo hace de igual forma aplicando en primer lugar la fase radial minimizando θ_j y posteriormente en la fase rectangular determinando h_k^+ h_i^- . Las consideraciones previas del modelo CCR-Input son válidas aquí. En el caso de una entrada y una salida, la solución gráfica se expone a continuación en la Figura 12:

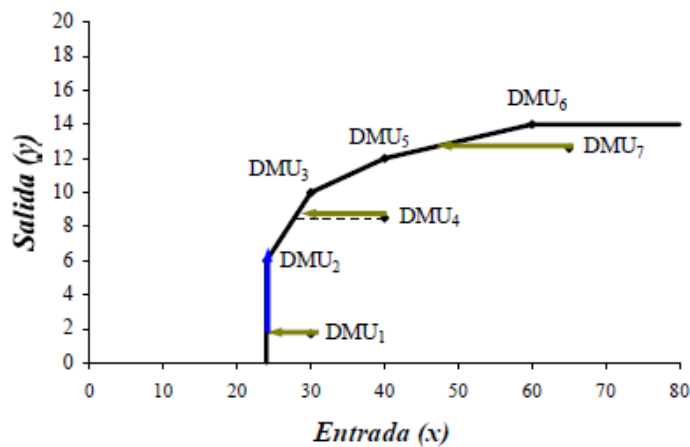


Figura 12. Solución BCC-Input. Fuente: (Villa Caro, 2003).

Como se puede identificar en la Figura 12 la frontera eficiente es la línea quebrada conformada por las unidades productivas DMU₂, DMU₃, DMU₅, DMU₆. Mientras que, las unidades productivas DMU₁, DMU₄, DMU₇ no están en la frontera y al ser no eficientes deben reducir su consumo para ser eficientes. Observando la DMU₄ sólo requiere una reducción radial de su entrada para realizar su proyección en la frontera, sin embargo, la DMU₁ debe realizar una reducción radial y también rectangular para ser eficiente.

Por tal motivo, es necesario definir el concepto de peer group como el grupo de unidades eficientes que una DMU es combinación lineal, es decir, una DMU debe proyectarse para alcanzar la eficiencia sobre una unidad que no existe en el problema, pero sí cuyo tamaño de escala es el de la combinación unidades del peer group. En el caso de la DMU₄, en donde su peer group son las unidades DMU₂ y DMU₃ cuenta con retorno de escala creciente (IRS) proyectándose sobre la zona de la frontera con mayor productividad en este caso la DMU₃ incrementando su salida. Contrario a lo requerido por la DMU₇ que posee un retorno de escala decreciente (DRS) buscando la unidad más productiva de su grupo.

3.4.3.2 Modelo BCC-OUTPUT

En el caso que la orientación del problema sea de salida con retorno de escala variable es necesario definir el modelo BCC-Output que es análogo al anterior. Se partirá del modelo CCR-Output dual y se tiene que añadir la restricción para conformar la frontera tecnológica de retorno de escala variable quedando expresado:

$$\text{Max } \gamma_j + \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

S.a.

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= x_{ij} - h_i^- & \forall i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= \gamma_j y_{kj} + h_k^+ & \forall k = 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 & \forall j = 1, \dots, n \quad \forall i = 1, \dots, m \quad \forall k = 1, \dots, s \\ \gamma_j &\text{ libre} \end{aligned}$$

Resolviendo gráficamente para el caso con una entrada y una salida:

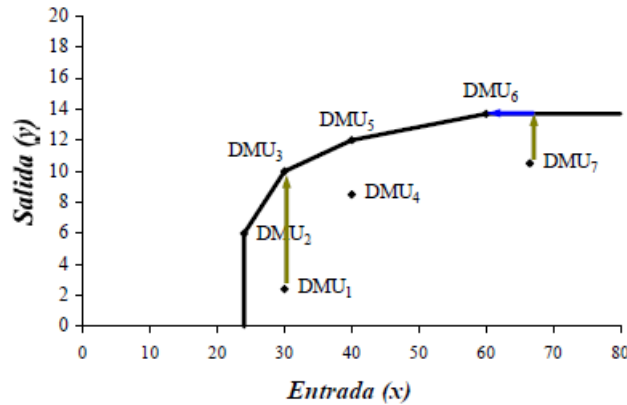


Figura 13. Solución BCC-Output. Fuente: (Villa Caro, 2003).

En la Figura 13 las unidades productivas DMU₂, DMU₃, DMU₅, DMU₆ son consideradas eficientes, por lo que, no tienen que realizar ninguna proyección o incremento en sus salidas y están conformando la frontera eficiente. Por otro lado, la DMU₁, DMU₄ para alcanzar la frontera eficiente requieren de la fase radial aumentando sus salidas y la DMU₇ debe también aplicar la fase rectangular para llegar a ser eficiente.

3.4.4 Otros modelos DEA

En este apartado se muestran otros modelos DEA que incluyen situaciones que los previos modelos no abarcan. Se topará el modelo DEA Aditivo y el modelo DEA SBM, sin embargo, existen otros modelos, pero no serán descritos por el alcance de esta investigación.

3.4.4.1 Modelo DEA Aditivo

El modelo DEA Aditivo fue propuesto por primera vez por Charnes en 1985 y fue posteriormente más desarrollado por Banker en 1989. Es un modelo que trabaja con retornos de escala variable. Su principal diferencia con los modelos BBC expuestos anteriormente, radica en que este modelo no va a alcanzar la eficiencia mediante la proyección radial de las unidades productivas sobre la frontera eficiente, es decir, solo ejecutará la segunda fase conocida como proyección rectangular. Por lo que, sea orientación de entrada o de salida solo se maximizará las holguras y por tal razón no diferencia dichas orientaciones.

De esta manera, si del modelo se sustrae la variable relacionada con la reducción o aplicación radial respectiva de las entradas o salidas en los modelos BBC con orientación de entrada o salida. Para que el modelo aditivo opere con retornos de escala constante es necesario sustrae la restricción $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, se define el modelo DEA aditivo:

$$Max \quad \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^-$$

S.a.

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= x_{ij} - h_i^- & \forall i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= y_{kj} + h_k^+ & \forall k = 1, \dots, s \end{aligned}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad \forall i = 1, \dots, m \quad \forall k = 1, \dots, s$$

La eficiencia obtenida para las unidades productivas calculadas con este modelo son medidas a partir de las variables de holgura h_i^- y h_k^+ y serán las mismas que para el modelo BBC ya que su frontera eficiente es la misma. No obstante, si una unidad productiva es ineficiente la proyección necesaria puede ser distinta según el modelo al considerar que contemplan diferentes métricas.

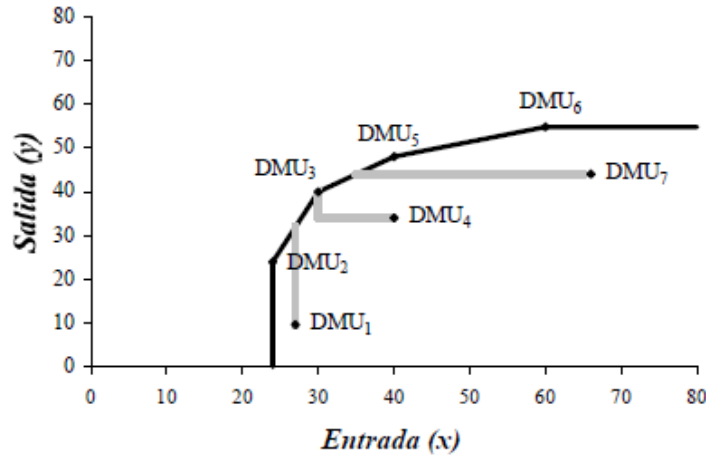


Figura 14. Solución Modelo Aditivo. Fuente: (Villa Caro, 2003).

Si se considera el caso de una entrada y una salida se puede ver en la Figura 14 las proyecciones necesarias para alcanzar la eficiencia. Para la DMU₁ es necesario un incremento en las salidas, la DMU₄ tiene que reducir sus entradas y aumentar sus salidas, mientras que, la DMU₇ requiere solo disminuir sus entradas para ser eficiente. El modelo aditivo al carecer de modificaciones radiales es invariante a las traslaciones en entradas y salidas, por lo que, si el origen de las coordenadas es modificado el máximo de la suma las variables de holgura no cambian.

3.4.4.2 Modelo SBM (Slacks-Based Measure)

Existen dos tipos de modelos en la metodología DEA radiales y no radiales. Los radiales fueron ya introducidos en los modelos CCR manejando proyecciones radiales proporcionales en entradas y salidas alcanzando de manera común la máxima eficiencia. Sin embargo, en la realidad no siempre es factible ya que no todas las entradas o salidas se comportan de la misma forma proporcional. Además, al no centrarse en las posibles holguras existentes se puede tomar una decisión equivocada para evaluar la eficiencia de una unidad productiva.

En contraste, los modelos no radiales obvian la asunción de cambios proporcionales en entradas y salidas, enfocándose directamente en las holguras. Esto podría descartar las variaciones proporcionales originales de las entradas y salidas. Los modelos SBM están diseñados para satisfacer las siguientes condiciones; en primer lugar, que sean unidades invariantes, esto se refiere a que la medida no debe variar con respecto a las unidades de los datos. En segundo lugar, monótonas, que deben ser uniformes reduciendo cada holgura de entrada y salida. En tercer lugar, invariante a las traslaciones. Y en último lugar, dependiente del conjunto de referencia de la unidad productiva estudiada (Cooper et al., 2007; Tone, 2001).

Se expone la formulación matemática del modelo SBM:

$$\text{Min} \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{h_i^-}{x_{ij}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s \frac{h_k^+}{y_{kj}}}$$

S.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{ij} - h_i^- \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$\begin{aligned}\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= y_{kj} + h_k^+ & \forall k = 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 & \forall j = 1, \dots, n \quad \forall i = 1, \dots, m \quad \forall k = 1, \dots, s\end{aligned}$$

Como es posible identificar se busca alcanzar la eficiencia de las unidades productivas a través del cálculo del cociente de las variables de holgura h_i^- y h_k^+ de entrada y salida, respectivamente. Al ser no lineal, el modelo SBM puede ser linealizado utilizando la técnica de manera similar al modelo CCR (Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, 1978). Se introduce una nueva variable “ t ” a la función objetivo tanto al numerador y denominador, al ser un escalar el resultado no es influenciado. Permite el cálculo de la eficiencia, provoca que el denominador sea 1 y dicho término sea movido a las restricciones, por lo que, el nuevo objetivo es minimizar el numerador; como se detalla a continuación:

$$\text{Min } t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\hat{h}_i^-}{x_{ij}}$$

S.a.

$$\begin{aligned}t + \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s \frac{\hat{h}_k^+}{y_{kj}} &= 1 & \forall i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \hat{\lambda}_j &= tx_{ij} - \hat{h}_i^- & \forall i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \hat{\lambda}_j &= ty_{kj} + \hat{h}_k^+ & \forall k = 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j &= 1 \\ \hat{\lambda}_j, \hat{h}_i^-, \hat{h}_k^+ &\geq 0 & \forall j = 1, \dots, n \quad \forall i = 1, \dots, m \quad \forall k = 1, \dots, s \\ t &\geq 0\end{aligned}$$

En donde:

$$\begin{aligned}\hat{h}_i^- &= t h_i^- \\ \hat{h}_k^+ &= t h_k^+ \\ \hat{\lambda}_j &= t \lambda_j\end{aligned}$$

De esta manera es factible resolver el modelo SBM como programación lineal permitiendo el cálculo de las eficiencias de las unidades en estudio.

3.5 Revisión de literatura de metodología DEA aplicada en el sector turístico

La metodología DEA desde su nacimiento ha sido ampliamente aprovechada para la medición de la eficiencia en varios campos por nombrar algunos: el sector educativo, financiero, deportivo, sanitario y entre otros. Diversas investigaciones han sido aplicadas en la literatura para medir la eficiencia del turismo (Assaf et al., 2012). Puntualmente, dentro de este apartado se expone una recopilación de diferentes investigaciones contextualizadas en el sector turístico identificando las entradas, salidas y los modelos utilizados que servirá de sustento a la presente investigación.

(Barros et al., 2011) evalúan y comparan los resultados de los destinos turísticos franceses, utilizando una primera etapa con DEA y una segunda etapa mediante un modelo de regresión truncada bootstrapped. Contemplan en su estudio el análisis de 22 regiones francesas, con un modelo de eficiencia técnica con orientación de salida. Las variables de entrada definidas son el número de llegadas y la capacidad de alojamiento, como salida tomaron la pernoctación –noches que un turista permanece en un establecimiento–. El análisis de la regresión truncada revela que la eficiencia de las regiones turísticas está influenciada por la presencia de

diversos factores como monumentos, museos, parques entre otros. Mientras que, con un promedio de eficiencia técnica constante de 24,1 % y eficiencia técnica variable de 39,2%. Este hallazgo sugiere que las regiones podrían mejorar su producción de salidas a partir de un 75,9%.

(Benito et al., 2014) en su estudio analizan la competencia de destinos turísticos utilizando información de las 17 regiones (comunidades autónomas) de España con la aplicación de DEA RATIO con orientación de salida. Testan la hipótesis de que la eficiencia del turismo de las regiones de España es determinada por un grupo de variables capaces de explicar el nivel de eficiencia. Como variables de entradas utilizan el número de llegada de turistas al menos una noche y la capacidad de alojamiento definido como número de camas disponible. La variable de salida escogida es la pernoctación. Una vez realizada la corrección de la desviación con bootstrap obtuvieron que la estimación insesgada en promedio era de 62,2% frente al 73,7% del modelo tradicional, concluyendo que las regiones rinden un 37,8% bajo sus posibilidades.

(Bire, 2021) tiene como propósito investigar la competitividad de 20 regiones del destino turístico de Nusa Tenggara Timur (NTT), provincia de Indonesia con el uso de DEA y Malmquist. Analiza el periodo temporal 2015-2019 y considera como variables de entrada el número de alojamientos, número de restaurantes y número de atracciones. La variable de salida escogida es el número de visitas y plantean un modelo con orientación de salida. Dentro de los resultados encontrados determinaron que la mayoría de variables incrementan a lo largo de los años denotando un crecimiento en la provincia. También, que Manggarai Barat 95,96% y Kota Kupang 90,36% son los dos destinos más eficientes, mientras que, el de menor rendimiento es Rote Ndao 3,46%. Además, que las regiones mostraron un nivel medio de eficacia relativamente bajo 41,67%, y el coeficiente de variación mostró amplias variabilidades en el rendimiento (54,62%), lo que sugiere una gran disparidad entre las regiones en términos de gestión de los recursos turísticos.

(Bosetti et al., 2007) abordan la investigación de la eficiencia en el turismo y sostenibilidad de 20 regiones italianas utilizando DEA. Se aprovechan 8 indicadores, define como entradas el desarrollo del turismo, los gastos públicos en gestión turística, gastos en protección ambiental y tamaño del mercado. Como variable de salida establecen la presencia total de turistas, los flujos turísticos a lo largo del año, el porcentaje de áreas protegidas y el manejo de desechos sólidos. Plantean 3 distintos modelos. En el primer modelo, consideran la gestión del turismo y la calidad ambiental donde obtuvieron que las regiones más eficientes fueron Toscana y Liguria. En el segundo modelo, analizan solamente la gestión del turismo con Toscana y Liguria identificadas como eficientes. En el tercer modelo, plantean la gestión ambiental identificando a Lombardía y Cerdeña como eficientes.

La investigación realizada por (Botti et al., 2009) se enfoca en la evaluación y comparación de destinos turísticos. Desarrollan la metodología DEA con Función de Distancia Direccional aplicada a 22 regiones de Francia con el objetivo de medir su eficiencia. Utilizan como entradas el número de hoteles, campings, parques, museos, monumentos y km de playas. Como salida analizan el número de visitantes y asumen una orientación de salida. Determinan que existen 10 regiones eficientes y 12 que tienen espacio de mejora.

(Cracolici et al., 2008) explican en su investigación la competitividad del turismo en 103 regiones de Italia analizando la eficiencia del destino. Aplican Cobb-Douglas frontera estocástica y constant return to scale (CRS) con orientación de salida. Las variables de entrada empleadas son el capital material (números de museos, monumentos, y lugares arqueológicos), capital humano estandarizado para la población, personal de trabajo en el sector turístico. Como salida definen pernoctaciones relativas a la población. En donde, los modelos estocásticos y de frontera DEA muestran que la eficiencia técnica varía mucho entre las regiones italianas. Las regiones con un mal rendimiento o eficiencia inferior a la media son del 43,0% en el modelo DEA y en el modelo SPF de 64,0%.

El objetivo de la investigación de (Corne, 2015) es medir la eficiencia técnica del sector hotelero del turismo francés aplicado en 16 de las ciudades más relevantes mediante el uso de DEA jerárquico por categorías. Las variables utilizadas como inputs son los insumos que se utilizan en la producción hotelera. En este estudio, asigna un valor uniforme de 1 como input. Como salida definen las variables de tasa de ocupación y las ganancias por habitación con un modelo orientado a las salidas. Esta contribución se centra en los hoteles de precio medio, económicos y de bajo presupuesto. Los resultados muestran que París es el punto de referencia y que los hoteles de bajo presupuesto son más eficientes que otras categorías.

(Chaabouni, 2019) investiga la eficiencia del turismo con el uso de una doble etapa bootstrap de 31 provincias de China en el periodo 2008-2013. Aprovechan el análisis envolvente de datos con corrección de sesgos. Calcularon primero empleando el procedimiento de bootstrap homogéneo suavizado de Simar & Wilson (2000).

A continuación, aplicaron una regresión a un conjunto de variables explicativas mediante el método de regresión de doble truncamiento y en conjunto con un modelo super-SBM. Plantean como entradas el empleo, el PIB del sector turístico, stock de capital turístico y como salida el número de llegadas. Los resultados muestran que la eficiencia del turismo en China fue baja durante el periodo de muestreo. A nivel regional, la eficiencia turística media en el este de China fue superior a la del centro y el oeste.

(Deng et al., 2020) enfocan su investigación en la evaluación de la eficiencia de hoteles en 31 provincias y 4 regiones de China utilizando la metodología DEA con el modelo supereficiencia SBM. Definieron como entradas las variables de número de hoteles, número de habitaciones, el número de empleados y el importe de capital fijo. Las variables de salida que escogieron fueron la tasa de ocupación y las ganancias operativas obtenidas. Como resultados obtuvieron un decrecimiento en el periodo analizado y una eficiencia promedio de 76,9% dando cabida a un incremento en el rendimiento de 23,1% las eficiencias de los hoteles de China continental.

(Figueroa et al., 2018) tienen como propósito el estudio la eficiencia de los destinos turísticos en las 15 regiones de Chile en el periodo de 2009-2014 con un enfoque de dos etapas. Plantean tres modelos, diferenciando el origen del flujo turísticos, nacionales, extranjeros o combinados. En la primera etapa, desarrollan DEA para determinar la eficiencia de las regiones. En la segunda etapa, analizan diversos factores que podrían influenciar la eficiencia en estudio como fueron los recursos naturales, patrimonio cultural, seguridad y entre otros. En sus resultados exhiben que la eficiencia se ve influenciada por la cantidad de recursos culturales y naturales, además, identificaron las regiones que atraen más a turismo nacional que extranjero.

(Flegl et al., 2023) orientan su análisis al estudio de la eficiencia en la hospitalidad de 32 estados de México aplicando la metodología DEA durante el periodo de 1992 a 2018. En su investigación definen tres modelos. El primero, incluye el total de turistas, el segundo sesgado a turistas internacionales y el tercero para turistas nacionales. Las entradas del modelo incluyen el número de habitaciones disponibles (catalogado por número de estrellas), mientras que los outputs son el número de llegadas de turistas nacionales e internacionales y el promedio de noches. Plantean un modelo CCR con orientación de salida. Se observó una eficiencia alta en destinos turísticos como Quintana Roo y una eficiencia baja en estados como Estado de México. La eficiencia fue mayor en el turismo nacional con 65,22% frente al turismo internacional con 27,42%, con una mayor estabilidad a lo largo del tiempo.

(Higuerey et al., 2020) presentan en su estudio la medida de la eficiencia de 147 empresas hoteleras acorde a su calidad y ubicación geográfica por provincias durante el periodo 2013-2017 en Ecuador. Utilizan como variables de entrada el personal ocupado, bienes no concurrentes y el consumo. Como salida definen las ganancias obtenidas aplicando el modelo CCR con orientación de salida. Como resultado encontraron que el sector hotelero en Ecuador tiene una baja eficiencia en promedio, con un alto nivel de hoteles, que por su afluencia de clientes y las zonas en las que se ubican, se manifiesta a través de ingresos, lo que les permitiría mejorar la utilización de sus recursos. Por otro lado, la mejor evolución de la productividad de los factores la tienen los hoteles que se encuentran en las zonas turísticas del Ecuador, como son las provincias de Galápagos y Chimborazo.

El estudio de (Xia et al., 2018) investiga sobre la eficiencia económica de los hoteles de lujo de 30 provincias en China acompañado desde una perspectiva ecológica y sostenible con la aplicación del modelo SBM. Plantean como variables de entrada el personal de ocupado, la inversión monetaria y el número de hoteles estrella. Las salidas escogidas son los ingresos percibidos y las emisiones de carbón. El resultado de provincias eficientes y eco eficientes se concentran en las zonas costeras orientales, donde el desarrollo económico de China está más desarrollado, mientras que, las provincias ecológicas ineficientes se localizan principalmente en las provincias occidentales menos desarrolladas de China.

Cabe destacar lo mencionado por (Higuerey et al., 2020) en donde detalla que no han encontrado estudios previos en Ecuador sobre la eficiencia en el sector hotelero. Indica que las investigaciones realizadas hasta el momento en el contexto ecuatoriano se han centrado en estudios de caso alineados con modelos de gestión, planes estratégicos, gestión de calidad y servicio al cliente. Es así, que el presente estudio a la escala realizada podría contribuir al sector competente y ser base para futuras investigaciones.

