



TESIS DOCTORAL

**APLICACIONES DE LA TÉCNICA DEA EN LA GESTIÓN DE
BIBLIOTECAS UNIVERSITARIAS**

FABIÁN RODRIGO SALAZAR ESCOBAR

Directores: Ana García Sipols
Clara Simón de Blas
Marco Javier Flores Calero

UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS

Abril, 2017



Dra. Ana García Sipols, Profesora Titular del Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de los Materiales y Tecnología Electrónica de la Universidad Rey Juan Carlos.

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada

**APLICACIONES DE LA TÉCNICA DEA EN LA GESTIÓN DE
BIBLIOTECAS UNIVERSITARIAS**

Realizada por **Don Fabián Rodrigo Salazar Escobar** bajo su inmediata dirección y supervisión en el Departamento de Ciencias de la Computación, Arquitectura de Computadores, Lenguajes y Sistemas Informáticos y Estadística e Investigación Operativa, que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad Rey Juan Carlos.

En Móstoles, Abril de 2017.

Fdo. Ana García Sipols



Dra. Clara Simón de Blas, Profesora del Departamento de Ciencias de la Computación, Arquitectura de Computadores, Lenguajes y Sistemas Informáticos y Estadística e Investigación Operativa de la Universidad Rey Juan Carlos.

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada

**APLICACIONES DE LA TÉCNICA DEA EN LA GESTIÓN DE
BIBLIOTECAS UNIVERSITARIAS**

Realizada por **Don Fabián Rodrigo Salazar Escobar** bajo su inmediata dirección y supervisión en el Departamento de Ciencias de la Computación, Arquitectura de Computadores, Lenguajes y Sistemas Informáticos y Estadística e Investigación Operativa, que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad Rey Juan Carlos.

En Móstoles, Abril de 2017.

Fdo. Clara Simón de Blas



Dr. Marco Javier Flores Calero, Profesor Titular de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada

**APLICACIONES DE LA TÉCNICA DEA EN LA GESTIÓN DE
BIBLIOTECAS UNIVERSITARIAS**

Realizada por **Don Fabián Rodrigo Salazar Escobar** bajo su inmediata dirección y supervisión en el Departamento de Ciencias de la Computación, Arquitectura de Computadores, Lenguajes y Sistemas Informáticos y Estadística e Investigación Operativa, que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad Rey Juan Carlos.

En Sangolquí, Abril de 2017.

Fdo. Marco Javier Flores Calero

Dedicatoria

Dedicado a:

*Mi madre Blanca Carmelina, padre Jorge Luis (†),
esposa Cecilia Guadalupe e hija Karina Viviana.*

A mis hermanos, tíos, primos y mi familia política.

Quienes siempre creyeron en mí en tiempos muy difíciles.

*Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a
quienes se las debo por su apoyo incondicional.*

Agradecimientos

Agradezco a Dios por que me ha iluminado en todo momento.

A mis tutores: Ana, Clara y Marco por su apoyo constante.

A la Universidad Técnica de Ambato, en las personas del Dr. Galo Naranjo López, Dra. Adriana Reinoso y la Dra. Judith Aguas, por haber permitido que este doctorado haya tenido feliz término.

A mis compañeros profesores, Decana, Subdecano, Coordinadores de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por sus consejos y aliento.

A mis ayudantes Christian y Paúl, por el soporte que me brindaron todo este tiempo.

Abstract

The present thesis studies the efficiency of the Ecuadorian university libraries and proposes a new methodology of evaluation in the management of the same ones under the analysis of scenarios.

Currently, libraries of public universities in Ecuador have to justify through evidence and indicators the investment that the state makes through a process called accreditation.

Prior to accreditation, Ecuadorian libraries have carried only physical evidence, with slow and incomplete manual processes. From the digitization of data and processes, it has been possible to have agility in obtaining information.

The following methodologies were applied based on Data Envelopment Analysis (DEA): single-stage DEA, two-stage DEA, three-stage DEA, scenarios approach and DEA with inaccurate data (IDEA). Additionally, the Malmquist Index was calculated for the periods 2013-2014 and 2014-2015. A comprehensive analysis of twenty-one libraries of the thirty-three public university libraries in Ecuador has been carried out without being able to analyze the remaining twelve for lack of data.

The following results were obtained: one, two and three-stage DEA models between eleven and fourteen libraries are efficient, while applying the scenarios between seven and nine libraries are efficient considering pessimistic, optimistic and average

scenarios.

It is concluded that four libraries have marked differences (between 20 % and 70 %) when comparing the IDEA, DEA three-stage and one-step method. The DEA of one-step is the one with the most variation. The library that achieved the best efficiency changes in the two periods analyzed is the University of Guayaquil, while the Universidad Católica Santiago de Guayaquil is the one with the lowest efficiency change in the period 2014-2015.

Keywords: Data Envelopment Analysis, DEA, scenarios, Malmquist index, libraries, efficiency, management, inaccurate data, stages, inputs, outputs.

Resumen

La presente tesis estudia la eficiencia de las bibliotecas universitarias ecuatoriana y se propone una nueva metodología de evaluación en la gestión de las mismas bajo el análisis de escenarios.

Actualmente, las bibliotecas de universidades públicas en Ecuador tienen que justificar mediante evidencias e indicadores la inversión que el estado realiza mediante un proceso llamado acreditación.

Anterior a la acreditación, las bibliotecas ecuatorianas han llevado solamente evidencias físicas, con procesos manuales lentos e incompletos. A partir de la digitalización de datos y procesos, se ha logrado tener agilidad en la obtención de información.

Se aplicaron las siguientes metodologías basadas en el Análisis Envolvente de Datos (DEA): DEA de una etapa, DEA de dos etapas, DEA de tres etapas, planteamiento de escenarios y DEA con datos inexactos (IDEA). Adicionalmente se calculó el Índice de Malmquist en los periodos 2013-2014 y 2014-2015. Se ha realizado un análisis exhaustivo de veinte y un bibliotecas de las treinta y tres bibliotecas de universidades públicas en Ecuador sin poder analizar las doce restantes por falta de datos.

Se obtuvieron los siguientes resultados: con los modelos DEA de una, dos y tres

etapas entre once y catorce bibliotecas son eficientes, mientras que aplicando los escenarios entre siete y nueve bibliotecas son eficientes considerando escenarios pesimista, optimista y promedio.

Se concluye que cuatro bibliotecas tienen diferencias marcadas (entre el 20 % y el 70 %) cuando se compara el método IDEA, DEA de tres etapas y de una etapa. Siendo el DEA de una etapa el que más variación presenta. La biblioteca que alcanzó las mejores cambios de eficiencia en los dos periodos analizados es la Universidad de Guayaquil, mientras que la Universidad Católica Santiago de Guayaquil es la de menor cambio de eficiencia en el periodo 2014 -2015.

Palabras clave: Análisis Envolvente de Datos, DEA, escenarios, índice de Malmquist, bibliotecas, eficiencia, gestión, datos inexactos, etapas, entradas, salidas.

Índice general

Dedicatoria	IX
Agradecimientos	XI
Abstract	XIII
Resumen	XV
INDICE GENERAL	XVII
Índice de figuras	XIX
Índice de tablas	XXIII
1. Introducción	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	7
2. Marco Teórico	9
2.1. Introducción	9
2.1.1. Eficiencia	11
2.1.2. Productividad	11
2.2. Cuantificación de la eficiencia y la productividad	12
2.2.1. Métodos de estimación de la eficiencia	15
2.3. DEA	17
2.3.1. Histórico DEA	17
2.3.2. DEA General	17
2.3.3. DEA en bibliotecas	18
2.4. Índice De Malmquist	20

2.5.	Modelos de una y varias etapas	22
2.5.1.	Modelos de una etapa	22
2.5.2.	Modelos de varias etapas	25
2.5.3.	Modelo de dos etapas	26
2.5.4.	Modelo de tres etapas	28
2.6.	Conclusiones	31
3.	Bibliotecas universitarias de Ecuador	33
3.1.	Introducción	33
3.2.	Las bibliotecas en el Ecuador	33
3.2.1.	Fundamentación Legal	34
3.3.	Las Bibliotecas Universitarias Ecuatorianas	35
3.4.	Selección de universidades	37
3.5.	Selección de los datos de estudio	37
3.6.	Instrumentos para la obtención de la información	41
3.7.	Análisis descriptivo de las bibliotecas	42
3.7.1.	Datos de entrada:	42
3.7.2.	Datos de salida:	45
3.8.	Conclusiones	47
4.	Aplicación del modelo DEA al caso de las bibliotecas de las universidades de Ecuador	49
4.1.	Modelo DEA de una etapa	49
4.2.	Modelo DEA de dos etapas	53
4.3.	Modelo DEA de tres etapas	61
4.4.	Cálculo del Índice de Malmquist	67
4.5.	Análisis por escenarios	75
4.5.1.	Propósito del estudio	75
4.5.2.	CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS	77
4.5.3.	Análisis con datos inexactos	82
4.6.	Políticas para mejorar la eficiencia de las bibliotecas	86
4.7.	Conclusiones	86

5. Conclusiones y líneas futuras de investigación	89
5.1. Conclusiones	89
5.2. Líneas Futuras de Investigación	90
5.3. Recomendaciones	91
BIBLIOGRAFÍA	93
A. Modelos DEA	103
A.1. Modelo CRS(Constant Returns to Scale)	103
A.2. Modelo Multiplicativo	104
A.3. Modelo CRS dual multiplicativo	104
A.4. Modelo VRS	105
A.5. Modelo NIRS(Non-Increasing Returns to Scale)	106
A.6. Modelo VRS orientado la salida	107
A.7. Modelo VRS con minimización del coste orientado a la salida . . .	107
A.8. Modelo VRS con maximización de ingresos orientado a la salida . .	108
A.9. Modelo de maximización de utilidad	109
B. Modelos Multi-Etapas	110
C. Softwares desarrollados para el DEA	112
C.1. FEAR (Frontier Efficiency Analysis with R)	112
C.2. IDEAS (Internet Based Data Envelopment Analysis System)	112
C.3. DEAFRONTIER	113
C.4. EMS (Efficiency Measure System)	113
C.5. DEAP (Data Envelopment Analysis Program)	113

Índice de figuras

1.1. Casa de la Cultura Ecuatoriana	2
1.2. Gasto en educación sobre el Producto Nacional Bruto PIB	3
1.3. Presupuesto de las universidades ecuatorianas periodo 2009 - 2016	4
2.1. Primeros documentos de archivo. Fuente: Wikipedia (2016)	10
2.2. Principales bibliotecas a nivel mundial. Fuente: Wikipedia (2016)	10
2.3. Principales bibliotecas en Ecuador. Fuente: Propia	10
2.4. Esquema de una entrada y una salida para el modelo DEA de una etapa.	13
2.5. Esquema de una entrada y dos salidas.	13
2.6. Esquema de dos entradas y una salida.	14
2.7. Esquema de enfoque de DEA.	14
2.8. Índice de Productividad de Malmquist	21
3.1. Personal a tiempo completo de las bibliotecas en los tres últimos años.	42
3.2. Personal a tiempo parcial de las bibliotecas en los tres últimos años.	43
3.3. Área de las bibliotecas, en m^2 , en los últimos tres años.	43
3.4. Volúmenes de las bibliotecas en los últimos tres años.	44
3.5. Recursos electrónicos de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.	44
3.6. Días de apertura de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.	45
3.7. Horas semanales de apertura de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.	46

3.8. Préstamos a domicilio de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.	46
3.9. Cursos dictados por las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.	47
3.10. Descargas online de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.	47
4.1. Diagrama de bloques del modelo DEA de una etapa.	49
4.2. Valores de eficiencia de un modelo CRS DEA orientado al input aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2013.	52
4.3. Valores de eficiencia de un modelo CRS DEA orientado al input aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2014.	53
4.4. Valores de eficiencia de un modelo CRS DEA orientado al input aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2015.	53
4.5. Diagrama de bloques del modelo DEA de dos etapas.	54
4.6. Holgura final de cada unidad de decisión obtenidas al aplicar DEA de dos etapas aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia	56
4.7. Holgura final de cada unidad de decisión obtenidas al aplicar DEA de dos etapas aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia	58
4.8. Holgura final de cada unidad de decisión obtenidas al aplicar DEA de dos etapas aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia	60
4.9. Diagrama de bloques del modelo DEA de tres etapas.	61
4.10. Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres eta- pas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia	61
4.11. Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres eta- pas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia	61

4.12. Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia	62
4.13. Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia	62
4.14. Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia	63
4.15. Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia	63
4.16. Cambio en la eficiencia técnica pura en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.	68
4.17. Cambio en la eficiencia de escala en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.	69
4.18. Cambio en la eficiencia técnica en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.	69
4.19. Cambio en la eficiencia tecnológica en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.	69
4.20. Índice de Malmquist en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.	70
4.21. Cambio en la eficiencia técnica pura en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.	71
4.22. Cambio en la eficiencia de escala en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.	72
4.23. Cambio en la eficiencia técnica en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.	73
4.24. Cambio en la eficiencia tecnológica en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.	73

4.25. Índice de Malmquist en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.	74
4.26. Eficiencia ponderada de un modelo DEA de una etapa con escenarios	79
4.27. Eficiencia ponderada de un modelo DEA de tres etapas con escenarios	82
4.28. Eficiencias ponderadas de los modelos IDEA, DEA en tres etapas y DEA simple	83
A.1. Medida de escala de eficiencia del DEA.	107

Índice de tablas

2.1. Entradas, salidas y productividad del ejemplo 1	12
3.1. Universidades parte del estudio DEA.	37
3.2. Tabla de dimensiones que debe tener una salida.	39
3.3. Tabla general de las entradas	39
3.4. Variables de salida de varios estudios DEA aplicados a bibliotecas. Fuente: Cantus Pator et al. (2013)	40
3.5. Datos de entrada.	41
3.6. Datos de salida.	41
4.1. Ponderación de las unidades de decisión del modelo CRS DEA orientado al input de una etapa aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia	51
4.2. Ponderación de las unidades de decisión del modelo CRS DEA orientado al input de una etapa aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia	51
4.3. Ponderación de las unidades de decisión del modelo CRS DEA orientado al input de una etapa aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia	52
4.4. Holguras de cada unidad de decisión aplicando el modelo DEA de dos etapas a las universidades del Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia	55

4.5. Holguras de cada unidad de decisión aplicando el modelo DEA de dos etapas a las universidades del Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia	57
4.6. Holguras de cada unidad de decisión aplicando el modelo DEA de dos etapas a las universidades del Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia	59
4.7. Holguras de cada unidad de decisión en el modelo DEA de tres etapas a las universidades de Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia	64
4.8. Holguras de cada unidad de decisión en el modelo DEA de tres etapas a las universidades de Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia	65
4.9. Holguras de cada unidad de decisión en el modelo DEA de tres etapas a las universidades de Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia	66
4.10. Rango de valores del Índice de Malmquist. Fuente: Propia	67
4.11. Cambios en las eficiencias presentes en las universidades del Ecuador para el período 2013-2014. Fuente: Propia.	68
4.12. Cambios en las eficiencias presentes en las universidades del Ecuador para el periodo 2014-2015. Fuente: Propia.	72
4.13. Eficiencia de un modelo DEA de una etapa aplicada a los escenarios.	79
4.14. Eficiencia DEA de dos etapas aplicada a los escenarios DMU1-DMU11.	80
4.15. Eficiencia DEA de dos etapas aplicada a los escenarios DMU12-DMU21.	80
4.16. Eficiencia DEA de tres etapas aplicada a los escenarios DMU1-DMU11.	81
4.17. Eficiencia DEA de tres etapas aplicada a los escenarios DMU11-DMU21.	81
4.18. IDEA aplicado a escenario optimista $\pm 30\%$	84
4.19. IDEA aplicado a escenario optimista $\pm 10\%$	84
4.20. IDEA aplicado a escenario pesimista $\pm 30\%$	84
4.21. IDEA aplicado a escenario pesimista $\pm 10\%$	85
4.22. IDEA aplicado a escenario promedio $\pm 30\%$	85

4.23. IDEA aplicado a escenario promedio $\pm 10\%$ 85

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción

La eficiencia es uno de los objetivos de las empresas públicas y privadas, se trata de un índice de calidad que refleja la buena gestión en una institución. Anualmente estas entidades presentan auditorías internas y externas, donde deben justificar trabajo e inversiones realizadas. Además el índice de eficiencia es un elemento de autoevaluación, que permite detectar posibles falencias dentro de la entidad.

El proceso de estimar la eficiencia ha sido motivo de preocupación desde algunas décadas atrás. En principio, se utilizaron ratios simples para determinar la eficiencia, en el caso de las bibliotecas la relación entre número de lectores y horas de servicio; o consultas realizadas y número de libros en existencia. El problema con estos métodos es, que se aplican por separado y no integrados en un solo proceso. Esto origina información incompleta para la toma de decisiones.

Al carecer de indicadores directos que permitan validar la eficiencia de las bibliotecas, se deben tomar en cuenta las entradas y salidas presentes en el entorno bibliotecario. Entradas como personal administrativo, de servicio, presupuestos, volúmenes de libros, etc. Salidas como número de préstamos de libros, cursos de formación,



Figura 1.1: Casa de la Cultura Ecuatoriana

horas de apertura, entre otros. Estos son los insumos para construir índices de eficiencia de mayor fiabilidad.

En Ecuador la biblioteca representativa pertenece a la Casa de la Cultura Ecuatoriana (Figura 1.1), fundada en 1944 tras la guerra de 1941 con Perú, y cuyo objetivo era levantar el ánimo del pueblo ecuatoriano, en palabras del historiador y analista Benjamin Carrión. Esta biblioteca ha experimentado mejoras visibles, relacionadas con mayores volúmenes de libros, tecnologías de punta, comodidad, organización de los libros e infraestructura. Los adelantos son una parte tangible de la calidad de las bibliotecas, pero vista desde una perspectiva más técnica, la calidad de una biblioteca debe estar determinada por su eficiencia.

El gasto en el sector educativo en el Ecuador respecto del PIB (Producto Interno Bruto) porcentualmente desde el año 2000 al año 2015 ha tenido tendencia al crecimiento, pasando del 1.15 % al 4.7 % (figura 1.2).

En el año 2015 el gobierno ecuatoriano incrementó las asignaciones a 30 universidades públicas, incorporando en los dos últimos años cuatro nuevas universidades (Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay , donde, el plan de estudios se centra en el área científico - tecnológico, Universidad de las Artes,

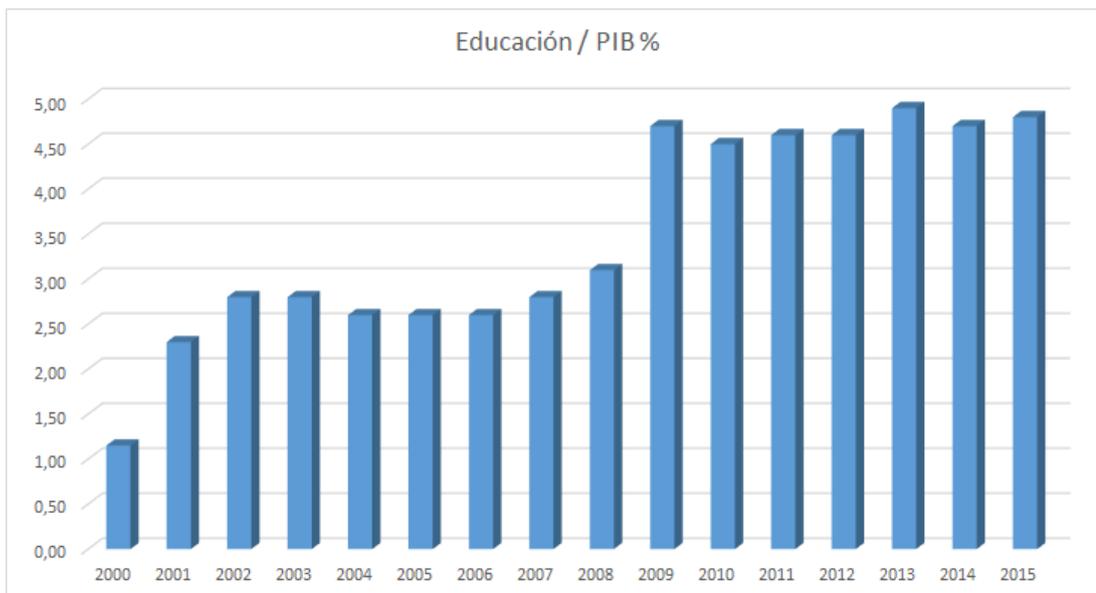


Figura 1.2: Gasto en educación sobre el Producto Nacional Bruto PIB

Universidad Nacional de Educación, Universidad Regional Amazónica). El incremento de recursos ha sido constante hasta el 2014, manteniéndose constante a partir de entonces. (Fuente Ministerio de Finanzas). La variación presupuestaria de cada universidad se observa en la figura 1.3.

En la figura 1.3, se observan diferencias marcadas entre las dos universidades más grandes del país (Universidad Central del Ecuador ubicada en Quito, y la Universidad de Guayaquil) con el resto, debido al elevado número de alumnos y empleados que éstas tienen en relación con las demás. El presupuesto para estas instituciones es superior a los 150 millones de dólares anuales. En un segundo grupo se ubican la Escuela Politécnica del Chimborazo, la Escuela Politécnica Nacional, la Escuela de las Fuerzas Armadas y la Universidad de Cuenca, con presupuestos de alrededor de los 60 millones de dólares, su crecimiento se debe al mayor volumen en producción científica e investigadora con respecto de las demás. Y en un tercer grupo están universidades pequeñas como la de Universidad Estatal de Quevedo, Pontificia Universidad Católica de Ambato, Universidad Estatal de Loja, entre otras, que intentan crecer bajo los parámetros establecidos por la Secretaría de Ciencia y Cultura (Senescyt).

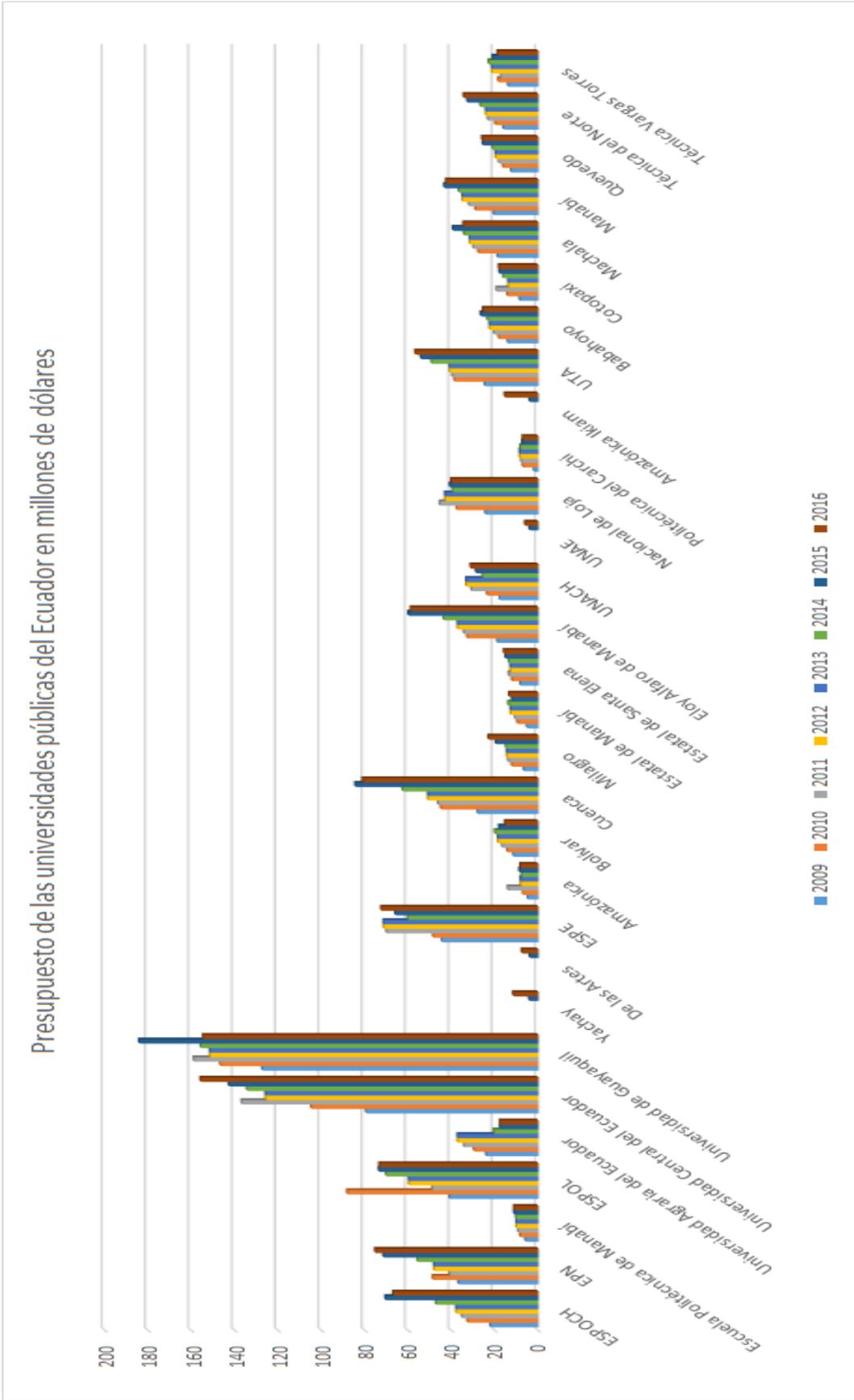


Figura 1.3: Presupuesto de las universidades ecuatorianas periodo 2009 - 2016

El desconocimiento acerca de la eficiencia por parte del personal que trabaja en las bibliotecas, es una de las razones por las cuales no se han hecho los cambios para llegar a un nivel de excelencia con parámetros internacionales. Esto no solo depende de su personal, sino también de los organismos y autoridades encargadas de buscar mejoras en las bibliotecas.

Por lo tanto, en objetivo en esta tesis doctoral, es construir un índice de eficiencia para analizar el desempeño de las bibliotecas universitarias en el Ecuador. Para conseguir la información, se realizaron entrevistas con los directores de las bibliotecas, donde se ha llegado a constatar la falta de información fidedigna y oportuna, la que demuestra poca cultura de trabajo planificado, ya que es a comienzos del año 2014 cuando se empieza a recopilar información para evaluar la eficiencia técnica de las bibliotecas.

Con el trabajo de Farrell (1957) sobre eficiencia y evaluación, y luego el trabajo de Charnes et al. (1978), con su teoría acerca de la cuantificación de la eficiencia utilizando el Análisis Envolvente de Datos (DEA , Data Envelopment Analysis), se han desarrollado trabajos relacionados con la evaluación de la gestión en distintos sectores como el cafetero Becerril-Torres et al. (2011), educativo Quesada et al. (2010), aéreo Quintanilha da Silveira et al. (2012), entre otras.

Farrell (1957) contribuye notablemente a englobar todos los aspectos relativos a determinar la eficiencia de una unidad con su tratado acerca del DEA. En esta metodología, se puede aplicar directamente los datos en la función objetivo como parte de un problema de optimización, que permite determinar si la unidad es eficiente, sin necesidad de establecer una función directa entre salidas y entradas. Un inconveniente, es su sensibilidad a la presencia de datos anómalos llamados valores atípicos.

El DEA, permite un estudio enfrentando los datos de adecuación en un entorno más directo, mediante el uso de ratios multidimensionales, Guzmán Raja et al. (2006). La aplicación del DEA en la gestión pública, puede utilizarse para este trabajo de investigación, ya que evalúa las salidas como las entradas, tanto cuantitativa como cualitativamente, Latorre et al. (1996). Esto último, es indispensable para el estudio ya que, al tratarse de salidas intangibles, es necesario evaluar la eficiencia, de tal manera, que a pesar de su naturaleza se pueda valorar tanto la cantidad, como la calidad de las salidas.

El DEA permite conocer lo que sobra o falta para lograr la eficiencia, o que siendo eficiente, cuantifique la cantidad de entradas o salidas que son innecesarias o que hagan falta. El momento en que la biblioteca saca el máximo provecho de sus recursos transformados en servicios, es el instante en que se tiene que desarrollar nuevas ideas para seguir siendo eficiente en el siguiente periodo de tiempo.

Para poder realizar el presente estudio, se deben tener en cuenta muchos aspectos que influyen en el trabajo de las bibliotecas y que anula alguna producción tangible de las salidas, Cordero (2006) menciona que el DEA permite realizar análisis empíricos por la inexistencia de información, por esta flexibilidad se puede realizar un estudio de la eficiencia de las bibliotecas ecuatorianas, teniendo en cuenta los recursos disponibles y los servicios que ofrecen las mismas.

Otra manera de evaluar la eficiencia de una unidad, es a través del Índice de Malmquist, que compara el desempeño de una unidad en dos periodos distintos de tiempo, y determina si ha habido progreso en la unidad. Siempre en el DEA están involucrados los datos de todas las unidades evaluadas, por tanto, cada unidad analizada es comparada con las otras, esto asegura que siempre tienen relación y no están aisladas unas de otras.

1.2. Objetivos

Objetivo General

- Estimar la eficiencia de las bibliotecas universitarias de Ecuador mediante el análisis DEA en varios periodos.

Objetivos Específicos

- Analizar la problemática de la gestión dentro de las bibliotecas universitarias de Ecuador en sus diferentes ámbitos: financiero, operativo y de servicio al público.
- Recopilar la información de las principales bibliotecas universitarias de Ecuador en el periodo 2013 - 2015.
- Aplicar el modelo DEA de una, dos y tres etapas, para la medición de la eficiencia de un grupo de bibliotecas universitarias de Ecuador.
- Aplicar el método DEA con escenarios optimista, pesimista y promedio, para medir la eficiencia de las bibliotecas universitarias de Ecuador.

