

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN EX POST EN
UN BANCO DE PROYECTOS: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA
ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)**

DIANA VANESSA ACOSTA ARANGO
CÓD: 0533265



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI

2011

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN EX POSTEN
UN BANCO DE PROYECTOS: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA
ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)**

**Proyecto de Grado presentado para optar al
Título de Ingeniera Industrial**

**Director
Ing. Camilo Andrés Micán**

**DIANA VANESSA ACOSTA ARANGO
CÓD: 0533265**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2011

Nota de Aceptación:

Firma del Director:

Firma del Jurado:

Firma del Jurado:

DEDICATORIA

Este trabajo de grado es dedicado con todo mi cariño a todos aquellos que de una u otra forma han sido parte de mi formación, no sólo académica, sino también personal, a todos aquellos que me han visto y que me han hecho crecer.

A Dios ya que sin Él, nada en este mundo habría sido posible.

A mi mami, Edy, gracias por todo lo que eres, por todo lo que me das, por esos valores que te hacen una excelente persona y todo un ejemplo de vida, lucha y perseverancia, Te Amo con todo mi corazón.

A toda mi familia, quienes nunca han dejado de creer en mí, me han apoyado, me han llenado siempre de momentos felices y que son un motivo para ver las cosas buenas de la vida.

Luis Carlos, gracias por estar conmigo en este momento tan importante, por darme ánimos y por recordarme cual era mi camino y acompañarme a seguir andando por él.

“Cuando se construyen sueños que se hacen realidad, hay que seguir soñando”

Anónimo

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al profesor **CAMILO ANDRÉS MICÁN**, por la dirección de este trabajo, por toda su paciencia, por el apoyo y ánimo que me brindó, por leer, opinar y corregirme.

A los miembros del Banco de Proyectos de la Universidad del Valle, a Yolima Montero y a la División de Administración de Bienes y Servicios por sus valiosos aportes.

Y a todos aquellos miembros de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística de la Universidad del Valle por todas sus enseñanzas.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS.....	7
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.3 MARCO TEÓRICO	8
1.3.1 Evaluación Ex Post de proyectos	8
1.3.2 Análisis Envolvente de Datos – DEA	11
1.3.2.1 Definición del Conjunto de Posibilidades de Producción	13
1.3.2.2 Caracterización de los Modelos DEA	15
1.3.2.3 Orientación del Modelo	16
1.3.2.4 Clasificación de Modelos DEA	16
1.3.3 Algunas Aplicaciones.....	18
1.4 METODOLOGÍA	20
2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA	21
2.1 Identificación de Procesos del BPUV	21
2.2 Ciclo de Vida de los Proyectos del BPUV	23
2.3 Selección del subsistema.....	26
3. DEFINICIÓN DE VARIABLES	29
3.1 Variables de Salida.....	31
3.2 Variables de Entrada.....	32
4. DEFINICIÓN DEL MODELO DEA.....	33
4.1 Análisis del Modelo DEA	33
4.2 Selección de un modelo DEA.....	36
5. APLICACIÓN: CASO ESTUDIO	39
5.1 Modelación Matemática	42
5.2 Resultados y Análisis	44

6.	PROPUESTA METODOLÓGICA	51
7	CONCLUSIONES	61
8	BIBLIOGRAFÍA	63
9	ANEXOS.....	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Responsabilidades de las Unidades Ejecutoras.....	23
Tabla 2.	Proyectos evaluados (DMUs).....	40
Tabla 3.	Información de Entrada (Inputs).....	40
Tabla 4.	Información de Salida (Outputs).....	41
Tabla 5.	Datos.....	41
Tabla 6.	Puntajes de Eficiencia Modelo DEA-CCR Orientado a Outputs....	45
Tabla 7.	Contribución de Inputs/Outputs.....	47
Tabla 8.	Valores de holgura.....	47
Tabla 9.	Valores objetivo y observados de los proyectos ineficientes.....	49
Tabla 10.	Porcentaje de potenciales mejoras.....	49
Tabla 11.a	Puntajes de Eficiencia Modelo DEA-CCR Orientado a Outputs.....	58
Tabla 11.b	Contribución de Inputs/Outputs.....	59
Tabla 11.c	Valores de holgura.....	59
Tabla 11.d	Valores objetivo y observados de los proyectos ineficientes.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Tipos de Proyectos.....	3
Gráfico 2.	Métodos de Estimación.....	12
Gráfico 3.	Organigrama Área Proyectos de Inversión.....	22
Gráfico 4.	Diagrama de Flujo general del Ciclo de vida de los proyectos de Inversión en la Universidad del Valle.....	25
Gráfico 5.	Distribución de Recursos por ítems.....	26
Gráfico 6.	Entradas y Salidas del Sistema.....	30
Gráfico 7.	Forma Envolvente Eficiente (Frontera Eficiente).....	36
Gráfico 8.a	Ventana Inicio de Frontier Analyst®.....	55
Gráfico 8.b	Ventana Project Wizard Tipo de Introducción de datos.....	56
Gráfico 8.c	Ventana Project Wizard Creación de Variables.....	56
Gráfico 8.d	Ventana Project Wizard Cración de Unidades.....	57
Gráfico 8.e	Ventana Data Viewer.....	57
Gráfico 8.f	Ventana DEA Options.....	58

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A.** Frontier Analyst®
- Anexo B.** Resultados Computacionales
- Anexo C.** Informes de Frontier Analyst® (Reports)

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la economía depende en gran parte de la producción de más y mejores bienes y servicios; y dado que los recursos suelen ser escasos, se precisa aplicar procesos racionales de utilización de los factores que garanticen el mejor aprovechamiento de los mismos. Por esta razón resulta de vital importancia canalizar los recursos hacia proyectos que por un lado mejoren el nivel de vida de los ciudadanos y por otro garanticen la recuperación para emprender nuevas fuentes de inversión (Galindo M., 2009).