4 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

En este apartado se profundiza el modelo DEA que permite analizar la eficiencia relativa del turismo de las provincias del Ecuador. Por tal motivo, se describe el objetivo del modelo con sus respectivas variables tanto de entrada como de salida, con las fuentes de información de los datos utilizados y finalmente, se expone el planteamiento matemático del modelo con su implementación en Python.

4.1 Objetivo del análisis DEA

Un destino turístico es un espacio geográfico en donde los turistas disfrutan de diversos tipos de experiencias. Se pueden distinguir varios niveles de destinos turísticos: un país, una región, una provincia, una ciudad, un centro turístico. Se parte de la base de que un destino es una zona geográfica en la que un turista puede vivir al menos una experiencia turística y que, puede gestionarse, es decir, puede organizarse y desarrollarse para atraer turistas. En este caso, un destino es considerado como una empresa con insumos (sus atracciones turísticas, personal, alojamiento disponible, etc.) y productos (pernoctaciones, empleo, ventas, etc.). Por lo que, el objetivo es alcanzar la máxima eficiencia a través de un uso adecuado de sus insumos (Botti et al., 2009).

El comportamiento de elección de los turistas modernos es a veces volátil e impredecible. A largo plazo, el ciclo de vida del destino turístico en una zona determinada depende en gran medida de la capacidad de combinar y gestionar eficientemente los insumos para producir determinados productos turísticos. Es así, que una provincia puede considerarse como una empresa que intenta atraer la máxima parte de la demanda turística tanto nacional como internacional a través de una combinación eficiente de sus recursos disponibles (Cracolici et al., 2008).

De esta manera, cada provincia pretende incrementar sus ingresos gestionando de la mejor forma sus insumos. Por lo que, el objetivo del análisis DEA busca analizar la competitividad del destino turístico identificando la eficiencia relativa del turismo en las provincias del Ecuador. Para el análisis DEA es imprescindible tener claro las unidades de toma de decisión o DMUs. En la presente investigación, se considera como DMU a cada una de las 24 provincias del Ecuador, mismas que, se especifican con un ID que es un identificador ficticio para el estudio, su nombre y su población en la Tabla 4.

Tabla 4. DMUs bajo estudio, provincias del Ecuador. (Elaboración Propia).

ID	Provincia	Población
1	Azuay	801609
2	Bolívar	199078
3	Cañar	227578
4	Carchi	172828
5	Chimborazo	471933
6	Cotopaxi	470210
7	El Oro	714592
8	Esmeraldas	553900
9	Galápagos	28583
10	Guayas	4391923
11	Imbabura	469879
12	Loja	485421
13	Los Ríos	898652
14	Manabí	1592840
15	Morona Santiago	192508
16	Napo	131675
17	Orellana	182166
18	Pastaza	111915
19	Pichincha	3089473
20	Santa Elena	385735
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	492969
22	Sucumbíos	199014
23	Tungurahua	563532
24	Zamora Chinchipe	110973

4.2 Modelo

En este apartado se puntualiza la elección de las variables del modelo con su fuente de datos utilizados, características del modelo, el planteamiento matemático particularizado y su implementación en Python.

4.2.1 Variables del modelo

Una vez especificadas las DMUs bajo análisis entendidas como cada una de las 24 provincias del Ecuador, es necesario la elección de las variables tanto de entrada como de salida para el análisis. Este es un punto clave que representa una de las mayores dificultades para los analistas en este campo y que determina la exactitud de los resultados obtenidos.

Existen varias variables que podrían ser incorporadas al presente análisis. Por nombrar algunas; los gastos públicos en gestión turística, inversión publicitaria, el número de turistas que llegan a una localidad, la pernoctación por provincia, el origen del turista, la cantidad de hoteles, restaurantes, museos y entre otros. Sin embargo, es requerido que todas las DMUs dispongan de información, que los datos utilizados provengan de fuentes fidedignas y que la recolección de los mismos sea consistente.

Dichos motivos han sido limitantes al momento de determinar las variables que permiten identificar la eficiencia relativa de las provincias del Ecuador en esta investigación. Por tal razón, para el presente estudio se seleccionan las variables tanto de entrada y de salida siguiendo la línea de investigación de (Barros et al., 2011; Benito et al., 2014; Bire, 2021; Deng et al., 2020; Flegl et al., 2023; Higuerey et al., 2020; Xia et al., 2018). En conjunto con la disponibilidad de información utilizada, lo que busca un enfoque de análisis robusto en el contexto de la presente investigación.

A continuación, se describen las variables de entradas o inputs seleccionadas:

1. Personal ocupado en establecimientos de alojamiento (POA): De acuerdo al Art. 43 del Reglamento de Ley de Turismo del Ecuador, se entiende por alojamiento turístico, el conjunto de bienes destinados por la persona natural o jurídica, a prestar el servicio de hospedaje no permanente, con o sin alimentación y servicios básicos y/o complementarios, mediante contrato de hospedaje (Congreso Nacional del Ecuador, 2021); Es así, que el personal ocupado corresponde al número de puestos de trabajo generados en la actividad de Alojamiento, vinculadas al sector turístico. Información obtenida del Ministerio de Turismo en el catastro turístico consolidado nacional 2017 (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017).
2. Personal ocupado en servicio de comidas y bebidas (POCB): Con base en el artículo 43 del Reglamento de Ley de Turismo del Ecuador, se entiende por servicio de alimentos y bebidas a las actividades de prestación de servicios gastronómicos, bares y similares, de propietarios cuya actividad económica esté relacionada con la producción, servicio y venta de alimentos y/o bebidas para consumo. Además, podrán prestar otros servicios complementarios como diversión, animación y entretenimiento (Congreso Nacional del Ecuador, 2021). Es así, que el personal ocupado corresponde al número de puestos de trabajo generados en la actividad de servicio de comidas y bebidas, vinculadas al sector turístico. Información recuperada del Ministerio de Turismo en el catastro turístico consolidado nacional 2017 (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017).
3. Capacidad en establecimientos de alojamiento (CA = # habitaciones): De acuerdo al Ministerio de Turismo del Ecuador se refiere a la cantidad total de plazas disponibles en los diferentes tipos de establecimientos de hospedaje registrados en el país. Estos establecimientos pueden incluir hoteles, hostales, posadas, resorts, entre otros (Congreso Nacional del Ecuador, 2020). Dicha capacidad es la suma del número total de habitaciones, camas u otro tipo de alojamiento disponible en todos los establecimientos registrados, lo que proporciona una medida de la capacidad total de alojamiento que el país puede ofrecer a los visitantes en un período determinado. Información recuperada del Ministerio de Turismo en el catastro turístico consolidado nacional 2017 (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017).
4. Capacidad en servicio de comida y bebidas (CCB = #mesas): De acuerdo al Ministerio de Turismo del Ecuador se refiere a la cantidad total de mesas disponibles en los diferentes tipos de establecimientos de servicio y comida registrados en el país. Los mismos que pueden ser bares, cafeterías, restaurantes, discotecas, establecimiento móvil, catering, entre otros (Ministerio de Turismo Ecuador, 2020). La capacidad corresponde a la suma del número de mesas en todos los establecimientos registrados lo que

proporciona una medida de la capacidad total de servicios de comida y bebidas que el país puede ofrecer a los visitantes en un período determinado. Información obtenida del Ministerio de Turismo en el catastro turístico consolidado nacional 2017 (Ministerio de Turismo Ecuador, 2017).

A continuación, se especifican las variables de salidas u outputs:

5. Ventas alojamiento (VA = \$): Se refiere al total de ingresos generados por la venta de servicios de alojamiento en un período de tiempo específico, expresado en dólares estadounidenses. Estos ingresos pueden incluir las tarifas pagadas por los huéspedes por alojarse en hoteles, hostales, resorts, casas de huéspedes u otros tipos de establecimientos de hospedaje. Recabados por el Servicio de Rentas Internas SRI – F104 y obtenidos del visualizador de Turismo en cifras del Ministerio de Turismo del Ecuador.
6. Ventas servicio de comida y bebidas (VCB = \$): Se refiere al total de ingresos generados por la venta de servicios de comida y bebida en un período de tiempo específico, expresado en dólares estadounidenses. Estos ingresos pueden incluir las tarifas pagadas por los turistas por consumos en restaurantes, bares, discotecas, entre otros tipos de establecimientos servicios de comida y bebida. Recabados por el Servicio de Rentas Internas SRI – F104 y obtenidos del visualizador de Turismo en cifras del Ministerio de Turismo del Ecuador.

Todos los datos que se utilizan para esta investigación son medidos por las entidades gubernamentales competentes y están expuestos en fuentes oficiales del Ministerio de turismo del Ecuador y del Gobierno de Ecuador. El motivo principal por el que se utiliza la información del año 2017 como referencia, es debido a que son los datos oficiales más recientes disponibles de forma abierta al nivel requerido para el análisis expuesto en el boletín de estadísticas turísticas 2013-2017 y el visualizador de Turismo en Cifras elaborados por el Ministerio de Turismo del Ecuador.

A continuación, se indica el esquema del modelo DEA a implementar especificando las entradas y salidas en la Figura 15.

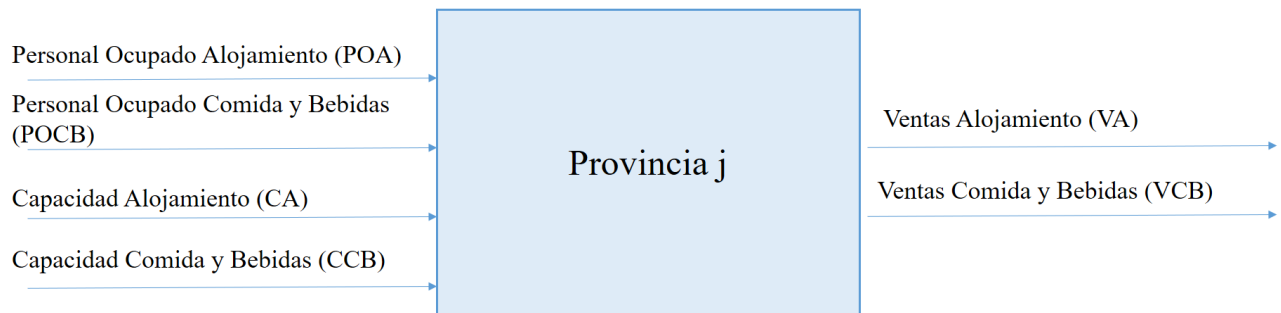


Figura 15. Representación del modelo DEA con entradas y salidas. (Elaboración Propia).

A su vez, se exhibe la Tabla 5 de las variables y la información recopilada para cada DMU.

Tabla 5. Datos modelo DEA de cada DMU. (Elaboración Propia).

ID	Provincia	Entrada				Salidas	
		Personal Ocupado Alojamiento (POA) # puestos	Personal Ocupado Comida y Bebidas (POCB) # puestos	Capacidad Alojamiento (CA) # habitaciones	Capacidad Comida y Bebidas (CCB) # mesas	Ventas Alojamiento (VA) Millones \$	Ventas Comida y Bebidas (VCB) Millones \$
1	Azuay	2168	6171	4841	17889	24	75
2	Bolívar	117	387	521	1076	1.1	3.6
3	Cañar	157	654	738	2580	1.3	10.1
4	Carchi	212	261	665	747	2.3	5.1
5	Chimborazo	593	1698	1791	4794	6.8	21.7
6	Cotopaxi	515	1185	1640	3640	5	19.7
7	El Oro	908	2316	2570	6048	17.2	32.4
8	Esmeraldas	1137	869	3618	2363	10.5	18.8
9	Galápagos	1292	738	3253	1588	21.2	8
10	Guayas	4276	30030	7111	47888	108.8	574.9
11	Imbabura	1111	1649	2867	5248	13.9	28.7
12	Loja	769	1558	2400	4469	8.2	20.7
13	Los Ríos	226	1498	920	3958	5.3	32.7
14	Manabí	1924	4916	5801	11285	26.3	80.3
15	Morona Santiago	218	591	1028	2106	1.8	5.5
16	Napo	433	490	2050	1421	13.5	7.8
17	Orellana	454	350	1664	889	8.2	16.2
18	Pastaza	298	479	1298	1599	0.9	5.9
19	Pichincha	6979	25209	14983	53447	120.6	1017.9
20	Santa Elena	1595	2252	5145	4911	11.8	17
21	Santo Domingo	582	833	2591	2316	8.4	24.6
22	Sucumbíos	577	372	2303	967	9.3	12
23	Tungurahua	1198	3906	3850	10952	15.8	46.4
24	Zamora Chinchipe	122	192	525	668	1.3	6

Se evidencia en la Tabla 6 un resumen con el total de valores, el promedio y la desviación estándar de los datos del modelo DEA a utilizar de forma general.

Tabla 6. Resumen de variables de entrada y salida del modelo DEA. (Elaboración propia).

Resumen	Personal Ocupado Alojamiento (POA) # puestos	Personal Ocupado Comida y Bebidas (POCB) # puestos	Capacidad Alojamiento (CA) # habitaciones	Capacidad Comida y Bebidas (CCB) # mesas	Ventas Alojamiento (VA) Millones \$	Ventas Comida y Bebidas (VCB) Millones \$
Total	27861	88604	74173	192849	443.5	2091
Promedio	1161	3692	3091	8035	18	87
Desviación Estandar	1541	7557	3082	13769	31	229

Se enseña a su vez una breve contextualización de los datos que se van a utilizar identificando aquellas provincias que tienen el valor más elevado y más bajo de las variables a utilizar en el presente análisis en la Tabla 7.

Tabla 7. Provincias con valores más altos y bajos según variables. (Elaboración Propia).

Alto - Bajo	Personal Ocupado Alojamiento (POA) # puestos	Personal Ocupado Comida y Bebidas (POCB) # puestos	Capacidad Alojamiento (CA) # habitaciones	Capacidad Comida y Bebidas (CCB) # mesas	Ventas Alojamiento (VA) Millones \$	Ventas Comida y Bebidas (VCB) Millones \$
Alto	Pichincha	Guayas	Pichincha	Pichincha	Pichincha	Pichincha
	Guayas	Pichincha	Guayas	Guayas	Guayas	Guayas
	Azuay	Azuay	Manabí	Azuay	Manabí	Manabí
Bajo	Cañar	Orellana	Carchi	Orellana	Zamora Chinchipe	Morona Santiago
	Zamora Chinchipe	Carchi	Zamora Chinchipe	Carchi	Bolívar	Carchi
	Bolívar	Zamora Chinchipe	Bolívar	Zamora Chinchipe	Pastaza	Bolívar

4.3 Características del Modelo DEA SBM

El modelo DEA SBM (Slacks-Based Measure) surge como opción cuando las DMUs bajo análisis no pueden modificar sus entradas o salidas de manera proporcional lo que se asemeja a la realidad brindando flexibilidad en el análisis al enfocarse en las holguras.

El modelo DEA SBM es monótono haciendo referencia a que realiza cambios en cada holgura de entrada y salida de ser necesario. También, es invariante a la traslación lo que significa que el modelo es capaz de reconocer y evaluar la eficiencia relativa de las DMU independientemente de la posición o ubicación de estas unidades en el espacio de características, si está primera, segunda o tercera la eficiencia de la unidad no se ve afectada. A su vez, es un modelo invariante a las unidades de los datos que se están utilizando, significa la escala de medida utilizada para las entradas y salidas no afecta los resultados de la eficiencia relativa, es así, que una variable por tener sus valores en millones no encamina a una mayor importancia para el estudio al momento de calcular la eficiencia. Por tales motivos, es ideal para esta investigación y es aplicado para analizar la competitividad del destino turístico identificando la eficiencia relativa del turismo en las provincias del Ecuador.

El modelo elaborado cuenta con cuatro variables de entrada (Personal ocupado en establecimientos de alojamiento (POA), Personal ocupado en servicio de comidas y bebidas (POCB), Capacidad en establecimientos de alojamiento (CA = # habitaciones) y Capacidad en servicio de comida y bebidas (CCB = #mesas) y dos variables de salida Ventas alojamiento (VA = \$) y Ventas servicio de comida y bebidas (VCB = \$).

En cuanto a la elección de la tecnología a utilizar si bien de retorno de escala constante (CRS) o con retorno de escala variable (VRS), aporta a la discusión cuál obtiene resultados más robustos al compararse con la unidad más eficiente sin considerar tamaños de escala o contemplar en el análisis que no todas las provincias del Ecuador manejan la misma cantidad de recursos. Por ejemplo, si Pichincha recibe 1000 operarios más no es tan significativo, sin embargo, si Bolívar los recibe se podría traducir en una mejora en su gestión. Por tal motivo, se ha optado desarrollar el análisis con ambas tecnologías.

Finalmente, en cuanto la orientación del modelo, el determinar si es orientado a las entradas o a las salidas, se podría incluir, sin embargo, una ventaja es que no es un requisito para el SBM y por tal razón se lo plantea como no orientado partiendo que se le da libertad a las Provincias de reducir sus entradas o incrementar sus salidas acordes a su requerimiento para obtener la mayor eficiencia.

4.4 Modelo Matemático

A continuación, se exhibe la formulación matemática particularizada del modelo SBM VRS tecnología de escala variable, es requerido hacer un cambio de variable mismo que viene estipulado por un gorro:

$$t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\hat{h}_i^-}{x_{ij}} = \frac{1}{t}$$

$$\hat{h}_i^- = t h_i^-$$

$$\hat{h}_k^+ = t h_k^+$$

$$\hat{\lambda}_j = t \lambda_j$$

Modelo SBM VRS:

$$\text{Min } t - \frac{1}{4} * \left(\frac{\hat{h}_1^-}{x_{1j}} + \frac{\hat{h}_2^-}{x_{2j}} + \frac{\hat{h}_3^-}{x_{3j}} + \frac{\hat{h}_4^-}{x_{4j}} \right)$$

S.a.

$$t + \frac{1}{2} * \left(\frac{\hat{h}_1^+}{y_{1j}} + \frac{\hat{h}_2^+}{y_{2j}} \right) = 1$$

$$\sum_{j=1}^n x_{1j} \hat{\lambda}_j = tx_{1j} - \hat{h}_1^-$$

$$\sum_{j=1}^n x_{2j} \hat{\lambda}_j = tx_{2j} - \hat{h}_2^-$$

$$\sum_{j=1}^n x_{3j} \hat{\lambda}_j = tx_{3j} - \hat{h}_3^-$$

$$\sum_{j=1}^n x_{4j} \hat{\lambda}_j = tx_{4j} - \hat{h}_4^-$$

$$\sum_{j=1}^n y_{1j} \hat{\lambda}_j = ty_{1j} + \hat{h}_1^+$$

$$\sum_{j=1}^n y_{2j} \hat{\lambda}_j = ty_{2j} + \hat{h}_2^+$$

$$\sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j = t$$

$$\hat{\lambda}_j, \hat{h}_1^-, \hat{h}_2^-, \hat{h}_3^-, \hat{h}_4^-, \hat{h}_1^+, \hat{h}_2^+ \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$t \geq 0$$

En donde, t es un parámetro que permite realizar transformación lineal del modelo y no afecta a la medida de la eficiencia. λ_j es un coeficiente que mide la proximidad a la proyección resultante de cada DMU_j con las unidades eficientes de las que es combinación lineal. x_{1j} es el valor del personal ocupado por alojamiento de la DMU_j . x_{2j} es el valor del personal ocupado en comidas y bebidas de la DMU_j . x_{3j} es el valor de la capacidad de alojamiento de la DMU_j . x_{4j} es el valor de la capacidad de comidas y bebidas de la DMU_j . \hat{h}_1^- es la reducción adicional de personal ocupado en alojamiento. \hat{h}_2^- es la reducción adicional de personal ocupado en comida y bebidas. \hat{h}_3^- es la reducción adicional de capacidad en alojamiento. \hat{h}_4^- es la reducción adicional de capacidad en comida y bebidas. y_{1j} es el valor de ventas alojamiento de la DMU_j . y_{2j} es el valor de ventas por comida y bebidas de la DMU_j . \hat{h}_1^+ es el incremento adicional a las ventas por alojamiento. Finalmente, \hat{h}_2^+ es el incremento adicional de las ventas por comida y bebidas.

De manera similar se calcula la eficiencia para el modelo SBM CRS tecnología de escala constante, conservando el cambio de variable y las variables simplemente sustrayendo de la anterior formulación la restricción:

$$\sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j = t$$

Una vez planteados ambos modelos se los implementa en el lenguaje de programación Python.

4.5 Implementación en Python

Es requerida la recopilación de los datos de las provincias, las entradas y salidas mismos expuestos de la Tabla 8.

Tabla 8. Datos modelo DEA de cada DMU. (Elaboración Propia).