El trabajo está dividido en cinco partes, en la primera parte se hace un análisis e introducción al concepto de eficiencia, una descripción del problema en la gestión de las bibliotecas de Ecuador, y se plantean los objetivos de esta investigación.

En la segunda parte se revisan las técnicas DEA, aplicadas al caso de bibliotecas universitarias, en una, dos y tres etapas, además de revisar el cambio en las eficiencias con el Índice de Malmquist.

En la tercera parte se describen las bases de datos y las estadísticas básicas de las bibliotecas universitarias de Ecuador. Luego se presentan las variables de entrada y salida que serán usadas en los modelos DEA.

En la cuarta parte se ajustan los modelos DEA en una, dos y tres etapas y se analizan los resultados. En la quinta parte, se propone un modelo de escenarios para evaluar el impacto de los presupuestos económicos asignados a las bibliotecas en la eficiencia de las mismas. Finalmente las conclusiones y trabajos futuros.

Capítulo 2

Marco Teórico

En este apartado se revisará la historia de la biblioteca, y su aporte para la sociedad y el desarrollo del conocimiento. A continuación, se presenta la técnica DEA, y se establece la relación que existe entre eficiencia y productividad hasta llegar a los trabajos realizados sobre la eficiencia en las bibliotecas universitarias.

2.1. Introducción

Las primeras bibliotecas eran archivos donde se guardaba la información en tablillas de barro (ver figura 2.1), y datan del siglo III A.C. en la época de los templos de las ciudades mesopotámicas. Las principales bibliotecas de la época fueron: Mari, Lagash, Elba y las del Rey Assurbanipal. Con el paso del tiempo las bibliotecas han sufrido cambios donde el objetivo es mantener a salvo la información para los usuarios presentes y futuros.

Algunas bibliotecas renombradas a nivel mundial son la biblioteca de Alejandría en Oriente Medio (figura 2.2(a)), <http://www.bibalex.org/>, Alencon en Francia (figura 2.2(b)), y Nacional de España (figura 2.2(c)) <http://www.bne.es/>, porque han contribuido al desarrollo y expansión de la cultura.



Figura 2.1: Primeros documentos de archivo. Fuente: Wikipedia (2016)



(a) Biblioteca antigua de Alejandría



(b) Biblioteca de Alençon en Francia



(c) Biblioteca Nacional de España

Figura 2.2: Principales bibliotecas a nivel mundial. Fuente: Wikipedia (2016)

Actualmente se puede tener acceso a las bibliotecas virtuales desde la comodidad de la casa, facilitando la interacción entre las personas y las bibliotecas.



(a) Biblioteca de la PUCE



(b) Biblioteca de la ESPE



(c) Biblioteca de la UCE

Figura 2.3: Principales bibliotecas en Ecuador. Fuente: Propia

En la figura 2.3 se puede apreciar las principales bibliotecas universitarias de Ecuador, cabe notar que el tamaño físico de las mismas va acorde a las universidades en donde están ubicadas y a la importancia que se les da.

2.1.1. Eficiencia

Gaspar et al. (2007) define a la eficiencia como la obtención del máximo de salidas en base a un buen uso de las entradas, de un proceso por cada unidad de producción. Obtener la más alta calidad posible de un producto creado, a partir de la optimización de las entradas que conforman un determinado ciclo de tiempo una retroalimentación al sistema mostrando las nuevas competencias que pueden tener cada uno.

Coll and Blasco (2006) clasifican la eficiencia como técnica y de escala, que conforman la eficiencia global, donde, la eficiencia técnica es la forma en la cual se obtiene la mayor cantidad de salidas con una cantidad determinada de entradas (recursos de la biblioteca) en cada unidad de decisión (DMU: Decision Marking Unit), y la eficiencia global es el producto entre la eficiencia técnica y de escala.

Boxwell et al. (1995) menciona que estas eficiencias se desarrollan técnicamente con evaluación comparativa con el objetivo de aumentar y mejorar la actividad en una DMU.

2.1.2. Productividad

La productividad consiste en la reorganización de los procesos de factores productivos en bienes o servicios, a estos factores productivos llamados entradas (tierra, trabajo, capital) y a los bienes o servicios resultantes se les llama salidas. Gatto (1989), para producir más salidas a partir de entradas limitadas se busca indicadores de productividad y procesos que aumenten producción en base a los recursos con los que se cuente. Prior Jiménez (1992), Pastor and Pérez (1992), Vincent (1968). Por su parte Franco et al. (1997), difiere respecto a la posible comparación de productividad entre DMU's, no se puede comparar porque cada una tiene entradas y salidas con características propias, por lo que el cálculo de la productividad de una DMU sólo le sirve a sí misma.

Para Wolff and Ellion (1984), el concepto de productividad es una herramienta para determinar si una empresa puede o no ser competitiva dentro del mercado, interpretado en la práctica como la “producción hora-hombre”.

2.2. Cuantificación de la eficiencia y la productividad

Con el objetivo de cuantificar la eficiencia y la productividad se han desarrollado algunos modelos de los cuales se puede obtener la distancia entre los valores actuales de entradas y salidas, definiendo así lo que se conoce como frontera discontinua. Mientras exista mayor distancia de separación, mayor ineficiencia se llegará a provocar.

Para ilustrar el método de medición de eficiencia propuesto por Cooper et al. (2002), se considera el siguiente ejemplo. Se tienen cuatro organizaciones en estudio en las cuales se ha medido como variable de entrada el número de empleados y como variable de salida el número de clientes atendidos. La tabla 2.1 presenta los datos.

DMU	Empleados(ingreso)	Cientes atendidos(salida)	Productividad
A	12	300	25
B	11	320	29
C	6	100	17
D	20	100	23

Tabla 2.1: Entradas, salidas y productividad del ejemplo 1

En este caso B es más productivo respecto del resto de DMU's, porque la razón entre empleados y clientes atendidos es el más alto, así también C es el menos productivo porque su razón es la menor de todos.

Para realizar cálculos de eficiencia cuando hay más de una DMU, y cada entrada con su salida respectiva, la figura 2.4 representa las DMU's en estudio teniendo en el eje de ordenadas la variable entrada y en el eje de abscisas la variable salida (Frontera de Pareto) Frutos-Alazard and Tohmé-Hauptmann (2012); las unidades eficientes

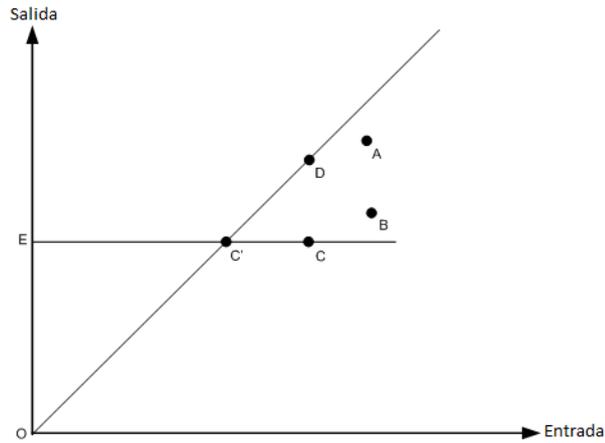


Figura 2.4: Esquema de una entrada y una salida para el modelo DEA de una etapa.

son aquellas que se ubican sobre la frontera de Pareto, y las unidades ineficientes aquellas que están ubicadas debajo de ésta, mientras más alejada esté la DMU, más ineficiente será. Si se cuenta con una entrada y dos salidas (figura 2.5), se puede representar en el plano la posición de las DMU's y la frontera de Pareto, dividiendo simultáneamente cada uno de las salidas para el entrada. De manera similar se aplica el mismo principio para el caso en el cual se tienen dos entradas y una salida, como se hacía en el modelo anterior.

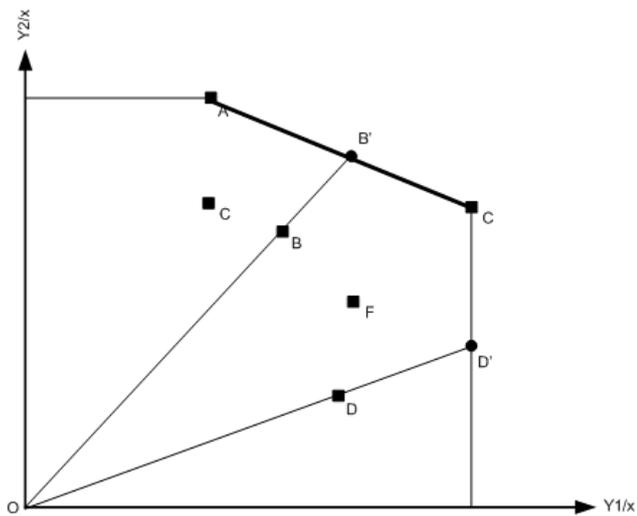


Figura 2.5: Esquema de una entrada y dos salidas.

De acuerdo a la figura 2.7, la frontera de Pareto tiene otra dirección, y las DMU's ineficientes están en el lado contrario.

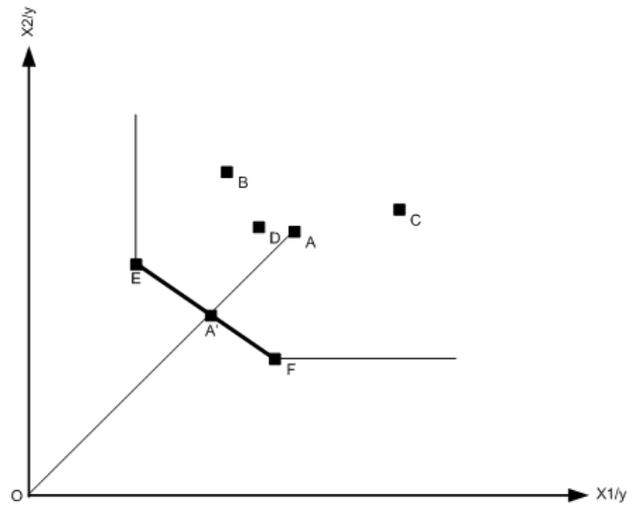


Figura 2.6: Esquema de dos entradas y una salida.

Para el cálculo de eficiencia de un grupo de unidades DMU, existen dos enfoques minimizando las entradas y fijando una cantidad de salida, o maximizar la cantidad de salidas para una cantidad establecida de entradas. A partir de estos enfoques, se han desarrollado metodologías que mejoran en los resultados, incorporando sistemas multi-etapas o híbridos Guijarro and Prieto (1996). Un ejemplo de estas metodologías utilizando una entrada y una salida se visualiza en el gráfico siguiente. (Ver figura 2.4)

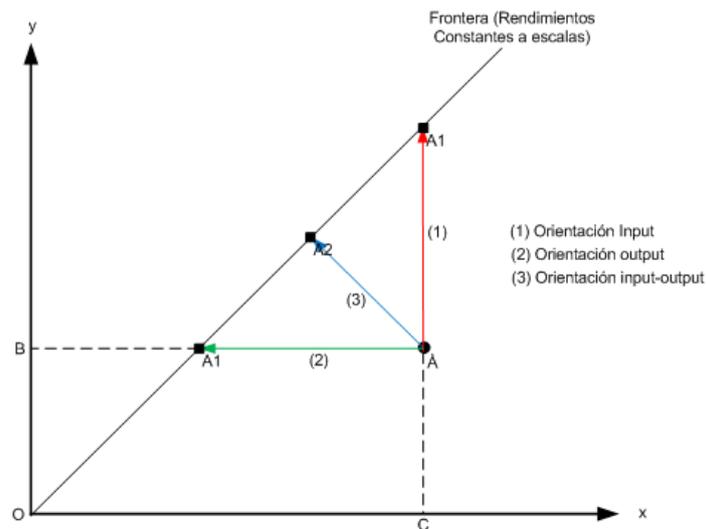


Figura 2.7: Esquema de enfoque de DEA.

De acuerdo a Gaspar et al. (2007), se debe decidir qué factores se van a emplear y en qué niveles, actuando a corto plazo sobre el ciclo productivo o planificando a largo plazo la estrategia de producción.

El término de productividad, manejado también como productividad media de una entrada, según García Galeano et al. (2001) representa al número de unidades de una salida producidas por cada unidad empleada de la entrada.

$$Productividad = \frac{salida}{entrada} \quad (2.1)$$

Esta expresión en modelos de una sola entrada y una sola salida, sirve para la comparación entre unidades productivas. Para Angón Sánchez de Pedro (2013), la productividad es la forma de medida de sus eficiencias relativas o la medida del cambio experimentado en una de ellas entre periodos sucesivos (productividad del trabajo o de la tierra).

Para mayor número de entradas o salidas, se maneja el sumatorio ponderado (a_i) de salidas (y_i) sobre la sumatoria ponderada (b_j) de entradas (x_j), conocido también como la productividad total de los factores, García Galeano et al. (2001).

$$PTF = \frac{\sum a_i \cdot y_i}{\sum b_j \cdot x_j} \quad (2.2)$$

La ecuación 2.2 expresa la relación existente entre todas las posibles salidas de un sistema con respecto a todas las posibles entradas del mismo.

2.2.1. Métodos de estimación de la eficiencia

Para el cálculo de la eficiencia, existen dos métodos que pueden utilizarse; el paramétrico y el no paramétrico. Los modelos paramétricos utilizan parámetros para construir una función que modele la producción, existen dos tipos determinista y estocástico esto se determinará en base a un proceso estadístico o una programa-

ción matemática, Apezteguía and Gárate (1996).

“Al ser determinista, atribuyen toda la desviación de la frontera a la ineficiencia técnica, definiéndose su función como $y = f(x) - u$, siendo u la perturbación aleatoria (distancia por unidad de frontera), y estocásticas a las unidades evaluadas, que pueden afectarse por diversos factores al margen de la propia ineficiencia del productor, pasando a tener $Y = f(x) + \varepsilon$, donde $\varepsilon = v - u$, y u representa una medida de ineficiencia.”

Los aspectos positivos de este tipo de aproximación son incluir el análisis de posibles factores explicativos de las desviaciones respecto a la frontera al margen de la propia ineficiencia de los productores y la posibilidad de utilizar procesos estadísticos de consulta Milanés Guisado et al. (2010).

La aproximación no paramétrica resulta más flexible, ya que no maneja funciones determinadas, sino los parámetros de acuerdo a la necesidad, siendo favorable para modelos complejos, Sancho et al. (1997). Asumiendo que todas las unidades reales pueden formar parte del conjunto a examinar, pero se diferencian en la convexidad que éstos tienen.

Para esto el método a utilizar es la programación matemática, pudiendo elegirse entre estas: el FDH (Free Disposal Hull) y el DEA (Análisis Envoltente de Datos).

El modelo FDH realizado por Deprins and Simar (1984) y desarrollados por Eeckaut et al. (1993), tiene su fundamento en base a lo expresado por Farrell (1957), que para determinar la eficiencia, se debe tener en cuenta únicamente las unidades observadas, y no las ficticias construidas a partir de combinaciones lineales entre unidades que se consideran eficientes. Mientras que el DEA construye la frontera entre unidades eficientes de forma lineal.

2.3. DEA

2.3.1. Histórico DEA

DEA fue desarrollado por Charnes et al. (1978), en una continuación del trabajo realizado por Farrell (1957), y tuvo un reconocimiento inmediato en el ambiente científico, porque a partir de esa fecha se han publicado más de 1500 trabajos entre artículos científicos, manuscritos y textos de enseñanza. Se han realizado estudios con el DEA para la evaluación de DMU's de diferente naturaleza, desde bibliotecas, hospitales, hasta estudios sobre la eficiencia de grandes sistemas como aeropuertos o puertos marítimos. El objetivo de estos estudios es enlistar los DMU's eficientes e ineficientes, y a partir de estos resultados definir cuáles son los referentes de las unidades ineficientes.

2.3.2. DEA General

Los modelos iniciales del DEA son el CRS y VRS desarrollados por Coelli (1998) y Afriat (1973), Fare et al. (1983) que han hecho del DEA una herramienta útil en varias ramas, en especial para medir la eficiencia en la educación. En este campo uno de los primeros trabajos fue realizado por Rhodes and Southwick (1991) para ver si en universidades de Estados Unidos se utilizaba el DEA como un factor discriminador de eficiencia, también, Gómez-Sancho and Mancebón-Torrubia (2010) realizaron varios estudios sobre la eficiencia de las universidades españolas, y evaluaron las actividades que realizan las instituciones de educación superior en base a una regulación de entradas y salidas.

Se han realizado trabajos que amplían los posibles parámetros a analizar y que no se han utilizado anteriormente, como personal docentes Coelli et al. (2005), Agasisti and Salerno (2007), otros gastos, etc., ya sean de entradas o salidas, que puedan ser combinados Agasisti and Salerno (2007).

2.3.3. DEA en bibliotecas

El primer trabajo que aplicó el DEA en bibliotecas es el desarrollado por Easun (1994), que utilizó este concepto para las bibliotecas escolares en California, Estados Unidos. A partir de esto su aplicación se ha expandido por el mundo como: Chen (1997) en 23 bibliotecas de Taiwán, en Hawái (EEUU) por parte de Sharma et al. (1999), Vitaliano (1998) en Nueva York; Worthington (1999) entre otros.

La comunidad científica ha ido mejorando la aplicación de la técnica DEA combinando la medición de la eficiencia, el rendimiento existente, la gestión bibliotecaria y otros parámetros como la de New South Wales (Australia), Hammond (2002) en Reino Unido con las diferencias estructurales y Shim (2003) para las bibliotecas de la ARL (Association of Research Libraries) en Estados Unidos, proponiendo el redimensionamiento de los datos en dependencia de las variables analizadas como espacio, personal, entre otras.

Ciertos trabajos miden la eficiencia de un grupo de universidades distribuidas en países como: Australia, Austria, Alemania, Canadá, Estados Unidos y Suiza en el trabajo de Reichmann (2004) y Reichmann and Sommersguter-Reichmann (2006). Entre los trabajos más recientes orientados al análisis de la eficiencia en la región de habla castellana, está la aplicada a las bibliotecas asociadas a las Universidades públicas españolas desarrollada por Simón de Blas et al. (2007) perfilando su análisis en la atención al cliente. Otro trabajo es el de la eficiencia técnica y el crecimiento de productividad que se realizó en 14 bibliotecas de la Universidad de Alcalá durante el periodo 2006 - 2010. Cantus Pator et al. (2013).

En la región de Latinoamérica no se han encontrado trabajos para la aplicación del DEA en bibliotecas, sino aplicadas a la eficiencia de cobertura educativa en el departamento de Bolívar-Colombia, Quesada et al. (2010), y alcance de servicios en el sistema educativo superior público en Venezuela por Anzola (2013) y Verdugo

(2009) en las universidades chilenas.

El DEA según Pedraja et al. (1994), utiliza la programación matemática, que se trata de un método no paramétrico y determinista, cuya ventaja respecto a los métodos estadísticos y estocásticos es de no precisar de una función entre las entradas y las salidas. Otra de sus ventajas es que se pueden determinar los porcentajes que se deben mejorar en cada entrada para que pueda llegar a ser una DMU eficiente. Finalmente una tercera ventaja es que el DEA puede manejar múltiples entradas y salidas medidas en distintas unidades, por ejemplo: el trabajo en horas/día; superficie en m^2 , entre otras.

Este método tiene tres aspectos: un modelo básico, la orientación que se debe realizar a DEA y la selección de parámetros del modelo. Para elegir un modelo básico a utilizar para la construcción del DEA puede ser por la asunción de rendimientos de escalas constantes CRS (“Charnes, Cooper and Rhodes”) o de rendimientos de escala variables VRS (“Banker, Charnes and Cooper”).

La orientación para el DEA depende del estudio realizado a las salidas, midiendo el incremento que debe conseguir la empresa para ser eficiente (modelo orientado a las salidas). Caso contrario, analizar la capacidad de la empresa para que disminuya los recursos de la empresa (modelo orientado a las entradas), perfilando las entradas a optimizar el uso de recursos en la empresa Bonifaz and Santin (2014). En casos particulares, cuando los rendimientos mantienen su escala constante solo influirá en presencia de rendimientos de escalas variables.

Para la selección de parámetros del modelo, se consideran las holguras resultantes de aplicar el modelo, para calcular la eficiencia relativa real de cada empresa basándose en empresas competidoras, y calcular las unidades de referencia donde se puede establecer mejoras de emprendimiento, Monge (2012).

2.4. Índice De Malmquist

Una de las tareas del DEA es concluir si una DMU es o no eficiente en relación al modelo que se plantea, sin embargo, en ocasiones es necesario conocer si una DMU ha mejorado respecto a sí misma, en dos o más periodos de tiempo, por ello, necesariamente están involucradas las entradas y salidas de las restantes DMUs, en diferentes periodos de tiempo.

Fare et al. (1994), propusieron una metodología que permite descomponer el crecimiento total de los factores en otros dos componentes: cambios en la eficiencia técnica y cambios en la tecnología. Malmquist (1953), desarrolló una metodología que permite calcular esos crecimientos con la ayuda del DEA, a partir del principio por el cual la función $P(x)$ representa a todos los vectores salida y , que son producidos por una entrada x .

$$P(x) = \{y : x \text{ puede producir } y\} \quad (2.3)$$

La función distancia, según Coelli (1998), está definida por:

$$d_o(x, y) = \min \left\{ \delta : \left(\frac{y}{\delta} \in P(x) \right) \right\} \quad (2.4)$$

El índice de Malmquist orientado a la salida, que relaciona al periodo s con el periodo t , viene dado por:

$$m_o(y_s, x_s, y_t, x_t) = \left[\frac{d_0^s(y_t, x_t)}{d_0^s(y_s, x_s)} \frac{d_0^t(y_t, x_t)}{d_0^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (2.5)$$

Donde la primera fracción apunta al cambio en la eficiencia técnica y el segundo término (con la raíz cuadrada) se refiere al cambio en la eficiencia tecnológica, para hallar las distancias de cada DMU se aplica la resolución de un problema de optimización mediante programación lineal. Si el problema está orientado a la entrada, el problema tiene la siguiente formulación:

$$\begin{aligned}
 D_0(X, Y) &= \text{Min } \theta \\
 & \text{s.a.} \\
 \lambda X &\leq \theta X_k \\
 \lambda Y &\geq Y_k \\
 \sum \lambda &= 1 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

En cada caso se debe colocar los respectivos subíndices para referirse al periodo de tiempo respectivo, en unos casos la matriz de entradas y salidas será en el periodo s , y en otros casos al periodo t , y de igual forma en lo que respecta al vector que representa a las entradas o salidas de la DMU analizada, un caso específico podría ser el que se menciona en la figura 2.8

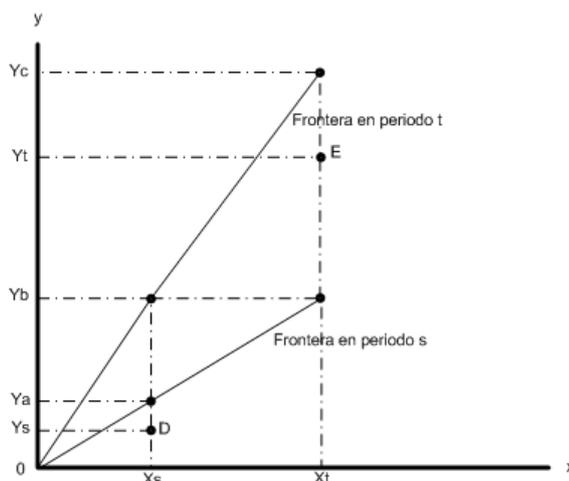


Figura 2.8: Índice de Productividad de Malmquist

En la Figura 2.8 se observan dos rectas con diferentes pendientes, esto indica que la frontera para que una unidad sea eficiente ha cambiado en el periodo de tiempo analizado. Con el nuevo análisis puede resultar que una unidad, a pesar de que haya tenido mejores indicadores, en comparación con el avance que tengan todas las unidades, no sea suficiente para considerarlo como eficiente, porque la unidad virtual ha tenido mejores índices de mejora.

$$\begin{aligned}
& \text{Min } \theta \\
& \text{s.a.} \\
& \lambda X_s \leq \theta X_{kt} \\
& \lambda Y_s \geq Y_{kt} \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned} \tag{2.7}$$

Paradi et al. (2001), realizan una aplicación del índice de Malmquist en un estudio de los bancos en Canadá, al tener este país concentrado el manejo bancario en pocas instituciones, es prioritario conocer si la eficiencia en el tiempo ha progresado adecuadamente o se ha detenido, teniendo en cuenta que los bancos son instituciones que van a la par con el avance de la tecnología.

$$m_o(y_s, x_s, y_t, x_t) = \frac{d_0^t(y_t, x_t)}{d_0^s(y_s, x_s)} \left[\frac{d_0^s(y_t, x_t)}{d_0^s(y_s, x_s)} \frac{d_0^t(y_t, x_t)}{d_0^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \tag{2.8}$$

2.5. Modelos de una y varias etapas

2.5.1. Modelos de una etapa

Son un conjunto de métodos para realizar análisis de eficiencia mediante una fase DEA, lo que significa que se van a agregar todas las variables que influyen en el resultado para su análisis. Estas variables pueden ser tanto discretionales como no discretionales. Estos dos últimos fueron introducidos en el análisis DEA por primera vez en los trabajos de Bessent et al. (1982) y Smith and Mayston (1987).

Tanto los errores discretionales como los no discretionales producen fallos de medida, que en el DEA estándar evitarían el cumplimiento de los objetivos de producción fijados, ya que no se puede modificar las entradas no controlables del proceso productivo. Existen distintos métodos que permiten evitar estas restricciones y reducir los errores de medida, y en esta línea se debe destacar el trabajo realizado por

Banker and Morey (1986) ya que la mayoría de los programas informáticos realizados para utilización DEA contiene entradas no controlables.

La forma del modelo que está orientada a la entrada es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Min } \theta - \varepsilon & \left(\sum_{i=1}^M S_{i0}^+ + \sum_{r=1}^S S_{r0}^- \right) \\
 & \text{s.a.} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S_0^- = Y_0 \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S_0^+ = \theta X_0 \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j Z_j + S_0^f = Z_0 \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n \\
 & S_0^+, S_0^-, S_0^f \geq 0
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

donde S_0^f representa la holgura de la entrada no controlable.

En este programa no se busca la reducción de todas las entradas presentes en el proceso, sino solo del vector compuesto por todas las entradas controlables. Con esto se busca que cuando se compare entre unidades, solo se compare con las que utilicen la misma o menor cantidad de entradas no controlables.

El modelo original de Banker and Morey (1986) fue la base de otras investigaciones que han creado nuevas versiones del mismo, así tenemos las propuestas de Golany and Roll (1993) en la cual exponen un método en el cual se puede analizar el grado de discrecionalidad de una entrada no controlable como un porcentaje, de esta manera permitiendo que ciertas entradas sean analizadas en una forma limitada dependiendo del grado de discrecionalidad. Otra extensión es la propuesta de Lozano-

Vivas et al. (2001) y Lozano-Vivas et al. (2002) donde formulan un modelo en el cual se incorporan las variables externas en el modelo básico DEA, y de esta manera se aseguran que solo los índices de las unidades en malas condiciones cambian.

La ventaja que más resalta el modelo es que todas las variables se incluyen en un solo análisis DEA de esta manera se reducen los cálculos de los índices de eficiencia en una gran cantidad. Pero al mismo tiempo esto conlleva a diferentes inconvenientes metodológicos (Pastor (1995)).

Una limitación de este método es que su utilización se reduce solo a casos en los cuales se esté trabajando con orientación a entrada, esto hablando desde un punto de vista ámbito público ya que a los organismos públicos se les asigna una cantidad de recursos fijos y se le evalúa la capacidad que tienen para obtener mejores resultados (orientación a salida). Otra desventaja es que las unidades que se calificarían como eficientes son las mismas que se obtendría aplicando un DEA estándar (Cordero (2006)), y por último al aumentar el número de variables incluidas aumenta la posibilidad de que una unidad sea calificada como eficiente.

Aún cuando ya se han identificado esos defectos, Ruggiero (1996) da a conocer otro defecto al modelo original de Banker and Morey (1986) y afirma que este modelo sobreestima la ineficiencia de las unidades evaluadas. Esto se da porque la unidad que se está evaluando se compara con un modelo referencial (X_0^*, Y_0^*) y no con una unidad que también forme parte de la muestra. Propone una forma de corregir este inconveniente, planteando un modelo de una etapa en el que el grupo de referencia compuesto únicamente por las unidades con características igual o menos favorables que la unidad evaluada.

El modelo es el siguiente:

$$\begin{aligned}
Min \quad & \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^M S_{i0}^+ + \sum_{r=1}^S S_{r0}^- \right) \\
& \text{s.a.} \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S_0^- = Y_0 \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S_0^+ = \theta X_0 \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j Z_j + S_o^f = Z_0 \\
& \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \\
& \lambda_j \geq 0, \text{ si } Z_j \leq Z_0 \\
& \lambda_j = 0, \text{ si } Z_j > Z_0 \\
& S_0^+, S_0^- \geq 0
\end{aligned} \tag{2.10}$$

Con esto se asegura que la unidad evaluada pueda alcanzar a las unidades de referencia del grupo al que pertenece, y así el índice de eficiencia sea mayor o igual que el que se obtiene en el modelo original de Banker and Morey (1986). Este modelo por su parte también tiene una deficiencia, ya que al reducir la cantidad de muestras con las que se compara a la unidad esta tiene mayor posibilidad de ser eficiente.