ID	Provincia	Entrada				Salidas	
		Personal Ocupado Alojamiento (POA) # puestos	Personal Ocupado Comida y Bebidas (POCB) # puestos	Capacidad Alojamiento (CA) # habitaciones	Capacidad Comida y Bebidas (CCB) # mesas	Ventas Alojamiento (VA) Millones \$	Ventas Comida y Bebidas (VCB) Millones \$
1	Azuay	2168	6171	4841	17889	24	75
2	Bolívar	117	387	521	1076	1.1	3.6
3	Cañar	157	654	738	2580	1.3	10.1
4	Carchi	212	261	665	747	2.3	5.1
5	Chimborazo	593	1698	1791	4794	6.8	21.7
6	Cotopaxi	515	1185	1640	3640	5	19.7
7	El Oro	908	2316	2570	6048	17.2	32.4
8	Esmeraldas	1137	869	3618	2363	10.5	18.8
9	Galápagos	1292	738	3253	1588	21.2	8
10	Guayas	4276	30030	7111	47888	108.8	574.9
11	Imbabura	1111	1649	2867	5248	13.9	28.7
12	Loja	769	1558	2400	4469	8.2	20.7
13	Los Ríos	226	1498	920	3958	5.3	32.7
14	Manabí	1924	4916	5801	11285	26.3	80.3
15	Morona Santiago	218	591	1028	2106	1.8	5.5
16	Napo	433	490	2050	1421	13.5	7.8
17	Orellana	454	350	1664	889	8.2	16.2
18	Pastaza	298	479	1298	1599	0.9	5.9
19	Pichincha	6979	25209	14983	53447	120.6	1017.9
20	Santa Elena	1595	2252	5145	4911	11.8	17
21	Santo Domingo	582	833	2591	2316	8.4	24.6
22	Sucumbíos	577	372	2303	967	9.3	12
23	Tungurahua	1198	3906	3850	10952	15.8	46.4
24	Zamora Chinchipe	122	192	525	668	1.3	6

Es necesario preparar la información en el formato correspondiente en el Software Excel, llamar las librerías requeridas, leer el archivo en Python con la información, crear las variables para el cálculo y almacenamiento de la información con el cambio de variable, modelar las restricciones y la función objetivo. Finalmente, guardar en ficheros de formato Excel los valores de las eficiencias, de las holguras y de las proyecciones, lo anterior exhibido en la Figura 16, 17 y 18, respectivamente.

```

import pandas as pd #importar pandas
import numpy as np #importar numpy
import mip #importar modulo mip
from mip import xsum, minimize, CBC #extraer de mip sumatoria maximizacion y solver
import matplotlib.pyplot as plt #Importamos libreria para graficar

#Definicion de numero de DMUs, entradas y salidas
n = 24 #Número de DMUs
m = 4 #Número de entradas
s = 2 #Número de salidas

#Crear arrays de ceros para entradas
#y salidas con las dimensiones 24 x m y 24 x s
entradas = np.zeros(shape=(n,m))
salidas = np.zeros(shape=(n,s))

#Importar y Leer los datos del archivo Excel
conjunto_datos = pd.read_csv("DataTFM_SBM_V.csv", index_col="DMUS")

dflambdas = pd.DataFrame(data=np.zeros(shape=(n,n)) , columns=conjunto_datos.index, index=conjunto_datos.index)
dfholguras_m = pd.DataFrame(data=np.zeros(shape=(m,n)), columns=conjunto_datos.index)
dfholguras_s = pd.DataFrame(data=np.zeros(shape=(s,n)), columns=conjunto_datos.index)
dft = pd.DataFrame(np.zeros(shape=n), index=conjunto_datos.index)
#Calcular sin t
dfh_m = pd.DataFrame(data=np.zeros(shape=(m,n)), columns=conjunto_datos.index)
dfh_s = pd.DataFrame(data=np.zeros(shape=(s,n)), columns=conjunto_datos.index)
dflambdas_not = pd.DataFrame(data=np.zeros(shape=(n,n)) , columns=conjunto_datos.index, index=conjunto_datos.index)

#Creamos arrays con los datos de las variables inputs y outputs
entradas[:] = conjunto_datos.iloc[:, :m]
salidas[:] = conjunto_datos.iloc[:, -s:]

```

Figura 16. Librerías, datos de entrada y salida. SBM VRS. (Elaboración Propia).


```

#Creamos el loop para evaluar el modelo en cada DMU hasta n
for indice in range(n):

    #Definimos el modelo y escogemos solver CBC
    Modelo = mip.Model("Modelo_DEA_DMU_"+str(indice+1), solver_name=CBC)

    #Definición de variables
    t= Modelo.add_var(name="t",lb=0,ub=1)
    lambdas_gorro = [Modelo.add_var(name="lambda_gorro"+str(j+1), lb=0,ub=1)for j in range(n) ] #Creamos lista de tamaño 24 de la dmu
    hi_gorro = [Modelo.add_var(name="holgura_gorro_i"+str(i+1), lb=0) for i in range(m)] #Creamos vector de lista de 4 entradas
    hk_gorro = [Modelo.add_var(name="holgura_gorro_k"+str(k+1), lb=0) for k in range(s)] #Creamos vector de lista de 2 salidas

    #Definición de restricciones

    Modelo += t + (1/s) * xsum ( hk_gorro[k] / salidas[indice,k] for k in range(s)) ==1

    for i in range (m): # un for para las entradas recorre para todas las DMU y resta la holgura de esa DMU
        Modelo += (xsum(lambdas_gorro[j] * entradas[j,i] for j in range(n))
        == t* entradas[indice,i] - hi_gorro[i]), "Proyeccion_entrada_"+str(i)

    for k in range (s): # un for para las salidas para el recorre cada salida y suma la holgura de esa DMU
        Modelo += (xsum(lambdas_gorro[j] * salidas[j,k] for j in range(n))
        == t*salidas[indice,k] + hk_gorro[k]), "Proyeccion_salida_"+str(k)

    #Restricción para hacer escala variable VRS
        Modelo += xsum(lambdas_gorro [j] for j in range(n)) == t

    #Definición función objetivo SBM-OUTPUT
    Modelo.objective = minimize(t - (1/m) *(xsum ( hi_gorro[i] / entradas[indice,i] for i in range(m))))

    #Optimización
    Modelo.optimize()

```

Figura 17. Definiciones de variables, restricciones y función objetivo. SBM VRS. (Elaboración Propia).

```

#Almacenar los valores con t
dft.iloc[indice]=t.x
dflambdas.iloc[:,indice]=[lambdas_gorro[j].x for j in range(n)]
dfholguras_m.iloc[:, indice] = [hi_gorro[i].x for i in range(m)]
dfholguras_s.iloc[:, indice] = [hk_gorro[k].x for k in range(s)]

#Valores sin t
dflambdas_not.iloc[:,indice]=[lambdas_gorro[j].x/t.x for j in range(n)]
dfh_m.iloc[:, indice] = [hi_gorro[i].x/t.x for i in range(m)]
dfh_s.iloc[:, indice] = [hk_gorro[k].x/t.x for k in range(s)]

# Calcular eficiencia
eficiencia = t.x - (1 / 4) * (xsum(hi_gorro[i].x / entradas[indice, i] for i in range(m)))
print(eficiencia)

# Imprimir respuesta de dfLambdas DataFrame
print(dft)
#print(dflambdas)
print(dflambdas_not)
#print(dfholguras_m)
print(dfh_m)
#print(dfholguras_s)
print(dfh_s)

#Guardar en excel.
dft.to_excel("t.xlsx")
dflambdas_not.to_excel("lambdas.xlsx")
#dfholguras_m.to_excel("m_cont.xlsx")
dfh_m.to_excel("m.xlsx")
dfh_s.to_excel("s.xlsx")
#dfholguras_s.to_excel("s_cont.xlsx")

```

Figura 18. Cálculo y almacenamiento de eficiencia, holguras y proyecciones. SBM VRS. (Elaboración Propia).

Dentro de la programación se ejecuta el cambio de variable para la obtención de los valores de la eficiencia, proyecciones lambda y de las holguras correspondientes del modelo SBM VRS para cada una de las 24 provincias del Ecuador identificando los valores finales como se describe a continuación:

$$t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\hat{h}_i^-}{x_{ij}} = \text{Eficiencia}$$

$$\frac{\hat{h}_1^-}{t} = h_1^- \qquad \frac{\hat{h}_1^+}{t} = h_1^+$$

$$\frac{\hat{h}_2^-}{t} = h_2^- \qquad \frac{\hat{h}_2^+}{t} = h_2^+$$

$$\frac{\hat{h}_3^-}{t} = h_3^- \qquad \hat{\lambda}_j = \lambda_j$$

$$\frac{\hat{h}_4^-}{t} = h_4^-$$

En donde, t es un parámetro que permite realizar la transformación lineal del modelo y no afecta a la medida de la eficiencia. λ_j es un coeficiente que mide la proximidad a la proyección resultante de cada DMU_j con las unidades eficientes de las que es combinación lineal. h_1^- es la reducción adicional de personal ocupado en alojamiento. h_2^- es la reducción adicional de personal ocupado en comida y bebidas. h_3^- es la reducción adicional de capacidad en alojamiento. h_4^- es la reducción adicional de capacidad en comida y bebidas. h_1^+ es el incremento adicional a las ventas por alojamiento. h_2^+ es el incremento adicional de las ventas por comida y bebidas.

De manera análoga se realiza en Python para el modelo SBM CRS. Una vez, realizado dichos modelos se analizan los resultados obtenidos en la siguiente sección.

5 RESULTADOS OBTENIDOS

En la presente sección se analiza los resultados obtenidos de la eficiencia de las provincias con retorno de escala constante (CRS) y retorno de escala variable (VRS). Posteriormente, es importante identificar las holguras existentes en las provincias ineficientes aportando con información de qué modificaciones podrían realizar para conseguir la eficiencia. Además, se estudia el resultado de benchmarking que se traduce en la proyección de las provincias en aquellas que son eficientes como su referencia. Los resultados de la eficiencia, proyección y holguras de cada provincia fueron calculados en Python y almacenados en ficheros Excel para cada modelo SBM (CRS y VRS).

5.1 Medida de la Eficiencia

La eficiencia es el valor calculado por la función objetivo del modelo en la que si es igual a un valor de 1 es eficiente, mientras que, de tomar cualquier otro valor la unidad estudiada es ineficiente. En primer lugar, se examina los resultados del modelo SBM con retorno de escala constante CRS. Es importante considerar que al estar evaluando el modelo con la tecnología CRS no se considera la economía de escala. Misma que, puede existir entre las provincias unas con mayor cantidad de recursos que otras y se asume que todas son capaces de alcanzar la productividad de las eficientes. Por lo que, las provincias que sean identificadas como eficientes serán consideradas como las eficientes globales del estudio. Dichos resultados se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados Eficiencia Modelo SBM CRS. (Elaboración Propia).

Provincia	Eficiencia CRS
1.Azuay	0.36
2.Bolívar	0.26
3.Cañar	0.31
4.Carchi	0.47
5.Chimborazo	0.36
6.Cotopaxi	0.39
7.El Oro	0.49
8.Esmeraldas	0.49
9.Galápagos	1.00
10.Guayas	1.00
11.Imbabura	0.47
12.Loja	0.35
13.Los Ríos	1.00
14.Manabí	0.47
15.Morona Santiago	0.23
16.Napo	1.00
17.Orellana	1.00
18.Pastaza	0.15
19.Pichincha	1.00
20.Santa Elena	0.21
21.Santo Domingo	0.66
22.Sucumbíos	0.85
23.Tungurahua	0.36
24.Zamora Chinchipe	0.54

A partir de la Tabla 9 se puede visualizar las provincias que son eficientes y aquellas que deben realizar modificaciones en su gestión para alcanzar la eficiencia. Las provincias identificadas como eficientes son Napo, seguida de Pichincha, Orellana, Galápagos, Guayas y Los Ríos. También, es posible ver otras provincias que están cerca de alcanzar la eficiencia como lo es Sucumbíos o Santo Domingo de los Tsáchilas. A su vez, se puede evidenciar que las provincias más ineficientes son: Pastaza, Santa Elena, Morona Santiago, Bolívar y

Cañar. Identificando así 6 provincias eficientes y 18 provincias ineficientes. Por facilidad en su interpretación se las ordena en forma descendente y se expone visualmente en la Figura 19.

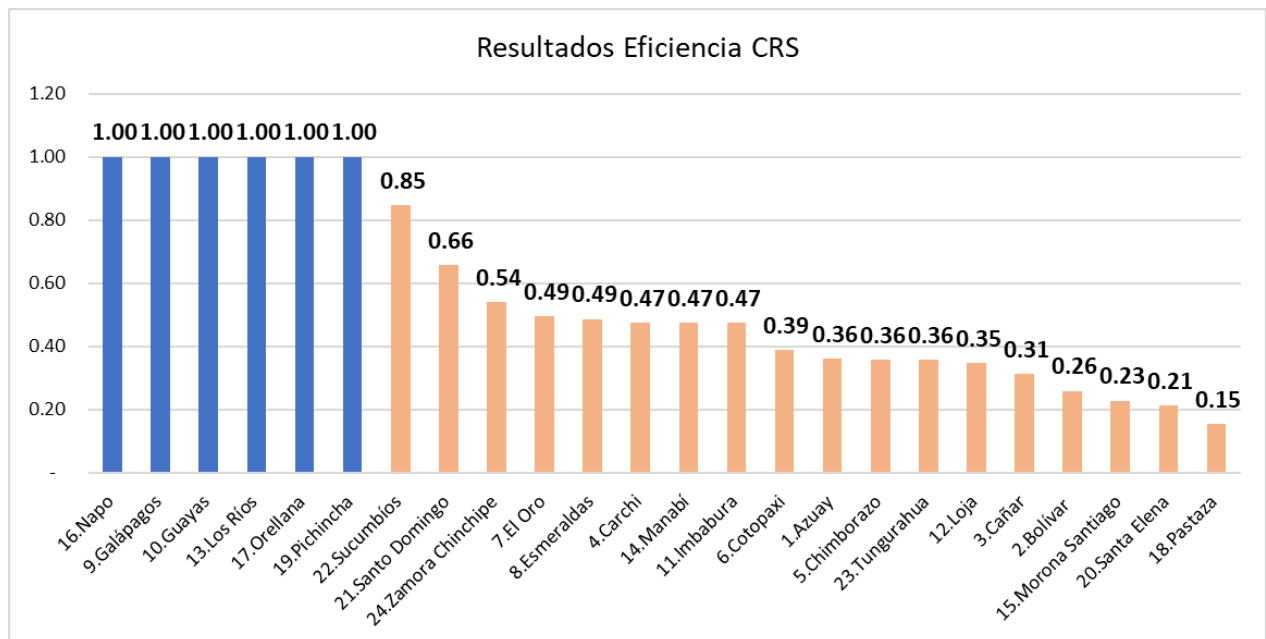


Figura 19. Resultados Eficiencia Modelo SBM CRS. (Elaboración Propia).

Para dar un sentido geográfico al resultado encontrado se desarrolla la Figura 20 exponiendo las provincias eficientes de color azul y las ineficientes de color amarillo, encontradas con el modelo DEA SBM CRS en el análisis.

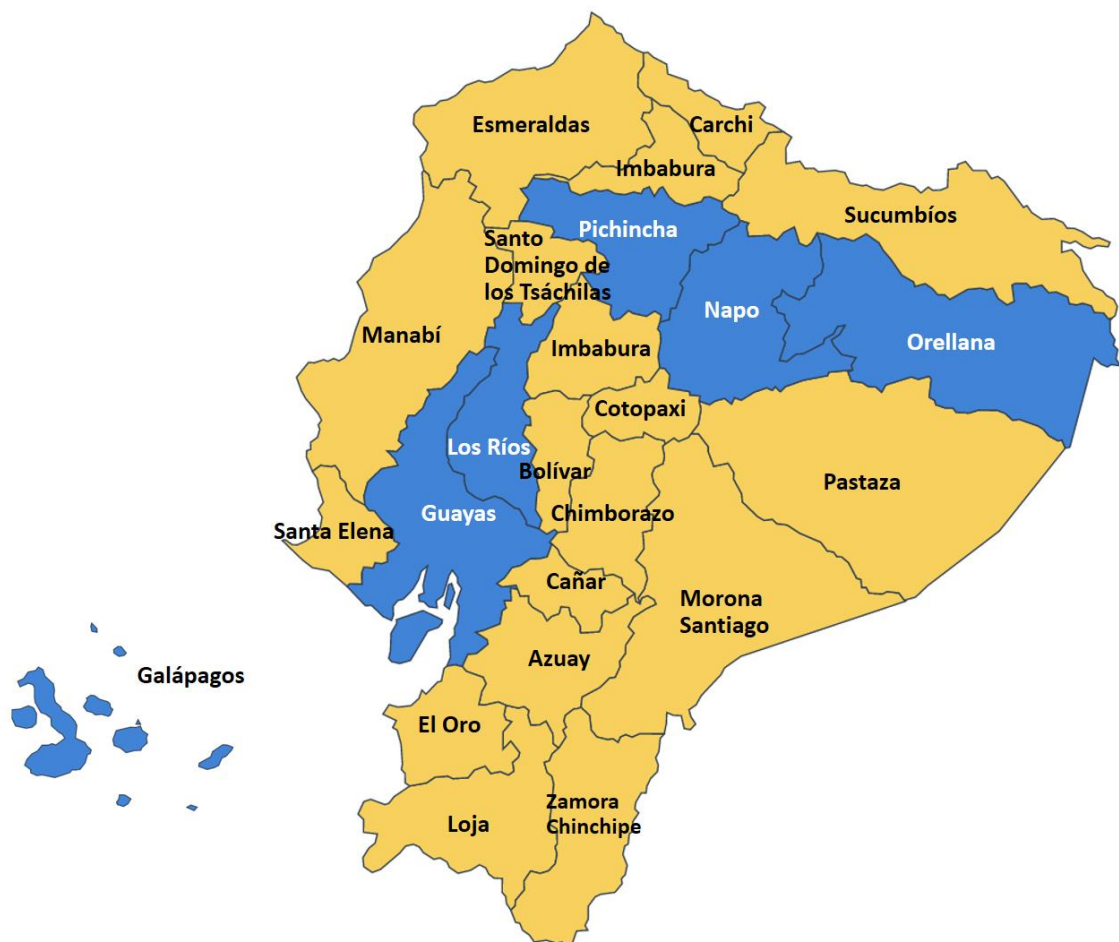


Figura 20. Visualización Resultados Eficiencia Modelo SBM CRS. (Elaboración Propia).

A su vez, se analizan los resultados para el modelo DEA SBM VRS. De manera análoga cuando una provincia tiene un valor de 1 es considerada eficiente, cualquier otro valor es identificada como ineficiente. No obstante, esta eficiencia calculada considera las diferencias en tamaño de las provincias lo que si bien conlleva a un análisis más real de los datos también implica que nuevas provincias serán consideradas eficientes al ser únicas en su tamaño sea esto si son muy grandes o muy pequeñas. Los resultados de este modelo se engloban en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados Eficiencia Modelo SBM VRS. (Elaboración Propia).

Provincia	Eficiencia VRS
1.Azuay	0.37
2.Bolívar	1.00
3.Cañar	0.49
4.Carchi	0.75
5.Chimborazo	0.40
6.Cotopaxi	0.44
7.El Oro	0.51
8.Esmeraldas	0.49
9.Galápagos	1.00
10.Guayas	1.00
11.Imbabura	0.47
12.Loja	0.38
13.Los Ríos	1.00
14.Manabí	0.48
15.Morona Santiago	0.31
16.Napo	1.00
17.Orellana	1.00
18.Pastaza	0.17
19.Pichincha	1.00
20.Santa Elena	0.23
21.Santo Domingo	0.66
22.Sucumbíos	1.00
23.Tungurahua	0.37
24.Zamora Chinchipe	1.00

Con base en la Tabla 10 es posible identificar que las provincias eficientes son: Bolívar, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Napo, Pichincha, Sucumbíos, Zamora Chinchipe y Orellana. Además, que Carchi y Santo Domingo de los Tsáchilas están más próximos a alcanzar la eficiencia. Las provincias identificadas como más ineficientes son: Pastaza, Santa Elena, Morona Santiago, Azuay y Tungurahua. Identificando 9 provincias eficientes y 15 provincias ineficientes. Por facilidad en su interpretación se ordena la eficiencia en forma descendente y se expone visualmente en la Figura 21.

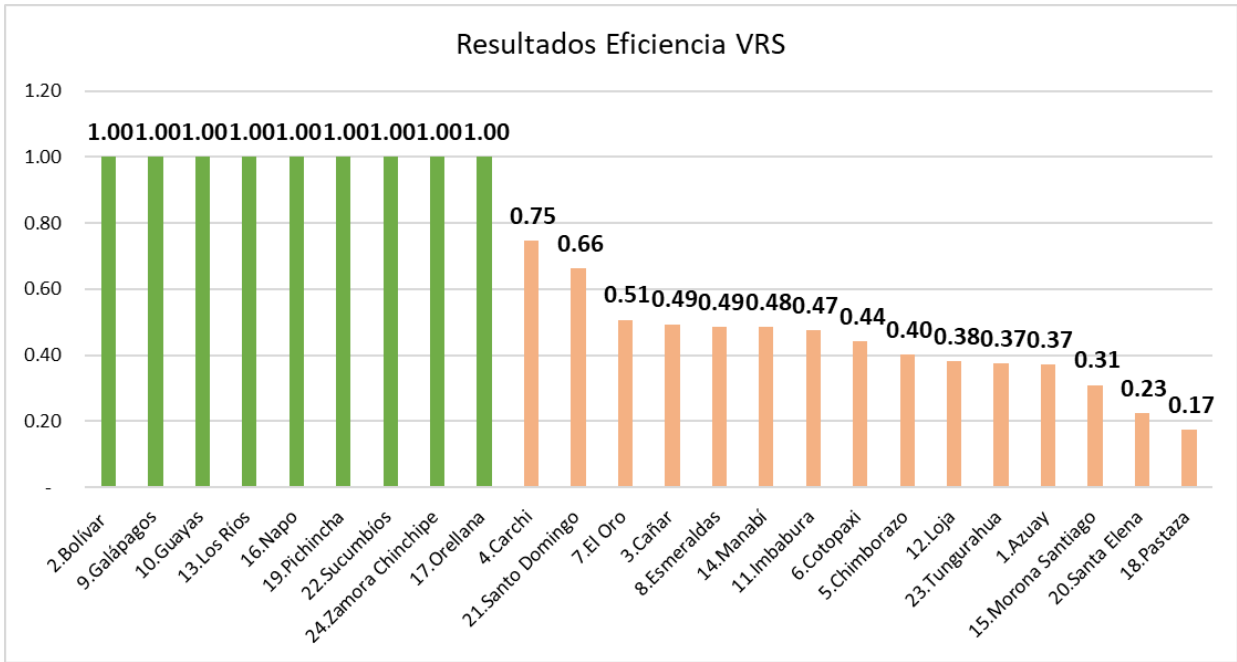


Figura 21. Resultados Eficiencia Modelo SBM VRS. (Elaboración Propia).