2.5.2. Modelos de varias etapas

Estos métodos parten del análisis de un DEA inicial en el que se analiza las variables presentes en el proceso sin tomar muy en cuenta la influencia de las entradas no controlables, a menos que se realice un análisis extra teniendo en cuenta la influencia de las entradas no controlables Cordero et al. (2004).

Cuando se agrega nuevas etapas también se van agregando más variables externas, y esto conlleva a que más unidades analizadas puedan ser eficientes al contrario

del modelo de una etapa el cual era muy discriminatorio y hace que la cantidad de unidades evaluadas sea reducida. Los índices adquiridos en primera instancia a pesar de que no tienen en cuenta los efectos de las variables exógenas sobre este, mediante un análisis posterior se pueden obtener índices que son aceptables para su aplicación. Estos modelos de varias etapas pueden ser de dos, tres, cuatro o más etapas los cuales se describirán a continuación así como sus ventajas, desventajas, limitantes, etc.

2.5.3. Modelo de dos etapas

Este modelo es conocido como análisis de regresión, el cual consta de dos fases. Este modelo se propone para evitar los inconvenientes que se tiene cuando se aplica un DEA de una sola etapa. Estos análisis de una etapa “no siempre identifican todas las holguras” Coelli et al. (1998).

Este método de resolución implica dos etapas, en la primera se busca obtener los índices de eficiencia mediante el desarrollo de un DEA estándar teniendo en cuenta solo las entradas controlables y las salidas correspondientes. En la segunda en cambio se busca la maximización de las holguras, con lo que se busca mover el punto proyectado a un nivel sobre la envolvente eficiente propuesta por la frontera de Pareto (Coll and Blasco (2006)).

Estas dos etapas según Coll and Blasco (2006) se puede expresar de la siguiente manera:

Primera Etapa:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{\theta} \theta \\
 & \text{s.a.} \\
 & Y\lambda \geq Y_0 \\
 & \theta X_0 \geq X\lambda \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Segunda etapa:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{\lambda, S^+, S^-} - (I s^+ + I s^-) \\
 & Y \lambda = Y_0 + S^+ \\
 & X \lambda = \theta^* X_0 - S^- \\
 & \lambda, S^+, S^- \geq 0
 \end{aligned} \tag{2.12}$$

Donde:

$I s^+$ es el vector de holguras salida.

$$I s^+ = \sum_{r=1}^S S_r^+$$

$I s^-$ es el vector de holguras entrada.

$$I s^- = \sum_{i=1}^m S_i^-$$

Dentro de la literatura existen varios tipos de análisis de dos etapas, siendo el más sencillo el basado en la regresión. Este se originó en el trabajo de Timmer (1971), en un estudio del sector agrario, después Ray (1991) en escuelas públicas, y Bhattacharyya et al. (1997), lo extendió al sector bancario.

En este modelo se aplica una regresión, donde los índices de eficiencia iniciales θ_i actúan como variables dependientes, y las entradas controlables Z_i como regresores, Cordero (2006).

$$\theta_i = f(Z_i, \beta_i) + u_j \tag{2.13}$$

En base a la regresión se estima un modelo con los índices de eficiencia que son influidas por las variables de entorno.

“El valor estimado por la regresión es ajustado añadiendo el máximo residuo, con lo cual se configura una suerte de frontera sobre la regresión y es interpretado como el máximo valor si no hubiese ineficiencia. La ineficiencia de la gestión corresponde a la diferencia entre el valor estimado ajustado a la eficiencia y el valor calculado en la primera etapa”. Thieme (2005).

Dentro de este modelo, McCarty and Yaisawarng (1993), proponen un análisis Tobit, en el que se realiza un análisis de regresión de variables truncadas en la segunda etapa, considerando los residuos como una medida de eficiencia que resulta de la gestión.

Ya que en este método se ajustan los índices generados en la primera etapa, existen métodos para el ajuste de los mismos esto utilizando los parámetros obtenidos en la regresión: $\theta = \hat{\beta}Z_i$.

Lo más relevante que ofrece este método no son los índices estimados, sino que los residuos ($u_i = \theta - \hat{\theta}$), permiten estimar el nivel de eficiencia que cumplen los productores en base a la cantidad de factores exógenos de los que se les dota, si es negativo significa que el residuo está por debajo de lo que se esperaba y si es positivo el residuo está rindiendo mejor de lo que se esperaba. Estos índices estimados ($\hat{\theta}$) representan el índice de eficiencia cuando se asume que a cada unidad se le dota de igual cantidad de entradas no controlables.

Todos los modelos que utilizan el método de regresión presentan ventajas e inconvenientes comunes. La mayor ventaja a este método sobre los demás multi-etápicos es su menor dificultad, ya que al usar sus índices de eficiencia encontrados en una primera etapa emplea un resultado calculado previamente. Ello conlleva a que se desprecien las ineficiencias que producen las holguras ya que solo se tienen en cuenta las componentes radiales de ineficiencia, aunque este método solo se podrá aplicar en situaciones en las cuales la relación entre los índices de eficiencia y las variables exógenas deben ser significativas Cordero (2006).

2.5.4. Modelo de tres etapas

Dentro del análisis DEA existe otra variante en cuanto a la mejora del cálculo de la eficiencia se refiere.

El modelo de tres etapas es una extensión al de dos etapas. Existen varios modelos de aplicación de tres etapas, pero todo comenzó con el estudio propuesto por Fried et al. (1996), que pretenden mejorar el modelo de dos etapas. La primera etapa de este modelo es la aplicación de un DEA utilizando solo las entradas controlables y las salidas para encontrar una estimación de la frontera de eficiencia. En la segunda etapa se aplica DEA a cada uno de las entradas y salidas utilizadas en la primera etapa, la holgura total calculada en la primera etapa se tiene como una entrada y a las variables de entorno como salidas. Fried et al. (1996) en su modelo ajustan los datos obtenidos en la segunda etapa mediante la suma o resta algebraica a cada uno de ellos las holguras obtenidas en la segunda etapa. Y en una última etapa se debe volver a realizar un DEA, pero esta vez teniendo en cuenta los valores ajustados, de este último análisis se obtiene el valor real de eficiencia, ya que los efectos de las variables no controlables han sido eliminadas.

El trabajo de Fried et al. (1996) sirvió como base para futuros estudios y esto llevo a la creación de otros modelos de tres etapas. En su estudio Pleite et al. (2006) manifiesta que los estudios de tres etapas que se han realizado posteriores al estudio de Fried et al. (1996) y en conjunto con este tienen factores en común en cada una de sus etapas:

- En una primera etapa se realiza un DEA en el que solo se toma en cuenta las variables no controlables del proceso productivo y con esto se crea una primera frontera de eficiencia sin la intervención de las variables externas. “La idea base de estos métodos es que las holguras totales (no solo los radiales) que proporcionen la solución de este modelo DEA contiene el efecto tanto de la eficiencia de gestión intra_ entorno, como la del entorno propiamente dicho” Pleite et al. (2006).
- En la segunda etapa se obtienen las holguras en cada variable del proceso (entrada y salida), se eliminan los efectos de las holguras en las entradas y salidas. Finalmente se aplica DEA a cada uno.
- En una tercera etapa se aplica de nuevo un DEA, pero utilizando los valores

corregidos en la segunda etapa.

Entre estos métodos se encuentra el de Muñiz (2000), el cual aporta en la segunda etapa un ajuste diferente, agregando los objetivos (target), que son proyecciones que se producen en la envolvente, ya que estos recogen el efecto del entorno. Otras aportaciones fueron las de Fried et al. (1999) y posteriormente Fried et al. (2002). En el primero se utiliza un modelo econométrico en la segunda etapa para corregir los valores, estos valores eran corregidos sumándoles la diferencia existente entre las holguras esperadas después de la estimación y el mínimo que se predijo durante toda la muestra, y en el segundo mediante una estimación de frontera estocástica.

Pleite et al. (2006) expresa que los modelos de tres etapas también tienen en común que lo que buscan es introducir un “análisis de eficiencia en las variables de entorno”, y en dependencia de las características de las variables de entorno se seleccionara el método adecuado a utilizar, esto con dependencia de la cantidad de submuestras utilizadas o también de la cantidad de variables: entradas, salidas y variables de entorno.

Para un mejor análisis se debe revisar Coll and Blasco (2006), quienes consideran como método de análisis de tres etapas la extensión propuesta por Cook et al. (2001) que proyectan un método que busca el punto más cercano a las unidades ineficientes.

Se muestra el modelo de la tercera etapa posterior a haber realizado las dos etapas:

$$\begin{aligned}
& \text{Min } W_0 \\
& \text{s.a.} \\
& \sum_{d \in R} Y_{rj} \lambda_j - d_r^+ Y_{r0} = Y_{r0} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \\
& \theta^* X_{i0} - \sum_{j \in R} X_{ij} \lambda_j - d_i^- X_{i0} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\
& d_i^- \leq p \\
& d_r^+ \leq q \\
& p \leq w, \quad q \leq w \\
& \lambda_j \geq 0, \quad d_i^- \geq 0, \quad d_r^+ \geq 0, \quad (\forall j, i, r)
\end{aligned} \tag{2.14}$$

Donde:

r=empresas eficientes. ($\theta^* = 1, S^{+*} = 0, S^{-*} = 0$), $y\theta^*$

Se obtienen en las dos primeras etapas.

$$d_i^- X_{i0}, d_i^+ Y_{r0}$$

Representan las holguras de entrada y salida respectivamente.

$d_i^- y d_i^+$ Desviación relativa

X_{i0} Entrada y Y_{r0} Salida.

2.6. Conclusiones

- La técnica DEA permite encontrar la eficiencia de una DMU sin importar que las entradas/salidas tengas distintas unidades dimensionales o que sus valores numéricos sean muy diferentes.
- La técnica DEA de dos etapas, por su naturaleza, permite detectar holguras existentes en las DMU, lo que indica al investigador no solo cual no es eficiente sino da una aproximación de los procesos en donde se debe mejorar.
- La técnica DEA de tres etapas es un modelo mejorado de las técnicas de dos y una etapa, porque compara las unidades ineficientes con las que resultaron eficientes en las etapas anteriores.

- El índice de Malmquist ayuda a determinar el progreso temporal de una DMU en dos periodos distintos de funcionamiento en base a los índices de eficiencia obtenidos con la aplicación de la técnica DEA.

Capítulo 3

Bibliotecas universitarias de Ecuador

3.1. Introducción

Para realizar el estudio de eficiencia de las bibliotecas de Ecuador es necesario, en la primera etapa, seleccionar las entradas y las salidas de las bibliotecas involucradas así como la naturaleza de las mismas. El presente capítulo está enfocado en dar a conocer el procedimiento que se llevó a cabo para la obtención de los índices de eficiencia y el índice de Malmquist. Simón de Blas et al. (2007) afirman que “el análisis DEA es una alternativa a los modelos de ratios y de regresión, ya que permite trabajar con múltiples variables de entrada y de salida”. Además Chen (1997) estipula que el DEA se utiliza para aplicación en unidades pertenecientes a instituciones no lucrativas, en este caso, las Bibliotecas de las Universidades Públicas de Ecuador.

3.2. Las bibliotecas en el Ecuador

En Ecuador, las bibliotecas universitarias se encuentran en un estado de renovación, debido a las nuevas políticas enmarcadas en La Ley Orgánica de Educación Superior (LOES 2010), SENPLADES (2011), Reglamento de Carrera y Escalafón del Profesor e Investigador del Consejo de Educación Superior, CES (2012). Esto se de-

be a la intención del gobierno por el cambio de la matriz productiva, al desarrollo de la tecnología, la estructuración de nuevos grupos y organizaciones de trabajo afines a la educación, entre otros; obteniendo nuevas formas de consumir la información entre todas las entidades.

3.2.1. Fundamentación Legal

La Constitución de la República de Ecuador del año 2008, señala que el difundir la información para su aprendizaje, proporcionado por los entes universitarios, y manejando los mejores métodos, está estipulado en varios artículos, los principales son:

Artículo. 26: La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida, y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir. Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo.

También como una definición del accionar que deben de tomar los centros de educación superior:

Artículo 75: Serán funciones principales de las universidades y escuelas politécnicas, la investigación científica, la formación profesional y técnica, la creación y desarrollo de la cultura nacional y su difusión en los sectores populares, así como el estudio y el planteamiento de soluciones para los problemas del país, a fin de contribuir a crear una nueva y más justa sociedad ecuatoriana, con métodos y orientaciones específicos para el cumplimiento de estos fines.

Bajo este marco legal se aprecia la intención del gobierno por lograr una educación de calidad que permita el desarrollo personal, y como sociedad que sea el vehículo para la generación de nuevos conocimientos. Ecuador, tradicionalmente es un país

que produce muy poca ciencia y tecnología, por lo tanto, es necesario dar los primeros pasos para ser un productor de conocimiento y tecnología de importancia mundial. Esta tarea debe ser un objetivo prioritario de las universidades. Empezar a generar conocimiento en las aulas universitarias, tener la capacidad de formar personas con una alta cultura de investigación. El objetivo de los universitarios debe ser a través de los conocimientos e investigación, empezar a dar propuestas de soluciones para los problemas de la sociedad ecuatoriana y mundial.

Justamente la biblioteca debe ser el centro donde las personas inicien un proceso de investigación, de hecho, en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y en la Universidad Central del Ecuador, se ha destinado un edificio completo de tres y cinco plantas, respectivamente, para que estudiantes e investigadores puedan tener todas las facilidades para su trabajo. Por otra parte, se debe articular el equipamiento de las bibliotecas con la formación de las personas que conforman la sociedad, porque una persona que lee es alguien que puede exponer una idea de manera clara y con fundamentos.

3.3. Las Bibliotecas Universitarias Ecuatorianas

Las acreditaciones llevadas a cabo por el Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES) han obligado a replantear la forma de operar y atender al público de las bibliotecas ecuatorianas. Es así que, según el Director de la Biblioteca General de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, la persona que atendía la biblioteca universitaria, solamente se preocupaba de clasificar los libros en los anaqueles según su criterio. Este concepto se ha modificado, y ahora para atender al usuario también se debe tener otras habilidades, entre las que se cuenta la clasificación con un criterio técnico, amplia cultura bibliotecaria en cuanto a conocimientos y principalmente apoyo a estudiantes, profesores investigadores y personal administrativo. Según la directora de la biblioteca de la Escuela Politécnica Nacional, se ha transformado a la biblioteca en

un encuentro cultural entre el usuario y el bibliotecario, por tanto, éste último debe estar capacitado para dar un consejo adecuado respecto a determinada obra.

Estos diálogos deben ser fructíferos y relevantes, dando apoyo al usuario independientemente del tipo de biblioteca: cerrada es decir que el usuario no tiene contacto directo con las estanterías si no que debe solicitar al bibliotecario la obra que necesite, o abierta cuando los usuarios ingresan a la biblioteca y hacen uso de las obras que se adapten a su necesidad sin la intervención del bibliotecario, si el bibliotecario conoce lo que contienen las obras, puede dar una información al usuario, dando noción de la obra que le puede resultar más útil a su consulta. Así el lector se siente satisfecho cuando consigue la información que buscaba, consiguiendo un alto nivel de satisfacción, que es uno de los objetivos a alcanzar.

La relación de utilización de recursos con los servicios que se ofrece es un parámetro de gran importancia, es decir ser eficiente para así evidenciar a las autoridades que el servicio de la biblioteca está siendo bien utilizado. Un método para cuantificar la eficiencia en una entidad es un estudio DEA, como primer paso se ha entrevistado y encuestado a bibliotecarios con experiencia de universidades de Ecuador para así poder identificar carencias de estos centros del saber.

Según Rodrigo Estrella de la PUCE, una biblioteca es la joya de la corona dentro de la universidad; por tanto, esta debe ser administrada con mucho cuidado. Pero no siempre se puede obtener el máximo rendimiento de todos los recursos, después de realizadas las visitas se encuentran como principales carencias la falta de espacio físico, no existe autonomía de gestión lo que hace más lentos los procesos de adquisición de obras, bajo índice de seguridad con cámaras, presupuesto compartido, entre otras.

3.4. Selección de universidades

En Ecuador por la constante evaluación a las universidades por los organismos de control hace que las autoridades busquen mejorar la infraestructura y el personal de las mismas para aprovechar el aporte económico brindado por el estado. Las universidades que han formado parte del estudio son: (ver tabla 3.1)

Nombre	Siglas	Ciudad
Universidad Particular de Loja	UPL	Loja
Universidad Politécnica Estatal de Carchi	UPEC	Tulcán
Universidad de Cuenca	UC	Cuenca
Universidad Nacional de Loja	UNL	Loja
Universidad Técnica del Norte	UTN	Ibarra
Universidad Central del Ecuador	UCE	Quito
Universidad de las Fuerzas Armadas	ESPE	Quito
Universidad Internacional SEK	UISEK	Quito
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	PUCE	Quito
Escuela Superior Politécnica del Litoral	ESPOL	Guayaquil
Universidad Católica Santiago de Guayaquil	UCSG	Guayaquil
Universidad de Guayaquil	UG	Guayaquil
Universidad Estatal de Milagro	UEM	Milagro
Universidad Nacional de Chimborazo	UNACH	Riobamba
Universidad Técnica de Cotopaxi	UTC	Latacunga
Pontificia Universidad Católica - Ambato	PUCESA	Ambato
Universidad Tecnológica Indoamérica	UTI	Ambato
Universidad Estatal de Bolívar	UEB	Guaranda
Universidad Católica de Santo Domingo	UCSD	Santo Domingo
Universidad Estatal Amazónica	UEA	Puyo
Escuela Politécnica Nacional	EPN	Quito

Tabla 3.1: Universidades parte del estudio DEA.

3.5. Selección de los datos de estudio

Los trabajos que han apoyado a la selección de las entradas y salidas son los de Chen (1997), Sharma et al. (1999), Reichmann and Sommersguter-Reichmann (2006), Simón de Blas et al. (2007), Liu and Chuang (2009), y Cantus Pator et al. (2013), que utilizan la metodología DEA.

Para la selección se tomará en cuenta criterios utilizados en trabajos anteriores, como lo sugeridos por Cantus Pator et al. (2013). Por su parte Simón de Blas et al. (2007) realiza su selección en base al concepto de entradas/ salidas, es decir entradas a los recursos consumidos por las bibliotecas para la prestación de servicio y salidas son los servicios de los cuales dan uso las personas, en cambio Chen (1997) selecciona las salidas en base a Measuring Academic Library Performance (MALP) publicado por Van House et al. (1990) y las entradas la selecciona basándose en una lista que se encuentra en Standard of University Libraries publicado por American University Library Association (AULA).

Paralelamente al trabajo de Chen (1997) se utilizará Measuring Service Quality at Yale University's Libraries por Nitecki and Hernon (2000) y el Measuring Quality Performance Measurement in Libraries Poll and Te Boekhorst (2007). En correlación con Standard of University Libraries se utilizará el último estándar aprobado que es Standards for Accreditation of Master's Programs in Library and Information Studies aprobado por on Accreditation and for Accreditation (2015).

La primera parte es la selección de salidas, en base a Nitecki and Hernon (2000), donde, se define que en la evaluación, a la biblioteca se la puede tomar como un conjunto de cinco dimensiones agrupadas de distintas maneras como recursos tangibles, confiabilidad, sensibilidad, garantía y empatía. Poll and Te Boekhorst (2007) en cambio confiere a los lectores una lista de distintos datos que se pueden evaluar en una biblioteca en cuanto a servicios prestados, con esto se puede seleccionar para cada biblioteca las salidas a utilizar, y ubicarlas la dimensión correspondiente.

A continuación, se realiza una selección de servicios brindados por la biblioteca y mencionados en Poll and Te Boekhorst (2007), y las dimensiones en las cuales se las podría ubicar mencionada por Nitecki and Hernon (2000).

DIMENSIONES	SALIDAS
Recursos Físicos	Porcentaje de utilización del área física por día.
Confiabilidad	Horario de atención: confiabilidad de encontrar abierta la biblioteca.
Sensibilidad	Búsqueda de referencias: sensibilidad, prontitud para encontrar un libro.
Garantía	Cantidad de visitas a la biblioteca: aumento de las visitas aumenta la garantía de que voy a encontrar lo que se busca.
Empatía	Préstamo de libros a domicilio: pensar en la necesidad de utilización de los libros por parte del usuario.

Tabla 3.2: Tabla de dimensiones que debe tener una salida.

La segunda parte es la selección de entradas. Se tomará como referencia el documento oficial y aprobado por on Accreditation and for Accreditation (2015), que proporciona un listado de elementos que deben estar presentes en una biblioteca para ser acreditada, y se detallan en la siguiente tabla.

ENTRADA	DEFINICIÓN
Entradas Personales	Personal administrativo y de soporte.
Facilidades	Instalaciones y recursos necesarios para la enseñanza, y la investigación.
Tecnología	La biblioteca tiene acceso a recursos tecnológicos para la investigación y servicio.

Tabla 3.3: Tabla general de las entradas

Finalmente, se tendrán en cuenta los conceptos de entradas/ salidas de Simón de Blas et al. (2007) y los trabajos en bibliotecas de Cantus Pator et al. (2013), esté último facilita al lector una tabla con los datos de entradas y salidas de trabajos hasta el 2013.

	Salidas	Entradas Controlables	Entradas no controlables
Easun(1992)	Salidas finales: Calificaciones medias de los estudiantes (Matemáticas, Literatura y Escritura) Salidas intermedias: Suministro de información(3 variables); Recursos de búsqueda (4); Utilización de la biblioteca (3).	Personal(4); Material (3)	Ninguno
Chen(1997)	Entradas: Préstamos; Información bibliográfica; Búsquedas en línea; Satisfacción usuarios; Horas anuales de servicio; Prestamo interbibliotecario.	Personal; volúmenes; Gastos en adquisición de volúmenes; Superficie; Asientos disponibles.	Ninguno
Vitaliano (1998)	Préstamos; Información bibliográfica.	Volúmenes; Horas de apertura semanal; Nuevos volúmenes adquiridos; Suscripciones de colecciones.	Población; Salarios (2)
Sharma et al.(1999)	Préstamos; Entradas; Información bibliográfica.	Volúmenes; Personal; Días de apertura; Gastos del ejercicio.	Ninguno.
Worthington (1999)	Préstamos.	Gastos del ejercicio.	Población; Área; No angloparlantes; Edad de la población; Población estudianta; Prestatarios no residentes; Índice socioeconómico.
Shim (2000)	Préstamos; Información bibliográfica; Prestamo interbibliotecario(2); Cursos de formación.	Volúmenes; Nuevos volúmenes adquiridos; Nuevas monografías; Colecciones; Personal bibliotecarios; Personal administrativo; Becarios.	Estudiantes(2); Resto de Usuarios.
Hammond (2002)	Préstamos; Información bibliográfica; Reservas.	Horas de apertura; Monografías; Materiales audiovisuales; Colecciones; Nuevas adquisiciones.	Densidad de población; Residentes; Entre otros.
Stancheva & Angelova (2004)	Socios; Entradas; Préstamos.	Personal; Gastos de impresión; Gastos en bases de datos y software; Salarios; Equipamiento; Superficie.	Ninguno.
Reichmann (2004)	Entradas; Horas de apertura semanal; Suscripciones; Material librero añadido.	Personal, Volúmenes.	Ninguno.
Akdede & Kazancoglu (2006)	Usuarios; Préstamos; Población.	Volúmenes; Personal; Índice de desarrollo económico y social; Superficie.	Ninguno
Simón de Blas et al. (2007)	Préstamos a domicilio; Libros y artículos solicitados y suministrados.	Personal; Becarios; Fondos; REvistas vivas; Superficie.	Ninguno.
Simón et al. (2010)	Salidas intermedias: Colecciones; Volúmenes; Mantenimiento; Software. Salidas finales: Entradas; Préstamos; Prestamos interbibliotecarios(2); Cursos de formación; Búsquedas en línea; Descargas.	Personal; Equipamiento; Tecnología; Estudiantes; Personal no bibliotecarios.	

Tabla 3.4: Variables de salida de varios estudios DEA aplicados a bibliotecas. Fuente: Cantus Pator et al. (2013)

Las entradas son la parte de la biblioteca que sirven para prestar servicio; tomando en cuenta los factores influyentes en la biblioteca las variables de entrada para el

estudio seleccionadas son:

DATOS DE ENTRADA
Número de profesionales a tiempo completo
Número de profesionales a tiempo parcial
Área de la Biblioteca
Número de Volúmenes
Recursos Electrónicos

Tabla 3.5: Datos de entrada.

Las salidas son los resultados de la utilización de las entradas es decir los servicios que presta la biblioteca a los usuarios. Las variables de salida que se utilizarán en el estudio son:

Salidas
Días de apertura
Horas semanales de apertura
Préstamos a domicilio
Horas de cursos de formación
Descargas Online

Tabla 3.6: Datos de salida.

3.6. Instrumentos para la obtención de la información

Los datos de las bibliotecas universitarias fueron obtenidos utilizando una entrevista personal a los directores de las bibliotecas.

La encuesta proporciona datos relevantes pero generales relacionados al estado de la biblioteca, sus recursos, servicios, etc. Con esto se puede tener una primera noción del funcionamiento, lo que permitirá generar las estrategias a tomar para mejorar su funcionamiento.

3.7. Análisis descriptivo de las bibliotecas

El presente estudio busca hallar los índices de eficiencia de las bibliotecas universitarias, y la evolución de la misma con respecto a varios períodos de trabajo, cuantificado en el Índice de Malmquist. Se tomaron en cuenta los tres últimos años.

3.7.1. Datos de entrada:

Profesionales a tiempo completo

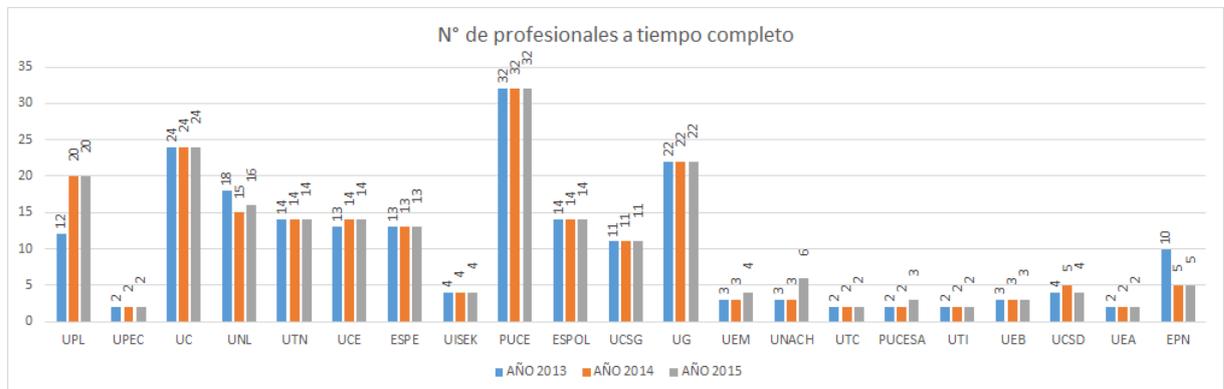


Figura 3.1: Personal a tiempo completo de las bibliotecas en los tres últimos años.
Fuente: Propia.

De la figura 3.1 se concluye que el 62 % de las bibliotecas mantiene el mismo número de profesionales a tiempo completo con los años, 24 % incrementa el personal en varios casos por el incremento del área, y un 14 % reduce el personal porque ciertas tareas fueron tomadas a cargo por la universidad como el mantenimiento de las redes, el mantenimiento de las cámaras de seguridad, el personal de seguridad, etc.

Profesionales a tiempo parcial

De la figura 3.2 se concluye que el 62 % de las bibliotecas mantiene el mismo número de profesionales a tiempo parcial, 5 % incrementa el personal por el incremento del área, un 10 % reduce el personal porque ciertas tareas fueron tomadas a cargo

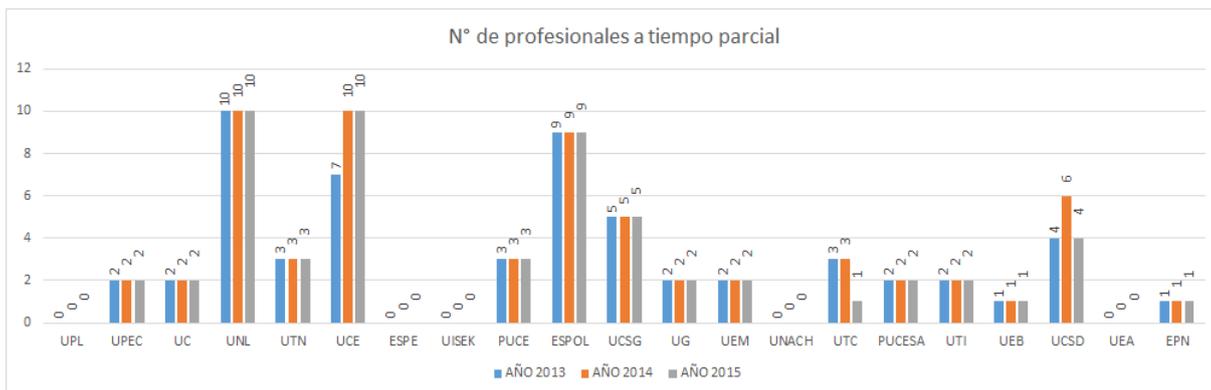


Figura 3.2: Personal a tiempo parcial de las bibliotecas en los tres últimos años.
Fuente: Propia.

por la universidad como el mantenimiento de las redes, el mantenimiento de las cámaras de seguridad, el personal de seguridad, etc. Cabe notar que 24 % de las bibliotecas no cuentan con personal a tiempo parcial en sus instalaciones.

Área de la biblioteca

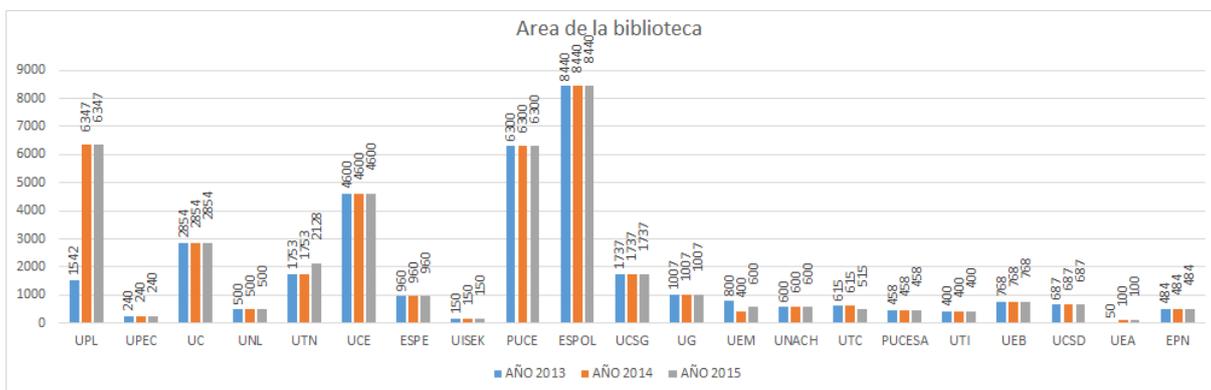


Figura 3.3: Área de las bibliotecas, en m^2 , en los últimos tres años.
Fuente: Propia.

En la figura 3.3 se observa que el 76 % de las universidades mantienen la misma área de la biblioteca en el período de tres años esto en relación al número de usuarios en general. Un 14 % incrementa su área por el aumento de usuarios (UPL), para ordenar de mejor manera los volúmenes (UTN) o por la necesidad de acoger mayor cantidad de estudiantes, y un 10 % reduce el área de la biblioteca, como es el caso de la UNACH, porque se unificó las bibliotecas de cada facultad en una biblioteca

central.

Número de volúmenes

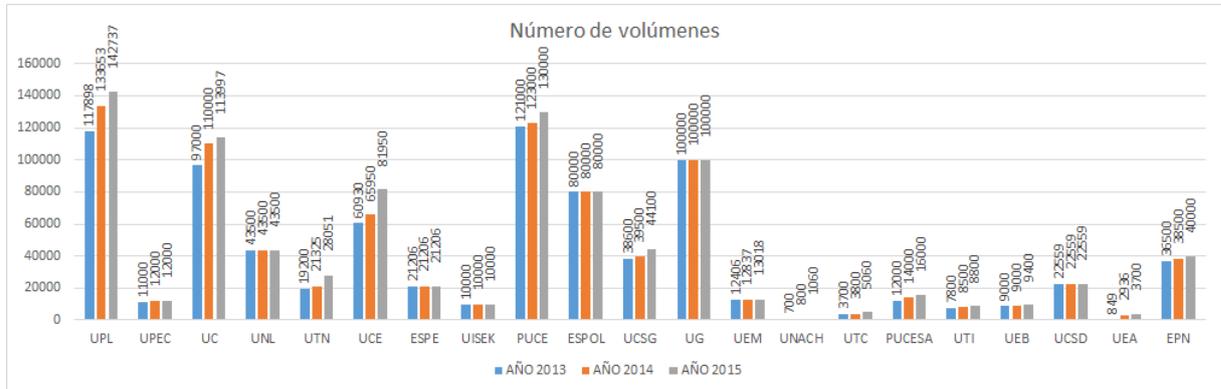


Figura 3.4: Volúmenes de las bibliotecas en los últimos tres años.

Fuente: Propia.

En la figura 3.4 se observa que el 33 % de las universidades mantiene el número de volúmenes debido a falta de apoyo económico por parte de las autoridades, el 67 % aumenta la cantidad de volúmenes cada año, donde se debe resaltar que las bibliotecas que adquieren mayor cantidad de libros tienen autonomía de gestión o están ubicadas en un nivel alto del esquema jerárquico de la universidad.

Recursos Electrónicos

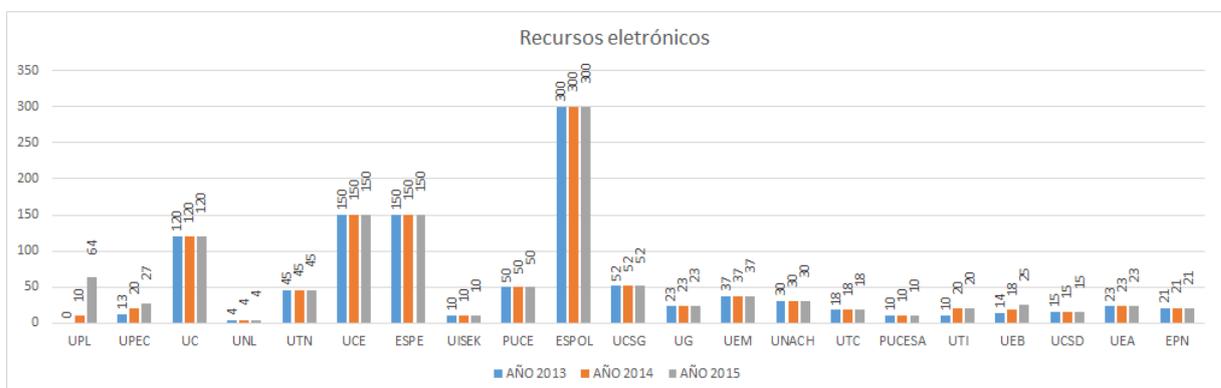


Figura 3.5: Recursos electrónicos de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.

En la figura 3.5 se observa que el 81 % de las bibliotecas mantiene el número de recursos electrónicos, actualizándose la mayor parte de los casos por nuevos recursos pero manteniendo el mismo volumen de revistas suscritas, el 19 % incrementa la cantidad de recursos para poder estar a la par con el avance tecnológico actual, y que no ha habido disminución de recursos físicos en ninguna biblioteca.

3.7.2. Datos de salida:

A continuación se van a describir las variables que servirán como datos de salida del modelo de eficiencia.

Días de apertura

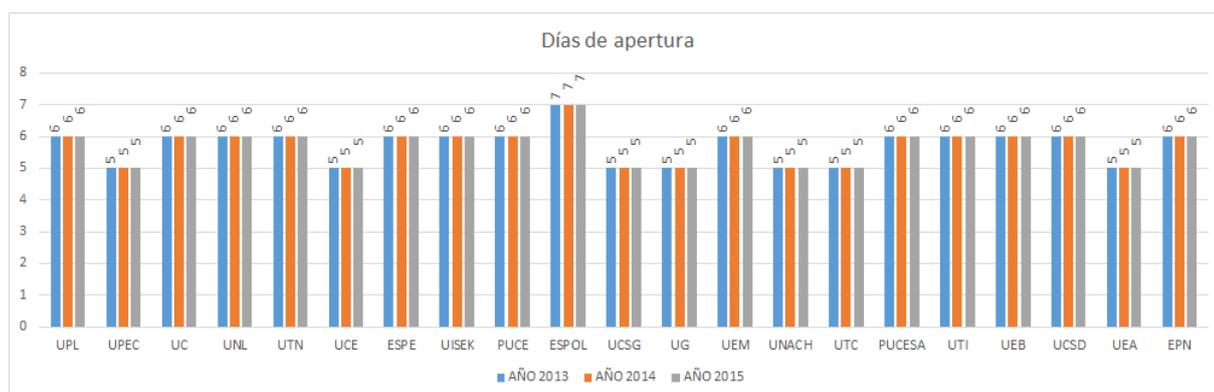


Figura 3.6: Días de apertura de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.

En la figura 3.6 se observa que 100 % de las bibliotecas mantienen la cantidad de días que prestan servicio al público, la cantidad de días es determinado por las políticas de cada universidad y la cantidad de usuarios que tengan los fines de semana.

Horas semanales de apertura

De la figura 3.7 se obtiene que un 86 % de las bibliotecas no ha cambiado sus horarios de atención, el 10 % aumenta las horas para así poder atender un mayor número

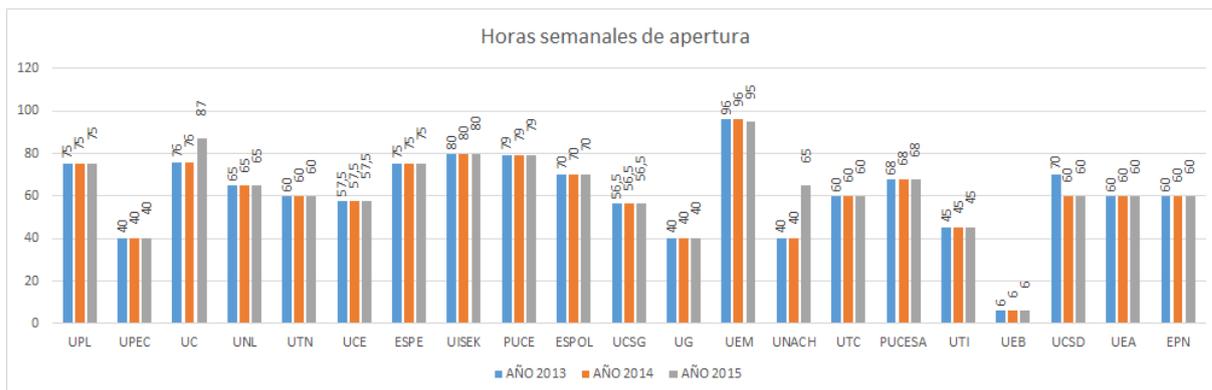


Figura 3.7: Horas semanales de apertura de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.

de consultas, y una sola biblioteca que representa el 5 % disminuye el número de horas porque se dejó de atender los sábados debido a la escasa afluencia de usuarios en la biblioteca.

Préstamos a domicilio

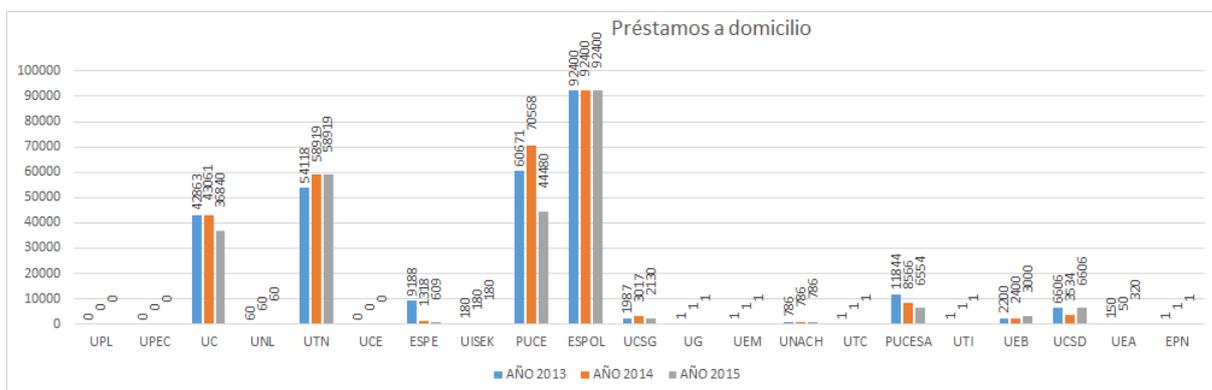


Figura 3.8: Préstamos a domicilio de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.

Horas de cursos de formación

En la figura 3.9 se concluye que el 57 % de las bibliotecas mantiene la cantidad de cursos de formación, con el objetivo que los estudiantes tengan conocimiento sobre la biblioteca y el buen uso de la misma, un 19 % aumenta la cantidad de cursos de formación lo que también aumenta la cantidad de consultas y usuarios por año,

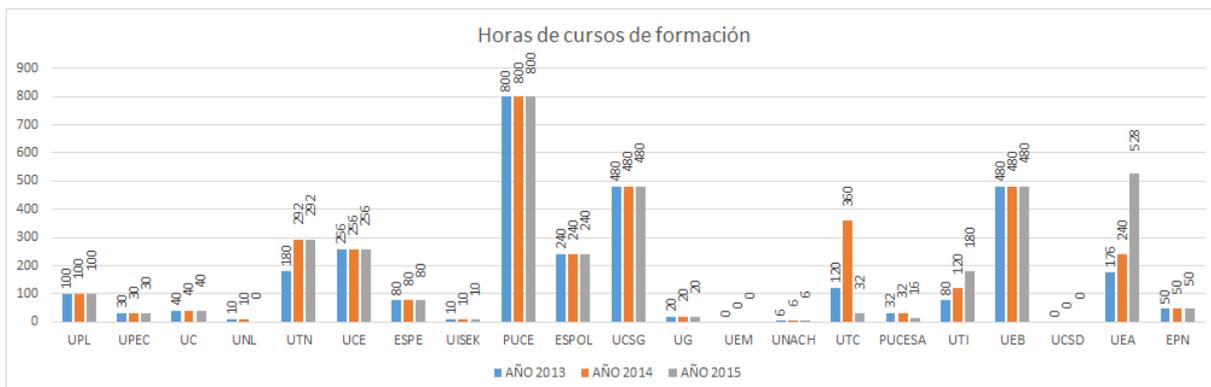


Figura 3.9: Cursos dictados por las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.

un 15 % disminuye la cantidad de cursos de formación y un 9 % no da cursos de formación lo que conlleva a que los estudiantes desconozcan el uso de la biblioteca y su función.

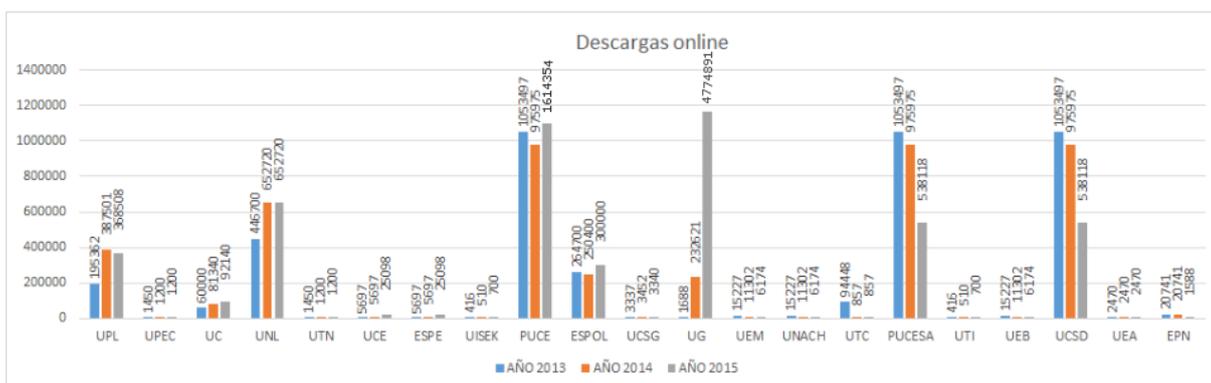


Figura 3.10: Descargas online de las bibliotecas en los tres últimos años. Fuente: Propia.

Esta variable se ha comenzado a medir desde hace poco tiempo, pero en el futuro puede convertirse en un factor significativo en la gestión de las bibliotecas.

3.8. Conclusiones

- El área de las bibliotecas es constante en un 95 % de los casos, pero es un factor a considerar cuando se realiza un cálculo de eficiencia.

- Un 30 % de las bibliotecas tienen un personal superior a 20 integrantes mientras que un 40 % tienen menos de 5 personas a cargo, esto es consecuencia del tamaño físico, sin importar si son instituciones ubicadas en ciudades grandes ó pequeñas.
- Año a año la cantidad de usuarios varía en cada biblioteca en un porcentaje entre el 20 % al 300 %.

Capítulo 4

Aplicación del modelo DEA al caso de las bibliotecas de las universidades de Ecuador

Con las variables de entrada y salida se procederá a ajustar el método DEA para verificar la eficiencia de las bibliotecas. En esta fase el análisis se realizará individualmente para cada año en estudio.

4.1. Modelo DEA de una etapa

Para hallar la eficiencia de las bibliotecas universitarias en los distintos periodos se utilizará en primera instancia un modelo de una etapa descrito en la sección 2.5.1, como se describe en el gráfico siguiente:



Figura 4.1: Diagrama de bloques del modelo DEA de una etapa.

Se utilizó la ecuación del Anexo A.2 para hallar la eficiencia y se obtuvieron los siguientes resultados:

De la tabla 4.1 se obtiene que el 52 % (11 de 21 bibliotecas) son eficientes; el 9.5 % (2 de 21 bibliotecas) tienen una eficiencia mayor a 0.95 muy próximas a la eficiencia, el 19 % (4 de 21 bibliotecas) tienen una eficiencia entre 0.5 y 0.9; y el 19 % restante (4 de 21 bibliotecas) presentan una eficiencia inferior a 0.5. Cabe destacar que la UC y la UTC se encuentran con niveles cercanos a la eficiencia, y en contraposición la UCE y la UG tienen una eficiencia inferior al 20 % y serán susceptibles de tomar acciones para dar mejor uso a los recursos con que cuenta la biblioteca.

De la tabla 4.2 se obtiene el 57 % (12 de 21 bibliotecas) son eficientes, coincidiendo 11 con el año 2013 y notando que la biblioteca UTC es eficiente en este año. El 4.7 % (una biblioteca) tiene una eficiencia mayor a 0.9 muy próximas a la eficiencia, el 23.8 % (5 de 21 bibliotecas) tienen una eficiencia entre 0.5 y 0.6 y tres bibliotecas que representan el 14 % tienen una eficiencia inferior a 0.5. Cabe notar que de las bibliotecas que en el año anterior tenían una eficiencia de menos al 50 % la ESPOL en este año tiene una eficiencia mayor al 50 % mientras que el resto mantiene en el mismo rango que el año anterior y que la biblioteca UCE en este periodo tiene una eficiencia menor a 0.1.

De la tabla 4.3 se obtiene que 11 de 21 bibliotecas que representa un 52 % son eficientes, donde ocho coinciden con el periodo anterior, las bibliotecas ESPE, PUSE, UCSG Y UEB dejan de ser eficientes en este periodo mientras que las bibliotecas ESPOL, UG, Y UTI son eficientes. Siete bibliotecas que representan un 33 % tienen una eficiencia entre el 0.5 y 0.99. Tres bibliotecas que representan un 14 % tienen una eficiencia inferior a 0.5. La biblioteca UCE mantiene una eficiencia inferior al 20 % durante los tres periodos de estudio, ya que, la cantidad de salidas que genera no son un representativo de los recursos con los que cuenta; la biblioteca ESPOL es eficiente en este periodo ya que aumenta en un 20 % el número de descargas online sin aumentar las entradas lo que representa un mejor uso de recursos.

Modelo DEA de una etapa aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2013
AÑO 2013

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
μ_1	0,1765	0,1340	0,0000	0,0952	0,0139	0,0000	0,0296	0,4356	0,0087	0,0000	0,0232	0,0365	0,0000	0,3570	0,0000	0,0494	0,0881	0,0375	0,0000	0,4888	0,0456
μ_2	0,0151	0,0821	0,0000	0,0536	0,0016	0,0018	0,0030	0,0319	0,0010	0,0000	0,0021	0,0201	0,0504	0,0207	0,0977	0,0080	0,0791	0,0088	0,0342	0,0328	0,0279
μ_3	0,0104	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0006	0,0036	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0028	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0036	0,0000
μ_4	0,0162	0,0000	0,0000	0,0028	0,0011	0,0023	0,0012	0,0181	0,0014	0,0000	0,0015	0,0072	0,0000	0,0097	0,0000	0,0062	0,0141	0,0113	0,0000	0,0057	0,0101
μ_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
δ_1	0,3126	1,2351	0,0000	0,0055	0,0138	0,2607	0,2096	0,0837	0,0069	0,0141	0,0106	0,0000	1,4564	0,1481	0,4534	1,0313	0,1273	0,2140	0,0000	0,0925	0,0000
δ_2	188,8987	0,0000	2,0626	0,0093	0,2844	0,3636	255,5467	319,9143	0,8044	0,6349	0,2689	0,2382	0,0000	244,5989	0,0000	0,1951	0,0000	0,8954	0,0000	248,3166	0,0271
δ_3	0,0008	0,0083	0,0004	0,0025	0,0002	0,0000	0,0015	0,0031	0,0001	0,0000	0,0005	0,0016	0,0000	0,0006	0,0000	0,0010	0,0000	0,0005	0,0041	0,0526	0,0029
δ_4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0073	0,0004	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0031	0,0000
δ_5	9,9111	0,1179	0,0055	0,9620	0,0191	0,0000	0,0048	0,4134	0,0478	0,0000	0,0425	0,1643	0,0000	0,0028	0,2008	0,2606	0,3098	0,2682	0,2119	0,0252	0,2157
Eficiencia	1,0000	0,6591	0,9526	1,0000	1,0000	0,1182	1,0000	1,0000	1,0000	0,3781	1,0000	0,1885	0,8083	1,0000	0,9927	1,0000	0,8693	1,0000	0,6767	1,0000	0,4114

Tabla 4.1: Ponderación de las unidades de decisión del modelo CRS DEA orientado al input de una etapa aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia

51

MODELO DEA DE UNA ETAPA APLICADO A LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR
AÑO 2014

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
μ_1	0,0559	0,1392	0,0000	0,0974	0,0145	0,0000	0,0029	0,5662	0,0102	0,0000	0,0257	0,0457	0,0000	0,2271	0,0882	0,0568	0,1246	0,0357	0,0331	0,3403	0,0637
μ_2	0,0122	0,0770	0,0008	0,0123	0,0035	0,0002	0,0008	0,0236	0,0011	0,0000	0,0010	0,0097	0,0555	0,0272	0,0131	0,0197	0,0732	0,0087	0,0000	0,0223	0,0403
μ_3	0,0027	0,0000	0,0001	0,0003	0,0001	0,0000	0,0044	0,0035	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0030	0,0003	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0059	0,0000
μ_4	0,0086	0,0000	0,0000	0,0037	0,0017	0,0021	0,0011	0,0031	0,0009	0,0000	0,0005	0,0070	0,0000	0,0316	0,0133	0,0043	0,0010	0,0110	0,0000	0,0109	0,0000
μ_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
δ_1	0,0224	2,4156	0,0000	0,0366	0,0616	0,2038	0,0187	0,2385	0,0111	0,0128	0,1462	0,0000	1,4687	0,1887	0,1838	1,0944	2,4287	0,5291	0,0000	0,7711	0,7697
δ_2	261,1272	0,0000	2,2014	0,0109	0,3977	0,0720	340,3725	364,7806	1,0184	0,5455	0,1450	1,5750	0,0000	225,8237	0,0985	0,2828	0,0000	1,4367	0,0000	262,6663	1,0174
δ_3	0,0001	0,0048	0,0005	0,0001	0,0003	0,0000	0,0059	0,0149	0,0000	0,0000	0,0002	0,0003	0,0040	0,0008	0,0004	0,0015	0,0000	0,0007	0,0052	0,0354	0,0000
δ_4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058	0,0012	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
δ_5	0,4291	0,0000	0,0000	1,2419	0,0441	0,0000	0,0005	0,2277	0,0413	0,0000	0,0340	0,1074	0,0000	0,0084	0,0330	0,2458	0,0000	0,1295	0,1619	0,0244	0,0522
Eficiencia	1,0000	0,6293	0,9358	1,0000	1,0000	0,0919	1,0000	1,0000	1,0000	0,5792	1,0000	0,2533	0,8906	1,0000	1,0000	1,0000	0,6932	1,0000	0,6656	1,0000	0,4706

Tabla 4.2: Ponderación de las unidades de decisión del modelo CRS DEA orientado al input de una etapa aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia

MODELO DEA DE UNA ETAPA APLICADO A LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR AÑO 2015

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
μ_1	0,0283	1,0961	0,0000	0,4229	0,0287	0,1220	0,0000	0,5186	0,0000	0,0151	0,0000	0,0001	0,0000	0,3956	0,3207	0,2545	0,9593	0,1752	0,0000	0,5450	0,6296
μ_2	0,0019	0,0000	0,0000	0,0010	0,0026	0,0000	0,0000	0,0174	0,0000	0,0013	0,0000	0,0027	0,0509	0,0154	0,0732	0,0216	0,0023	0,0000	0,0000	0,0274	0,0000
μ_3	0,0014	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0018	0,0080	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0028	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0042	0,0000
μ_4	0,0007	0,0000	0,0000	0,0043	0,0010	0,0004	0,0000	0,0038	0,0000	0,0005	0,0043	0,0014	0,0000	0,0194	0,0001	0,0048	0,0008	0,0085	0,0000	0,0004	0,0000
μ_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
δ_1	0,0641	2,5586	0,0174	0,0254	0,0342	0,4224	0,0000	0,0499	0,0000	0,3426	0,1241	0,0256	1,1854	0,0199	1,4032	0,3246	2,3145	0,1453	1,4942	0,7490	0,7667
δ_2	284,4403	0,0000	2,7051	0,0324	0,2659	0,0000	598,6107	289,2136	0,0000	0,0505	0,0000	0,1685	0,0000	234,3747	0,0274	0,1713	0,0903	0,0000	0,0000	225,8530	0,6521
δ_3	0,0001	0,0036	0,0000	0,0012	0,0002	0,0000	0,0032	0,0025	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,0002	0,0001	0,0022	0,0010	0,0000	0,0000	0,0384	0,0000
δ_4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0053	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
δ_5	0,0533	0,0000	0,0005	1,0792	0,0582	0,0000	0,0000	0,3720	0,0000	0,0009	0,0883	0,1512	0,0283	0,0029	0,1099	0,2522	0,0282	0,2222	0,0000	0,0234	0,0702
Eficiencia	1,0000	0,9136	0,8952	1,0000	1,0000	0,1249	0,6330	1,0000	0,2766	1,0000	0,3693	1,0000	0,8072	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9273	0,7516	1,0000	0,6299

Tabla 4.3: Ponderación de las unidades de decisión del modelo CRS DEA orientado al input de una etapa aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia

52

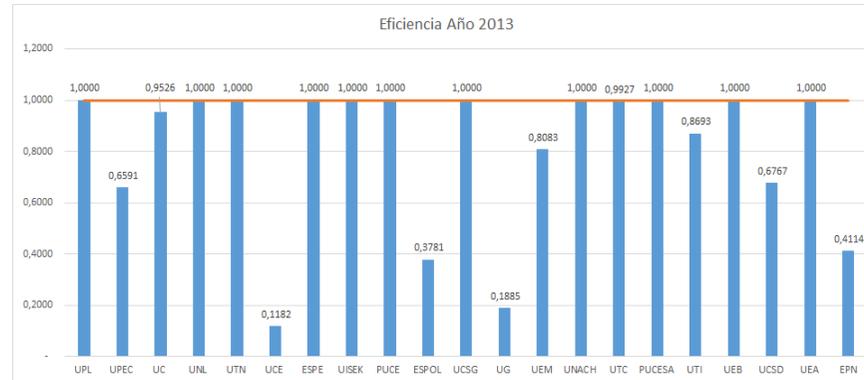


Figura 4.2: Valores de eficiencia de un modelo CRS DEA orientado al input aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia

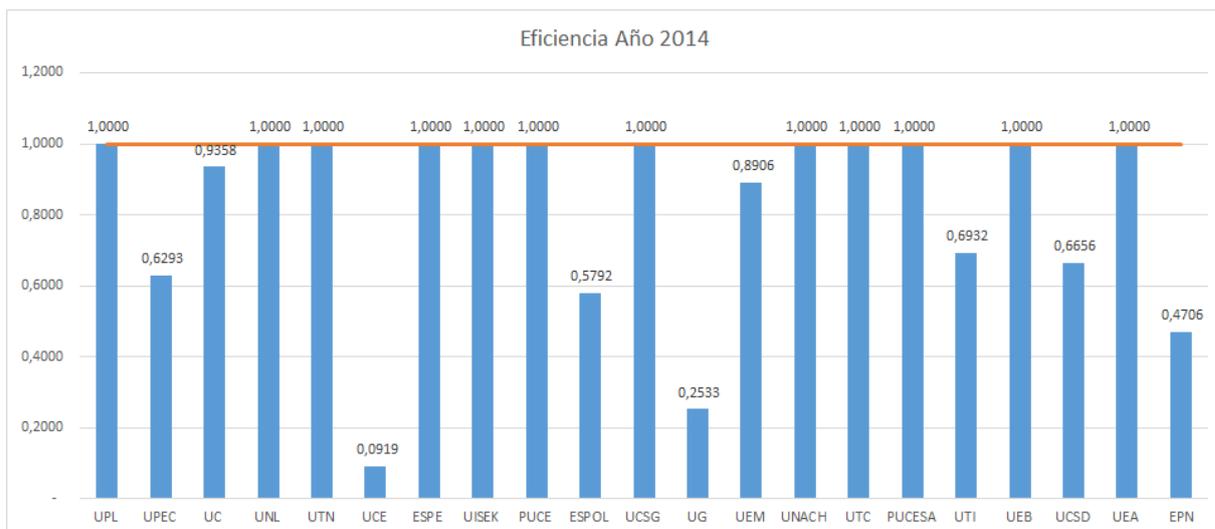


Figura 4.3: Valores de eficiencia de un modelo CRS DEA orientado al input aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2014.