Para dar un sentido geográfico al resultado encontrado se desarrolla la Figura 22 donde es posible identificar las provincias eficientes pintadas con color verde y las ineficientes de color amarillo encontradas con el modelo DEA SBM VRS en el análisis.



Figura 22. Visualización Resultados Eficiencia Modelo SBM VRS. (Elaboración Propia).

Ahora bien, resulta de interés el analizar las diferencias entre los resultados obtenidos en ambos modelos, por tal motivo, se contrastan los valores de las eficiencias y se calcula el porcentaje de variación con la siguiente fórmula para cada provincia.

$$\text{Variación Porcentual} = \frac{(\text{Valor Eficiencia VRS} - \text{Valor Eficiencia CRS})}{\text{Valor Eficiencia CRS}}$$

De donde se obtiene la Tabla 10.

Tabla 10. Eficiencia SBM CRS vs. VRS con % de Variación Porcentual (Elaboración Propia).

Provincia	Eficiencia VRS	Eficiencia CRS	% Variación
1. Azuay	0.37	0.36	3%
2. Bolívar	1.00	0.26	286%
3. Cañar	0.49	0.31	58%
4. Carchi	0.75	0.47	58%
5. Chimborazo	0.40	0.36	13%
6. Cotopaxi	0.44	0.39	14%
7. El Oro	0.51	0.49	3%
8. Esmeraldas	0.49	0.49	0%
9. Galápagos	1.00	1.00	0%
10. Guayas	1.00	1.00	0%
11. Imbabura	0.47	0.47	0%
12. Loja	0.38	0.35	11%
13. Los Ríos	1.00	1.00	0%
14. Manabí	0.48	0.47	2%
15. Morona Santiago	0.31	0.23	36%
16. Napo	1.00	1.00	0%
17. Orellana	1.00	1.00	0%
18. Pastaza	0.17	0.15	14%
19. Pichincha	1.00	1.00	0%
20. Santa Elena	0.23	0.21	6%
21. Santo Domingo	0.66	0.66	1%
22. Sucumbíos	1.00	0.85	18%
23. Tungurahua	0.37	0.36	5%
24. Zamora Chinchipe	1.00	0.54	86%
Promedio	64.7%	55.9%	

Como es posible identificar a partir de la Tabla 10 existen mayoritariamente tres grupos segmentados por la clave de color con base al % de variación en la eficiencia calculada por el modelo SBM VRS en relación al modelo SBM CRS que tienen relevancia para el análisis.

1. De color verde se manifiestan aquellas provincias de las cuales su eficiencia evaluada con la tecnología VRS y CRS es la misma o toma valores bastante cercanos (0-5% de cambio). Como lo son: Azuay, El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Manabí, Napo, Orellana, Pichincha, Tungurahua y Santo Domingo de los Tsáchilas. Con 13 provincias en total.
2. De color amarillo, se muestran aquellas provincias que tienen una variación no muy elevada en su eficiencia al ser contrastadas (5-15% de cambio). Como lo son: Chimborazo, Cotopaxi, Loja, Pastaza y Santa Elena. Con 5 provincias en total.
3. De color naranja-rojo, se engloban aquellas provincias que tienen una mayor diferencia en su eficiencia al calcularse con las distintas tecnologías (superior a 15%). Puntualmente: Morona

Santiago, Carchi, Cañar, Zamora Chinchipe, Sucumbíos y Bolívar son las 6 provincias que más bajan su valor de eficiencia.

Lo mencionado anteriormente expresado de forma gráfica se exhibe en la Figura 23.

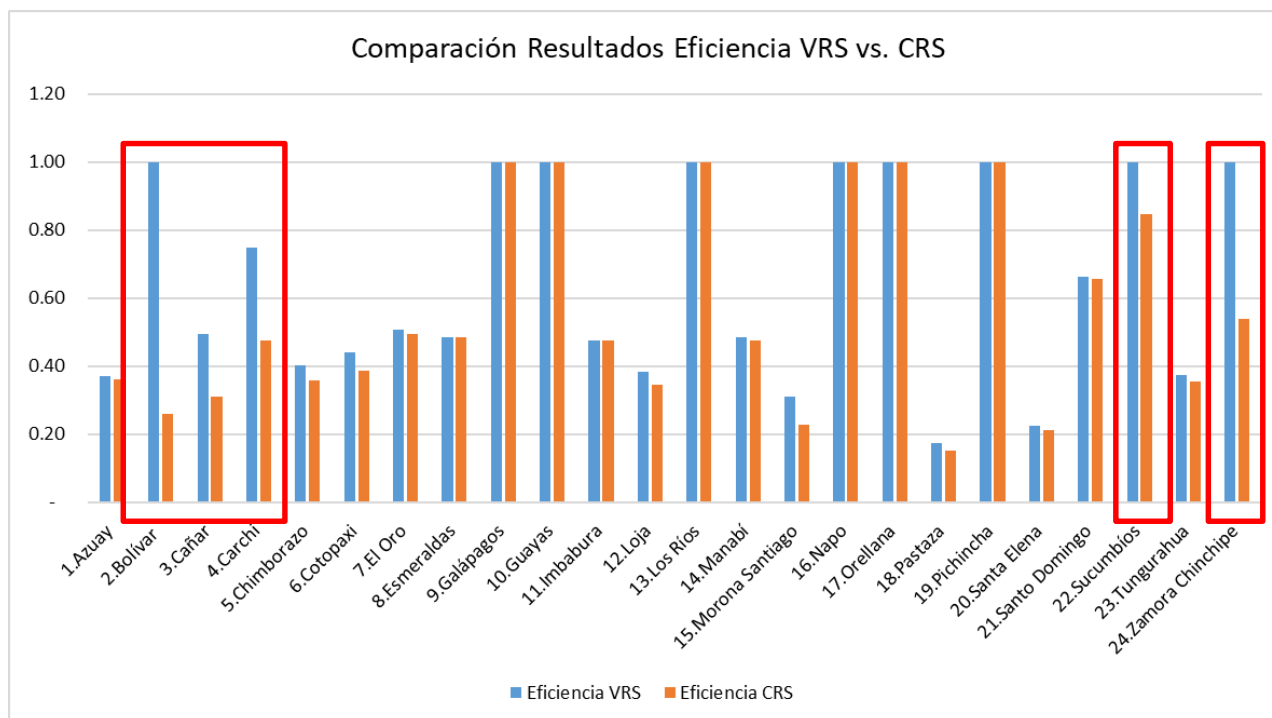


Figura 23. Comparación Resultados Eficiencia VRS vs. CRS. (Elaboración Propia).

Donde las provincias Napo, Pichincha, Orellana, Galápagos, Guayas y Los Ríos son eficientes en ambos modelos con las distintas tecnologías. Sin embargo, algo relevante ocurre en las provincias de Sucumbíos, Zamora Chinchipe y Bolívar que en el modelo con CRS son consideradas ineficientes, mientras que, en el modelo con VRS pasan a ser eficientes. Esto es debido a que dentro de su tamaño (tecnología VRS) están utilizando de forma eficiente sus recursos y no hay otra provincia que lo haga mejor que ellas.

De igual forma Carchi y Cañar tienen una reducción en el valor de su eficiencia al tener que compararse con la provincia más eficiente global y no con la más eficiente de su tamaño. Además, se puede argumentar que el promedio de la eficiencia calculado con tecnología constante es de 55,9% y el promedio de eficiencia con tecnología variable es de 64,7% de las provincias del Ecuador. Este hallazgo sugiere que las provincias podrían mejorar su eficiencia un 44,1% o 35,3%, respectivamente.

5.2 Holguras

Las holguras o slacks son aquellos valores que se reducen o incrementan para conseguir la eficiencia de las unidades ineficientes. Por facilidad en la interpretación de los resultados se enfoca primero en las holguras de entrada.

Un valor en las holguras de entrada en el análisis DEA aplicado al turismo de las provincias del Ecuador indica que una provincia no está utilizando plenamente sus recursos disponibles sea estos: el personal ocupado en establecimientos de alojamiento, personal ocupado en servicio de comidas y bebidas, capacidad en establecimientos de alojamiento y capacidad en servicio de comida y bebidas en comparación con otras provincias más eficientes. Es decir, si una provincia quisiera ser igual de eficiente que las provincias eficientes, esta debería reducir los valores indicados de cada entrada para llegar a ser eficiente.

A continuación, se indican los resultados obtenidos del modelo SBM CRS y VRS de las holguras de entrada de cada provincia en las Tablas 12 y 13, es decir, aquellos valores a modificar para ser eficientes.

Tabla 12. Holguras de Entrada SBM CRS (Elaboración Propia).

Holguras Entrada CRS Provincia	Personal Ocupado Alojamiento # Puestos	Personal Ocupado Comidas Bebidas # Puestos	Capacidad Alojamiento # Habitaciones	Capacidad Comidas Bebidas # Mesas
1.Azuay	460	-	1,173	4,806
2.Bolívar	10	-	291	255
3.Cañar	-	335	142	1,816
4.Carchi	82	-	275	170
5.Chimborazo	123	-	782	1,194
6.Cotopaxi	187	-	936	1,128
7.El Oro	104	-	229	928
8.Esmeraldas	549	-	1,686	378
9.Galápagos	-	-	-	-
10.Guayas	-	-	-	-
11.Imbabura	326	-	546	1,617
12.Loja	318	-	1,356	1,140
13.Los Ríos	-	-	-	-
14.Manabí	489	-	2,441	767
15.Morona Santiago	54	-	677	853
16.Napo	-	-	-	-
17.Orellana	-	-	-	-
18.Pastaza	20	147	-	656
19.Pichincha	-	-	-	-
20.Santa Elena	915	-	3,578	113
21.Santo Domingo	110	-	1,111	450
22.Sucumbíos	120	-	602	-
23.Tungurahua	117	-	1,528	2,671
24.Zamora Chinchipe	25	-	154	205

Tabla 13. Holguras de Entrada SBM VRS (Elaboración Propia).

Holguras Entrada VRS Provincia	Personal Ocupado Alojamiento # Puestos	Personal Ocupado Comidas Bebidas # Puestos	Capacidad Alojamiento # Habitaciones	Capacidad Comidas Bebidas # Mesas
1.Azuay	407	-	861	4,607
2.Bolívar	-	-	-	-
3.Cañar	-	248	59	1,374
4.Carchi	53	31	-	-
5.Chimborazo	58	-	396	949
6.Cotopaxi	29	-	-	827
7.El Oro	28	-	-	894
8.Esmeraldas	547	-	1,676	377
9.Galápagos	-	-	-	-
10.Guayas	-	-	-	-
11.Imbabura	324	-	537	1,609
12.Loja	254	-	1,020	926
13.Los Ríos	-	-	-	-
14.Manabí	391	-	2,124	696
15.Morona Santiago	-	49	301	699
16.Napo	-	-	-	-
17.Orellana	-	-	-	-
18.Pastaza	18	136	-	549
19.Pichincha	-	-	-	-
20.Santa Elena	879	41	3,304	-
21.Santo Domingo	1	-	668	406
22.Sucumbíos	-	-	-	-
23.Tungurahua	58	-	1,179	2,448
24.Zamora Chinchipe	-	-	-	-

Como se puede evidenciar las provincias eficientes especificadas por color verde y referenciando como ejemplo los resultados del modelo SBM VRS son: Bolívar, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Napo, Orellana, Pichincha, Sucumbíos y Zamora Chinchipe, poseen un valor nulo en sus holguras de entrada, mientras que, el resto de provincias ineficientes tendrían que realizar alguna modificación.

Con el fin de identificar los cambios necesarios de las provincias ineficientes con relación a su valor actual se exhiben las Figuras 24 y 25, utilizando los resultados del modelo SBM VRS como referencia, se puede evidenciar la reducción porcentual de las holguras de entrada de cada provincia. Los resultados del modelo SBM CRS se exponen en el Anexo 1.

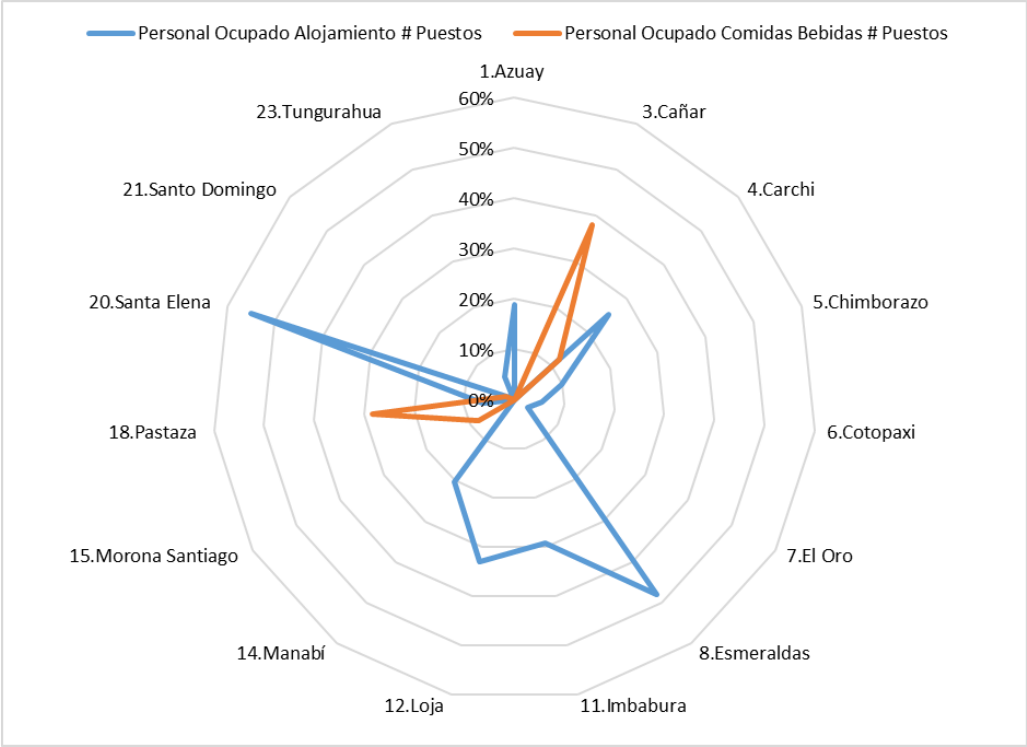


Figura 24. Holguras de Entrada Personal Ocupado Reducción Porcentual VRS. (Elaboración Propia).

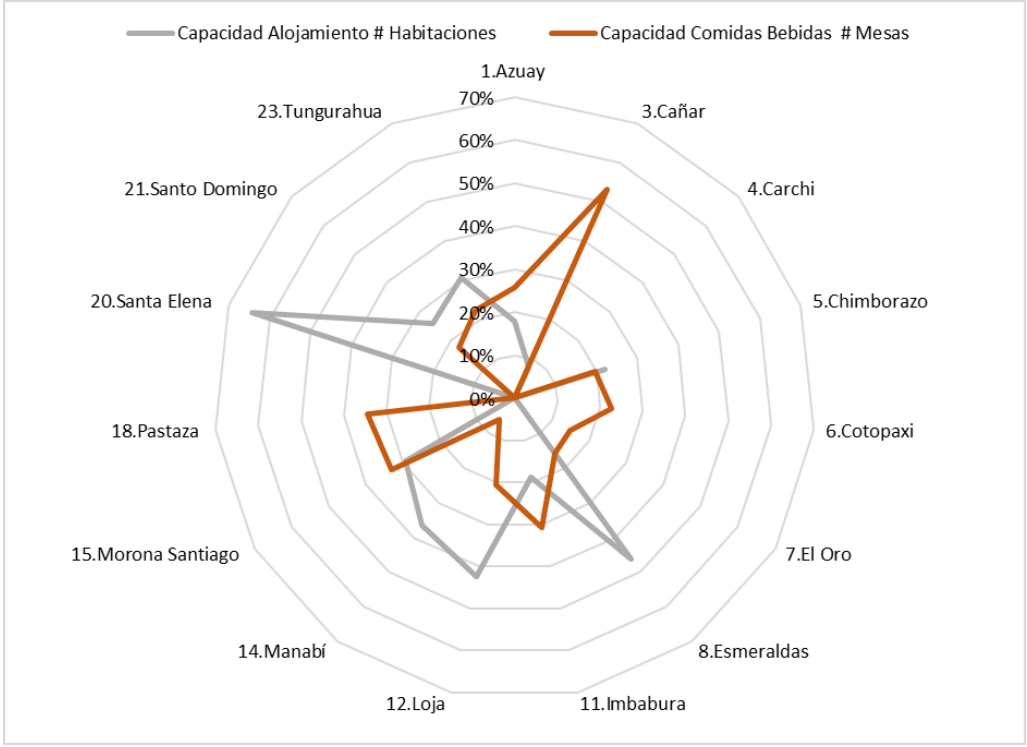


Figura 25. Holguras de Entrada Capacidad Reducción Porcentual VRS. (Elaboración Propia).

De las Figuras 24 y 25, centrándose en los resultados más significativos se obtiene que, la provincia de Santa Elena debería reducir un 55% el número de puestos de su personal ocupado de alojamiento, para Cañar se sugiere reducir un 38% el número de puestos en su personal ocupado por comidas y bebidas, para Santa Elena bajar un 64% en el número de habitaciones en su capacidad de alojamiento y que Cañar debería disminuir un 53% el número de habitaciones de su capacidad de comidas y bebidas para ser eficientes. Siendo Santa Elena y Cañar aquellas provincias que deben incorporar la mayor cantidad de modificaciones porcentuales de sus holguras de entradas.

Para profundizar más, resulta interesante visualizar dicha reducción de cada holgura de entrada en las provincias ineficientes en contraste con el valor real de la DMU, se toma como referencia los resultados del modelo SBM VRS para su representación exhibido en la Figura 26, 27, 28 y 29. Los resultados del modelo SBM CRS se exhiben en el Anexo 2.

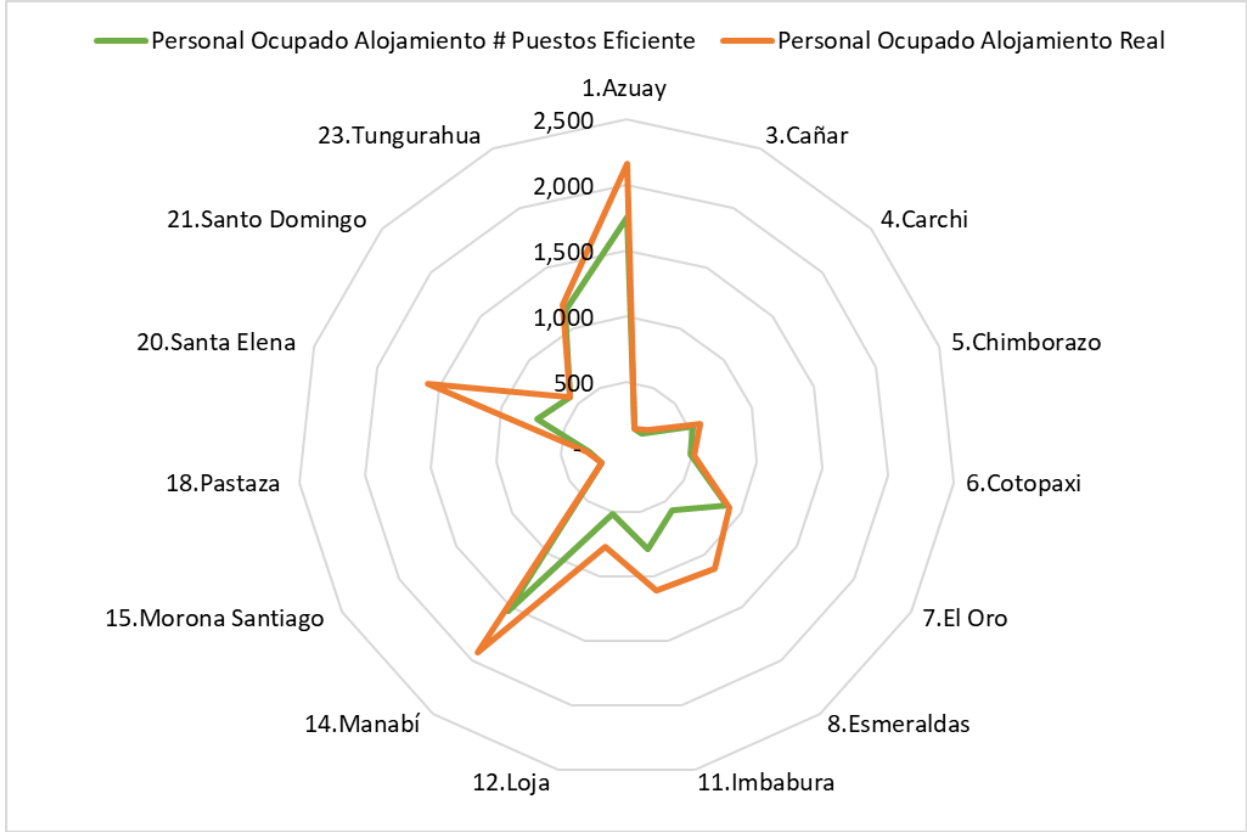


Figura 26. Comparación Holgura Personal Ocupado Alojamiento Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).