Fuente: Propia

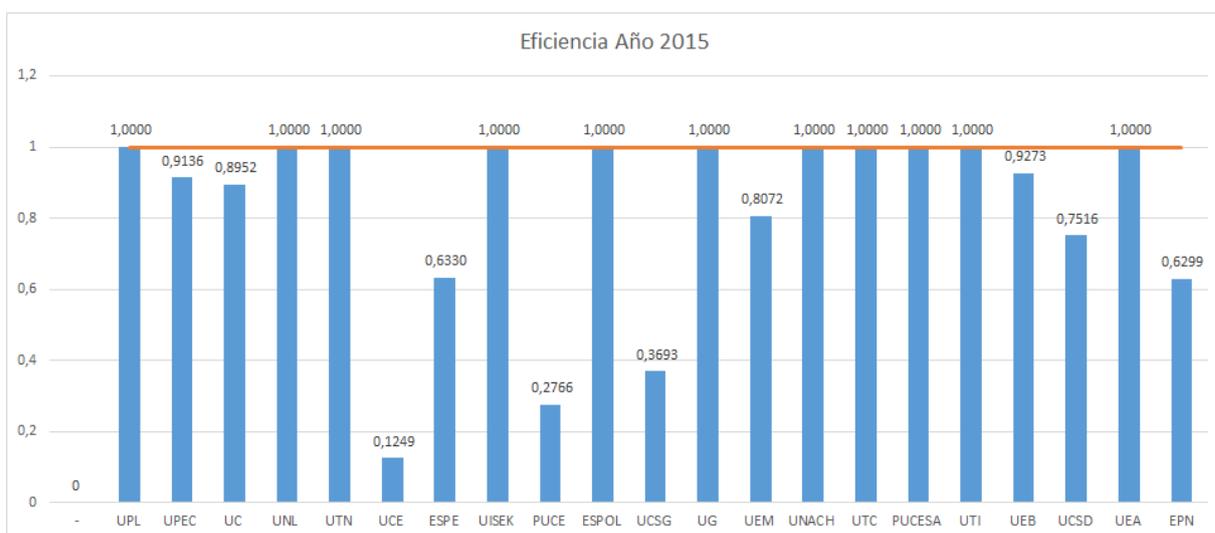


Figura 4.4: Valores de eficiencia de un modelo CRS DEA orientado al input aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2015.

Fuente: Propia

4.2. Modelo DEA de dos etapas

Para hallar la eficiencia de las bibliotecas universitarias se puede optar por un modelo de dos etapas como se describe en la sección 2.5.3. El siguiente gráfico representa

el proceso:



Figura 4.5: Diagrama de bloques del modelo DEA de dos etapas.

Para una primera etapa se utilizó la ecuación 2.11 y para la segunda etapa la ecuación 2.12.

En la tabla 4.4 se puede apreciar que en el año 2013, el 57 % (12 de 21 bibliotecas) son eficientes. En este modelo una unidad es eficiente si sus holguras asociadas son cero, el 19 % (4 de 21 bibliotecas) se encuentran a menos del 10 % de ser eficientes, y el 24 % (5 de 21 bibliotecas) no son eficientes.

En la tabla 4.5 se puede apreciar que para el año 2014, el 62 % (13 de 21 bibliotecas) son eficientes, el 5 % (1 de 21 bibliotecas) se encuentran a menos del 10 % de ser eficientes, y que el 33 % (7 de 21 bibliotecas) no son eficientes. Cabe notar que la biblioteca PUCE en este periodo muestra ausencia de holguras y que la UEM esta a menos de un 10 % de ser eficiente en este año lo que demuestra una mejor utilización de los recursos en este periodo.

En la tabla 4.6 se puede apreciar que para el año 2015, el 57 % (12 de 21 bibliotecas) son eficientes, el 10 % (2 de 21 bibliotecas) se encuentran a menos del 10 % de la frontera de eficiencia, y el 33 % (7 de 21 bibliotecas) no son eficientes. Cabe notar que la biblioteca UCSG y UEB en el año 2015 muestran presencia de holguras en las descargas online, lo que representa que con respecto a los recursos con los que cuentan las descargas deberían ser en mayor número.

**MODELO DEA DE DOS ETAPAS APLICADO A LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR
AÑO 2013**

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
λ1	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1039	0,0000	0,0000	0,0691	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0028
λ2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7223	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0981	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7250	0,0000	0,0000	0,0358	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0169	0,0000	0,0296
λ5	0,0000	0,0000	0,4184	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3813	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0375	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ7	0,0000	0,0000	0,5882	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,2658	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ8	0,0000	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,7588	0,0000	0,0000	0,3993	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1144	0,0000	0,0174	0,0000	0,7095
λ9	0,0000	0,0000	0,2442	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3603	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0236	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ11	0,0000	0,0075	0,0000	-0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1928	0,0000	1,0000	0,0087	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0079	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046
λ12	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0487	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4803	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ14	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,4989	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ15	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,3309	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,1575	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ16	0,0000	0,2953	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	1,9112	0,0000	0,0000	0,0000	0,9781	0,0000	0,0000	1,0000	0,3736	0,0000	0,9928	0,0000	0,0051
λ17	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8514	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1890	0,0000	0,0000	1,0191	0,0000	0,0000	0,0095	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0921	1,0000	0,0000	0,0000	0,0832
λ19	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,4237	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ20	0,0000	0,2241	0,0000	0,0000	0,0000	0,9389	0,0000	0,0000	6,6601	0,0000	0,0000	0,0000	0,4915	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
λ21	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2295	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ss1	0,0000	0,0000	0,2508	0,0000	0,0000	0,1386	0,0000	0,0000	29,8253	0,0000	0,0000	0,0000	0,3877	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0271	0,0000	0,0000
Ss2	0,0000	0,0000	2,0851	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	135,1769	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ss3	0,0000	593,3517	0,0000	0,0000	0,0000	93,7232	0,0000	0,0000	195,2952	0,0000	0,0000	18,5366	1,942,8882	0,0000	0,0000	0,0000	777,0786	0,0000	859,5408	0,0000	63,5496
Ss4	0,0000	3,8773	46,2878	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	190,8944	0,0000	0,0000	0,0000	19,6335	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,3522	0,0000	0,0000
Ss5	0,0000	51.715,8395	33.536,8501	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	550,374,6699	0,0000	0,0000	4,687,0555	169,401,9089	0,0000	0,0000	0,0000	68,245,3278	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046
Sm1	0,0000	0,0000	0,4225	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	19,6349	0,0000	0,0000	0,2204	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0588	0,0000	0,0689	0,0000
Sm2	0,0000	0,1326	0,0000	0,0000	0,0000	0,1878	0,0000	0,0000	19,5926	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0886	0,0000	0,0929	0,0000	0,0000
Sm3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	112,1852	0,0000	0,0000	115,8493	0,0000	0,0000	0,0000	51,8726	0,0000	0,0000	0,0000	1,1675	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sm4	0,0000	508,5268	7.725,5236	0,0000	0,0000	1.493,2265	0,0000	0,0000	0,0906	0,0000	0,0000	1.069,1373	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	412,0065	0,0000	894,7482
Sm5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6626	0,0000	0,0000	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000	2,5274	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Holgura	-0,0000	-52,821,72	-41,311,41	-0,0000	-0,0000	-1,700,12	-0,0000	-0,0000	-551,081,03	-0,0000	-0,0000	-5,774,94	-171,419,21	-0,0000	-0,0000	-0,0000	-69,023,66	-0,0000	-1,277,07	-0,0000	-958,37

Tabla 4.4: Holguras de cada unidad de decisión aplicando el modelo DEA de dos etapas a las universidades del Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia



Figura 4.6: Holgura final de cada unidad de decisión obtenidas al aplicar DEA de dos etapas aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2013.
Fuente: Propia

**MODELO DEA DE DOS ETAPAS APLICADOS A LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR
AÑO 2014**

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
λ1	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0141	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ5	0,0000	0,0000	0,3051	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ8	0,0000	0,0000	0,3711	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2807	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4174
λ9	0,0000	0,0000	0,3545	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ11	0,0000	0,0074	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	-0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0081	0,0000	0,0000	-0,0000	0,0000	0,0099	0,0000	0,0000	0,0000	0,0056
λ12	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ14	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ15	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3921	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,1651	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ16	0,0000	0,2370	0,0000	0,0000	0,0000	0,0886	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2325	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,3431	0,0000	1,0000	0,0000	0,2404
λ17	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ19	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ20	0,0000	0,3911	0,0000	0,0000	0,0000	0,4651	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1867	0,0000	0,0000	1,0000	0,1658
λ21	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ss1	0,0000	0,0000	0,0307	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ss2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,3333	0,0000	0,0000
Ss3	0,0000	345,3847	0,0000	0,0000	0,0000	130,8325	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	347,3729	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	496,1966	0,0000	838,6667	0,0000	359,7426
Ss4	0,0000	12,4972	56,0676	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,3333	0,0000	0,7228
Ss5	0,0001	38.523,1581	44.198,6551	0,0004	0,0000	13.708,3626	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0033	0,0004	0,1479	0,0000	0,0000	0,0003	55.826,0409	0,0000	0,0010	0,0000	35.753,8609
Sm1	0,0000	0,0000	1,1078	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6095	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2222	0,0000	0,0000	0,0000
Sm2	0,0000	0,1377	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0446	0,0000	0,3333	0,0000	0,0000
Sm3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	49,1389	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8663	0,0000	0,0000	0,0000	7,8695
Sm4	0,0000	544,3391	9.169,7203	0,0000	0,0000	804,1431	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2.885,5852	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	173,2222	0,0000	1.889,3441
Sm5	0,0000	0,2708	13,9278	0,0000	0,0000	0,2801	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6294	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Holgura	-0,0001	-39,425,78	-53,439,50	-0,0004	-0,0000	-14,692,75	-0,0000	-0,0000	-0,0000	-0,0000	-0,0033	-3,233,56	-0,1494	-0,0000	-0,0000	-0,0004	-56,323,77	-0,0000	-1,019,11	-0,0000	-38,011,54

Tabla 4.5: Holguras de cada unidad de decisión aplicando el modelo DEA de dos etapas a las universidades del Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia



Figura 4.7: Holgura final de cada unidad de decisión obtenidas al aplicar DEA de dos etapas aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2014.
Fuente: Propia

**MODELO DEA DE DOS ETAPAS APLICADOS A LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR
AÑO 2015**

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
λ1	1,0000	0,0000	0,0293	0,0000	0,0000	0,0000	0,0553	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0867	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ5	0,0000	0,0000	0,5960	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0164	0,0000	0,0000	0,0000
λ6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6394
λ9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0417	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0000	0,0000
λ10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000
λ11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ12	0,0000	0,0000	0,0141	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ14	0,0000	0,0000	1,6521	0,0000	0,0000	0,0000	0,1878	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ15	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0514	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6696	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0428	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1653	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,2406	0,9997	0,0000	0,0015
λ17	0,0000	0,4268	0,0000	0,0000	0,0000	0,0863	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3278
λ18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ19	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λ20	0,0000	0,4878	1,3215	0,0000	0,0000	0,7937	1,4418	0,0000	0,0000	0,0000	0,8459	0,0000	0,7264	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8869	0,0000	1,0000	0,0376
λ21	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ss1	0,0000	0,0000	2,1150	0,0000	0,0000	0,0000	0,4133	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3286	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000
Ss2	0,0000	1,4126	23,0328	0,0000	0,0000	0,0000	4,6441	0,0000	0,0000	0,0000	0,5308	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,8111	1,3365	0,0000	1,3766
Ss3	0,0000	26,0874	0,0000	0,0000	0,0000	89,1099	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	219,2490	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	22,7367
Ss4	0,0000	50,7317	140,8189	0,0000	0,0000	30,1566	114,6581	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	67,9362	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,6892	0,0000	5,8815
Ss5	0,0001	50,6098	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	20,439,3315	0,0000	14,190,7762	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	21,951,0397	0,0000	0,0000	0,0001
Sm1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5191	0,0000	0,0000	0,0000	0,0362	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sm2	0,0000	0,1626	0,0000	0,0000	0,0000	0,1855	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1854	0,0000	0,1073	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0679	0,1671	0,0000	0,0000
Sm3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	82,3818	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	56,7620	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	78,5309	8,9491	0,0000	14,5457
Sm4	0,0000	902,4390	12,429,6538	0,0000	0,0000	1,169,1232	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,040,2918	0,0000	329,9710	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	139,0783	153,0564	0,0000	2,816,8002
Sm5	0,0000	0,8232	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,7730	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1841	0,0000	0,0000	0,0000
Holgura	-0,0001	-1,032,26	-12,595,62	-0,0000	-0,0000	-1,370,95	-129,01	-0,0000	-0,0009	-0,0000	-21,537,13	-0,0000	-14,808,36	-0,0000	-0,0000	-0,0000	-0,0004	-22,179,52	-166,38	-0,0000	-2,861,34

Tabla 4.6: Holguras de cada unidad de decisión aplicando el modelo DEA de dos etapas a las universidades del Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia



Figura 4.8: Holgura final de cada unidad de decisión obtenidas al aplicar DEA de dos etapas aplicado a las universidades de Ecuador en el año 2015.
Fuente: Propia

4.3. Modelo DEA de tres etapas

Para un nuevo análisis se agrega una tercera etapa, como se describe en la sección 2.5.4 y representa de la siguiente manera:

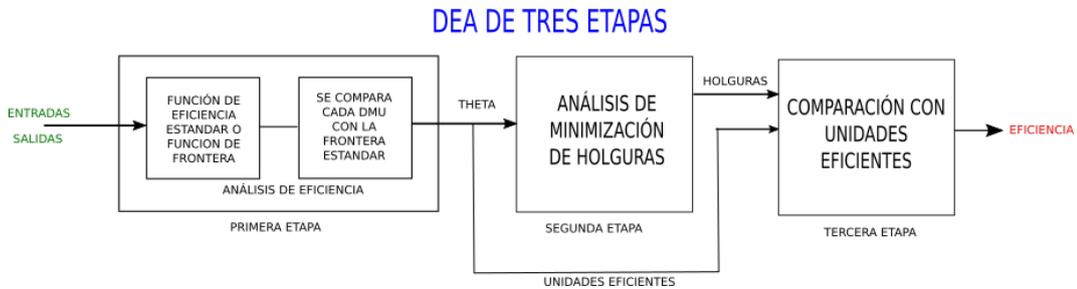


Figura 4.9: Diagrama de bloques del modelo DEA de tres etapas.

La ecuación 2.14 se utilizó para hallar la eficiencia de las bibliotecas universitarias y se obtuvieron los siguientes resultados:

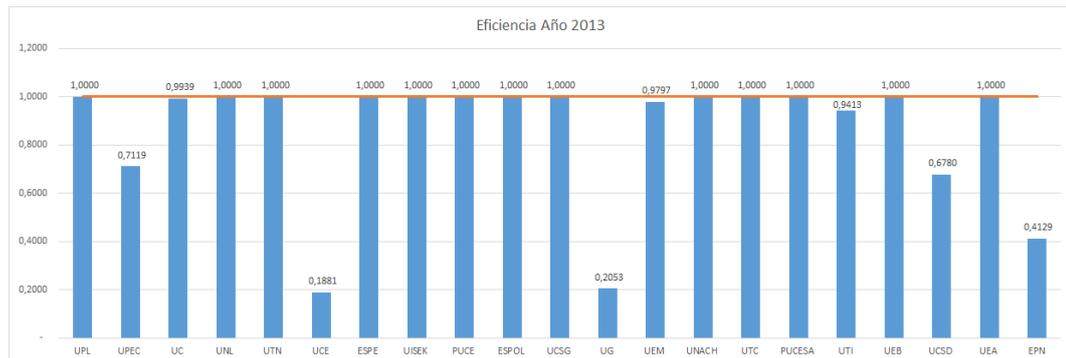


Figura 4.10: Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia

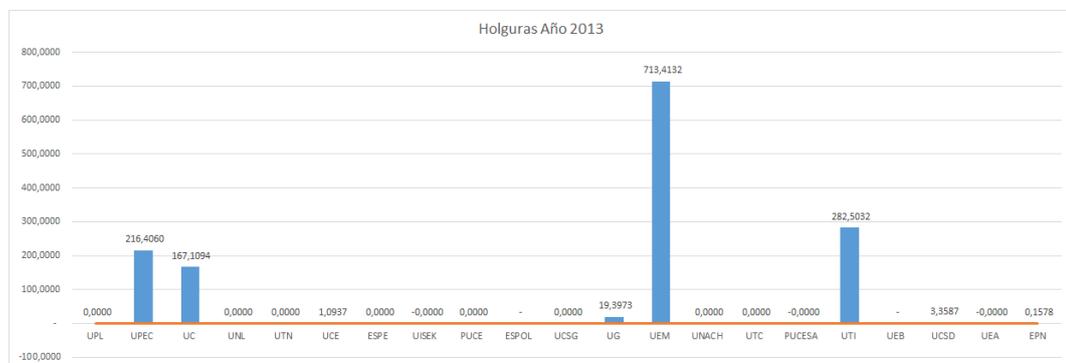


Figura 4.11: Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia

En la tabla 4.7 se observa que en una primera etapa el 62 % (13 de 21 bibliotecas) resultan ser eficientes, y el 14 % (3 de 21 bibliotecas) tienen una eficiencia superior a 0.90 utilizando la tercera etapa. También se obtiene que la UC, UEM y UTI a pesar de tener una eficiencia superior al 90 % presencian en su análisis holguras positivas lo que representa un mal uso de recursos, mientras que la UC, UCSD y EPN aunque no tienen una eficiencia relativamente alta, no tienen holguras en exceso dando a notar que aunque la cantidad de recursos no son los adecuados estos están siendo bien utilizados.

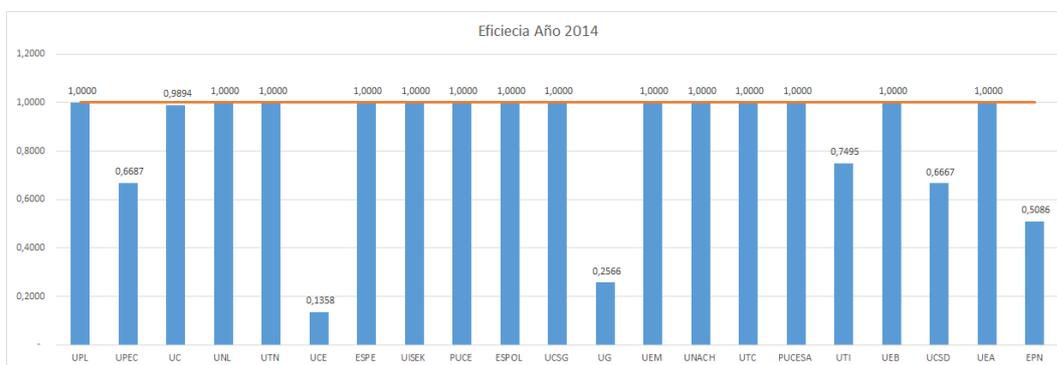


Figura 4.12: Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia

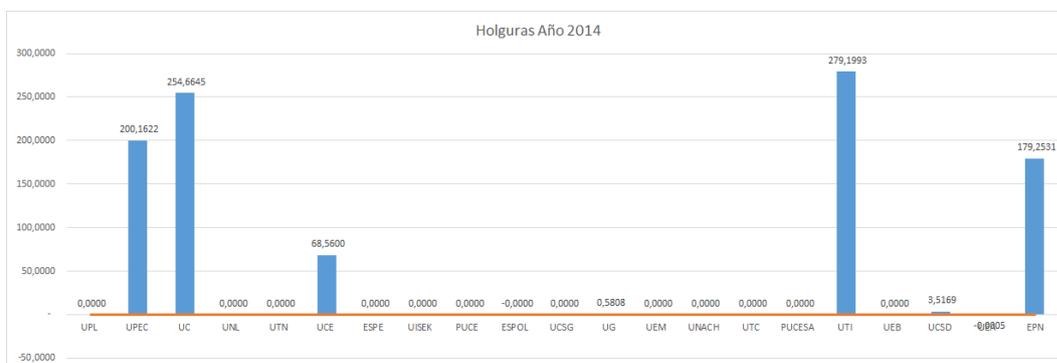


Figura 4.13: Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia

En la tabla 4.8 se obtiene que en una primera etapa el 67 % (14 de 21 bibliotecas) son eficientes, y el 5 % (1 de 21 bibliotecas) tiene una eficiencia superior a 0.98 utilizando la tercera etapa. La biblioteca UEM que en el año 2013 tenía una eficiencia mayor a 0.9 en este periodo es eficiente. Las bibliotecas UG y UCSD a pesar de

no tener un índice de eficiencia igual a 1 no presentan holguras no nulas, lo que significa que se está utilizando los recursos adecuadamente.

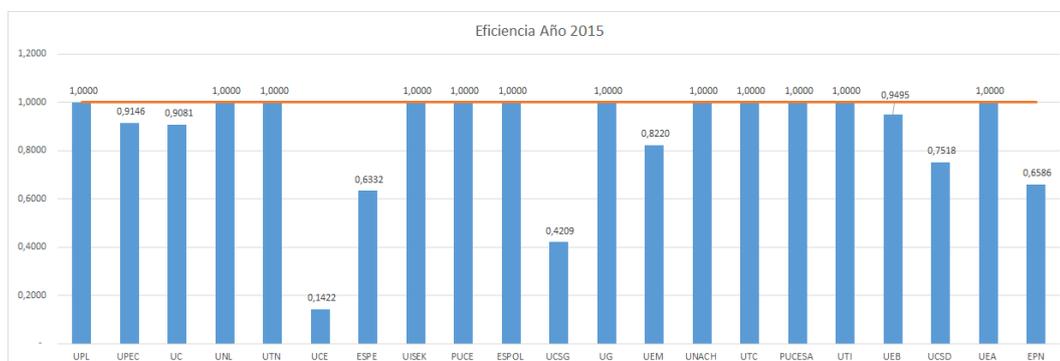


Figura 4.14: Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia

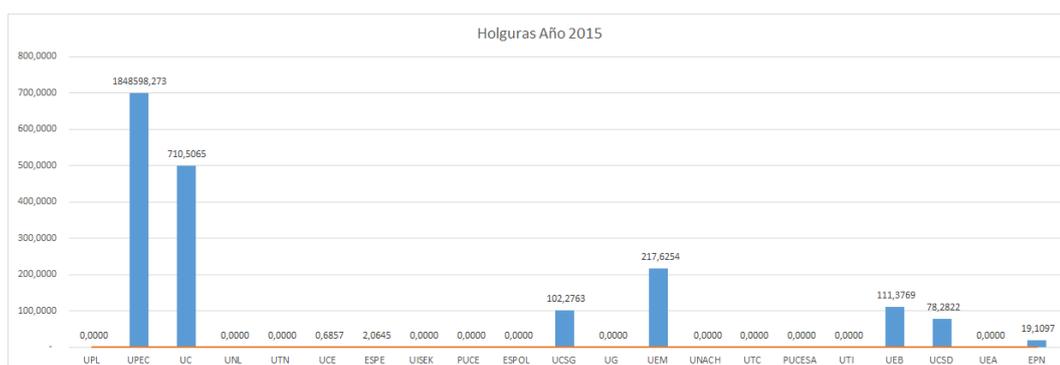


Figura 4.15: Holgura final de cada unidad de decisión al aplicar DEA de tres etapas aplicado a las universidades del Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia

En la tabla 4.9 se observa que en una primera etapa el 57 % (12 de 21 bibliotecas) son eficientes, y el 14 % (3 de 21 bibliotecas) tienen una eficiencia superior a 0.90 utilizando la tercera etapa. Cabe notar que la biblioteca UEB que en los años 2013 y 2014 es eficiente, en este periodo no lo es por lo que se debe tomar acciones para mejorar el uso de recursos en la misma.

**MODELO DEA DE TRES ETAPAS APLICADO A LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR
AÑO 2013**

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
$\lambda r1$	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0691	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0028
$\lambda r2$	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0358	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0169	0,0000	0,0296
$\lambda r3$	0,0000	0,0000	0,4184	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r4$	0,0000	0,0000	0,5882	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r5$	0,0000	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3993	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1144	0,0000	0,0174	0,0000	0,7095
$\lambda r6$	0,0000	0,0000	0,2442	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r7$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r8$	0,0000	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0087	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0079	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046
$\lambda r9$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r10$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,1575	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r11$	0,0000	0,2953	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,9781	0,0000	0,0000	1,0000	0,3736	0,0000	0,9928	0,0000	0,0051
$\lambda r12$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1890	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0095	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0921	1,0000	0,0000	0,0000	0,0832
$\lambda r13$	0,0000	0,2241	0,0000	0,0000	0,0000	0,9389	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4915	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
ds1	0,0000	0,0000	0,2508	0,0000	0,0000	0,1386	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3877	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0271	0,0000	0,0000
ds2	0,0000	0,0000	0,3128	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ds3	0,0000	0,0831	0,0000	0,0000	0,0000	0,0131	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0026	0,2720	0,0000	0,0000	0,0000	0,1088	0,0000	0,1203	0,0000	0,0089
ds4	0,0000	2,3264	27,7727	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	11,7801	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,2113	0,0000	0,0000
ds5	0,0000	213,9966	138,7732	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	19,3947	700,9734	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	282,3945	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
dm1	0,0000	0,0000	0,2112	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1102	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0294	0,0000	0,0344
dm2	0,0000	0,3978	0,0000	0,0000	0,0000	0,5635	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2658	0,0000	0,2787	0,0000	0,0000
dm3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2358	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1091	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
dm4	0,0000	0,0701	1,0656	0,0000	0,0000	0,2060	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1475	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0568	0,0000	0,1234
dm5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0883	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3370	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
p	0,0000	216,4060	167,1094	0,0000	0,0000	0,6452	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	0,0000	19,3973	713,4132	0,0000	0,0000	0	282,5032	0	3,3587	0,0000	0,0789
q	0,0000	126,1819	84,7360	0,0000	0,0000	1,0937	0,0000	0,0000	0,0000	0	0,0000	10,1905	364,6998	0,0000	0,0000	-0,0000	137,9807	0	1,8439	0,0000	0,1578
w	0,0000	216,4060	167,1094	0,0000	0,0000	1,0937	0,0000	-0,0000	0,0000	0	0,0000	19,3973	713,4132	0,0000	0,0000	-0,0000	282,5032	0	3,3587	-0,0000	0,1578
Eficiencia	1,0000	0,7119	0,9939	1,0000	1,0000	0,1881	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,2053	0,9797	1,0000	1,0000	1,0000	0,9413	1,0000	0,6780	1,0000	0,4129
Holgura	0,0000	216,4060	167,1094	0,0000	0,0000	1,0937	0,0000	-0,0000	0,0000	0	0,0000	19,3973	713,4132	0,0000	0,0000	-0,0000	282,5032	0	3,3587	-0,0000	0,1578

Tabla 4.7: Holguras de cada unidad de decisión en el modelo DEA de tres etapas a las universidades de Ecuador en el año 2013. Fuente: Propia

**MODELO DEA DE TRES ETAPAS APLICADO A LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR
AÑO 2014**

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
λr1	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0141	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr2	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr3	0,0000	0,0000	0,3051	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr5	0,0000	0,0000	0,3711	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2807	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4174
λr6	0,0000	0,0000	0,3545	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr8	0,0000	0,0074	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0099	0,0000	0,0000	0,0000	0,0056
λr9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3921	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,1651	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr12	0,0000	0,2370	0,0000	0,0000	0,0000	0,0886	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2325	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,3431	0,0000	1,0000	0,0000	0,2404
λr13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000
λr14	0,0000	0,3911	0,0000	0,0000	0,0000	0,4651	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1867	0,0000	0,0000	1,0000	0,1658
ds1	0,0000	0,0000	0,0307	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ds2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000	0,0000	0,0000
ds3	0,0000	0,0481	0,0000	0,0000	0,0000	0,0182	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0484	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0691	0,0000	0,1169	0,0000	0,0501
ds4	0,0000	7,4983	33,6405	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,2000	0,0000	0,4337
ds5	0,0000	192,6158	220,9933	0,0000	0,0000	68,5418	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	279,1302	0,0000	0,0000	0,0000	178,7693
dm1	0,0000	0,0000	0,3323	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1828	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0667	0,0000	0,0000
dm2	0,0000	0,4132	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1339	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
dm3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1033	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0165
dm4	0,0000	0,0751	1,2648	0,0000	0,0000	0,1109	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3980	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0239	0,0000	0,2606
dm5	0,0000	0,0361	1,8570	0,0000	0,0000	0,0373	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0839	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
p	0,0000	200,1622	254,6645	0,0000	0,0000	68,5600	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	0,0000	0,3023	0,0000	0,0000	0,0000	0	279,1993	0,0000	3,5169	-0,0002	179,2531
q	0,0000	99,1542	127,5075	0,0000	0,0000	34,8020	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	0,0000	0,5808	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	139,5602	0,0000	2,3009	-0,0001	97,7335
w	0,0000	200,1622	254,6645	0,0000	0,0000	68,5600	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	0,0000	0,5808	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	279,1993	0,0000	3,5169	-0,0005	179,2531
Eficiencia	1,0000	0,6687	0,9894	1,0000	1,0000	0,1358	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,2566	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7495	1,0000	0,6667	1,0000	0,5086
Holgura	0,0000	200,1622	254,6645	0,0000	0,0000	68,5600	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	0,0000	0,5808	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	279,1993	0,0000	3,5169	-0,0005	179,2531

Tabla 4.8: Holguras de cada unidad de decisión en el modelo DEA de tres etapas a las universidades de Ecuador en el año 2014. Fuente: Propia

**MODELO DEA DE TRES ETAPAS APLICADO A LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR
AÑO 2015**

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
$\lambda r1$	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0245	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r2$	0,0000	0,0000	0,0002	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0867	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0368	0,0000	0,0000
$\lambda r3$	0,0000	0,0000	0,0361	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0164	0,0002	0,0000	0,0000
$\lambda r4$	0,0000	0,1233	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,3197	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5584	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,6077
$\lambda r5$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0417	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r6$	0,0000	0,0000	0,2644	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r7$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0024	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r8$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6488	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7440	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000
$\lambda r9$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4150	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,1831	0,1831
$\lambda r10$	0,0000	0,5511	1,6577	0,0000	0,0000	0,0439	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,2406	1,0495	0,0000	0,0298	0,0298
$\lambda r11$	0,0000	0,1195	0,0000	0,0000	0,0000	0,0860	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2090
$\lambda r12$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4291	0,1335	0,0000	0,0000	0,0000	0,8459	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8869	0,0000	1,0000	0,0000
ds1	0,0000	0,0000	2,5415	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4403	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5134	0,0000	0,0000
ds2	0,0000	0,3230	1,3832	0,0000	0,0000	0,0000	0,0676	0,0000	0,0000	0,0000	0,0796	0,0000	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,6217	0,4047	0,0000	0,2761
ds3	0,0000	0,0978	0,0000	0,0000	0,0000	0,0115	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0082
ds4	0,0000	616.136,7641	1,2915	0,0000	0,0000	0,2296	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	73,0226	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,4675	0,0000	2,0617
ds5	0,0000	245,6744	710,8523	0,0000	0,0000	0,0001	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	102,1967	0,0000	0,0512	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	109,7552	38,1171	0,0000	12,6488
dm1	0,0000	0,0000	1,6947	0,0000	0,0000	0,0000	0,1138	0,0000	0,0000	0,0000	0,0109	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2619	0,0000	0,0000
dm2	0,0000	0,2953	0,0001	0,0000	0,0000	0,3738	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5562	0,0000	1,1053	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2037	0,8169	0,0000	0,0000
dm3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1202	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1193	0,0000	0,0151	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1651	0,0548	0,0000	0,0127
dm4	0,0000	0,0003	1,3474	0,0000	0,0000	0,1496	0,1222	0,0000	0,0000	0,0000	0,1435	0,0000	0,1112	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0192	0,0004	0,0000	0,3914
dm5	0,0000	0,3684	1,0991	0,0000	0,0000	0,0408	1,5037	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1989	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2561	0,0000	0,0000
p	0,0000	1.232.519,4339	711,0212	0,0000	0	0,4707	0,0685	0,0000	0	0,0000	102,2763	0,0000	145,5106	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	111,3769	66,2169	-0,0000	17,0531
q	-0,0000	1.715.895,5785	341,0206	0,0000	0	0,6845	1,9009	0,0000	0	0,0000	53,8285	0,0000	109,7665	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	111,3366	38,7470	-0,0000	10,0522
w	0,0000	1.848.598,2739	710,5066	0,0000	0,0000	0,6857	2,0645	0,0000	0,0000	0,0000	102,2763	0,0000	217,6254	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	111,3769	78,2822	0,0000	19,1097
Eficiencia	1,0000	0,9146	0,9081	1,0000	1,0000	0,1422	0,6332	1,0000	1,0000	1,0000	0,4209	1,0000	0,8220	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9495	0,7518	1,0000	0,6586
Holgura	0,0000	1.848.598,2739	710,5066	0,0000	0,0000	0,6857	2,0645	0,0000	0,0000	0,0000	102,2763	0,0000	217,6254	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	111,3769	78,2822	0,0000	19,1097

Tabla 4.9: Holguras de cada unidad de decisión en el modelo DEA de tres etapas a las universidades de Ecuador en el año 2015. Fuente: Propia

4.4. Cálculo del Índice de Malmquist

Para hallar el avance que ha existido en las distintas bibliotecas universitarias se calcula el índice de Malmquist, aplicando a los datos obtenidos la siguiente ecuación:

$$m_o(y_s, x_s, y_t, x_t) = \left[\frac{d_0^s(y_t, x_t) d_0^t(y_t, x_t)}{d_0^s(y_s, x_s) d_0^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (4.1)$$

Donde:

d = Función distancia.

x = Matriz de datos de salida.

y = Matriz de datos de salida.

t = Periodo donde inicia el análisis.

s = Periodo donde concluye el análisis ($t+1$).

El índice de Malmquist determina el cambio en la productividad existente de una DMU en dos periodos distintos y consecutivos, así si en una DMU cuenta con la misma cantidad de recursos en los periodos t y s si se obtiene la misma cantidad de salidas, entonces la entidad no ha realizado cambios positivos, si las salidas del año s es mayor a las del año t existe avance en la productividad y si por el contrario las salidas en el año s es menor que las del año t entonces existe un retroceso en la productividad.

El índice de Malmquist puede tomar valores de la siguiente manera:

Índice de Malmquist	Representación
0	Existe un retroceso del 100 %
0.5	Existe un retroceso del 50 %
1	No existe avance ni retroceso
1.5	Existe un avance del 50 %
2	Existe un avance del 100 %

Tabla 4.10: Rango de valores del Índice de Malmquist. Fuente: Propia

EFICIENCIAS DE LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR

AÑO 2013-2014

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
Cambio de eficiencia técnica pura	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4501	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,1868	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6667	1,0000	1,2655
Cambio de eficiencia de escala	1,0000	0,9506	0,9859	1,0000	1,0000	1,8335	1,0000	1,0000	1,0000	1,2823	1,0000	1,0791	1,0798	1,0000	1,0017	1,0000	0,7969	1,0000	1,4754	1,0000	0,9205
Cambio de eficiencia técnica	1,0000	0,9506	0,9859	1,0000	1,0000	0,8252	1,0000	1,0000	1,0000	1,2823	1,0000	1,2807	1,0798	1,0000	1,0017	1,0000	0,7969	1,0000	0,9836	1,0000	1,1649
Cambio de eficiencia tecnológica	0,3547	0,9753	1,0200	1,2085	1,0638	0,9718	0,2083	1,0017	1,0531	0,7780	0,9960	0,8935	0,9500	0,8055	1,1752	0,8500	1,0817	0,8871	0,9385	0,6335	0,9916
Índice de Malmquist	0,3547	0,9272	1,0057	1,2085	1,0638	0,8020	0,2083	1,0017	1,0531	0,9976	0,9960	1,1443	1,0258	0,8055	1,1772	0,8500	0,8621	0,8871	0,9231	0,6335	1,1551

Tabla 4.11: Cambios en las eficiencias presentes en las universidades del Ecuador para el período 2013-2014. Fuente: Propia.

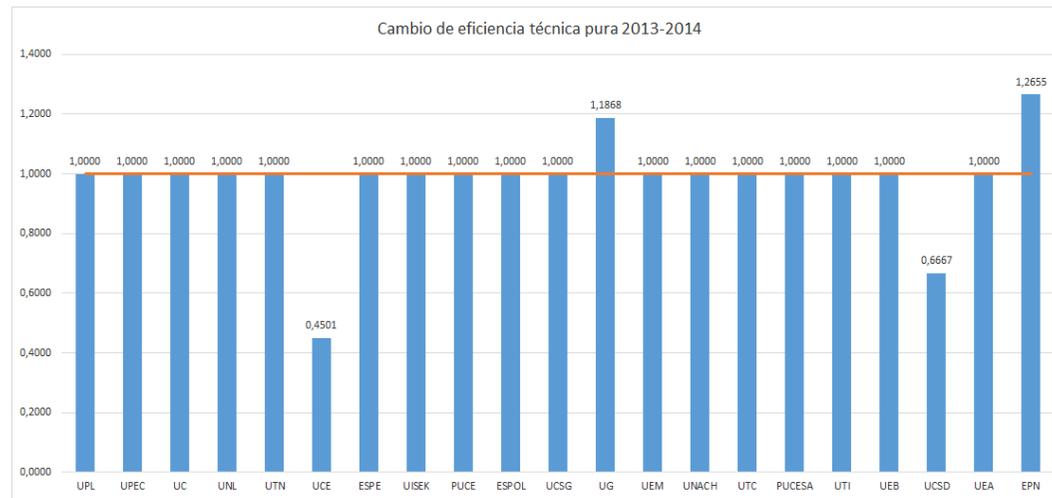


Figura 4.16: Cambio en la eficiencia técnica pura en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.

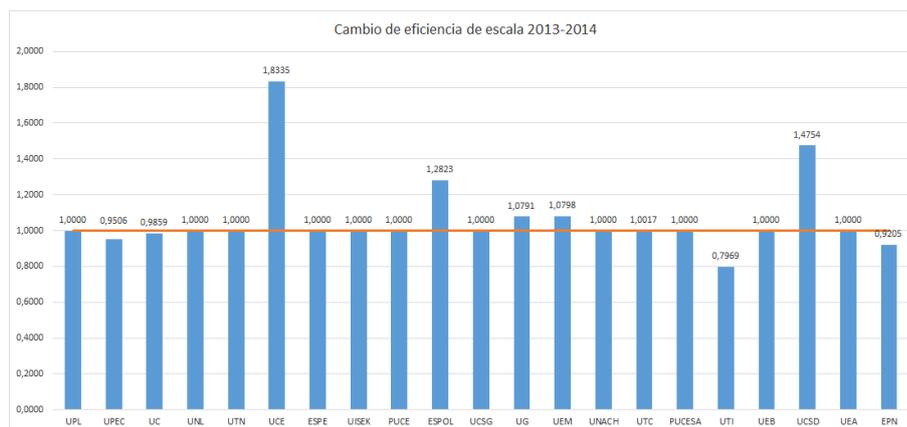


Figura 4.17: Cambio en la eficiencia de escala en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.

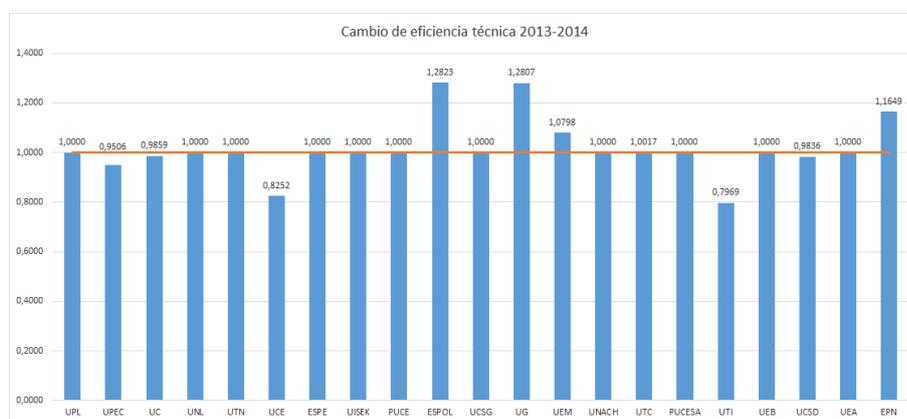


Figura 4.18: Cambio en la eficiencia técnica en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.

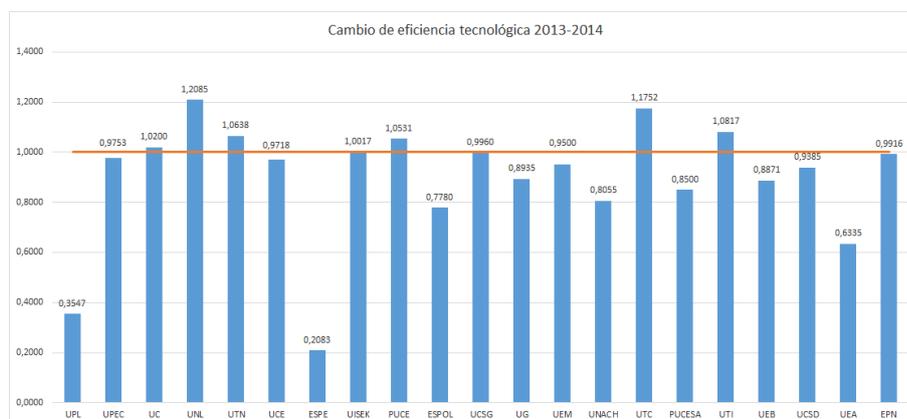


Figura 4.19: Cambio en la eficiencia tecnológica en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.

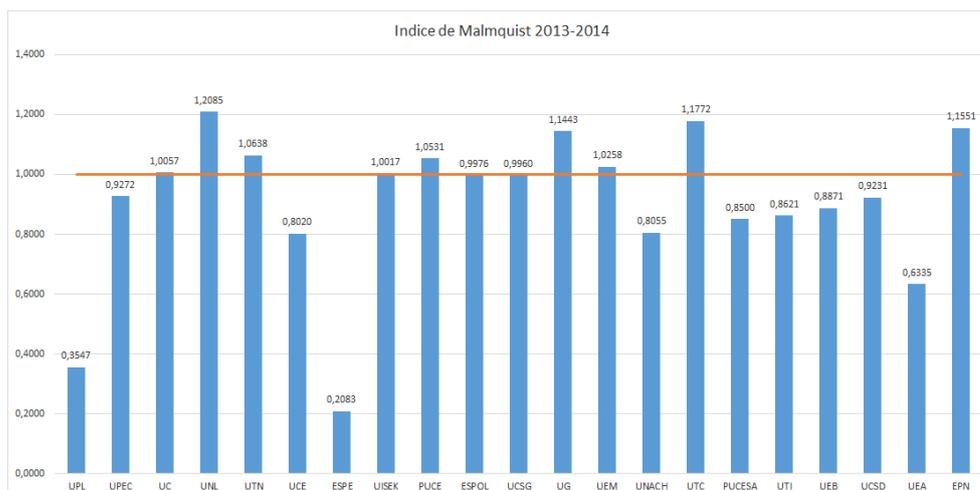


Figura 4.20: Índice de Malmquist en las universidades de Ecuador en el período 2013-2014. Fuente: Propia.

En la tabla 4.11 se presentan los cambios en la eficiencia que han experimentado las universidades del Ecuador donde: se puede observar que existe cambio en la eficiencia técnica pura donde 5 bibliotecas (24 %) aumentan su eficiencia entre el 0 % y el 60 %, 11 bibliotecas (52 %) mantienen su eficiencia técnica pura en el mismo nivel y 5 bibliotecas (24 %) disminuyen su eficiencia entre 0 % y 25 %.

También se obtiene que 7 bibliotecas (33 %) mejoran con respecto a su eficiencia de escala entre 0 % y 25 %, ninguna biblioteca mantiene la misma eficiencia del año anterior y que 14 (67 %) disminuyen su eficiencia donde 10 bibliotecas disminuyen entre 0 % y 25 %, 3 bibliotecas disminuyen entre 25 % y el 50 % y una biblioteca disminuye su eficiencia más del 50 %.

Se puede observar que 7 bibliotecas (33 %) mejoraron su eficiencia técnica avanzan en una cantidad entre el 0 % y el 30 %. También se obtiene que una biblioteca (5 %) mantienen la misma eficiencia y que 13 bibliotecas (62 %) disminuyen su eficiencia donde 10 bibliotecas disminuyen en un rango entre 0 % y 25 %, una disminuye entre 25 % y 50 % y dos bibliotecas disminuyen su eficiencia en más del 50 %.

En cuanto al cambio del progreso se puede observar que 6 bibliotecas (29 %) progresan entre el año 2013-2014 donde 5 bibliotecas progresan entre el 0 % y el 25 % y cabe notar que la UPL progresa en mas de 100 %. También se obtiene que ninguna biblioteca se mantiene en el mismo estado del año anterior y que 15 bibliotecas (71 %) retroceden en su progreso donde 11 bibliotecas retroceden entre el 0 % y el 25 %, 2 bibliotecas retroceden entre 25 % y 50 % y 2 bibliotecas retroceden en más del 50 %.

En el índice el malmquist se puede observar que 8 bibliotecas (38 %) mejoraron su eficiencia global donde una biblioteca mejora más de un 100 %, una biblioteca mejora entre el 50 % y 100 % y seis bibliotecas mejoran entre 0 % y 50 %. También se obtiene que ninguna biblioteca mantiene la misma eficiencia entre periodos y que 13 (62 %) disminuyen su eficiencia donde siete bibliotecas disminuyen su eficiencia entre el 0 % y el 25 %, 3 bibliotecas disminuyen entre el 25 % y el 50 % y 3 bibliotecas disminuyen más del 50 %.

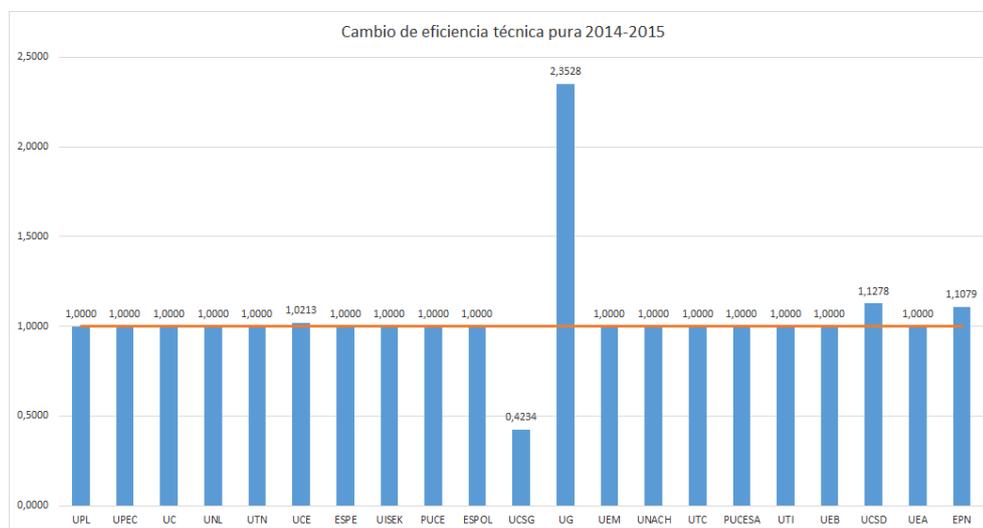


Figura 4.21: Cambio en la eficiencia técnica pura en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.

EFICIENCIAS DE LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR

AÑO 2014-2015

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
Cambio de eficiencia técnica pura	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0213	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4234	2,3528	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,1278	1,0000	1,1079
Cambio de eficiencia de escala	1,0000	1,4299	0,9465	1,0000	1,0000	1,1031	0,6331	1,0000	1,0000	1,1677	0,9245	1,6724	0,8823	1,0000	1,0000	1,0000	1,4140	0,9328	1,0009	1,0000	1,1996
Cambio de eficiencia técnica	1,0000	1,4299	0,9465	1,0000	1,0000	1,1266	0,6331	1,0000	1,0000	1,1677	0,3914	3,9348	0,8823	1,0000	1,0000	1,0000	1,4140	0,9328	1,1288	1,0000	1,3290
Cambio de eficiencia tecnológica	0,3796	0,6889	0,9088	0,9518	0,8715	0,8982	1,3846	1,0101	0,9541	0,8622	0,3528	1,7824	0,8620	0,7067	0,9299	0,5953	0,7257	0,9351	0,6692	1,7398	0,7490
Índice de Malmquist	0,3796	0,9851	0,8601	0,9518	0,8715	1,0119	0,8765	1,0101	0,9541	1,0067	0,1381	7,0132	0,7605	0,7067	0,9299	0,5953	1,0261	0,8723	0,7554	1,7398	0,9954

Tabla 4.12: Cambios en las eficiencias presentes en las universidades del Ecuador para el periodo 2014-2015. Fuente: Propia.

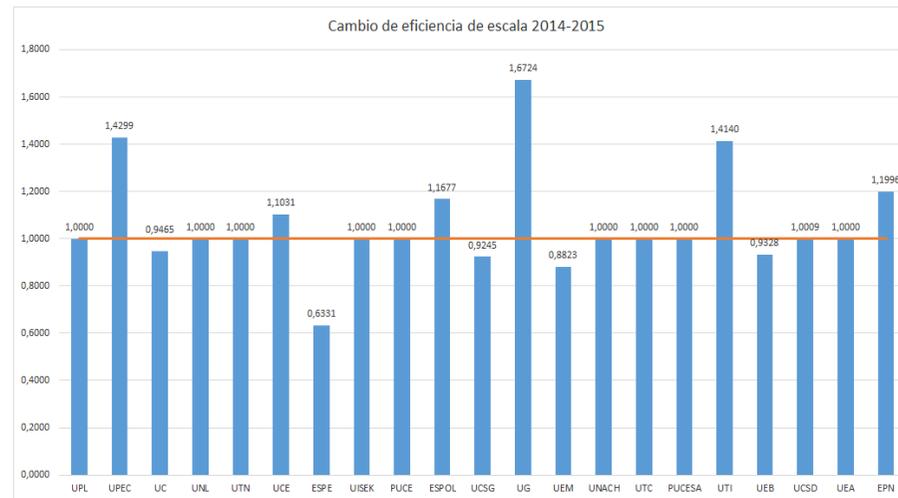


Figura 4.22: Cambio en la eficiencia de escala en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.

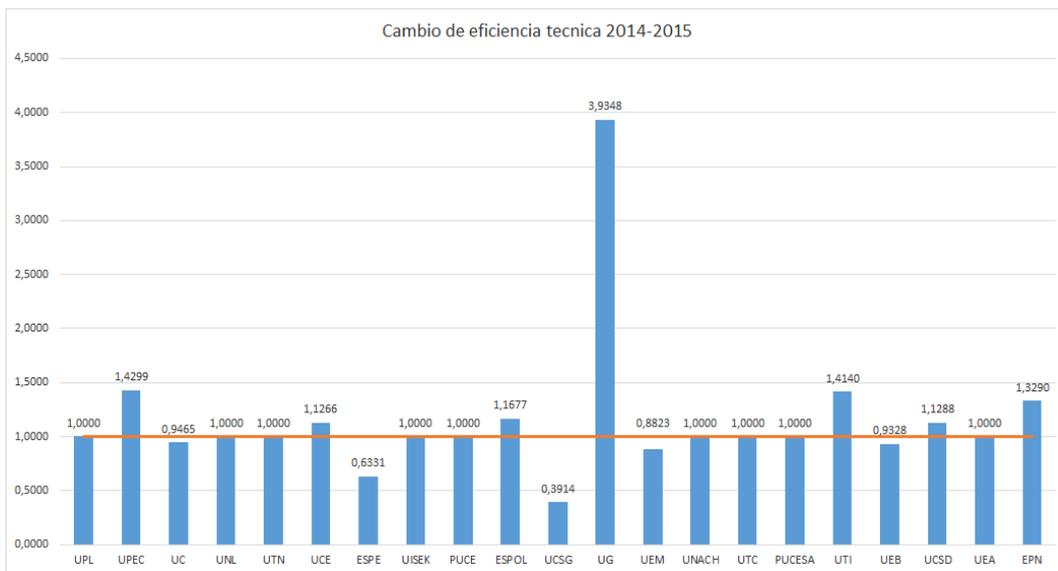


Figura 4.23: Cambio en la eficiencia técnica en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.

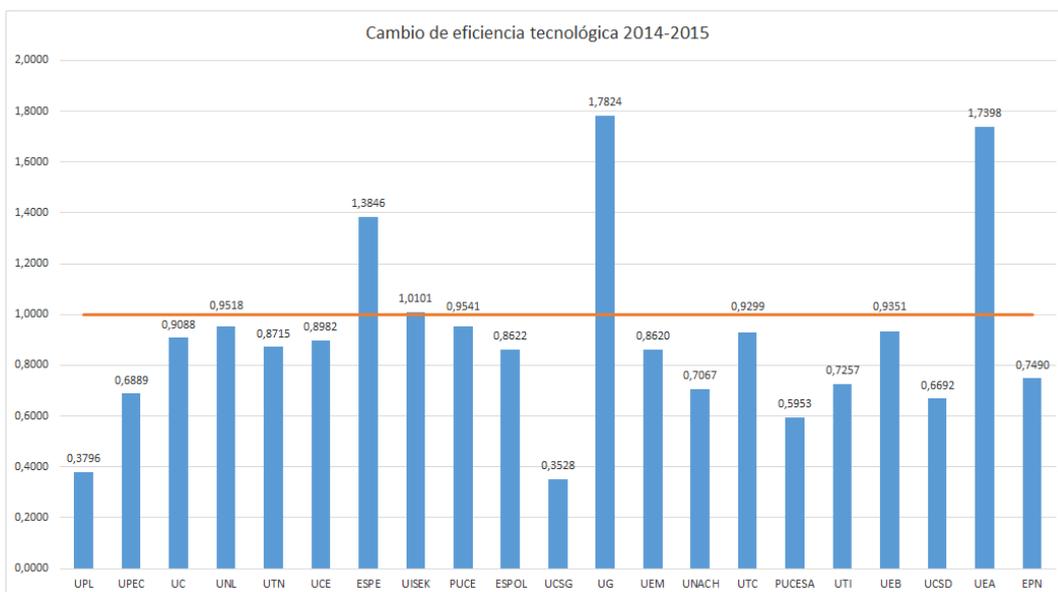


Figura 4.24: Cambio en la eficiencia tecnológica en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.

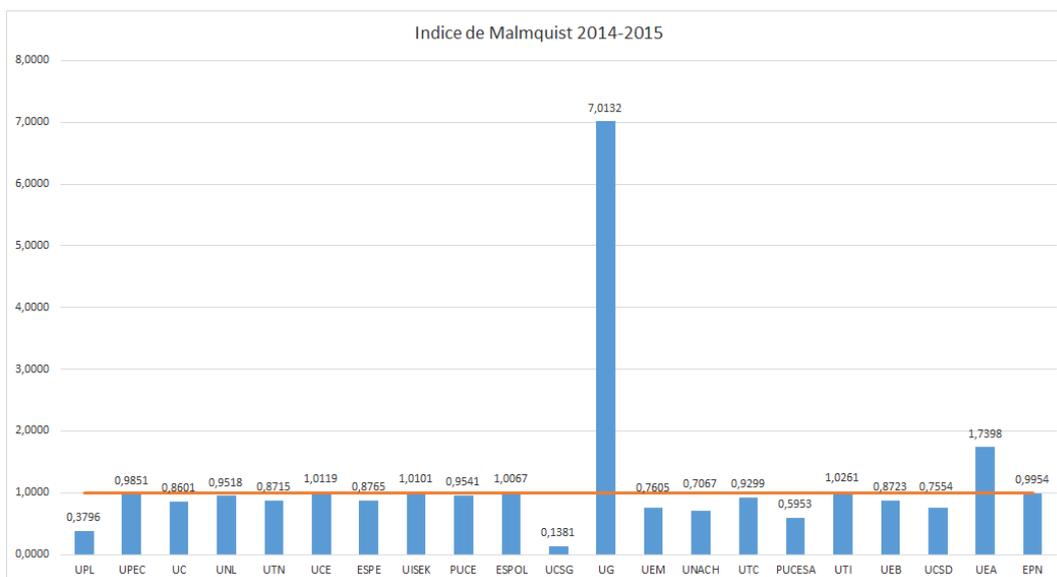


Figura 4.25: Índice de Mailmquist en las universidades de Ecuador en el período 2014-2015. Fuente: Propia.

En la tabla 4.12 se presentan los cambios en la eficiencia que han sufrido las universidades en Ecuador donde se puede observar que existe cambio en la eficiencia técnica pura donde siete bibliotecas (33 %) aumentan su eficiencia, y una biblioteca aumenta su eficiencia en más de 100 %, cinco bibliotecas aumentan su eficiencia entre el 1 % y el 50 % y una biblioteca entre el 0 % y el 1 %, nueve bibliotecas (43 %) mantienen su eficiencia tecnica pura en el mismo nivel y cinco bibliotecas (24 %) disminuyen su eficiencia donde entre 0 % y 60 %.

También se observa que 5 bibliotecas (24 %) mejoran con respecto a su eficiencia de escala, y 2 bibliotecas aumentan en más del 50 %, una biblioteca avanza entre 0 % y 50 %, ninguna biblioteca mantiene la misma eficiencia en ambos periodos y 16 bibliotecas (76 %) disminuyen su eficiencia, donde 9 bibliotecas disminuyen entre 0 % y 25 %, 5 bibliotecas disminuyen entre el 25 % y 50 % y 2 bibliotecas disminuyen más de un 50 %.

Se puede observar que 5 de 21 bibliotecas (24 %) mejoraron su eficiencia técnica, de las cuales una biblioteca mejora más de un 100 %, una biblioteca mejora más de

un 50 %, y 3 bibliotecas mejoran entre el 0 % y el 25 %. También se obtiene que 3 bibliotecas (14 %) mantienen la misma eficiencia en los dos periodos de análisis y que 13 bibliotecas (62 %) disminuyen su eficiencia donde 9 bibliotecas disminuyen entre el 0 % y el 25 %, 3 bibliotecas disminuyen entre 25 % y 50 % y una biblioteca disminuye su eficiencia en mas de un 50 %.

En cuanto al cambio del progreso se puede observar que 4 bibliotecas (19 %) progresan entre el año 2014-2015 donde 2 progresa más del 50 %, y 2 se encuentra entre el 0 % y el 50 %. También se obtiene que no existen bibliotecas que se mantengan en el mismo estado de progreso y que 17 bibliotecas (81 %) retroceden en su progreso de las cuales 9 bibliotecas retroceden entre el 0 % y el 25 %, 6 bibliotecas retroceden entre el 25 % y el 50 % y 2 bibliotecas retroceden más del 50 %.