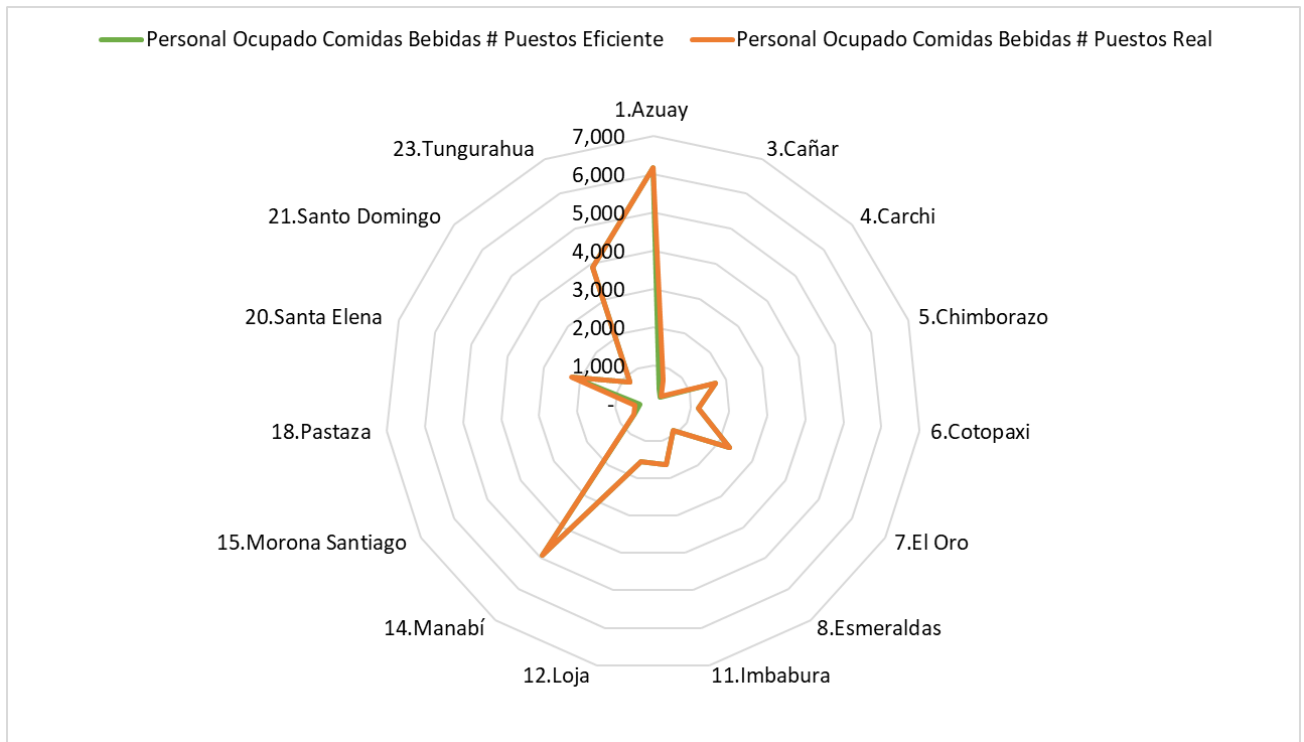


Figura 27. Comparación Holgura Personal Ocupado Comida Bebida Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).

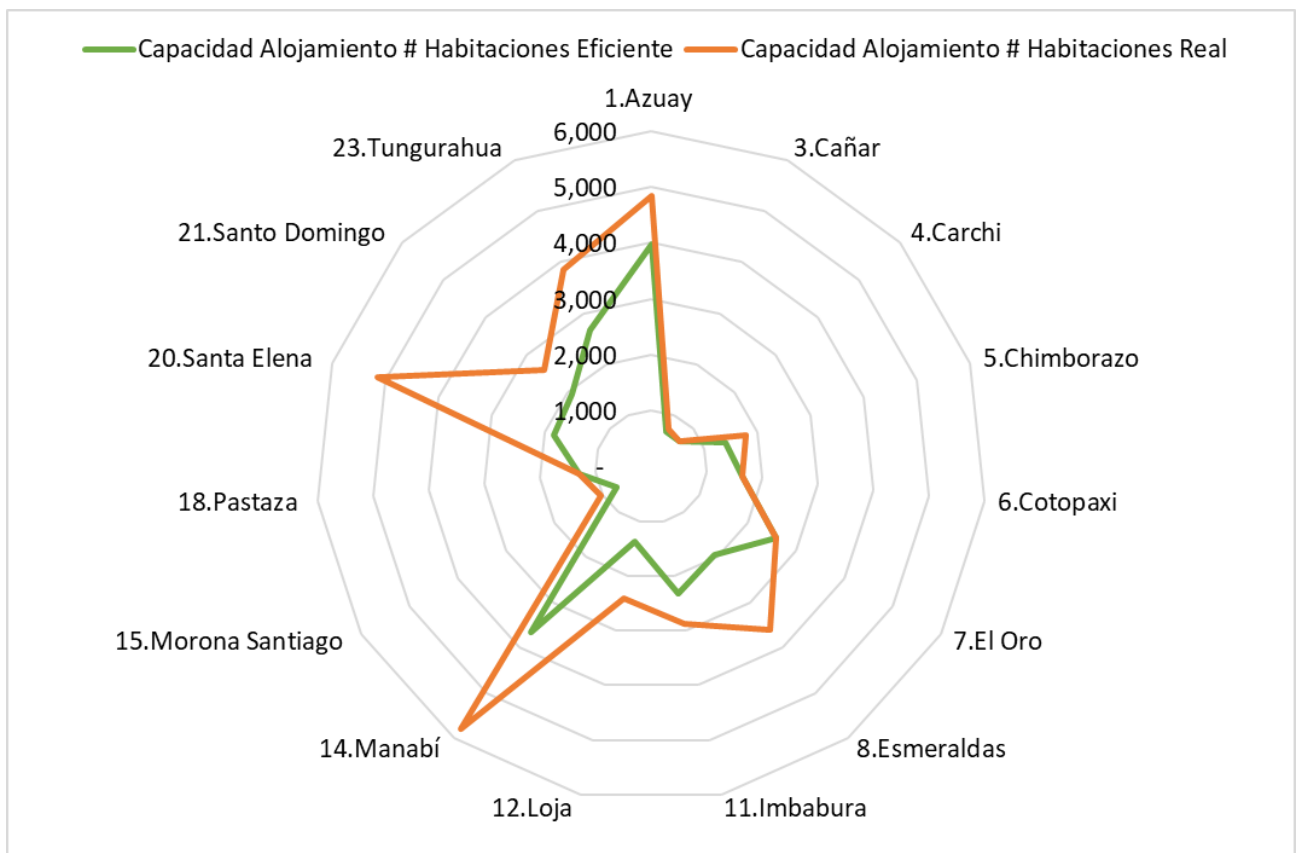


Figura 28. Comparación Holgura Capacidad Alojamiento Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).

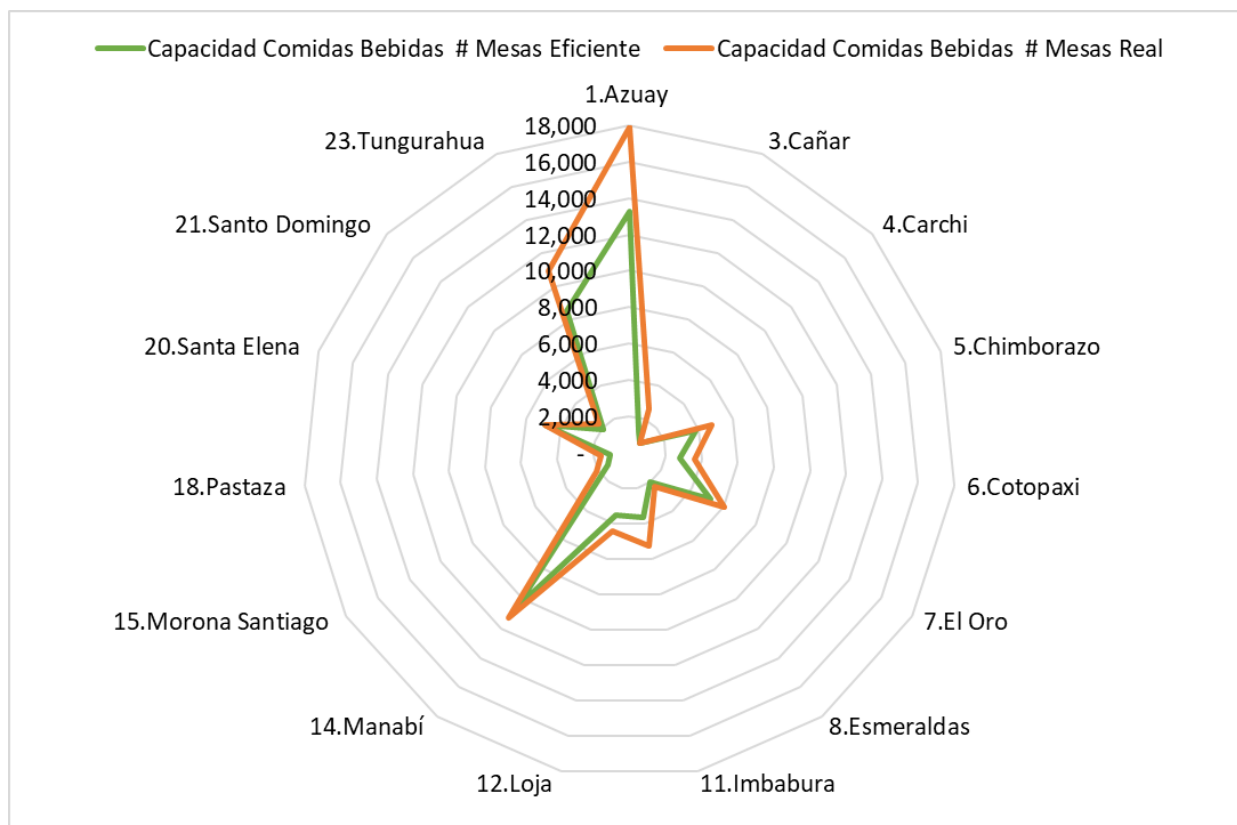


Figura 29. Comparación Holgura Capacidad Comidas Bebidas Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).

En el caso de las provincias que no son eficientes tienen que realizar cambios en su gestión de entradas para alcanzar la eficiencia. A continuación, para mejorar la interpretación de las holguras de entrada obtenidas se exponen algunos de los resultados más relevantes utilizando el modelo SBM VRS como referencia:

Considerando la provincia de Santa Elena para alcanzar la eficiencia debería realizar las siguientes modificaciones:

- En el número de puestos de personal ocupado en alojamiento, se evidencia una holgura significativa de 879 puestos de trabajo en comparación con la cifra actual de 1595. Con el objetivo de ser eficiente, se recomienda reducir el personal ocupado a 716 puestos.
- En el personal ocupado en comidas y bebidas, se sugiere una disminución de 41 empleados, pasando de 2252 a 2211, con el propósito de ajustar los recursos humanos a las necesidades operativas del sector y ser eficiente.
- En cuanto a la capacidad de alojamiento, la provincia presenta una holgura de 3304 habitaciones en sus establecimientos de alojamiento. Con el fin de ser eficiente, se aconseja reducir el número de habitaciones de 5145 a 1841.
- En la capacidad de comidas y bebidas, no es necesario hacer algún cambio.

En el caso de Azuay, para ser eficiente debe gestionar:

- En el personal ocupado en alojamiento, se detecta una holgura de 407 puestos de trabajo en el sector de alojamiento. Se propone reducir el personal ocupado de 2168 a 1761 puestos para optimizar la eficiencia operativa.
- El personal ocupado en comidas y bebidas no es requerido cambios.
- En la capacidad de alojamiento, existe una holgura de 861 habitaciones en los establecimientos de alojamiento. Se sugiere reducir el número de habitaciones de 4841 a 3980 para una gestión más eficiente de los recursos.

- En la capacidad de comidas y bebidas, se identifica una holgura significativa de 4607 mesas en comparación con la cantidad actual de 17889. Con el propósito de mejorar la eficiencia en este segmento, se aconseja reducir el número de mesas a 13282.

Globalmente, se destaca que la variable que más debe reducirse para mejorar la eficiencia es la capacidad de comidas y bebidas, enfocada en la optimización del número de mesas disponibles en los establecimientos turísticos de cada provincia. Inicialmente con un valor de 192849 mesas en total, debe reducirse 16362 unidades quedando con 176487 mesas, con el fin de gestionar más eficientemente los recursos y optimizar el rendimiento actual de las provincias al asemejarse a las más eficientes.

Por otro lado, una holgura de salida en el análisis DEA del sector turístico de las provincias del Ecuador indica que una provincia tiene la capacidad de aumentar la producción de sus productos turísticos (ventas de alojamiento y ventas de servicio de comida y bebidas) sin la necesidad de utilizar más recursos (personal ocupado en establecimientos de alojamiento, personal ocupado en servicio de comidas y bebidas, capacidad en establecimientos de alojamiento y capacidad en servicio de comida y bebidas). Se exhiben dichas holguras en la Tabla 14 y 15.

Tabla 14. Holguras de Salida SBM CRS (Elaboración Propia).

Holguras Salida CRS Provincia	Ventas Alojamiento M \$	Ventas Comida y Bebidas M \$
1.Azuay	5.52	174.18
2.Bolívar	0.75	12.03
3.Cañar	2.80	-
4.Carchi	-	5.77
5.Chimborazo	1.32	46.86
6.Cotopaxi	0.67	28.15
7.El Oro	-	54.54
8.Esmeraldas	-	18.30
9.Galápagos	-	-
10.Guayas	-	-
11.Imbabura	-	39.79
12.Loja	-	41.41
13.Los Ríos	-	-
14.Manabí	-	115.21
15.Morona Santiago	1.03	18.36
16.Napo	-	-
17.Orellana	-	-
18.Pastaza	7.67	-
19.Pichincha	-	-
20.Santa Elena	-	74.26
21.Santo Domingo	-	10.43
22.Sucumbíos	-	1.03
23.Tungurahua	2.89	111.32
24.Zamora Chinchipe	1.25	-

Tabla 15. Holguras de Salida SBM VRS (Elaboración Propia).

Holguras Salida VRS Provincia	Ventas Alojamiento M \$	Ventas Comida y Bebidas M \$
1.Azuay	5.81	172.84
2.Bolívar	-	-
3.Cañar	1.36	-
4.Carchi	-	2.18
5.Chimborazo	1.68	45.22
6.Cotopaxi	5.35	22.36
7.El Oro	-	57.28
8.Esmeraldas	0.05	18.31
9.Galápagos	-	-
10.Guayas	-	-
11.Imbabura	-	39.74
12.Loja	-	40.79
13.Los Ríos	-	-
14.Manabí	-	118.31
15.Morona Santiago	1.17	14.67
16.Napo	-	-
17.Orellana	-	-
18.Pastaza	6.58	1.01
19.Pichincha	-	-
20.Santa Elena	-	71.20
21.Santo Domingo	1.98	11.06
22.Sucumbíos	-	-
23.Tungurahua	3.21	109.83
24.Zamora Chinchipe	-	-

De manera análoga, las provincias eficientes señaladas con color verde y referenciadas de los resultados del modelo SBM VRS son: Bolívar, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Napo, Orellana, Pichincha, Sucumbíos y Zamora Chinchipe, poseen un valor nulo en sus holguras de salida, mientras que, el resto de provincias ineficientes tendrían que realizar algún cambio en su gestión.

Con el fin de identificar los cambios necesarios de las provincias ineficientes con relación a su valor actual se exhibe la Figura 30, utilizando los resultados del modelo SBM VRS como referencia, se puede evidenciar el incremento porcentual de las holguras de salida de cada provincia. La figura referente a los resultados del modelo SBM CRS se muestran en el Anexo 3.

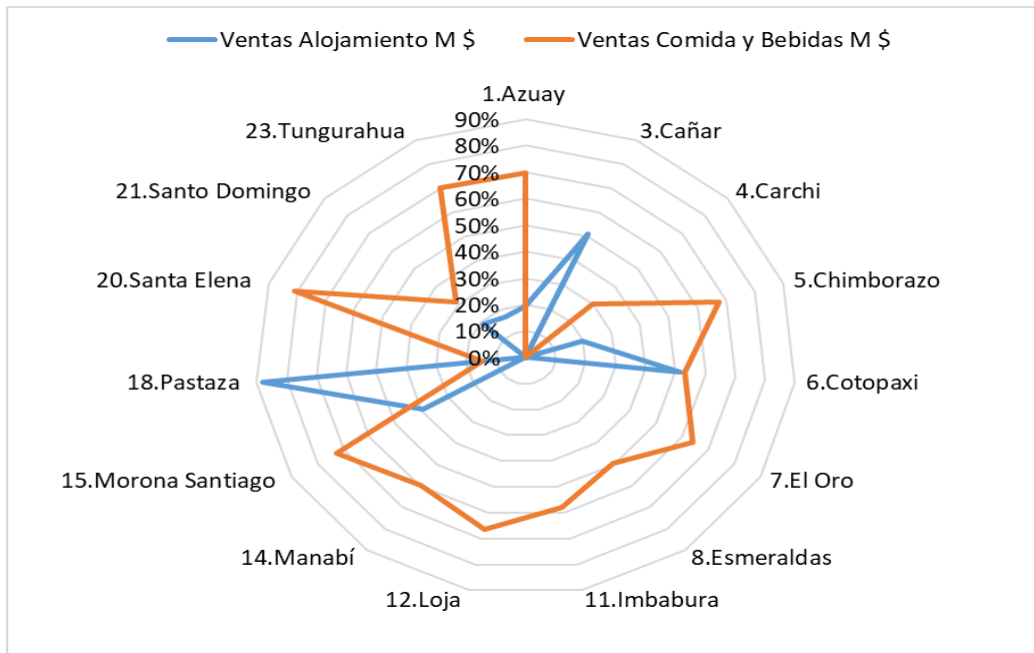


Figura 30. Holguras de Salida Incremento Porcentual VRS. (Elaboración Propia).

Así se evidencia por ejemplo que la provincia de Pastaza debe incrementar 88% el valor de las ventas por alojamiento y que Santa Elena debe incrementar un 81% el valor de las ventas por comidas y bebidas para ser eficiente.

Para profundizar más, resulta interesante visualizar el incremento en las provincias ineficientes en contraste con el valor real de la DMU, se toma como referencia los resultados del modelo SBM VRS para su representación exhibido en las Figura 31 y 32. Los resultados de las holguras con la información del modelo SBM CRS se exponen en el Anexo 4.

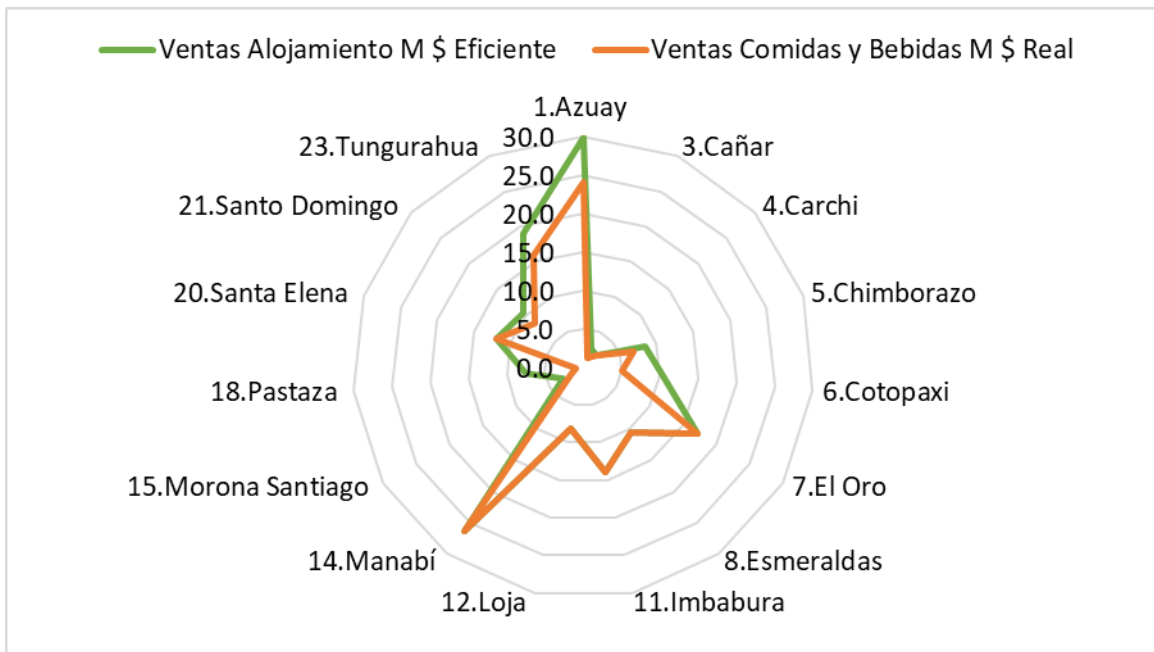


Figura 31. Comparación Holgura Ventas Alojamiento Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).