En el índice el malquist se puede observar que 5 bibliotecas (24 %) mejoraron su eficiencia global donde una biblioteca avanza más de un 100 %, una avanza más de un 50 %, 2 avanzan entre el 1 % y 50 % y 1 avanzan en una cantidad mínima menor al 0.1 %. También se obtiene que no existen bibliotecas que mantengan la misma eficiencia en los dos periodos de análisis y que 16 bibliotecas (76 %) disminuyen su eficiencia donde 6 bibliotecas disminuyen su eficiencia entre el 0 % y el 25 %, 4 bibliotecas disminuyen entre el 25 % y el 50 % y 6 disminuyen más de un 50 %.

4.5. Análisis por escenarios

4.5.1. Propósito del estudio

La economía ecuatoriana ha presentado un robusto y continuado crecimiento desde enero del año 2000, cuando el gobierno dirigido por Jamil Mahuad propuso adquirir como moneda nacional el Dólar estadounidense para hacer frente a la devaluación de la moneda como consecuencia de la inflación provocada por la crisis financiera. No obstante, ésta medida y la crisis financiera desatada por el rescate de numerosos

bancos que finalmente terminaron desapareciendo, el aumento del desempleo y el subempleo, la reducción del gasto social, la elevación de los costes de los servicios y el cierre del 70 % de las instituciones financieras del país provocaron su destitución. Actualmente representa la octava economía más grande de América Latina, y ha evitado, gracias a la transformación de la moneda nacional, la recesión económica durante la crisis económica global de 2009. Actualmente, Ecuador centra sus esfuerzos en diversificar su matriz energética e incrementar la inversión pública en infraestructuras: hidroeléctricas, carreteras, aeropuertos, hospitales, colegios, etc.

Sin embargo, las entidades públicas están supeditadas a los fines y objetivos de la ideología del partido político que preside el país en su mayoría. Según la visión de la mayor parte de los integrantes del gobierno, se realiza anualmente un presupuesto económico para sustentar con fondos públicos las infraestructuras públicas del país. La propuesta de nuevos presupuestos tiene como consecuencia la posible variación de variables tales como personal público asignado a las infraestructuras públicas como hospitales, universidades, colegios, etc. En esta sección se propone un modelo probabilístico para analizar la eficiencia de las bibliotecas de las universidades públicas de Ecuador en función de distintos escenarios de presupuestos económicos. La asignación de personal a tiempo completo dedicado a las actividades de gestión y administración de la biblioteca, cursos de formación, catalogación, adquisición de volúmenes, servicios de préstamo, etc. Todo esto tiene como consecuencia la posible variación de la eficiencia de las mismas.

La política tanto universitaria como bibliotecaria actúa directamente en la asignación de recursos en la biblioteca, teniendo mayor impacto en la contratación de personal para realizar las actividades de los servicios que oferta, se analiza la eficiencia de las bibliotecas sin variar las magnitudes de las restantes variables inputs considerando diversos escenarios de variación de la variable personal.

4.5.2. CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

Para analizar las posibles variaciones presupuestarias y su impacto e los recursos de la biblioteca, se han considerado cuatro escenarios posibles:

1. Incremento del personal de la biblioteca en un 30 %
2. Incremento del personal de la biblioteca en un 10 %
3. Decremento del personal de la biblioteca en un 10 %
4. Decremento del personal de la biblioteca en un 30 %

Mediante los datos históricos de las bibliotecas de las universidades públicas de Ecuador, se ha calculado para cada variable de salida:

- a) El ratio máximo entre la variable output y el personal a tiempo completo de la biblioteca
- b) El ratio mínimo entre la variable output y el personal a tiempo completo de la biblioteca
- c) El ratio promedio entre la variable output y el personal a tiempo completo de la biblioteca

De este modo, se han construido tres tipos de escenarios posibles:

- a) Escenario optimista: considera para los cuatro escenarios posibles la consideración de incremento / decremento del personal a tiempo completo ($PC_{nuevo_escenario_i}$) y como variables de salida, el resultado de multiplicar el nuevo valor de la variable persona a tiempo completo y el ratio máximo histórico entre la variable output y el personal de la serie. Es decir:

$PC_{nuevo_escenario_i}$ = Valor de la variable personal a tiempo completo asignado a la biblioteca bajo el escenario i

$$Output_{nuevo_escenario_i} = PC_{nuevo_escenario_i} \left(\underset{j=2013,2014,2015}{max} \right) \frac{Output_i}{Personal_tiempo_completo_j}$$

- b) Escenario pesimista: considera para los cuatro escenarios posibles la consideración de incremento / decremento del personal a tiempo completo ($PC_{nuevoescenario_i}$)

y como variables de salida, el resultado de multiplicar el nuevo valor de la variable persona a tiempo completo y el ratio mínimo histórico entre la variable output y el personal de la serie. Es decir:

$PC_{nuevo_escenario_i}$ = Valor de la variable personal a tiempo completo asignado a la biblioteca bajo el escenario i.

$$Output_{nuevo_escenario_i} = PC_{nuevo_escenario_i} \left(\underset{j=2013,2014,2015}{min} \right) \frac{Output_i}{Personal_tiempo_completo_j}$$

- c) Escenario promedio: considera para los cuatro escenarios posibles la consideración de incremento / decremento del personal a tiempo completo ($PC_{nuevo_escenario_i}$) y como variables de salida, el resultado de multiplicar el nuevo valor de la variable persona a tiempo completo y el ratio ponderado entre el máximo, mínimo y valor promedio histórico entre la variable output y el personal de la serie. Es decir:

$PC_{nuevo_escenario_i}$ = Valor de la variable personal a tiempo completo asignado a la biblioteca bajo el escenario i.

$$Sea Output_{i,max} = \left(\underset{j=2013,2014,2015}{max} \right) \frac{Output_i}{Personal_tiempo_completo_j}$$

$$Sea Output_{i,min} = \left(\underset{j=2013,2014,2015}{min} \right) \frac{Output_i}{Personal_tiempo_completo_j}$$

$$Sea Output_{i,promedio} = \frac{\sum_{j=2013}^{2015} \frac{Output_i}{Personal_tiempo_completo_j}}{3}$$

$$Output_{nuevo_escenario_i} = PC_{nuevo_escenario_i} \frac{Output_{i,min} + 4Output_{i,mean} + Output_{i,max}}{6}$$

Tomando en cuenta lo anterior se obtuvo los siguientes resultados:

En la figura 4.26 se observa que 5 bibliotecas tienen una eficiencia inferior al 30 %, siendo la UCE la biblioteca mas ineficiente con el 1.26 %, teniendo muy poca variación en los 12 escenarios propuestos. En contraposición seis bibliotecas son eficientes en todos los escenarios y diez bibliotecas tienen eficiencias que varían entre el 30 % y el 98 %, siendo la PUCE con el 98 % la que mas se acerca a la eficiencia.

DEA de una etapa

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
Escenario 1	1,0000	0,3097	0,1399	1,0000	0,0549	0,0188	1,0000	1,0000	1,0000	0,2985	0,0059	1,0000	0,1973	1,0000	0,7954	1,0000	0,3601	0,5082	0,7068	1,0000	0,0190
Escenario 2	1,0000	0,3097	0,1310	1,0000	0,0551	0,0188	1,0000	1,0000	1,0000	0,2972	0,0059	1,0000	0,1973	1,0000	0,7954	1,0000	0,3601	0,5082	0,7068	1,0000	0,0433
Escenario 3	1,0000	0,3097	0,1323	1,0000	0,0556	0,0188	1,0000	1,0000	1,0000	0,2972	0,0059	1,0000	0,1973	1,0000	0,7954	1,0000	0,3601	0,5082	0,7069	1,0000	0,0190
Escenario 4	1,0000	0,3097	0,1363	1,0000	0,0549	0,0188	1,0000	1,0000	1,0000	0,2972	0,0059	1,0000	0,1973	1,0000	0,7954	1,0000	0,3601	0,5082	0,7068	1,0000	0,0190
Escenario 5	1,0000	0,7814	0,3429	1,0000	0,0723	0,0078	0,5046	1,0000	1,0000	0,4463	0,0081	0,0841	0,5480	1,0000	0,7137	1,0000	0,9225	1,0000	0,7439	1,0000	0,2173
Escenario 6	1,0000	0,8387	0,5416	1,0000	0,4656	0,0066	0,5046	1,0000	1,0000	0,3784	0,0163	0,1260	0,5988	1,0000	0,7238	1,0000	0,9971	1,0000	0,7447	1,0000	0,2360
Escenario 7	1,0000	0,8960	0,7404	1,0000	1,0000	0,0054	0,5046	1,0000	1,0000	0,3089	0,0054	0,1680	0,6496	1,0000	0,7339	1,0000	1,0000	1,0000	0,7455	1,0000	0,2547
Escenario 8	1,0000	0,9090	0,8377	1,0000	1,0000	0,0042	0,5046	1,0000	1,0000	0,2403	0,0940	0,2098	0,7003	1,0000	0,7438	1,0000	1,0000	1,0000	0,7463	1,0000	0,2734
Escenario 9	1,0000	0,3060	0,1546	1,0000	0,0767	0,0166	1,0000	1,0000	1,0000	0,4738	0,0084	1,0000	0,0173	1,0000	0,7011	1,0000	0,3848	0,7534	1,0000	1,0000	0,1513
Escenario 10	1,0000	0,3878	0,1308	1,0000	0,0648	0,0141	1,0000	1,0000	1,0000	0,4009	0,0071	1,0000	0,0505	1,0000	0,7269	1,0000	0,5131	0,8807	0,8580	1,0000	0,1947
Escenario 11	1,0000	0,4532	0,1070	1,0000	0,0530	0,0115	1,0000	1,0000	1,0000	0,3282	0,0062	1,0000	0,2864	1,0000	0,7527	1,0000	0,5741	1,0000	0,7020	1,0000	0,2365
Escenario 12	1,0000	0,5185	0,0832	1,0000	0,0413	0,0090	1,0000	1,0000	0,8919	0,2552	0,0045	1,0000	0,5103	1,0000	0,7786	1,0000	0,6351	1,0000	0,5459	1,0000	0,2784
PONDERACIÓN	1	0,4719	0,2043	1	0,1542	0,0126	0,9174	1	0,9819	0,3498	0,0105	0,8578	0,2809	1	0,7472	1	0,5744	0,8570	0,7596	1	0,1885

Tabla 4.13: Eficiencia de un modelo DEA de una etapa aplicada a los escenarios.

79



Figura 4.26: Eficiencia ponderada de un modelo DEA de una etapa con escenarios

DEA de dos etapas

-	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG
Escenario 1	-0,0000	-1.301.941,1648	-284.536,5743	-0,0000	-1.985.478,4273	-1.739.348,3833	-1.325.134,6692	-0,0000	-5.136.276,2767	-0,1125	-995.410,2439
Escenario 2	-0,0000	-1.298.396,3527	-284.535,9918	-0,0027	-0,0242	-1.707.583,8720	-1.309.555,6064	-0,0000	-4.795.843,7764	-0,0000	-1.005.336,3412
Escenario 3	-0,0000	-1.270.677,0226	-284.535,4093	-0,0004	-0,0001	-1.690.342,0768	-1.380.556,6484	-0,0000	-4.585.437,3488	-0,0004	-1.021.247,4513
Escenario 4	-0,0000	-1.202.479,8250	-284.534,8267	-0,0012	-3.126.395,9245	-44.572,3993	-1.829.657,2917	-0,0000	-4.541.415,4046	-0,1455	-1.042.809,3467
Escenario 5	-0,0019	-5.818,6344	-87.590,6466	-2.461.722,6501	-0,0000	-10.697,9339	-8.402,7840	-0,0000	-0,0000	-0,0042	-53.338,1922
Escenario 6	-0,0004	-5.757,3909	-87.545,2596	-0,0000	-0,0000	-10.530,2043	-8.401,8198	-0,0000	-0,0000	-0,0000	-46.334,4208
Escenario 7	-0,0000	-5.696,1468	-87.499,8726	-0,0000	-0,0000	-10.362,4784	-8.400,8568	-0,0000	-0,0000	-0,0001	-39.330,6509
Escenario 8	-0,0000	-5.634,9024	-87.454,4857	-0,0000	-0,0004	-10.194,7468	-8.399,8929	-0,0000	-0,0000	-0,0001	-32.326,8780
Escenario 9	-0,0000	-6.698,0527	-84.114,8862	-0,0000	-0,0000	-82.149,9620	-0,0001	-3.320.195,6563	-6.411.108,1340	-0,0043	-3.219.833,4347
Escenario 10	-0,0000	-6.558,1755	-84.053,7236	-0,0000	-0,0000	-70.748,8913	-0,0002	-0,0000	-5.474.473,3311	-0,0000	-3.262.812,4154
Escenario 11	-0,0000	-6.418,2997	-83.992,5610	-0,0000	-0,0001	-59.347,8216	-0,0003	-0,0000	-4.504.421,0746	-0,0398	-0,0016
Escenario 12	-0,0000	-6.278,4240	-83.931,3985	-0,0000	-0,0002	-1.536.002,8899	-0,0003	-0,0000	-4.463.624,2717	-0,0354	-2.502.986,7721

Tabla 4.14: Eficiencia DEA de dos etapas aplicada a los escenarios DMU1-DMU11.

80

-	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
Escenario 1	-4.895.318,2901	-1.371.750,9318	-1.719.248,2495	-1.263.696,7640	-0,0000	-1.418.884,8791	-139.426,1116	-1.673.428,2146	-468.076,4719	-243.413,1601
Escenario 2	-4.488.053,0581	-1.399.419,5924	-1.740.908,4280	-1.398.197,3455	-0,0000	-1.397.996,3584	-139.426,0644	-1.533.417,1565	-457.361,3432	-243.413,1601
Escenario 3	-4.277.813,5096	-1.430.503,4321	-1.374.111,5216	-1.463.247,9123	-0,0000	-1.372.024,9780	-139.426,0196	-1.731.129,8305	-436.515,2036	-243.413,1601
Escenario 4	-4.592.371,1107	-1.433.631,9072	-1.366.174,3211	-1.314.517,4694	-0,0000	-1.337.500,8246	-1.785.762,4644	-1.553.065,9291	-399.660,1268	-243.413,1600
Escenario 5	-61.741,5834	-218.836,6564	-0,0000	-64.544,7235	-83.300,2311	-0,0000	-0,0000	-6.106,6000	-0,0000	-82.754,4612
Escenario 6	-56.219,9069	-185.439,4527	-0,0000	-54.660,6836	-100.951,9477	-0,0000	-0,0000	-5.317,7000	-0,0000	-71.334,5119
Escenario 7	-50.698,2305	-152.042,2490	-0,0000	-44.776,6439	-0,0000	-0,0000	-0,0000	-92.150,8807	-0,0000	-1.204.531,1949
Escenario 8	-45.176,5541	-118.645,0453	-0,0000	-34.892,6036	-0,0000	-0,0009	-0,0001	-3.739,9000	-0,0000	-48.494,6130
Escenario 9	-0,0023	-486.239,5413	-0,0000	-112.479,4516	-0,0000	-82.119,1832	-0,0006	-4.377,8196	-0,0000	-282.625,7767
Escenario 10	-0,0010	-411.735,8002	-0,0000	-95.225,3689	-4.598.296,7415	-70.023,6406	-0,0000	-3.816,8018	-0,0000	-240.747,9485
Escenario 11	-0,0000	-337.232,0653	-0,0000	-77.971,2852	-0,0000	-57.928,0981	-0,0000	-3.255,7891	-0,0000	-198.870,1203
Escenario 12	-0,0000	-262.728,3183	-0,0001	-60.717,2020	-2.601.690,7720	-45.832,5555	-0,0000	-2.188.546,4664	-0,0000	-156.992,2921

Tabla 4.15: Eficiencia DEA de dos etapas aplicada a los escenarios DMU12-DMU21.

DEA de tres etapas

DMU	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG
Escenario 1	1,000000000017	0,474421005096	0,942969832443	1,000000000000	1,000000000000	0,119441478285	1,000000000020	1,000000000018	1,000000000042	1,000000000000	1,000000000003
Escenario 2	1,000000000024	0,474421005097	0,942969831706	1,000000000000	1,000000000000	0,119441478172	1,000000000015	1,000000000024	1,000000000001	1,000000004523	1,000000000004
Escenario 3	1,000000000022	0,474421007324	0,942969832155	1,000000000000	1,000000000000	0,119441481068	1,000000000001	1,000000000081	1,000000000016	1,000000000000	1,000000000031
Escenario 4	1,000000000000	0,474421008562	0,942969831706	1,000000000001	1,000000000000	0,119441480934	1,000000000000	1,000000000046	1,000000000000	1,000000000002	1,000000000000
Escenario 5	1,00000001269	0,914634146373	0,989562609436	1,000000000620	1,000000002486	0,175303492538	0,512992885651	1,000000000000	1,000000000026	1,000000004892	0,591470011138
Escenario 6	1,000000000000	0,914634146376	0,989562609429	1,000000000640	1,000000000911	0,175303495272	0,512992885662	1,000000000000	1,000000000001	1,000000000096	0,591470011114
Escenario 7	1,000000000000	0,914634146341	0,989562609412	1,000000000067	1,000000000555	0,175303491970	0,512992885409	1,000000000000	1,000000000000	1,000000000121	0,591470012432
Escenario 8	1,000000000001	0,914634146364	0,989562609412	1,000000000016	1,000000000524	0,175303491975	0,512992885883	1,000000000007	1,000000000031	1,000000000000	0,591470012069
Escenario 9	1,000000000000	0,719562904942	0,986520715544	1,000000000000	1,000000000000	0,145703837553	1,000000002162	1,000000000017	1,000000000000	1,000000000058	1,000000000000
Escenario 10	1,000000000012	0,719562905158	0,986520715544	1,000000000673	1,000000000000	0,145703837587	1,000000001741	1,000000006586	1,000000000000	1,000000000000	1,000000000000
Escenario 11	1,000000000001	0,719562904941	0,986520715961	1,000000007907	1,000000000000	0,145703837564	1,000000001067	1,000000000058	1,000000000028	1,000000003983	1,000000001160
Escenario 12	1,000000000000	0,719562904942	0,986520715544	1,000000005958	1,000000000000	0,145703837569	1,000000000443	1,000000000000	1,000000000013	1,000000000000	1,000000000032
PONDERACIÓN	1,000000000058	0,711217795478	0,979769217336	1,000000003462	1,000000000187	0,146260053804	0,918832148508	1,000000001117	1,000000000012	1,000000001075	0,931911668815

Tabla 4.16: Eficiencia DEA de tres etapas aplicada a los escenarios DMU1-DMU11.

DMU	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
Escenario 1	1,000000000000	0,857768056958	1,000000000000	0,872046758770	1,000000000000	0,555588734248	0,772340854104	0,511101533702	1,000000000013	0,498251681966
Escenario 2	1,000000000000	0,857768055725	1,000000000014	0,872046758788	1,000000000000	0,555588734249	0,772340853867	0,511101533705	1,000000000058	0,498251681956
Escenario 3	1,000000000000	0,857768056334	1,000000000007	0,872046758884	1,000000000000	0,555588734249	0,772340853948	0,511101533701	1,000000000000	0,498251681954
Escenario 4	1,000000000000	0,857768052516	1,000000000000	0,872046758575	1,000000000000	0,555588734249	0,772340853898	0,511101533701	1,000000000011	0,498251681946
Escenario 5	0,363752287404	0,848832969155	1,000000000000	0,778803244453	1,000000000000	1,000000000000	1,000000000015	0,750000000703	1,000000000010	0,346252084320
Escenario 6	0,363752288275	0,848832968809	1,000000000056	0,778803244416	1,000000000000	1,000000000026	1,000000005060	0,750000000263	1,000000000018	0,346252083409
Escenario 7	0,363752288736	0,848832968657	1,000000000000	0,778803244701	1,000000006724	1,000000000001	1,000000000000	0,750000001191	1,000000000014	0,346252082785
Escenario 8	0,363752287393	0,848832968652	1,000000000000	0,778803246466	1,000000003470	1,000000000000	1,000000000000	0,750000001226	1,000000000000	0,346252082785
Escenario 9	1,000000000000	0,950602270491	1,000000000000	0,855368092172	1,000000000001	0,826920380532	1,000000003799	0,541777228196	1,000000000000	0,435405962985
Escenario 10	1,000000000000	0,950602270095	1,000000000000	0,855368092611	1,000000000001	0,826920378504	1,000000001343	0,541777227272	1,000000004921	0,435405963023
Escenario 11	1,000000002065	0,950602270096	1,000000000000	0,855368092420	1,000000000000	0,826920378506	1,000000000000	0,541777227238	1,000000000000	0,435405965297
Escenario 12	1,000000000888	0,950602270169	1,000000000000	0,855368093161	1,000000000000	0,826920378557	1,000000000010	0,541777227273	1,000000000000	0,435405964902
PONDERACIÓN	0,893958715151	0,918168350842	1,000000000003	0,845387062354	1,000000000425	0,810545041726	0,962056810062	0,571368407421	1,000000000825	0,431021270248

Tabla 4.17: Eficiencia DEA de tres etapas aplicada a los escenarios DMU11-DMU21.



Figura 4.27: Eficiencia ponderada de un modelo DEA de tres etapas con escenarios

En la figura 4.27 se observa que la biblioteca UCE vuelve a ser la más eficiente con el 14,6 % respecto al análisis con una etapa. Dos bibliotecas tienen una eficiencia menor al 50 %, la UCE y EPN. Comparando con el análisis en una etapa, todas las bibliotecas elevan su nivel de eficiencia, siendo nueve bibliotecas eficientes y diez con niveles entre el 70 % y 97 %.

4.5.3. Análisis con datos inexactos

Para un nuevo análisis de las eficiencias presentes en las bibliotecas se aplicará el modelo propuesto por que utiliza datos inexactos, donde, es necesario dos límites, un límite superior (X_U , Y_U) y un límite inferior (X_L , Y_L). Por lo que se definen los seis escenarios siguientes:

Escenario A

Donde: X_U y Y_U es igual a los datos de entrada y salida del escenario 1 y X_L y Y_L es igual a los datos de entrada y salida del escenario 4.

Escenario B

Donde: X_U y Y_U es igual a los datos de entrada y salida del escenario 2 y X_L y Y_L es igual a los datos de entrada y salida del escenario 3.

Escenario C

Donde: X_U y Y_U es igual a los datos de entrada y salida del escenario 5 y X_L y Y_L es igual a los datos de entrada y salida del escenario 8.

Escenario D

Donde: X_U y Y_U es igual a los datos de entrada y salida del escenario 6 y X_L y Y_L es igual a los datos de entrada y salida del escenario 7.

Escenario E

Donde: X_U y Y_U es igual a los datos de entrada y salida del escenario 9 y X_L y Y_L es igual a los datos de entrada y salida del escenario 12.

Escenario F

Donde: X_U y Y_U es igual a los datos de entrada y salida del escenario 10 y X_L y Y_L es igual a los datos de entrada y salida del escenario 11.

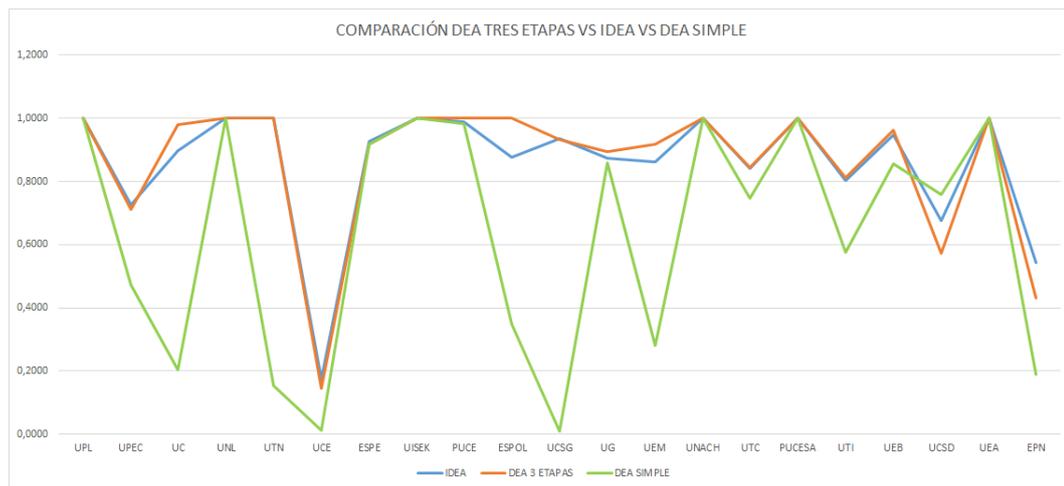


Figura 4.28: Eficiencias ponderadas de los modelos IDEA, DEA en tres etapas y DEA simple

ESCENARIO A	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
EFICIENCIA	1,0000	0,5966	1,0000	1,0000	1,0000	0,1616	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6819	1,0000	0,8379	1,0000	0,7537
h_0^*	1,0000	0,5966	1,0000	1,0000	1,0000	0,1616	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6819	1,0000	0,8379	1,0000	0,7537
hL	1,0000	0,4740	0,9145	1,0000	1,0000	0,0974	1,0000	1,0000	1,0000	0,6980	1,0000	1,0000	0,8251	1,0000	0,8665	1,0000	0,5508	0,7584	0,5107	1,0000	0,4739

Tabla 4.18: IDEA aplicado a escenario optimista $\pm 30\%$

ESCENARIO B	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
EFICIENCIA	1,0000	0,4740	0,9328	1,0000	1,0000	0,1072	1,0000	1,0000	1,0000	0,9567	1,0000	1,0000	0,8612	1,0000	0,8808	1,0000	0,5508	0,7917	0,5517	1,0000	0,5578
h_0^*	1,0000	0,4740	0,9328	1,0000	1,0000	0,1072	1,0000	1,0000	1,0000	0,9567	1,0000	1,0000	0,8612	1,0000	0,8808	1,0000	0,5508	0,7917	0,5517	1,0000	0,5578
hL	1,0000	0,4740	0,9145	1,0000	1,0000	0,0974	1,0000	1,0000	1,0000	0,6980	1,0000	1,0000	0,8251	1,0000	0,8665	1,0000	0,5508	0,7584	0,5107	1,0000	0,4739

Tabla 4.19: IDEA aplicado a escenario optimista $\pm 10\%$

ESCENARIO C	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
EFICIENCIA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,2478	0,7677	1,0000	1,0000	1,0000	0,6654	0,3589	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5187
h_0^*	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4603	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6665	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9632
hL	1,0000	0,4922	0,5281	1,0000	1,0000	0,0938	0,2758	1,0000	1,0000	0,9372	0,3020	0,1869	0,4453	1,0000	0,4159	1,0000	0,6645	1,0000	0,4035	1,0000	0,1799

Tabla 4.20: IDEA aplicado a escenario pesimista $\pm 30\%$

ESCENARIO D	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
EFICIENCIA	1,0000	0,9161	0,9906	1,0000	1,0000	0,1743	0,5122	1,0000	1,0000	1,0000	0,5763	0,3549	0,8559	1,0000	0,7895	1,0000	1,0000	1,0000	0,8142	1,0000	0,3904
h_0^*	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,2130	0,6260	1,0000	1,0000	1,0000	0,7044	0,4338	1,0000	1,0000	0,9650	1,0000	1,0000	1,0000	0,9951	1,0000	0,4772
hL	1,0000	0,7479	0,8025	1,0000	1,0000	0,1426	0,4190	1,0000	1,0000	1,0000	0,4638	0,2872	0,6793	1,0000	0,6327	1,0000	1,0000	1,0000	0,6132	1,0000	0,2749

Tabla 4.21: IDEA aplicado a escenario pesimista $\pm 10\%$

ESCENARIO E	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
EFICIENCIA	1,0000	0,9080	1,0000	1,0000	1,0000	0,1983	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8927	1,0000	0,6662
h_0^*	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3682	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
hL	1,0000	0,3809	0,5256	1,0000	1,0000	0,0701	0,9488	1,0000	0,8868	0,3743	1,0000	0,8011	0,4782	1,0000	0,4545	1,0000	0,4362	0,7449	0,2915	1,0000	0,2192

Tabla 4.22: IDEA aplicado a escenario promedio $\pm 30\%$

ESCENARIO F	UPL	UPEC	UC	UNL	UTN	UCE	ESPE	UISEK	PUCE	ESPOL	UCSG	UG	UEM	UNACH	UTC	PUCESA	UTI	UEB	UCSD	UEA	EPN
EFICIENCIA	1,0000	0,7189	0,9922	1,0000	1,0000	0,1350	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9664	1,0000	0,8616	1,0000	0,8211	1,0000	0,5878	1,0000	0,4833
h_0^*	1,0000	0,8787	1,0000	1,0000	1,0000	0,1650	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7184	1,0000	0,5906
hL	1,0000	0,5841	0,8003	1,0000	1,0000	0,1085	1,0000	1,0000	1,0000	0,7014	1,0000	1,0000	0,7357	1,0000	0,6921	1,0000	0,6677	1,0000	0,4430	1,0000	0,3365

Tabla 4.23: IDEA aplicado a escenario promedio $\pm 10\%$

Se observa en la figura 4.28, que los resultados del DEA de tres etapas y el IDEA, coinciden en un 90 %, con ligeras variaciones en la UNL, ESPOL, UEM. Con respecto al DEA simple, existe diferencias significativas con la UC, UCSG, UEM, UTI, esto se debe a los cambios bruscos en los valores de eficiencia cuando se cambian los escenarios, en el caso de la UC, la eficiencia varía desde 0.1 hasta 0.8 dependiendo del escenario propuesto.

En el caso de la UCSG y UTI, las diferencias son más marcadas, ya que con el análisis DEA simple, sus eficiencias están en el orden a 0.1, mientras que con los otros dos análisis tienen una eficiencia superior a 0.8; lo cual indica la influencia que tienen las variaciones de personal en el valor de eficiencia y el modelo utilizado.

4.6. Políticas para mejorar la eficiencia de las bibliotecas

- Realizar los estudios de eficiencia y cambio de productividad anualmente para observar las variaciones de los índices.
- Como una consecuencia del apartado anterior, en la evaluación institucional que se realiza a las bibliotecas debe constar como obligatorio realizar el cálculo de la eficiencia dentro de los indicadores para la acreditación.

4.7. Conclusiones

- Aplicando el método DEA de una etapa, aproximadamente el 50 % de las bibliotecas son eficientes en el periodo 2013-2015. Coincidiendo en 8 de las bibliotecas y con pequeñas variaciones en tres restantes.
- En la aplicación del método DEA de tres etapas las bibliotecas eficientes varían entre 12 y 13 en el primer periodo estudiado.

- Cuando se utiliza el método DEA de tres etapas, en los tres años analizados en la primera etapa entre 12 y 14 bibliotecas son eficientes, tras analizar la tercera etapa entre una y tres bibliotecas tienen una eficiencia superior al 90 %.

Capítulo 5

Conclusiones y líneas futuras de investigación

5.1. Conclusiones

- En base a conversaciones con los encargados de las bibliotecas universitarias se observó que:
 - I) La información anterior al año 2013 no existe o esta incompleta.
 - II) El personal es insuficiente o no cuantificado en el ámbito de la bibliotecología.
 - III) El proceso de adquisición de material bibliográfico, físico y digital (base de datos) toma demasiado tiempo lo cual impide una actualización efectiva de la bibliografía.
- En el método DEA de una etapa entre 11 y 12 bibliotecas son eficientes a lo largo del periodo 2013-2015 coincidiendo en 11 bibliotecas. En tres bibliotecas su índice de eficiencia es menor al 20 %.
- Con el método DEA de tres etapas, tienen como resultado las mismas bibliotecas eficientes en relación al modelo de una etapa en los años 2013 y 2014 mientras que para el año 2015, una biblioteca deja de ser eficiente.

- La biblioteca más eficiente es la Universidad de Guayaquil, porque además de ser eficiente en el año 2015, tiene crecimientos de más de un 10 % en el primer intervalo (2013-2014) y en más de un 50 % en el segundo (2014-2015).
- Las universidades UCSG y UPL son la que menos avance tienen en relación a la eficiencia técnica pura, eficiencia de escala y eficiencia tecnológica. En el primer caso en el año 2014-2015 su índice de Malmquist es 0.138 y en el segundo caso, el índice de Malmquist es 0.379 en el mismo periodo. Mientras que en el periodo 2013-2014 la UPL y la ESPE son las universidades de menor avance con 0.35 y 0.2 en el índice de Malmquist.

5.2. Líneas Futuras de Investigación

- Aplicar modelos de DEA con etapas intermedias en el modelo de Gestión de las bibliotecas universitarias en Ecuador.
- Desarrollar el modelo de análisis de escenarios incorporando funciones de riesgo apropiadas.
- A medida que crezca la informatización de las bibliotecas de las universidades públicas de Ecuador, crecerá el número de variables de recursos y servicios disponibles para monitorizar la gestión bibliotecaria. Se propone aplicar modelos DEA incorporando las nuevas variables, para establecer guías de actuación en la gestión bibliotecaria.
- Aplicar un modelo DEA cuando las bibliotecas universitarias mejoren la informatización de las mismas, en la que se tengan en cuenta presupuestos para construir fronteras de eficiencia a partir de modelos estocásticos.

5.3. Recomendaciones

- Se recomienda a la Asociación Ecuatoriana de Bibliotecarios crear una base de datos pública y común de todas las bibliotecas ecuatorianas, de fácil acceso para investigadores, para tener un conocimiento más amplio en la gestión de las bibliotecas.
- Se sugiere al Director de cada centro bibliotecario capacitar constantemente a los trabajadores de las bibliotecas universitarias en lo referente a la atención al cliente, la bibliotecología y la gestión en bibliotecas.
- Se recomienda a los bibliotecarios de cada centro universitario, socializar regularmente la importancia del uso de los recursos bibliográficos: libros y bases de datos, como elementos complementarios a la formación del docente y de los estudiantes, con el objetivo de optimizar la estructura física de las bibliotecas.
- Se sugiere a las autoridades de las universidades, prioricen la asignación de recursos para la adquisición de recursos bibliotecarios, físico y virtuales.

Bibliografía

- Afriat, S. (1973). Efficiency estimation of production functions. *International Economic Review*, 13(3):568–598.
- Agasisti, T. and Salerno, C. (2007). Assessing the cost efficiency of italian universities. *Education Economics*, 15(4):455–471.
- Angón Sánchez de Pedro, E. (2013). *Nivel de competitividad y eficiencia de la producción ganadera*. PhD thesis, Tesis para obtener el título de Doctor en Zootecnia y Gesti(ó)n Sostenible, Universidad de Cordoba, Cordoba, España.
- Anzola, L. J. E. (2013). Eficiencia técnica para las universidades públicas venezolanas a través del modelo de análisis de datos envolventes dea. *Revista Científica Teorías, Enfoques y Aplicaciones en las Ciencias Sociales*, 5(12):45–62.
- Apezteguía, B. I. and Gárate, M. R. (1996). Eficiencia técnica de la industria agroalimentaria de navarra. *Revista española de economía agraria*, (178):115–138.
- Banker, R. D. and Morey, R. C. (1986). Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. *Operations Research*, 34(4):513–521.
- Becerril-Torres, O. U., Licea, G. R., and Hernández, J. J. R. (2011). Eficiencia técnica del sector agropecuario de méxico: Una perspectiva de análisis envolvente de datos. *Economía*, 36(31):85–110.
- Bessent, A., Bessent, W., Kennington, J., and Reagan, B. (1982). An application of mathematical programming to assess productivity in the houston independent school district. *Management Science*, 28(12):1355–1367.

- Bhattacharyya, A., Lovell, C. K., and Sahay, P. (1997). The impact of liberalization on the productive efficiency of indian commercial banks. *European Journal of operational research*, 98(2):332–345.
- Bonifaz, J. L. and Santin, D. (2014). Eficiencia relativa de las empresas distribuidoras de energía eléctrica en el Perú: una aplicación del análisis envolvente de datos (dea). *Apuntes: Revista de Ciencias Sociales*, (47):111–138.
- Boxwell, R. J., Rubiera, I. V., McShane, B., and Zaratiegui, J. R. (1995). *Benchmarking para competir con ventaja*. McGraw-Hill.
- Cantus Pator, J. M., Oliva Llamazares, J. d. I., Rustarazo Perucha, G., et al. (2013). Evaluación de la eficiencia y productividad de la biblioteca universitaria de Alcalá de Henares a través de la técnica dea.
- CES, C. (2012). Reglamento de carrera y escalafón del profesor e investigador del sistema de educación superior. *Quito: CES*.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6):429–444.
- Chen, T.-y. (1997). A measurement of the resource utilization efficiency of university libraries. *International Journal of Production Economics*, 53(1):71–80.
- Coelli, T. (1998). A multi-stage methodology for the solution of orientated dea models. *Operations Research Letters*, 23(3):143–149.
- Coelli, T., Rao, D. P., and Battese, G. (1998). An introduction to efficiency and productivity analysis, kluwer academic publishers, boston.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., and Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.
- Coll, V. and Blasco, O. M. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Juan Carlos Martínez Coll.

- Cook, W. D., Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K. (2001). Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and dea-solver software.
- Cooper, B., Flood, B., and McNeill, G. (2002). *Como iniciar y administrar un restaurante*. Editorial Norma.
- Cordero, J. M. (2006). *Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el análisis envolvente de datos. Una aplicación a la educación secundaria en España*. PhD thesis, Tesis para obtener el título de Doctor en Economía, Universidad de Extremadura, Extremadura, España.
- Cordero, J. M., Pedraja, F., and Salinas, F. (2004). *Eficiencia en educación secundaria e inputs no controlables: sensibilidad de los resultados ante modelos alternativos*.
- Deprins, D. and Simar, L. (1984). Measuring labor efficiency in post office. In Marchand, M., Pestieau, P., and Tulkens, H. (eds.), *The performance of public enterprises: Concepts and measurements*.
- Easun, S. (1994). Beginner's guide to efficiency measurement. *School Library Media Quarterly*, 22(2):103–6.
- Eeckaut, P., Tulkens, H., and Jamar, M.-A. (1993). Cost efficiency in Belgian municipalities. *The Measurement of Productive Efficiency—Techniques and Applications*, pages 300–334.
- Fare, R., Grosskopf, S., and Logan, J. (1983). The relative efficiency of Illinois electric utilities. *International Economic Review*, 5(4):349–367.
- Fare, R., Grosskopf, S., and Lovell, C. K. (1994). *Production frontiers*. Cambridge University Press.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, pages 253–290.

- Franco, J., Banon, S., Fernandez, J., and Gonzalez, A. (1997). Metodo sencillo para testar la productividad en condiciones salinas del melon tipo galia. *Agricola Vergel*.
- Fried, H., Lovell, C. K., and Turner, J. (1996). An analysis of the performance of university-affiliated credit unions. *Computers & operations research*, 23(4):375–384.
- Fried, H. O., Lovell, C. K., Schmidt, S. S., and Yaisawarnng, S. (2002). Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis. *Journal of productivity Analysis*, 17(1-2):157–174.
- Fried, H. O., Schmidt, S. S., and Yaisawarnng, S. (1999). Incorporating the operating environment into a nonparametric measure of technical efficiency. *Journal of productivity Analysis*, 12(3):249–267.
- Frutos-Alazard, M. and Tohmé-Hauptmann, F. (2012). Técnicas evolutivas en problemas multi-objetivos en el proceso de planificación de la producción. *Ingeniería Industrial*, 33(1):50–59.
- García Galeano, E. A., Oliveros Tascón, C. E., Álvarez-Mejía, F., and Montoya Restrepo, E. C. (2001). Cosecha de café mediante impacto a las ramas. *Cenicafé*, 52(4):231–248.
- Gaspar, P., Escribano, M., Mesías, F., Pulido, F., and Pleite, F. M.-C. (2007). La eficiencia en explotaciones ganaderas de dehesa: una aproximación dea al papel de la sostenibilidad y de las subvenciones comunitarias. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, (215):185–209.
- Gatto, F. (1989). Cambio tecnológico neofordista y reorganización productiva. primeras reflexiones sobre sus implicaciones territoriales. *Revista EURE-Revista de Estudios Urbano Regionales*, 16(47).
- Golany, B. and Roll, Y. (1993). Some extensions of techniques to handle non-discretionary factors in data envelopment analysis. *Journal of productivity Analysis*, 4(4):419–432.

- Gómez-Sancho, J. and Mancebón-Torrubia, M. (2010). A new approach to measuring scientific production in jcr journals and its application to spanish public universities. *Scientometrics*, 85(1):271–293.
- Guijarro, Á. P. and Prieto, J. L. Z. (1996). Modelización de los efectos de la regulación ambiental con fronteras tecnológicas dea. *Revista española de economía agraria*, (175):63–86.
- Guzmán Raja, I., Arcas Lario, N., and García-Pérez-de Lema, D. (2006). La eficiencia técnica como medida de rendimiento de las cooperativas agrarias.
- Hammond, C. (2002). Efficiency in the provision of public services: a data envelopment analysis of uk public library systems. *Applied Economics*, 34(5):649–657.
- Latorre, F. J. G., Servos, C. M., Peris, G. D. S., and Pérez, O. U. (1996). Evaluación de la eficiencia en centros de atención primaria. una aplicación del análisis envolvente de datos. *Revista Española de Salud Pública*, 70(2):211–220.
- Liu, S.-T. and Chuang, M. (2009). Fuzzy efficiency measures in fuzzy dea/ar with application to university libraries. *Expert Systems with Applications*, 36(2):1105–1113.
- Lozano-Vivas, A., Pastor, J. T., and Hasan, I. (2001). European bank performance beyond country borders: What really matters?*. *European Finance Review*, 5(1-2):141–165.
- Lozano-Vivas, A., Pastor, J. T., and Pastor, J. M. (2002). An efficiency comparison of european banking systems operating under different environmental conditions. *journal of Productivity Analysis*, 18(1):59–77.
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística y de Investigacion Operativa*, 4(2):209–242.
- McCarty, T. A. and Yaisawarng, S. (1993). Technical efficiency in new jersey school districts. *The measurement of productive efficiency: Techniques and applications*, pages 271–287.

- Milanés Guisado, Y., Solís Cabrera, F. M., and Navarrete Cortés, J. (2010). Aproximaciones a la evaluación del impacto social de la ciencia, la tecnología y la innovación. *Acimed*, 21(2):161–183.
- Monge, R. G. (2012). El sector bancario en México, los depósitos a plazo y las cuentas de ahorro: un análisis de eficiencia durante el periodo de internacionalización a través de la envolvente de datos (dea). *Revista Ciencias Estratégicas*, 20(27).
- Muñiz, M. (2000). *Eficiencia técnica e inputs no controlables. El caso de los institutos asturianos de educación secundaria*. PhD thesis, Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo.
- Nitecki, D. A. and Herson, P. (2000). Measuring service quality at Yale University's libraries. *The Journal of Academic Librarianship*, 26(4):259–273.
- Association to Advance Collegiate Schools of Business International (AACSB) International (2015). *Standards for accreditation of master's programs in library & information studies*. The Association.
- Paradi, J. C., Asmild, M., Aggarwall, V., and Schaffnit, C. (2001). Performance evaluation in an oligopoly environment: Combining DEA window analysis with the Malmquist index approach—a study of the Canadian banking industry. *Centre for Management of Technology and Entrepreneurship, University of Toronto*, pages 31–47.
- Pastor, J. M. (1995). *Eficiencia, cambio productivo y cambio técnico en los bancos y cajas de ahorro españolas: Un análisis frontera no paramétrico*. Institut Valencià d'Investigacions Econòmiques.
- Pastor, J. M. and Pérez, F. (1992). La productividad del sistema bancario español.
- Pedraja, F., Salinas, F., and Smith, P. (1994). La restricción de las ponderaciones en el análisis envolvente de datos: una fórmula para mejorar la evaluación de la eficiencia. *Investigaciones económicas*, 18(2):365–380.

- Pleite, F. M.-C., Palomares, R. D., and Paz, J. M. M. (2006). El análisis de la eficiencia con variables de entorno: un método de programas con tres etapas. *Estudios de economía aplicada*, 24(1):325–326.
- Poll, R. and Te Boekhorst, P. (2007). *Measuring quality: performance measurement in libraries*, volume 127. Walter de Gruyter.
- Prior Jiménez, D. (1992). Los modelos frontera en la evaluación de la productividad. *Esic Market*, (78):113–131.
- Quesada, V. M., Blanco, I., and Maza, F. J. (2010). Análisis envolvente de datos aplicado a la cobertura educativa en el departamento de bolívar-colombia (2007-2008). *Omnia*, 16(3).
- Quintanilha da Silveira, J., de Mello, C. B. S., Carlos, J., and Angulo-Meza, L. (2012). Evaluación de la eficiencia de las compañías aéreas brasileñas a través de un modelo híbrido de análisis envolvente de datos (dea) y programación lineal multiobjetivo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 20(3):331–342.
- Ray, S. C. (1991). Resource-use efficiency in public schools: a study of connecticut data. *Management Science*, 37(12):1620–1628.
- Reichmann, G. (2004). Measuring university library efficiency using data envelopment analysis. *Libri*, 54(2):136–146.
- Reichmann, G. and Sommersguter-Reichmann, M. (2006). University library benchmarking: An international comparison using dea. *International Journal of Production Economics*, 100(1):131–147.
- Rhodes, E. L. and Southwick, L. (1991). *Variations in public and private university efficiency*. School of Management, State University of New York at Buffalo.
- Ruggiero, J. (1996). Efficiency of educational production: An analysis of new york school districts. *The Review of Economics and Statistics*, pages 499–509.

- Sancho, F. H., Tadeo, A. J. P., and Martínez, E. R. (1997). Análisis no paramétrico de eficiencia en presencia de outputs no deseables. *Working papers= Documentos de trabajo: Serie EC (Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas)*, (9):1.
- SENPLADES (2011). Ley orgánica de educación superior. *Obtenido de <http://www.ces.gob.ec/descargas/ley-organica-de-educacionsuperior>*.
- Sharma, K. R., Leung, P., Zane, L., et al. (1999). Performance measurement of hawaii state public libraries: an application of data envelopment analysis (dea). *Agricultural and Resource Economics Review*, 28:190–198.
- Shim, W. (2003). Applying dea technique to library evaluation in academic research libraries. *Library Trends*, 51(3):312–32.
- Simón de Blas, C., Arias Coello, A., and Simón Martín, J. (2007). Aplicación de la técnica dea en la medición de la eficiencia de las bibliotecas de la universidad complutense de madrid. *Revista española de documentación científica*, 30(1):9–23.
- Smith, P. and Mayston, D. (1987). Measuring efficiency in the public sector. *Omega*, 15(3):181–189.
- Thieme, C. (2005). *Liderazgo y Eficiencia en la Educación Primaria*. PhD thesis, Tesis para obtener el título de Doctor en Economía, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Timmer, C. P. (1971). Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency. *The Journal of Political Economy*, pages 776–794.
- Van House, N. A., Weil, B., and McClure, C. R. (1990). *Measuring academic library performance*. American Library Assoc.
- Verdugo, G. (2009). *Análisis de eficiencia y productividad de las universidades chilenas: una aplicación del análisis envolvente de datos (DEA)*. Universidad de Talca.

- Vincent, J. (1968). Influencia de la maturite des fruits sur la qualite du café robusta. *Café, Cacao, Thé (Francia)*. *Jul-Set*, 12(3):240–249.
- Vitaliano, D. (1998). Assessing public library efficiency using data envelopment analysis. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 69(1):107–122.
- Wikipedia (2016). <https://es.wikipedia.org/wiki/Biblioteca>, 25 de Agosto de 2016.
- Wolff, G. and Ellion, M. E. (1984). Gallium arsenide: The solar cell for this decade. Technical report, SAE Technical Paper.
- Worthington, A. (1999). Performance indicators and efficiency measurement in public libraries. *Australian Economic Review*, 32(1):31–42.

Apéndice A

Modelos DEA

A.1. Modelo CRS(Constant Returns to Scale)

Este modelo se caracteriza por realizar las operaciones de las unidades a una escala constante (Coelli-172). Para encontrar la eficiencia técnica, el sumatorio ponderado de las variables de salidas se divide entre el sumatorio ponderado de las variables de entradas. El modelo calcula los pesos de la i_{esima} DMU, por lo que el proceso se repetirá n veces: una vez por cada DMU. “Cada vez que se repite el proceso se debe cambiar el vector referido a la DMU evaluada en ese momento, generando diferentes respuestas en los vectores con los pesos requeridos para maximizar la eficiencia relativa de la unidad evaluada”.

$$\begin{aligned} &Max_{uv} \quad \frac{u^t q_i}{v^t x_i} \\ & \quad \quad \quad s.a. \\ & \quad \quad \quad \frac{u^t q_i}{v^t x_i} \leq 1 \\ & \quad \quad \quad u, v \geq 0 \end{aligned} \tag{A.1}$$

Donde:

i : n =DMU evaluada; $i=1,2,\dots,n-1,n$ DMU;

u : Vector de pesos de las salidas, dimensión $(m \times 1)$;

- v: Vector de pesos de las entradas, dimensión (s x 1);
- q: Matriz de las salidas de todas las DMU's, dimensión (m x n);
- x: Matriz de las entradas de todas las DMU's, dimensión (s x n);

Este modelo es la base de las subsiguientes propuestas, se divide la salida sobre entrada, multiplicados por sus respectivos pesos.

Tiene el inconveniente de que el denominador podría generar una indeterminación, además, por esta razón es un modelo no lineal.

A.2. Modelo Multiplicativo

En este caso se transforma el modelo A.1 considerando al denominador como una restricción. Como resultado se obtiene un modelo de programación lineal clásico. Este modelo es conocido como la transformación de Charnes-Cooper y viene dado por A.4.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max}_{u,v} \quad u^t q_i \\
 & \text{s.a.} \\
 & v^t x_i = 1 \\
 & u^t q - v^t x \leq 0 \\
 & u, v \geq 0
 \end{aligned} \tag{A.2}$$

A.3. Modelo CRS dual multiplicativo

El problema dual asociado al modelo A.1 intercambia el número de ecuaciones con el número de variables y viceversa; este método es preferido para su resolución computacional, se introduce la variable θ que es un escalar y que representa la

eficiencia. Este modelo viene dado por A.5

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta \\
 & \text{s.a} \\
 & -q_i + q\lambda \geq 0 \\
 & \theta X_j + X\lambda \geq 0 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}
 \tag{A.3}$$

Donde:

n: Número de DMU's.

s: Número de entradas;

m: Número de salidas;

i: DMU evaluada;

θ : eficiencia técnica;

λ : vector(dimension n x 1);

x_i , q_i , q_i : son vectores referidas a la DMU evaluada (x_i :dimension s x 1,

q_i :dimension m x 1);

x,q : son matrices de datos referidos a todas las DMU. (x:dimension s x n, q:dimension m x n)

A.4. Modelo VRS

El modelo VRS (Variable Return to Scale) considera unas variables como una competencia imperfecta, regulaciones gubernamentales y las variables financieras, por estas variables las DMU's no pueden operar a escala óptima. Cuando no todas las DMU's operan a escala optima, la medida de la eficiencia técnica son confundidas con la eficiencia de escala, el modelo VRS permite calcular la eficiencia técnica sin que se afecte por la eficiencia de escala, fue propuesto por Afriat (1973), Fare et al. (1983), y Charnes y Cooper (1984).(Cooper-174)

$$\begin{aligned}
& \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta \\
& \text{s.a} \\
& -q_i + q\lambda \geq 0 \\
& \theta X_j + X\lambda \geq 0 \\
& I1^t \lambda = 1 \\
& \lambda \geq 0s
\end{aligned} \tag{A.4}$$

A.5. Modelo NIRS(Non-Increasing Returns to Scale)

Mediante el método VRS no se puede determinar si la DMU está operando en la zona de aumento o disminución de los rendimientos a escala, el modelo NIRS corrige esto alterando una de las restricciones en dicho modelo. NIRS fue desarrollado por Fare et al. (1983), en un trabajo aplicado a la industria eléctrica.

$$\begin{aligned}
& \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta \\
& \text{s.a} \ q_i + q\lambda \geq 0 \\
& \theta X_i - X\lambda \geq 0 \\
& I1^t \lambda \leq 1 \\
& \lambda \geq 0s
\end{aligned} \tag{A.5}$$

En el grafico (Fig. 2.5), se puede contrastar los modelos CRS, VRS y NIRS, que son los equivalentes a un modelo ideal.

Ajustados a la realidad, en el caso del VRS y el NIRS, en donde las entradas producen en porcentajes diferentes respecto de las salidas.

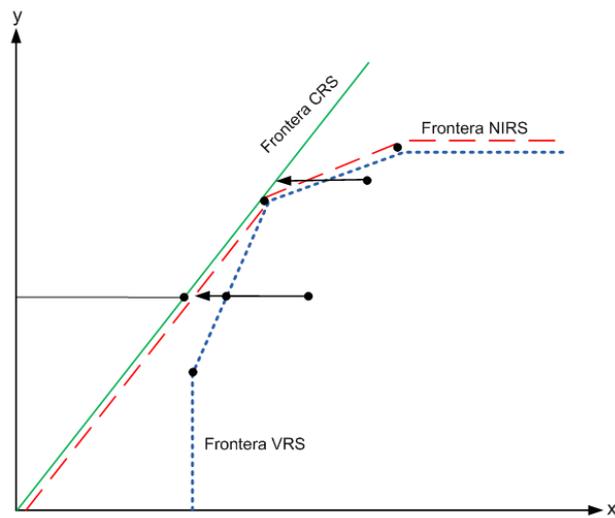


Figura A.1: Medida de escala de eficiencia del DEA.

A.6. Modelo VRS orientado la salida

En los modelos orientados a la salida, se busca maximizar el nivel de salida manteniendo constante la entrada. En varios procesos de gestión no se pueden modificar los recursos disponibles, por lo que la única posibilidad de mejora es incrementar las salidas, (un ejemplo es: los servicios públicos, donde los ingresos son fijos).

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{\varphi, \lambda} \varphi \\
 \text{s.a.} \quad & -\varphi q_i + q \lambda \geq 0 \\
 & X_j - X \lambda \geq 0 \\
 & I1^t \lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{A.6}$$

A.7. Modelo VRS con minimización del coste orientado a la salida

Los modelos anteriores pueden ser ampliados a partir de necesidades, a saber se puede considerar eficiencias localizadas, variables de entrada, tratamiento de las holguras, restricciones en los pesos, asignación de precios, etc. Si se desea involu-

crar a la eficiencia de escala, entonces se debe asignar los precios a las entradas, por lo que aparece una nueva variable w_i , a partir de ella se podrá calcular la eficiencia de escala, la eficiencia técnica y la eficiencia total. (Ferrier y Love 1990).

$$E_{total} = E_{tecnica} \cdot E_{escala} \quad (A.7)$$

$$\begin{aligned} & Min_{\lambda, X_i^*} \quad w_i^t x_i^* \\ s.a. \quad & -q_i + q \quad \lambda \geq 0 \\ & x_i^* - x \quad \lambda \geq 0 \\ & I1t \quad \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (A.8)$$

A.8. Modelo VRS con maximización de ingresos orientado a la salida

En los modelos de minimización de costos o maximización de ingresos, es necesario tener los precios de las entradas para generar una eficiencia de escala, que unida a la eficiencia técnica dan como resultado la eficiencia global. Ver Coelli [6]

$$\begin{aligned} & Max_{\lambda, X_i^*} \quad p_i^t q_i^* \\ & s.a. \\ & -q_i^* + q \quad \lambda \geq 0 \\ & x_i^* - x \quad \lambda \geq 0 \\ & I_1^t \quad \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (A.9)$$

Apéndice B

Modelos Multi-Etapas

Las metodologías que se puede mencionar las que tienen más de tres etapas, el primero es el modelo de cuatro etapas que es propuesto por Fried et al. (1999). Los autores consideran que para una mejora con respecto a los métodos de menos etapas es que en este se incorpora los componentes radiales y no radiales de las holguras tanto de las entradas como de las salidas, mediante un sistema de ecuaciones lineales Thieme (2005).

Describiremos de manera breve en que consta cada etapa de este método. La primera calcula la eficiencia técnica mediante un DEA en el que se utiliza solo las entradas controlables y sus salidas correspondientes. En una segunda etapa se crean ecuaciones en el que la variable independiente serán las variables externas, y la variable dependiente será la suma de las entradas (salidas) holguras (radial + no radial), para un modelo orientado a una entrada (salida). La cantidad de ecuaciones será la misma que la cantidad de entradas o salidas analizadas. Las ecuaciones son:

$$ITS_j^k = f_j(Q_j^k, \beta, \mu_j^k) \quad j = 1, \dots, N; k = 1, \dots, K \quad (\text{B.1})$$

Donde:

ITS_j^k es la holgura total para la entrada j (salida j) de la unidad k .

Q_j^k es el vector de variables de entorno de la unidad k . β_j es el vector de coeficientes de la entrada j .

μ_j^k es el error

En la tercera etapa se utilizan los coeficientes de regresión, se estiman las holguras totales, mediante:

$$\widehat{ITS}_j^k = f_j(Q_j^k, \widehat{\beta})_j \quad \text{con } j = 1, \dots, N; k = 1, \dots, K \quad (\text{B.2})$$

En la cuarta etapa se realiza un nuevo cálculo del DEA con los valores ajustados. La eficiencia que se obtiene es asignada a la eficiencia de gestión. Luego los valores ajustados se obtienen sumando al valor original, la diferencia existente entre el máximo total estimado y la holgura total observada Thieme (2005).

Apéndice C

Softwares desarrollados para el DEA

C.1. FEAR (Frontier Efficiency Analysis with R)

Es un software desarrollado por Paul W. Wilson, y puede ser utilizado como un paquete de R. Las principales rutinas de FEAR, permite estimar la eficiencia técnica, eficiencia de escala y eficiencia global en un estudio del DEA.

C.2. IDEAS (Internet Based Data Envelopment Analysis System)

Es un software desarrollado por la Universidad de Georgia, está orientado a resolver problemas del DEA de almacenes que tienen múltiples entradas y salidas. Su fortaleza consiste en conservar los datos en una base de datos disponible en la red para la resolución del DEA interactivamente.

BENCHMARKING, desarrollado por Peter Bogetoft y Lars Otto, es un soporte muy importante para la resolución de problemas de DEA de diferente naturaleza y con diferentes enfoques, tiene métodos gráficos de visualización del DEA y soporta comparación con la el análisis de la frontera estocástica.

C.3. DEAFRONTIER

Desarrollado por Joe Zhu, tiene un ambiente windows, con ventanas interactivas y menús pop-ups para escoger la metodología adecuada para resolver el problema del DEA. La versión demo permite trabajar hasta con 20 DMU's.

C.4. EMS (Efficiency Measure System)

Es un software desarrollado por Holger Scheel, la presentación de resultados y la entrada de datos se la realiza con Excel en una hoja de datos, tiene numerosas opciones para poder escoger la orientación, distancia, retorno a escala y estructura del problema.

C.5. DEAP (Data Envelopment Analysis Program)

Es un software desarrollado por Tim Coelli, puede resolver problemas con el enfoque VRS.