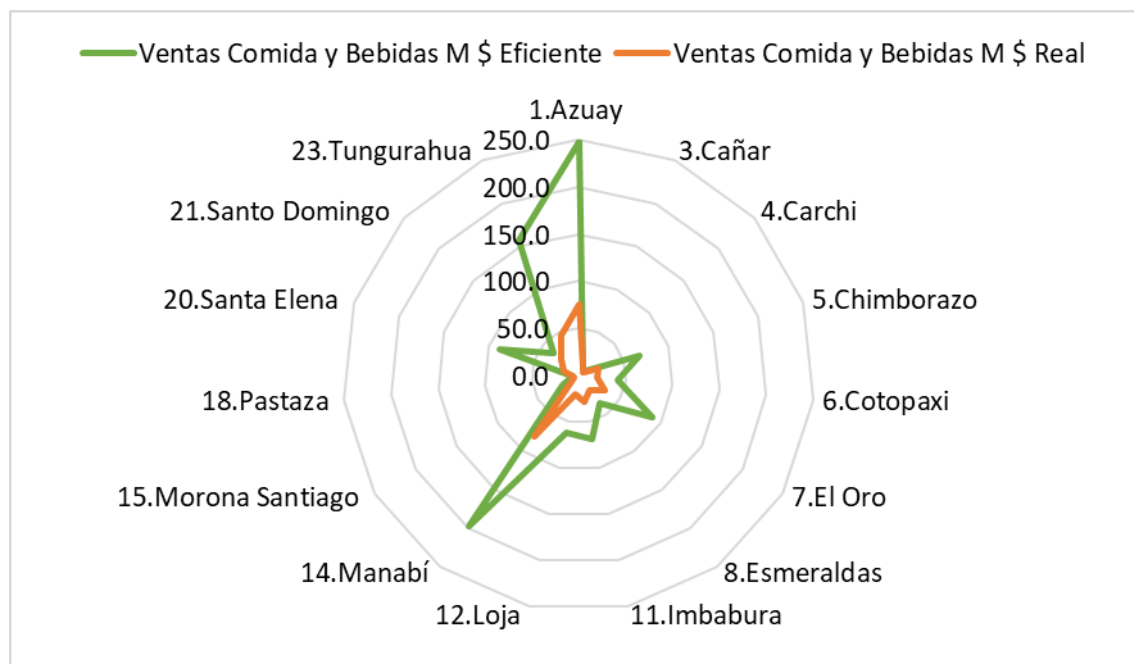


Figura 32. Comparación Holgura Ventas Comidas Bebidas Real vs. Eficiente VRS (Elaboración Propia).

Para una interpretación más completa de las holguras de salida, se describen a continuación los ajustes necesarios para mejorar la eficiencia en las ventas por alojamiento y por comidas y bebidas, según el modelo SBM VRS.

Considerando la provincia de Azuay para alcanzar la eficiencia debe realizar las siguientes modificaciones:

- En cuanto a ventas por alojamiento, se debería incrementar 5,8 millones de dólares, pasando de 24 millones de dólares a 29,8 millones de dólares.
- En las ventas por comidas y bebidas, se sugiere un aumento de 172,8 millones de dólares, incrementando inicialmente de 75 millones de dólares a 247,8 millones de dólares.

En cuanto a Tungurahua:

- En las ventas por alojamiento, se señala la necesidad de aumentar las ventas en 3,2 millones de dólares, pasando de 15,8 millones a 19 millones de dólares.
- En las ventas percibidas por comidas y bebidas, debe aumentar 109,8 millones de dólares pasando de 75 millones a 247,8 millones de dólares para ser considerada eficiente.

Globalmente, se destaca que la variable que requiere un mayor incremento para mejorar la eficiencia es la de ventas por comidas y bebidas, considerando los recursos actuales de cada provincia para optimizar su eficiencia. Inicialmente con un valor de 2091 millones en total, debe incrementar 725 millones quedando con 2816 millones en ventas por comidas y bebidas, con el fin de gestionar más eficientemente los recursos y optimizar el rendimiento actual de las provincias al asemejarse a las más eficientes.

5.3 Benchmarking

Una de las definiciones más citadas en la literatura de Benchmarking es aquella que la define como la búsqueda de la mejor práctica industrial que dará brecha al rendimiento excepcional a través de la implementación de dichas prácticas (Anand & Kodali, 2008). Entendido como tal, la metodología DEA durante el cálculo de la eficiencia almacena esta información en la variable λ , por lo que, es posible identificar cuáles DMUs eficientes son utilizadas como referencia para las DMUs ineficientes, con el objetivo de alcanzar la eficiencia.

Dicho valor de λ_{ij} está definido entre 0 y 1. En el caso de ser distinto de 0 y 1 representa que la DMU i ineficiente se proyecta sobre j la/s DMUs eficiente/s. Si es 1 significa que una DMU eficiente se proyecta sobre ella misma o una DMU ineficiente se proyecta en su totalidad sobre otra. En caso de valer 0 expresa que no existe ninguna proyección de i sobre j .

En la presente investigación se generan dos λ referentes a las proyecciones de los modelos SBM CRS y VRS, respectivamente. Con la finalidad de interpretar la forma de lectura de dicha información se presenta en la Tabla 16 como un extracto del Anexo 5, centrándose en 4 provincias con sus respectivas proyecciones como se muestra a continuación. La interpretación de los resultados es la misma para el resto de las provincias y para los resultados expuestos en el Anexo 6 para los resultados del modelo SBM CRS.

Tabla 16. Extracto Resultados Proyecciones VRS. (Elaboración Propia).

Provincia	Proyección VRS			
	Chimborazo	Cotopaxi	El Oro	Galápagos
1.Azuay	-	-	-	-
2.Bolívar	-	-	-	-
3.Cañar	-	-	-	-
4.Carchi	-	-	-	-
5.Chimborazo	-	-	-	-
6.Cotopaxi	-	-	-	-
7.El Oro	-	-	-	-
8.Esmeraldas	-	-	-	-
9.Galápagos	-	-	-	1.00
10.Guayas	-	-	-	-
11.Imbabura	-	-	-	-
12.Loja	-	-	-	-
13.Los Ríos	-	-	-	-
14.Manabí	-	-	-	-
15.Morona Santiago	-	-	-	-
16.Napo	-	0.40	0.34	-
17.Orellana	-	-	0.34	-
18.Pastaza	-	-	-	-
19.Pichincha	0.06	0.03	0.08	-
20.Santa Elena	-	-	-	-
21.Santo Domingo	-	-	-	-
22.Sucumbíos	-	-	-	-
23.Tungurahua	-	-	-	-
24.Zamora Chinchipe	0.94	0.57	0.24	-

A partir de la Tabla 16, es posible identificar que Chimborazo tiene su proyección un 0,06 en Pichincha y un 0,94 en Zamora Chinchipe. Cotopaxi se proyecta 0,40 en Napo, 0,03 en Pichincha y 0,57 en Zamora Chinchipe. De forma análoga El Oro se proyecta 0,34 en Napo, 0,34 en Orellana, 0,08 en Pichincha y 0,24 en Zamora Chinchipe. Además, Galápagos al ser eficiente tiene un valor de 1 lo que significa que se proyecta sobre ella mismo. A su vez, la mayor participación en valores de las proyecciones es orientada a la provincia de Zamora Chinchipe lo que comprueba que si se considera su tamaño está realizando un buen uso de sus recursos y que las provincias ineficientes deberían intentar asemejar su gestión para alcanzar la eficiencia.

Además, resulta relevante determinar cuáles provincias se proyectan sobre cada provincia eficiente, permitiendo identificar con cuál se comparan más para alcanzar la eficiencia y así gestionar los recursos más oportunamente pareciéndose a ellas. Para el siguiente análisis de los resultados de los modelos SBM CRS y VRS, no se tiene en cuenta el valor de las λ , es decir, si hay un valor de proyección ($\lambda > 0$), se considera que esa provincia se proyecta sobre otra. De aquí es factible determinar cuáles provincias y en qué cantidad están utilizadas como referencia para ser eficientes según la tecnología utilizada sea CRS o VRS. Dichos resultados se exhiben en la Tabla 17 y en la Figura 33 expuestas a continuación:

Tabla 17. Proyecciones de Provincias según modelo SBM VRS y CRS. (Elaboración Propia).

Provincia Referente	Provincia Proyección VRS	Cantidad Provincia Proyección VRS	Provincia Proyección CRS	Cantidad Provincia Proyección CRS
2.Bolívar	Bolívar	1		0
9.Galápagos	Galápagos	1	Galápagos, Sucumbíos	2
10.Guayas	Guayas	1	Guayas	1
13.Los Ríos	Cañar, Los Ríos	2	Los Ríos	1
16.Napo	Cañar, Carchi, Cotopaxi, El Oro, Napo, Pastaza	6	Cañar, El Oro, Loja, Manabí, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	8
17.Orellana	Carchi, El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Loja, Manabí, Orellana, Santa Elena, Santo Domingo	9	Carchi, Esmeraldas, Imbabura, Orellana, Santa Elena, Santo Domingo, Sucumbíos	7
19.Pichincha	Azuay, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Loja, Manabí, Morona Santiago, Pichincha, Santa Elena, Santo Domingo, Tungurahua	14	Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Loja, Manabí, Morona Santiago, Pastaza, Pichincha, Santa Elena, Santo Domingo, Tungurahua, Zamora Chinchipe	18
22.Sucumbíos	Sucumbíos	1		0
24.Zamora Chinchipe	Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Imbabura, Loja, Manabí, Morona Santiago, Pastaza, Santa Elena, Tungurahua, Zamora Chinchipe	14		0

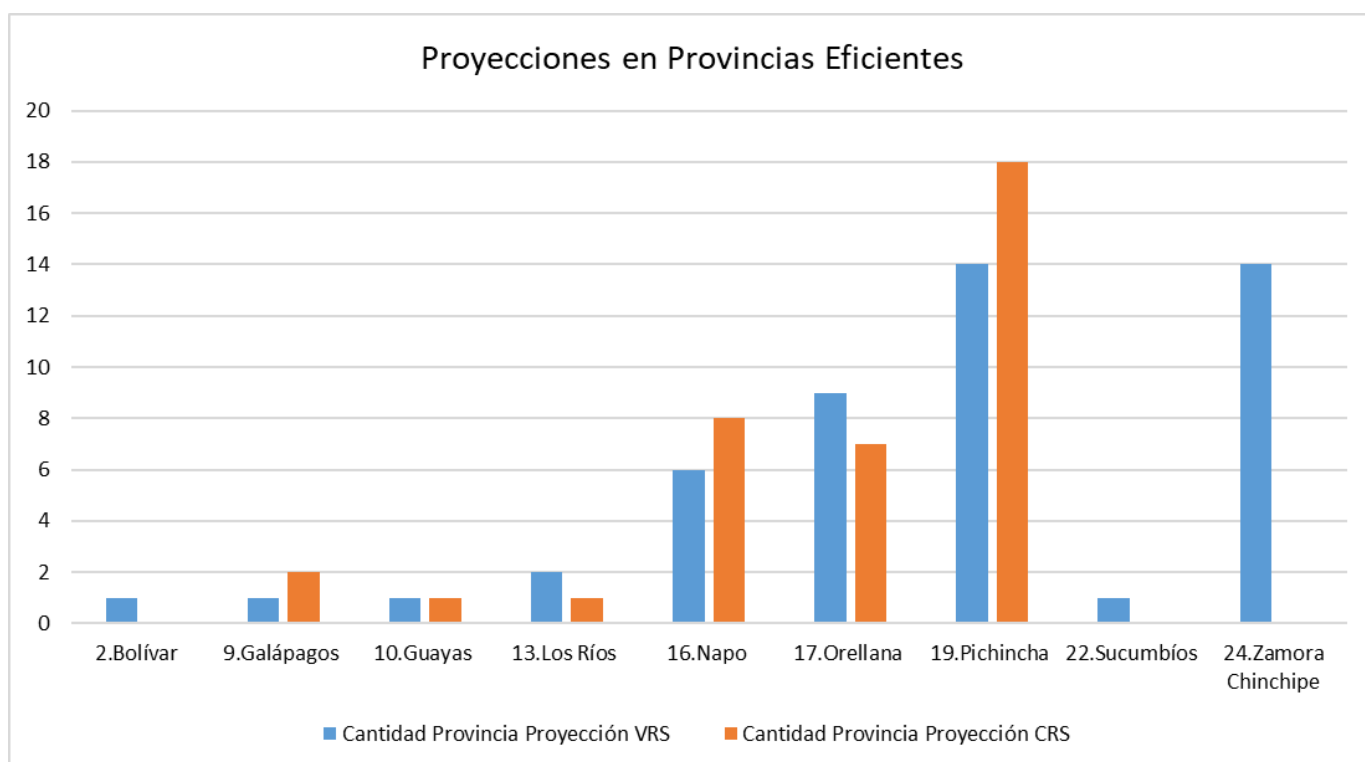


Figura 33. Proyecciones en Provincias Eficientes VRS y CRS. (Elaboración Propia).

De la Tabla 17 y Figura 33 es posible obtener resultados importantes:

En primer lugar, considerando la tecnología VRS las provincias que más veces hacen como referencia para las provincias ineficientes son Pichincha y Zamora Chinchipe 14 veces, cada una. Esto se atribuye al considerar que son provincias con cantidad de recursos altos y bajos con relación al resto de DMUs. Por tal motivo cubren el abanico de tamaños siendo las más eficientes en el análisis.

El motivo de que Zamora Chinchipe sea tan utilizada como referencia se debe principalmente a que cuenta con la menor cantidad de recursos de entradas, sin embargo, en sus salidas tiene valores más elevados al compararse con otras provincias de su tamaño aprovechando mejor sus recursos. Con esta misma tecnología como se puede evidenciar Orellana es utilizada como referencia al ser de un tamaño medio, con una buena gestión de sus recursos, por lo que, varias provincias se proyectan sobre ella.

No obstante, Zamora Chinchipe con la tecnología CRS no es identificada como eficiente, siendo las principales provincias de referencia Pichincha y Napo, con una proyección de valores más elevado en Napo. Esto quiere decir que, si no se considera el tamaño dentro de la tecnología, Napo está gestionando sus recursos turísticos eficientemente, tanto como para ser elegido como referencia para alcanzar la eficiencia. Es posible identificar también, que Galápagos, Guayas y Sucumbíos no son referencia para otras provincias ineficientes indicando que están siendo eficientes con sus recursos, pero no lo suficiente como para ser guías en la gestión de recursos para las provincias ineficientes.

6 CONCLUSIONES

El propósito principal de esta investigación es analizar la eficiencia relativa del turismo en las provincias del Ecuador, tratándolas como entidades productivas independientes. Cada provincia busca incrementar sus ingresos gestionando de manera óptima sus recursos. Es importante señalar que, si se consideran las economías de escala en el modelo desarrollado, la eficiencia de las provincias se ve afectada. Es decir, si se utiliza la tecnología Constant Return to Scale (CRS) o Variable Return to Scale (VRS) varía el valor de la eficiencia, las provincias eficientes e ineficientes, como también, las holguras y las proyecciones de las provincias ineficientes al compararse con la eficiencia global o la eficiencia relativa de su tamaño.

En la presente investigación se concluye que la metodología Data Envelopment Analysis se aplica de manera efectiva considerando entradas y salidas de diferente naturaleza para analizar la eficiencia del turismo de las provincias del Ecuador. Por lo tanto, el modelo Slacks Based-Measure (SBM) representa un acierto al ser invariante a las unidades y permitir obtener resultados robustos al centrarse directamente en las holguras. Además, el lenguaje de programación Python es exitoso para la implementación del modelo y clave para la obtención de los resultados.

Es así, que las provincias eficientes encontradas por medio del análisis en ambas tecnologías (CRS y VRS) son: Napo, Pichincha, Orellana, Galápagos, Guayas y Los Ríos. Dentro del análisis las provincias que más varían su eficiencia según la tecnología utilizada son Sucumbíos, Zamora Chinchipe, Bolívar, Carchi y Cañar al compararse con la eficiencia técnica o global. Por tal motivo, las provincias de Sucumbíos, Zamora Chinchipe y Bolívar en el modelo VRS son también consideradas eficientes debido a que dentro de su tamaño (pequeñas) son las que mejor están gestionando sus recursos. Además, se puede argumentar que el promedio de la eficiencia calculado con tecnología constante es de 55,9% y el promedio de eficiencia con tecnología variable es de 64,7% de las provincias del Ecuador. Este hallazgo sugiere que las provincias podrían mejorar su eficiencia un 44,1% y un 35,3%, acorde a la tecnología con la que se está evaluando.

Globalmente, se destaca que la variable de entrada que más debe reducirse para mejorar la eficiencia es la capacidad de comidas y bebidas, enfocada en la optimización del número de mesas disponibles en los establecimientos turísticos de cada provincia con el fin de gestionar más eficientemente los recursos. Inicialmente con un valor de 192849 mesas en total, debe reducirse 16362 unidades quedando con 176487 mesas, con el fin de gestionar más eficientemente los recursos y optimizar el rendimiento actual de las provincias al asemejarse a las más eficientes.

De manera análoga, se concluye que la variable de salida que requiere un mayor incremento para mejorar la eficiencia es la de ventas por comidas y bebidas. Inicialmente con un valor de 2091 millones en total, debe incrementar 725 millones quedando con 2816 millones en ventas por comidas y bebidas, con el fin de gestionar más eficientemente los recursos y optimizar el rendimiento actual de las provincias al asemejarse a las más eficientes. Punto muy relevante para mejorar promovido actualmente por el Gobierno del Ecuador y el Ministerio de Turismo. Gestionar dichas modificaciones en las cantidades señaladas pueden representar un reto para las provincias, sin embargo, las incentivarán en el proceso para alcanzar la eficiencia.

Considerando la tecnología VRS, es posible evidenciar que las provincias más eficientes son Pichincha y Zamora Chinchipe al ser utilizadas como referencia 14 veces cada una. Esto se atribuye al considerar que son provincias con cantidad de recursos altos y bajos con relación al resto de DMUs. Se puede concluir que en la tecnología CRS Pichincha y Napo están gestionando sus recursos turísticos eficientemente tanto como para ser referencia para las provincias ineficientes. Es posible identificar también, que Galápagos, Guayas y Sucumbíos no son referencia para otras provincias ineficientes indicando que están siendo eficientes con sus recursos, pero no los gestionan tan eficientemente como otras provincias.

Las provincias encontradas como ineficientes deben incorporar procedimientos que deriven en una mayor eficiencia, acorde a los resultados expuestos del benchmarking proyectándose sobre las provincias eficientes incorporando sus modelos de gestión y prácticas de trabajo más acertadas con los recursos utilizados. Dichos cambios podrían aportar significativamente al desarrollo integral del sector turístico en el Ecuador.

La principal limitación encontrada durante el desarrollo de la presente investigación es la disponibilidad de información actualizada y de carácter libre en el detalle requerido.

6.1 Líneas futuras

En el contexto de la presente investigación, se ha identificado un espacio para la optimización, lo que sugiere dirigir futuras investigaciones hacia este ámbito. Una propuesta sería ampliar las variables de entrada y salida consideradas, incluyendo información sobre el número de turistas pernoctantes, la inversión en turismo y marketing, así como la cantidad de lugares de interés.

Además, sería pertinente explorar diversos análisis de eficiencia utilizando datos recopilados en otros años para identificar la evolución de la eficiencia turística en las provincias del Ecuador a lo largo del tiempo. Por último, sería oportuno realizar un estudio de la eficiencia desde la perspectiva del turismo sostenible y comunitario, destacando la necesidad de continuar investigando y promoviendo prácticas que no solo impulsen el crecimiento económico, sino que también preserven y fomenten la conservación del entorno natural y el bienestar de las comunidades locales.

7 REFERENCIAS

- Anand, G., & Kodali, R. (2008). Benchmarking the benchmarking models. *Benchmarking*, 15(3), 257–291. <https://doi.org/10.1108/14635770810876593>
- Assaf, A., Barros, C. P., & Josiassen, A. (2012). Hotel efficiency: A bootstrapped metafrontier approach. *International Journal of Hospitality Management*, 31(2), 621–629. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2011.12.006>
- Barros, C. P., Botti, L., Peypoch, N., Robinot, E., Solonandrasana, B., & George Assaf, A. (2011). Performance of French destinations: Tourism attraction perspectives. *Tourism Management*, 32(1), 141–146. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.01.015>
- Benito, B., Solana, J., & López, P. (2014). Determinants of Spanish regions' tourism performance: A two-stage, double-bootstrap data envelopment analysis. *Tourism Economics*, 20(5), 987–1012. <https://doi.org/10.5367/te.2013.0327>
- Bire, R. B. (2021). Mapping destination competitiveness in Indonesia's Nusa Tenggara Timur (NTT) province: A Malmquist–data envelopment analysis approach. *Regional Science Policy and Practice*, 13(3), 820–834. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12420>
- Bosetti, V., Cassinelli, M., & Lanza, A. (2007). Benchmarking in tourism destinations; Keeping in mind the sustainable paradigm. *Advances in Modern Tourism Research: Economic Perspectives*, 1, 165–180. https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1718-8_9
- Botti, L., Peypoch, N., Robinot, E., & Solonadrasana, B. (2009). Tourism destination competitiveness: The French regions case. *European Journal of Tourism Research*, 2(1), 5–24. <https://doi.org/10.54055/ejtr.v2i1.25>
- Cancillería del Ecuador, E. (2022). *Ecuador, el país de los 4 mundos*. <https://www.cancilleria.gob.ec/china/ecuador-el-pais-de-los-4-mundos/>
- Chaabouni, S. (2019). China's regional tourism efficiency: A two-stage double bootstrap data envelopment analysis. *Journal of Destination Marketing and Management*, 11(December 2015), 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2017.09.002>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units: A comment. *European Journal of Operational Research*, 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(84\)90101-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(84)90101-2)
- Congreso Nacional del Ecuador, E. (2020). *Reglamento de Alojamiento Turístico*.
- Congreso Nacional del Ecuador, E. (2021). *Reglamento General de Aplicación de la Ley de Turismo*. 4(1), 1–23.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software: Second edition. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software: Second Edition*, 1–490. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-45283-8>
- Corne, A. (2015). Benchmarking and tourism efficiency in France. *Tourism Management*, 51, 91–95. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.05.006>
- Corporación Financiera Nacional. (2023). *Ficha Sectorial. Actividades de Alojamiento y Servicio de Comidas*. 1(1), 24. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Alimentos-preparados-para-animales.pdf>
- Cracolici, M. F., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (2008). Assessment of tourism competitiveness by analysing destination efficiency. *Tourism Economics*, 14(2), 325–342. <https://doi.org/10.5367/000000008784460427>
- Deng, Z., Gao, Y., Liang, B., & Morrison, A. M. (2020). Efficiency evaluation of hotel operations in Mainland

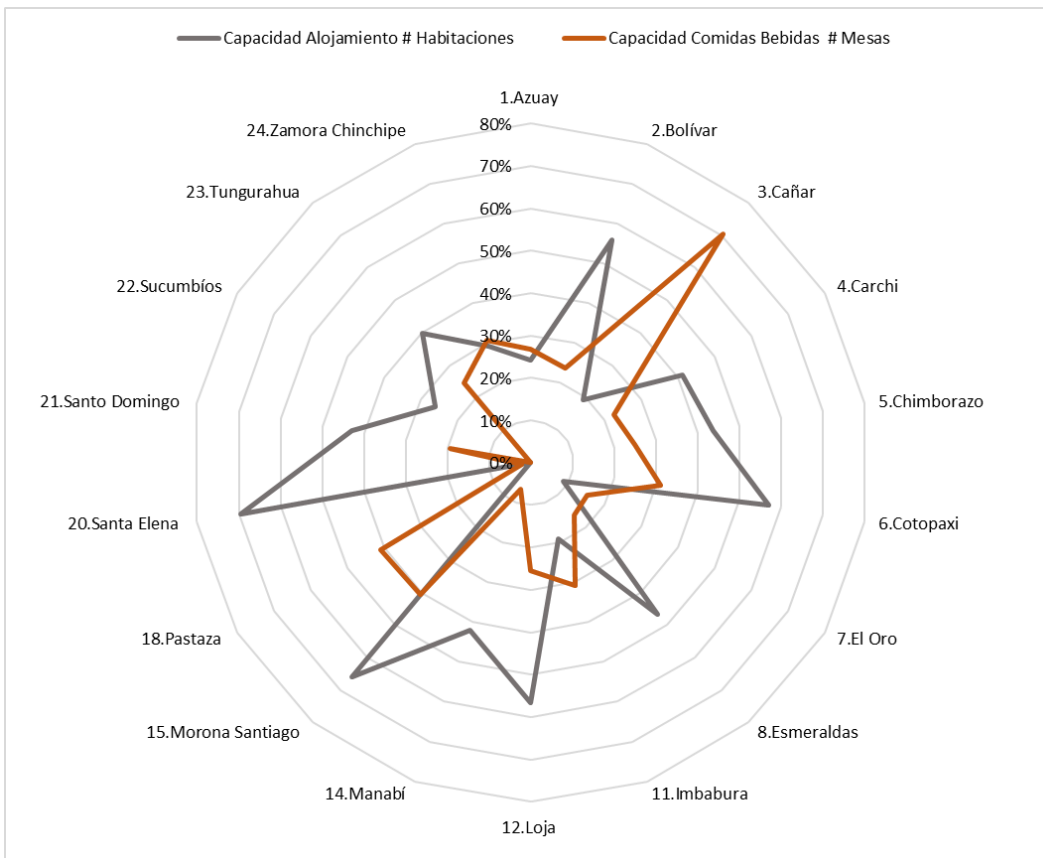
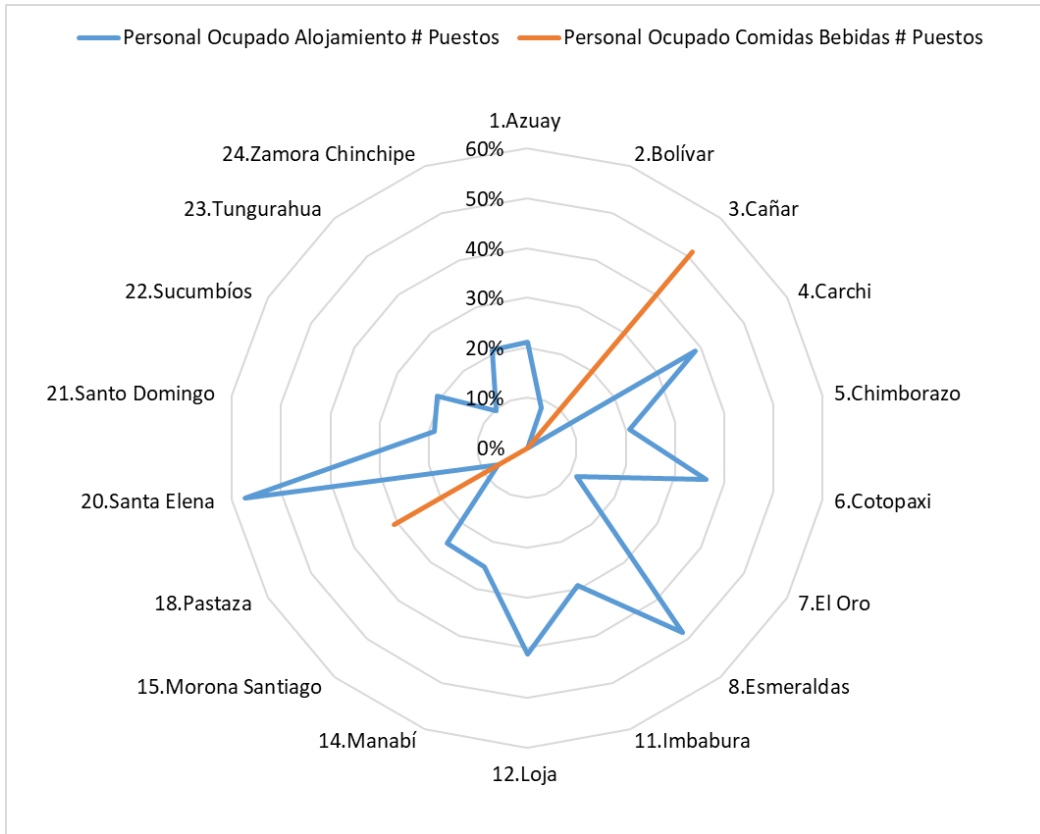
- China based on the superefficiency SBM model. *Tourism Economics*, 26(2), 276–298. <https://doi.org/10.1177/1354816618816787>
- Figuroa, V., Herrero, L. C., Báez, A., & Gómez, M. (2018). Analysing how cultural factors influence the efficiency of tourist destinations in Chile. *International Journal of Tourism Research*, 20(1), 11–24. <https://doi.org/10.1002/jtr.2149>
- Flegl, M., Cerón-Monroy, H., Krejčí, I., & Jablonský, J. (2023). Estimating the hospitality efficiency in Mexico using Data Envelopment Analysis. *Opsearch*, 60(1), 188–216. <https://doi.org/10.1007/s12597-022-00619-8>
- GoRaymi. (2022). *Provincias del Ecuador*. Provincias Del Ecuador. <https://www.goraymi.com/es-ec/pichincha/mapas/provincias-ecuador-abdae0215>
- Granizo, T., Arnal, H., González, M., & Maldonano, G. (2019). *Plan estratégico 2017-2025*.
- Higuerey, A., Viñan-Merced, C., Malo-Montoya, Z., & Martínez-Fernández, V. A. (2020). Data envelopment analysis (DEA) for measuring the efficiency of the hotel industry in Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su12041590>
- Ibáñez, R., & Cabrera, C. (2011). Teoría general del turismo: Enfoque global y nacional. *ICECS 2017 - 24th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems*, 364–367.
- INEC. (2023). *Entradas y Salidas Internacionales*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/entradas-y-salidas-internacionales/>
- Jordá, P., Cascajo, R., & Monzón, A. (2012). Analysis of the Technical Efficiency of Urban Bus Services in Spain Based on SBM Models. *ISRN Civil Engineering*, 2012, 1–13. <https://doi.org/10.5402/2012/984758>
- Ministerio de Turismo Ecuador, E. (2017). *BOLETÍN DE ESTADÍSTICAS TURÍSTICAS 2013-2017*.
- Ministerio de Turismo Ecuador, E. (2019). *El turismo ecuatoriano creció un 11% en 2018*. <https://www.turismo.gob.ec/el-turismo-ecuadoriano-crecio-un-11-en-2018/?fbclid=IwAR0ZbBMdbCwiJVd-mNVP5-GLaawC>
- Ministerio de Turismo Ecuador, E. (2020). *Reglamento turístico de alimentos y bebidas*.
- Ministerio de Turismo Ecuador, E. (2022). Ecuador gana varios premios en la edición sudamericana de los world travel awards 2022. In *Ministerio de Turismo Ecuador*. <https://www.turismo.gob.ec/ecuador-gana-varios-premios-en-la-edicion-sudamerica-de-los-world-travel-awards-2022/>
- Ministerio de Turismo Ecuador, E. (2024a). *El Ministerio de Turismo presentó su Plan de Turismo 2024*. Ministerio de Turismo Ecuador. <https://www.turismo.gob.ec/el-ministerio-de-turismo-presento-su-plan-de-turismo-2024/>
- Othman, M., Foo, L. Y., Karim, M. S. A., & Aziz, Y. A. (2010). Total factor productivity efficiency changes in a Malaysian hotel chain. *International Journal of Revenue Management*, 4(3–4), 327–343. <https://doi.org/10.1504/ijrm.2010.035960>
- RIET. (2008). *Recomendaciones internacionales para estadísticas de turismo 2008*. United Nations World Tourism Organization. ONU Turismo.
- Ruiz, E., & Solis, D. (2007). TURISMO C OMUNITARIO Desarrollo y sostenibilidad social. *Universidad de Cuenca, Ecuador*, 1–289. <file:///C:/Users/Grecia/Downloads/TURISMO+COMUNITARIO+EN+ECUADOR,+Desarrollo+y+Sostenibilidad+Social,+UNIVERSIDAD+DE+CUENCA,+ECUADOR.pdf%5Cnhttps://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7YCV1rBUxx0C&oi=fnd&pg=PA7&dq=turismo+comunitario&ots=1WnqQOatYq&sig=p->
- Tone, K. (2001). Slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 130(3), 498–509. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)
- UNFPA. (2022). *El potencial y los desafíos de Ecuador*. Agencia de Las Naciones Unidas de La Salud Sexual y Reproductiva. <https://ecuador.unfpa.org/es/el-potencial-y-los-desafios-de-ecuador>
- UNWTO. (2015). *El turismo: un fenómeno económico y social*. United Nations World Tourism Organization.

<https://www.unwto.org/es/turismo>

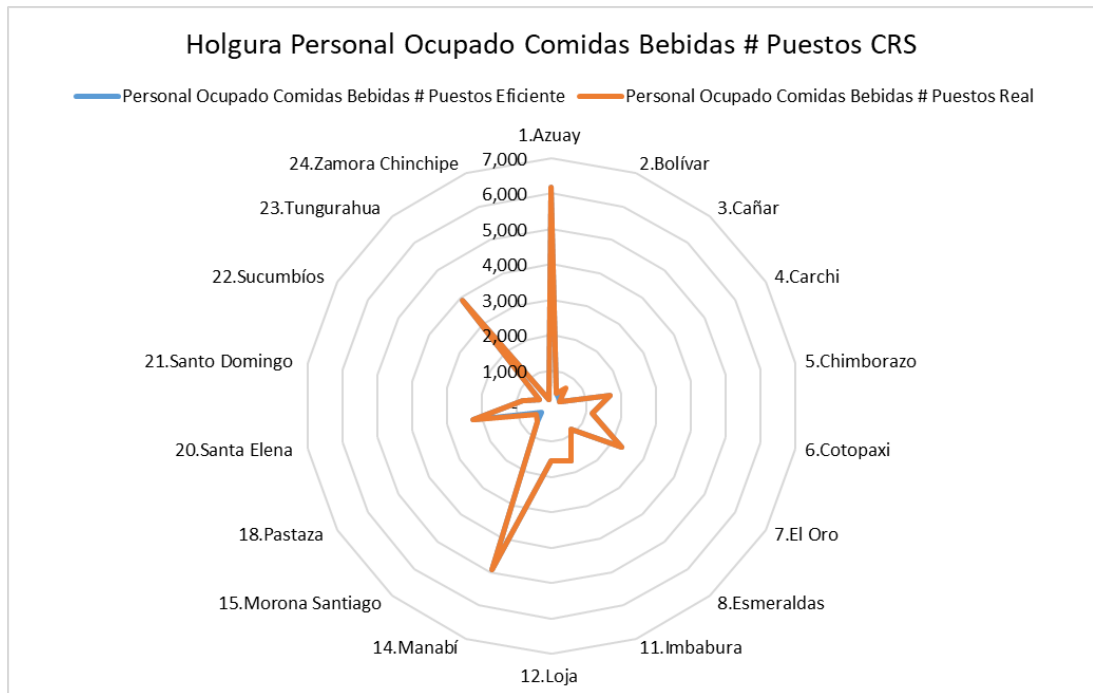
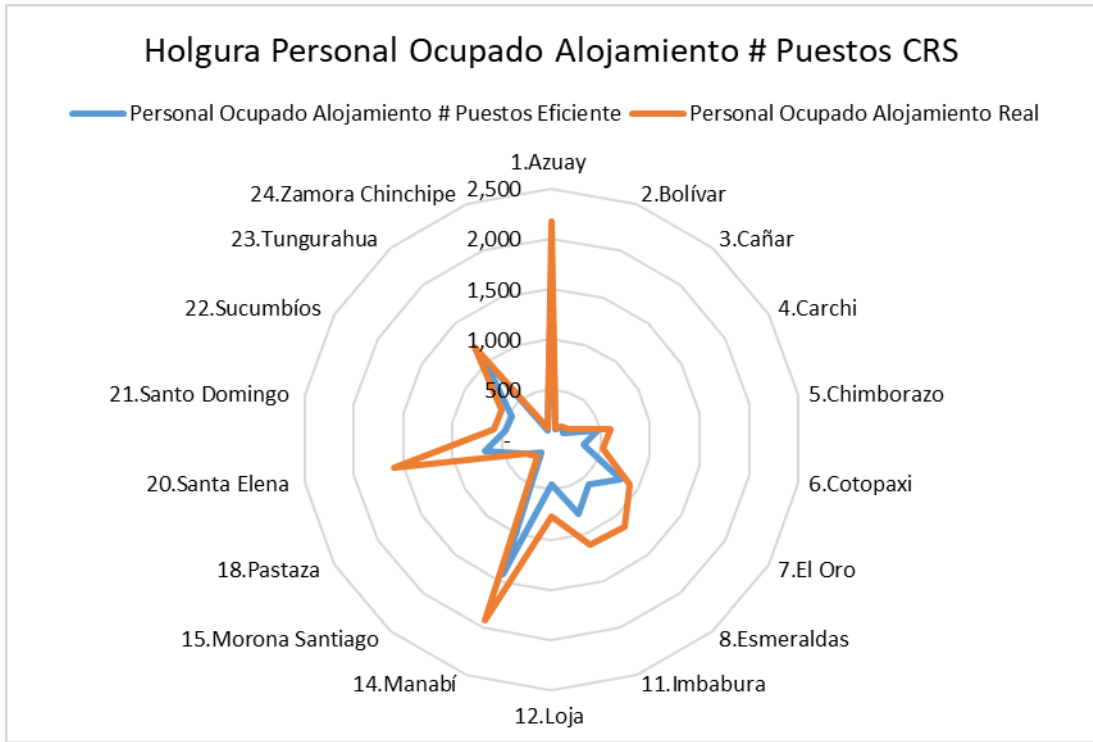
- UNWTO. (2019). *Las llegadas de turistas internacionales suman 1.400 millones dos años antes de las previsiones*. United Nations World Tourism Organization. <https://www.unwto.org/es/press-release/2019-01-21/las-llegadas-de-turistas-internacionales-suman-1400-millones-dos-anos-antes>
- UNWTO. (2021). *2020: el peor año de la historia del turismo, con mil millones menos de llegadas internacionales*. United Nations World Tourism Organization. <https://www.unwto.org/es/news/2020-el-peor-ano-de-la-historia-del-turismo-con-mil-millones-menos-de-llegadas-internacionales>
- UNWTO. (2024a). *El turismo internacional alcanzará en 2024 los niveles registrados antes de la pandemia*. United Nations World Tourism Organization. <https://www.unwto.org/es/news/el-turismo-internacional-alcanzara-en-2024-los-niveles-registrados-antes-de-la-pandemia>
- UNWTO. (2024b). *Glosario de Términos de Turismo*. United Nations World Tourism Organization. <https://www.unwto.org/es/glosario-terminos-turisticos>
- UNWTO. (2024c). *UN Tourism Barometer*. United Nations World Tourism Organization. <https://www.unwto.org/un-tourism-world-tourism-barometer-data>
- Villa Caro, G. (2003). *Análisis por envoltura de datos (DEA) nuevos modelos y aplicaciones*. Universidad de Sevilla.
- WTTC. (2023). Sector de viajes y turismo de Ecuador representará el 4,4% de la economía nacional al cierre de 2023: WTTC. *Consejo Mundial de Viajes y Turismo*, 9–11. [https://wtcc.org/Portals/0/Documents/Press Releases/sector-de-viajes-y-turismo-de-ecuador-representara-el-4-4-de-la-economia-nacional-al-cierre-de-2023.pdf?ver=guA39xQn19dRVAKkpx8Dxg%3D%3D](https://wtcc.org/Portals/0/Documents/Press%20Releases/sector-de-viajes-y-turismo-de-ecuador-representara-el-4-4-de-la-economia-nacional-al-cierre-de-2023.pdf?ver=guA39xQn19dRVAKkpx8Dxg%3D%3D)
- Xia, B., Dong, S., Zhao, M., Li, Z., Li, F., Li, Y., & Cheng, H. (2018). Analysis of economic efficiency and eco-efficiency of Chinese star hotels based on SBM model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 190(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/190/1/012066>
- Zurita, EG., Borja, ME., González, MG., Pinilla, D. (2021). Sector Turístico Y Su Impacto En La Economía Ecuatoriana. In *Editorial Unach* (Issue February). <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.28>

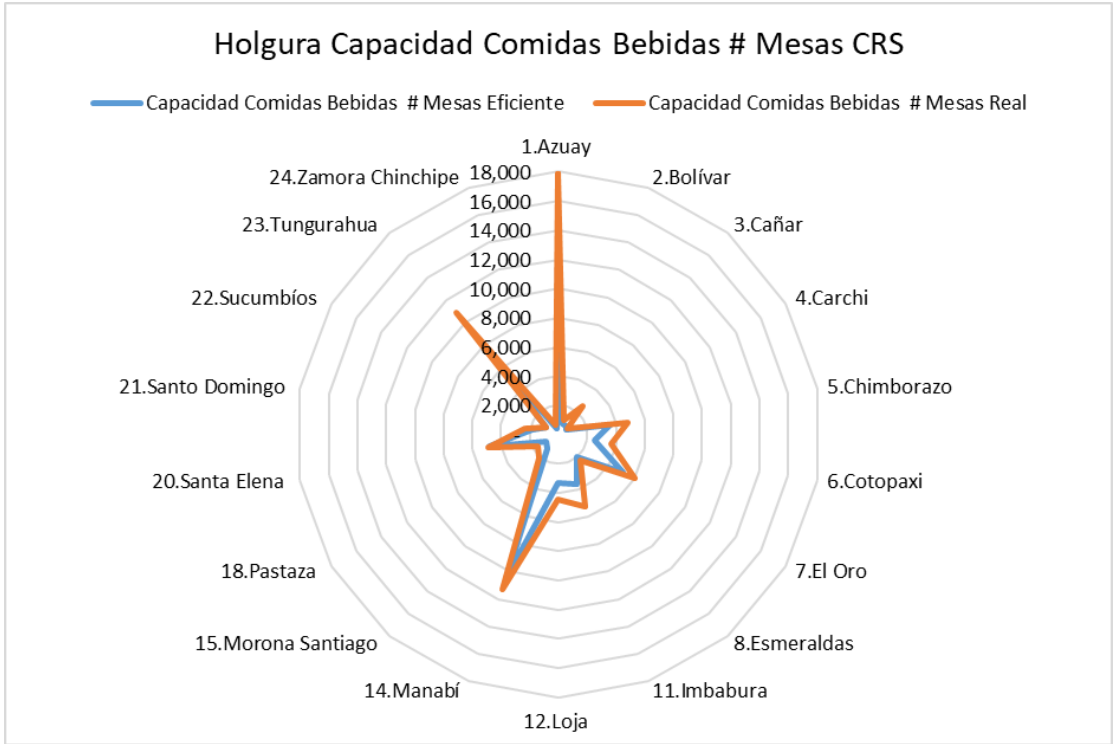
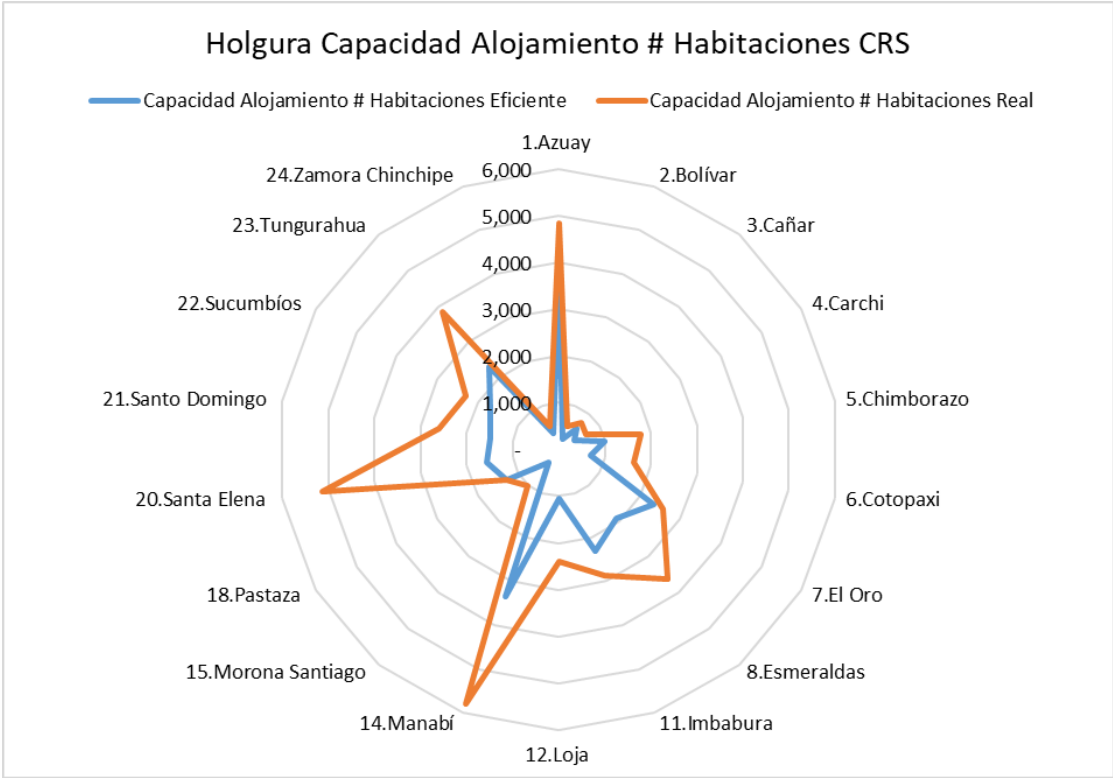
ANEXOS

Anexo 1. Holguras de Entrada Porcentual CRS (Elaboración Propia).

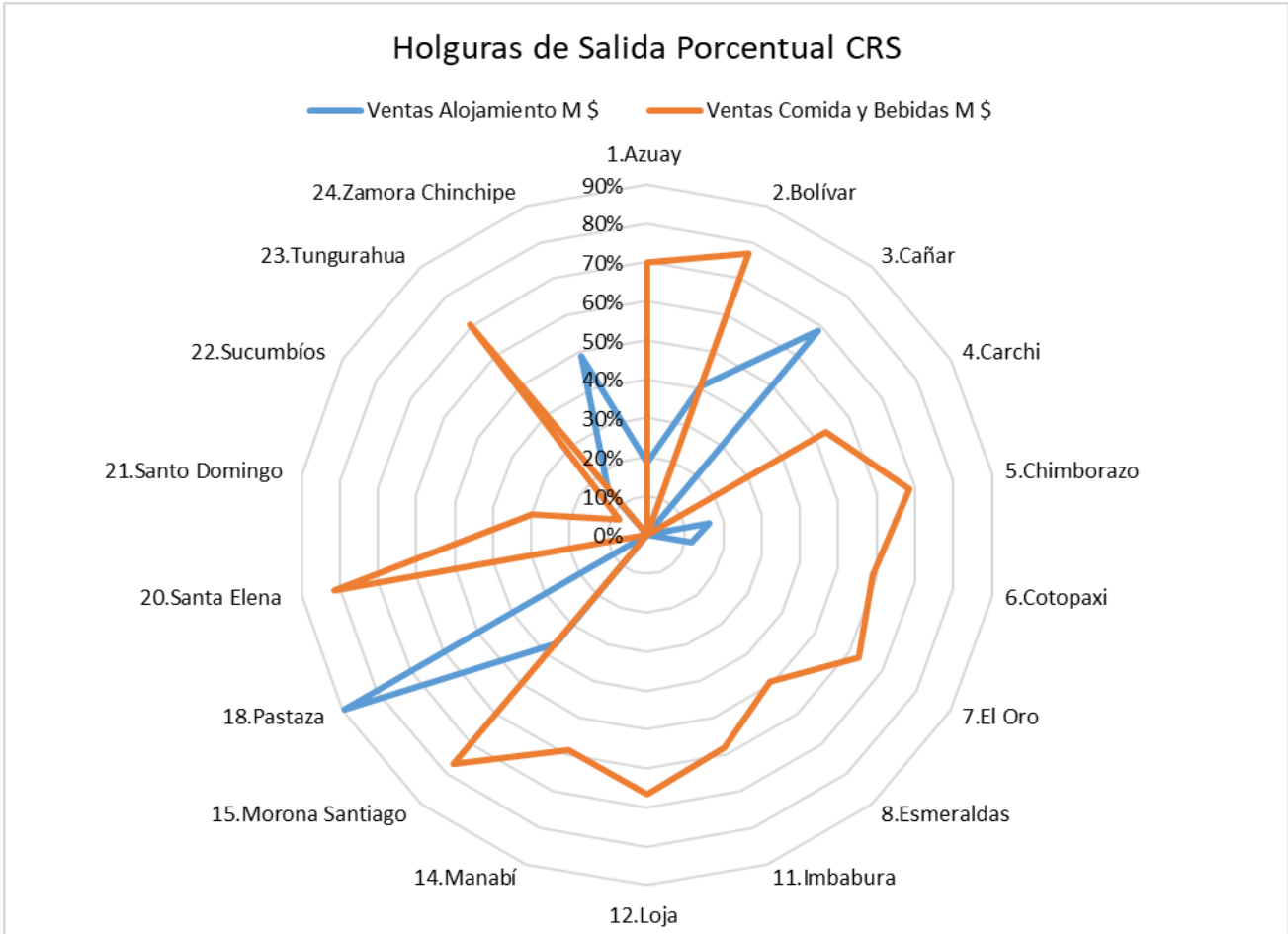


Anexo 2. Holguras Individuales de Entrada CRS (Elaboración Propia).

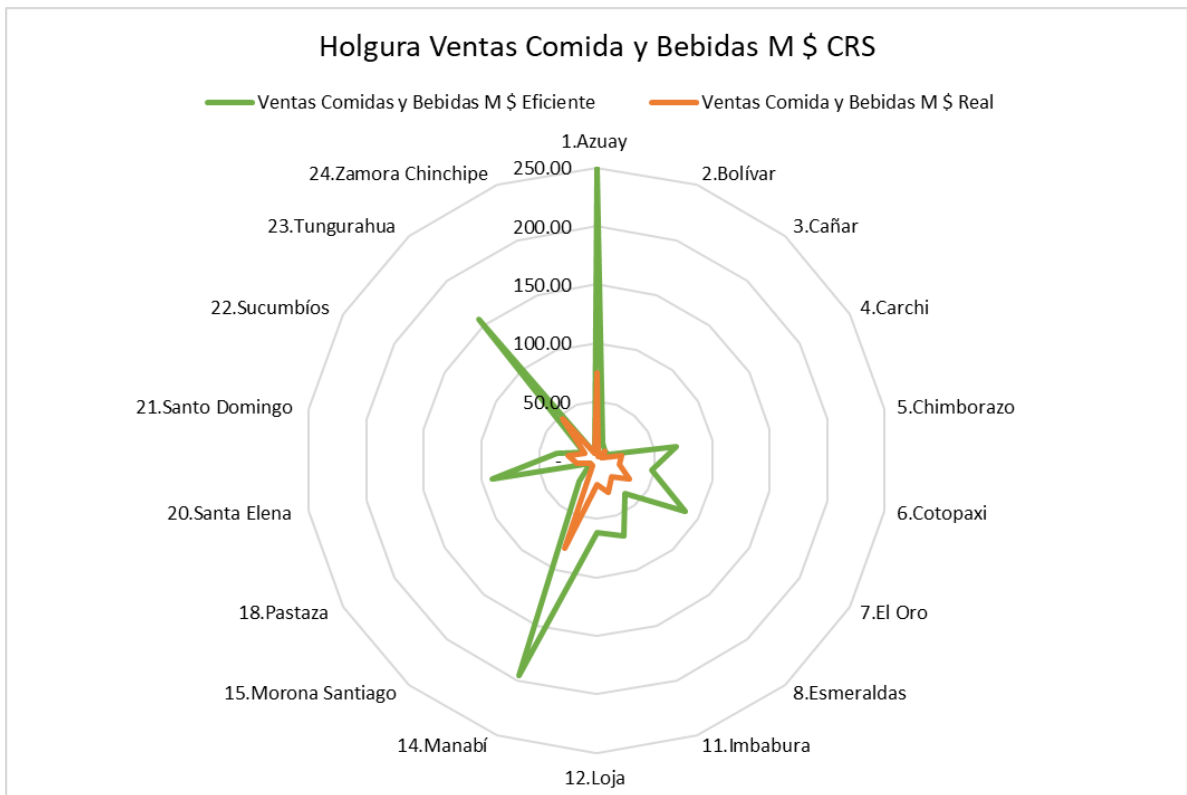
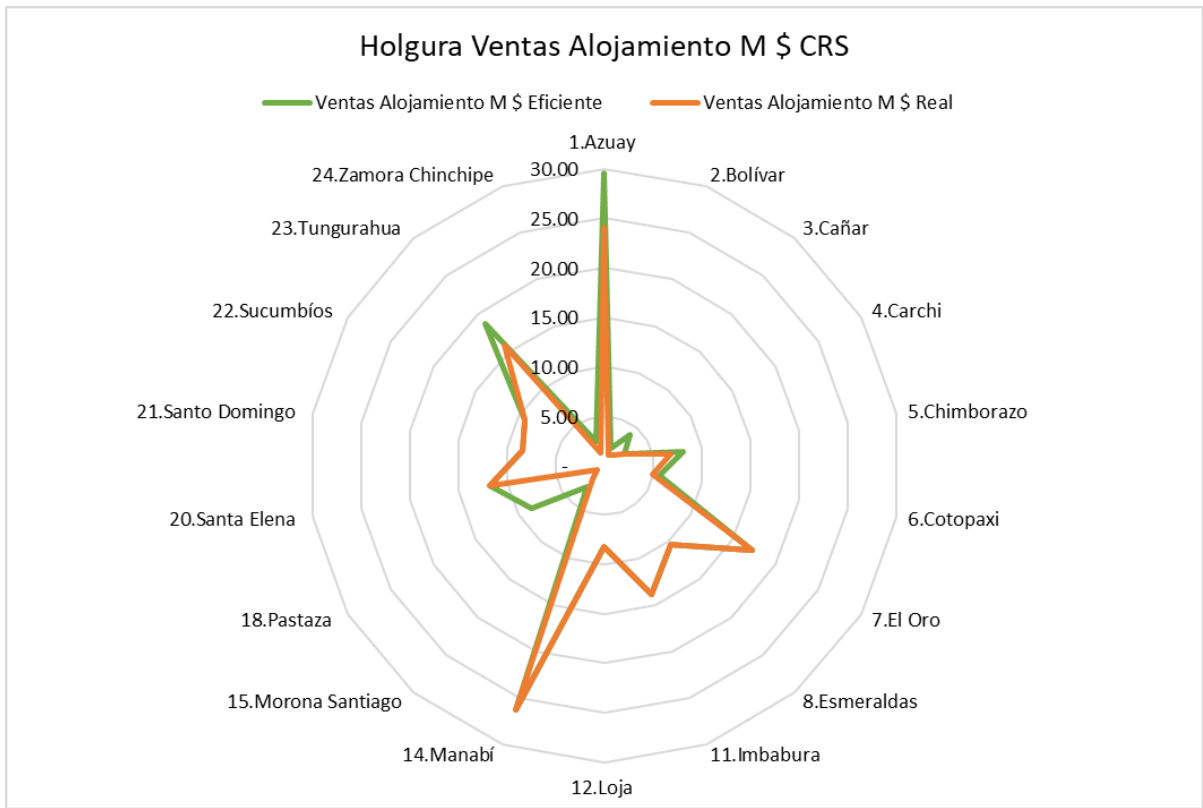




Anexo 3. Holguras de Salida Porcentual CRS (Elaboración Propia).



Anexo 4. Holguras Individuales de Salida CRS (Elaboración Propia).



Anexo 5. Proyección SBM VRS (Elaboración Propia).

Provincia	Proyección VRS					
	Azuay	Bolívar	Cañar	Carchi	Chimborazo	Cotopaxi
1.Azuay	-	-	-	-	-	-
2.Bolívar	-	1.00	-	-	-	-
3.Cañar	-	-	-	-	-	-
4.Carchi	-	-	-	-	-	-
5.Chimborazo	-	-	-	-	-	-
6.Cotopaxi	-	-	-	-	-	-
7.El Oro	-	-	-	-	-	-
8.Esmeraldas	-	-	-	-	-	-
9.Galápagos	-	-	-	-	-	-
10.Guayas	-	-	-	-	-	-
11.Imbabura	-	-	-	-	-	-
12.Loja	-	-	-	-	-	-
13.Los Ríos	-	-	0.15	-	-	-
14.Manabí	-	-	-	-	-	-
15.Morona Santiago	-	-	-	-	-	-
16.Napo	-	-	0.06	0.04	-	0.40
17.Orellana	-	-	-	0.06	-	-
18.Pastaza	-	-	-	-	-	-
19.Pichincha	0.24	-	-	0.00	0.06	0.03
20.Santa Elena	-	-	-	-	-	-
21.Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
22.Sucumbíos	-	-	-	-	-	-
23.Tungurahua	-	-	-	-	-	-
24.Zamora Chinchipe	0.76	-	0.79	0.90	0.94	0.57

Provincia	Proyección VRS					
	El Oro	Esmeraldas	Galápagos	Guayas	Imbabura	Loja
1.Azuay	-	-	-	-	-	-
2.Bolívar	-	-	-	-	-	-
3.Cañar	-	-	-	-	-	-
4.Carchi	-	-	-	-	-	-
5.Chimborazo	-	-	-	-	-	-
6.Cotopaxi	-	-	-	-	-	-
7.El Oro	-	-	-	-	-	-
8.Esmeraldas	-	-	-	-	-	-
9.Galápagos	-	-	1.00	-	-	-
10.Guayas	-	-	-	1.00	-	-
11.Imbabura	-	-	-	-	-	-
12.Loja	-	-	-	-	-	-
13.Los Ríos	-	-	-	-	-	-
14.Manabí	-	-	-	-	-	-
15.Morona Santiago	-	-	-	-	-	-
16.Napo	0.34	-	-	-	-	-
17.Orellana	0.34	0.98	-	-	0.92	0.06
18.Pastaza	-	-	-	-	-	-
19.Pichincha	0.08	0.02	-	-	0.05	0.05
20.Santa Elena	-	-	-	-	-	-
21.Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
22.Sucumbíos	-	-	-	-	-	-
23.Tungurahua	-	-	-	-	-	-
24.Zamora Chinchipe	0.24	-	-	-	0.03	0.88

Provincia	Proyección VRS					
	Los Ríos	Manabí	Morona Santiago	Napo	Orellana	Pastaza
1.Azuay	-	-	-	-	-	-
2.Bolívar	-	-	-	-	-	-
3.Cañar	-	-	-	-	-	-
4.Carchi	-	-	-	-	-	-
5.Chimborazo	-	-	-	-	-	-
6.Cotopaxi	-	-	-	-	-	-
7.El Oro	-	-	-	-	-	-
8.Esmeraldas	-	-	-	-	-	-
9.Galápagos	-	-	-	-	-	-
10.Guayas	-	-	-	-	-	-
11.Imbabura	-	-	-	-	-	-
12.Loja	-	-	-	-	-	-
13.Los Ríos	1.00	-	-	-	-	-
14.Manabí	-	-	-	-	-	-
15.Morona Santiago	-	-	-	-	-	-
16.Napo	-	-	-	1.00	-	0.51
17.Orellana	-	0.40	-	-	1.00	-
18.Pastaza	-	-	-	-	-	-
19.Pichincha	-	0.19	0.01	-	-	-
20.Santa Elena	-	-	-	-	-	-
21.Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
22.Sucumbíos	-	-	-	-	-	-
23.Tungurahua	-	-	-	-	-	-
24.Zamora Chinchipe	-	0.41	0.99	-	-	0.49

Provincia	Proyección VRS					
	Pichincha	Santa Elena	Santo Domingo	Sucumbíos	Tungurahua	Zamora Chinchipe
1.Azuay	-	-	-	-	-	-
2.Bolívar	-	-	-	-	-	-
3.Cañar	-	-	-	-	-	-
4.Carchi	-	-	-	-	-	-
5.Chimborazo	-	-	-	-	-	-
6.Cotopaxi	-	-	-	-	-	-
7.El Oro	-	-	-	-	-	-
8.Esmeraldas	-	-	-	-	-	-
9.Galápagos	-	-	-	-	-	-
10.Guayas	-	-	-	-	-	-
11.Imbabura	-	-	-	-	-	-
12.Loja	-	-	-	-	-	-
13.Los Ríos	-	-	-	-	-	-
14.Manabí	-	-	-	-	-	-
15.Morona Santiago	-	-	-	-	-	-
16.Napo	-	-	-	-	-	-
17.Orellana	-	0.14	0.98	-	-	-
18.Pastaza	-	-	-	-	-	-
19.Pichincha	1.00	0.08	0.02	-	0.15	-
20.Santa Elena	-	-	-	-	-	-
21.Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
22.Sucumbíos	-	-	-	1.00	-	-
23.Tungurahua	-	-	-	-	-	-
24.Zamora Chinchipe	-	0.78	-	-	0.85	1.00

Anexo 6. Proyección SBM CRS (Elaboración Propia).

Provincia	Proyección CRS					
	Azuay	Bolívar	Cañar	Carchi	Chimborazo	Cotopaxi
1.Azuay	-	-	-	-	-	-
2.Bolívar	-	-	-	-	-	-
3.Cañar	-	-	-	-	-	-
4.Carchi	-	-	-	-	-	-
5.Chimborazo	-	-	-	-	-	-
6.Cotopaxi	-	-	-	-	-	-
7.El Oro	-	-	-	-	-	-
8.Esmeraldas	-	-	-	-	-	-
9.Galápagos	-	-	-	-	-	-
10.Guayas	-	-	-	-	-	-
11.Imbabura	-	-	-	-	-	-
12.Loja	-	-	-	-	-	-
13.Los Ríos	-	-	-	-	-	-
14.Manabí	-	-	-	-	-	-
15.Morona Santiago	-	-	-	-	-	-
16.Napo	-	-	0.23	-	-	-
17.Orellana	-	-	-	0.16	-	-
18.Pastaza	-	-	-	-	-	-
19.Pichincha	0.24	0.02	0.01	0.01	0.07	0.05
20.Santa Elena	-	-	-	-	-	-
21.Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
22.Sucumbíos	-	-	-	-	-	-
23.Tungurahua	-	-	-	-	-	-
24.Zamora Chinchipe	-	-	-	-	-	-

Provincia	Proyección CRS					
	El Oro	Esmeraldas	Galápagos	Guayas	Imbabura	Loja
1.Azuay	-	-	-	-	-	-
2.Bolívar	-	-	-	-	-	-
3.Cañar	-	-	-	-	-	-
4.Carchi	-	-	-	-	-	-
5.Chimborazo	-	-	-	-	-	-
6.Cotopaxi	-	-	-	-	-	-
7.El Oro	-	-	-	-	-	-
8.Esmeraldas	-	-	-	-	-	-
9.Galápagos	-	-	1.00	-	-	-
10.Guayas	-	-	-	1.00	-	-
11.Imbabura	-	-	-	-	-	-
12.Loja	-	-	-	-	-	-
13.Los Ríos	-	-	-	-	-	-
14.Manabí	-	-	-	-	-	-
15.Morona Santiago	-	-	-	-	-	-
16.Napo	0.55	-	-	-	-	0.07
17.Orellana	-	0.97	-	-	0.92	-
18.Pastaza	-	-	-	-	-	-
19.Pichincha	0.08	0.02	-	-	0.05	0.06
20.Santa Elena	-	-	-	-	-	-
21.Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
22.Sucumbíos	-	-	-	-	-	-
23.Tungurahua	-	-	-	-	-	-
24.Zamora Chinchipe	-	-	-	-	-	-

	Proyección CRS					
Provincia	Los Ríos	Manabí	Morona Santiago	Napo	Orellana	Pastaza
1. Azuay	-	-	-	-	-	-
2. Bolívar	-	-	-	-	-	-
3. Cañar	-	-	-	-	-	-
4. Carchi	-	-	-	-	-	-
5. Chimborazo	-	-	-	-	-	-
6. Cotopaxi	-	-	-	-	-	-
7. El Oro	-	-	-	-	-	-
8. Esmeraldas	-	-	-	-	-	-
9. Galápagos	-	-	-	-	-	-
10. Guayas	-	-	-	-	-	-
11. Imbabura	-	-	-	-	-	-
12. Loja	-	-	-	-	-	-
13. Los Ríos	1.00	-	-	-	-	-
14. Manabí	-	-	-	-	-	-
15. Morona Santiago	-	-	-	-	-	-
16. Napo	-	0.25	-	1.00	-	0.63
17. Orellana	-	-	-	-	1.00	-
18. Pastaza	-	-	-	-	-	-
19. Pichincha	-	0.19	0.02	-	-	0.00
20. Santa Elena	-	-	-	-	-	-
21. Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
22. Sucumbíos	-	-	-	-	-	-
23. Tungurahua	-	-	-	-	-	-
24. Zamora Chinchipe	-	-	-	-	-	-
	Proyección CRS					
Provincia	Pichincha	Santa Elena	Santo Domingo	Sucumbíos	Tungurahua	Zamora Chinchipe
1. Azuay	-	-	-	-	-	-
2. Bolívar	-	-	-	-	-	-
3. Cañar	-	-	-	-	-	-
4. Carchi	-	-	-	-	-	-
5. Chimborazo	-	-	-	-	-	-
6. Cotopaxi	-	-	-	-	-	-
7. El Oro	-	-	-	-	-	-
8. Esmeraldas	-	-	-	-	-	-
9. Galápagos	-	-	-	0.05	-	-
10. Guayas	-	-	-	-	-	-
11. Imbabura	-	-	-	-	-	-
12. Loja	-	-	-	-	-	-
13. Los Ríos	-	-	-	-	-	-
14. Manabí	-	-	-	-	-	-
15. Morona Santiago	-	-	-	-	-	-
16. Napo	-	-	-	0.20	-	0.15
17. Orellana	-	0.16	0.68	0.69	-	-
18. Pastaza	-	-	-	-	-	-
19. Pichincha	1.00	0.09	0.02	-	0.15	0.00
20. Santa Elena	-	-	-	-	-	-
21. Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
22. Sucumbíos	-	-	-	-	-	-
23. Tungurahua	-	-	-	-	-	-
24. Zamora Chinchipe	-	-	-	-	-	-