Por lo tanto, para poder desarrollar proyectos exitosos, lo cual implica solucionar el problema para el cual el proyecto fue formulado, se deben realizar mediciones antes, durante y después de su ejecución, de manera que permita garantizar que los recursos sean bien orientados, por lo que en la práctica se han implementado y utilizado herramientas de planeación, programación y control.

Sin embargo, el sólo planear y controlar no es suficiente para concebir un buen proyecto, el cual fue realizado en el tiempo y con el costo establecido, éste debe ser medido, comparado y analizado, de manera que no sólo se conozca de él que alcanzó sus objetivos, sino que su desarrollo y recursos utilizados fueron eficientes puesto que solucionaron el problema para el cual éste fue concebido, estas mediciones se han venido realizando mediante la evaluación Ex Post, la cual se basa usualmente en métodos cualitativos como encuestas.

El proceso de evaluación Ex Post se basa en la historia y márgenes que permiten conocer un poco más sobre cómo se desarrolló, se planeó y ejecutó, y tomar esto como punto de partida para desarrollar lineamientos que le permitan a otros proyectos alcanzar el óptimo uso de todos sus recursos.

Para realizar la medición de la eficiencia de los resultados de los proyectos se propone la metodología de Análisis Envolvente de Datos, DEA, un método basado en programación lineal, que permite medir la eficiencia relativa de unidades

organizacionales, denominadas “unidades de toma de decisión” (DecisionMakingUnits - DMU¹), que utilizan múltiples recursos para producir múltiples productos. Su objetivo fundamental es encontrar una frontera de eficiencia, formada por aquellas unidades que presentan las mejores prácticas, y, a partir de ella, evaluar la eficiencia relativa de las que no pertenezcan a la misma, intentando maximizar la eficiencia de éstas (González-Araya, 2006).

A partir de la presente investigación se propondrá una metodología de evaluación Ex Post, midiendo la eficiencia operativa (valor del margen de contribución bruto de cierto recurso por unidad de tiempo (Franco et al, 2000)), en términos de los resultados obtenidos por un conjunto de proyectos de un portafolio por medio de la metodología DEA, de manera que permita determinar las variables o factores que influyen en ellos y facilitaron su desarrollo y correcto uso de los recursos.

¹Charnes, Cooper y Rhodes (1978) emplean el término DecisionMarketUnit (DMU) para referirse a entidades sin ánimo de lucro.

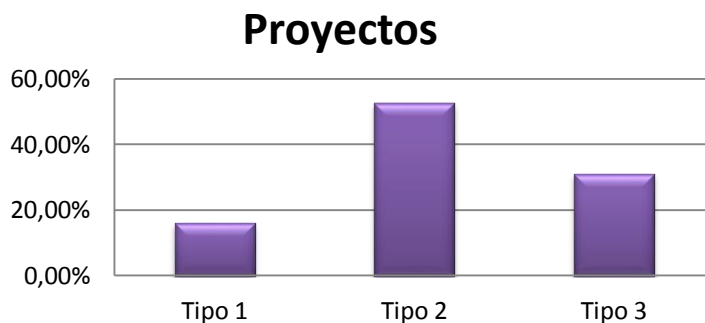
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La naturaleza cambiante de los proyectos, el constante cambio en sus actividades, la incertidumbre del ambiente en el que se desarrollan, se preparan y se ejecutan desembocan en resultados insatisfactorios, plazos de finalización dilatados, costos muy superiores a los presupuestados, niveles de calidad insuficientes, incumplimiento de las especificaciones iniciales, etc. (Pereña J., 1996).

Tanto así que en proyectos como los de tecnologías de la información, en promedio el 83.8% tienen sobrecostos o se atrasan (sólo el 16.2% se desarrollan con éxito, Tipo 1), el 52.7% de todos los proyectos terminan realizándose con un 189% por encima del presupuesto inicial (Tipo 2) y el 31.1% luego de inmensas inversiones de tiempo y dinero simplemente nunca se terminan (Tipo 3) (The Standish Group, 1994).

Gráfico 1. Tipos de Proyectos



Fuente: Elaboración propia

Lo anterior muestra como para determinar el éxito o fracaso se han utilizado factores como el tiempo y el costo, sin tener en cuenta el impacto del proyecto sobre el ambiente en el que se desarrolló y se ejecutó, ya que durante su ejecución se presentan innumerables hechos imprevistos, demoras, averías y

factores ambientales que influyen de manera significativa durante todo este proceso (Pereña J., 1996).

Debido al dinamismo en los proyectos se crea la necesidad de realizar un control sobre ellos durante cada una de sus etapas (Viabilidad, Organización y Planificación, Ejecución y Control y Cierre), para las cuales existen numerosos métodos, como Identificación de la Necesidad durante la primera etapa, por medio de la Memoria de Identificación del Problema, al igual que la Metodología ZOPP, Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos (Ministerio Federal de Cooperación Económica Alemán , BMZ), la Metodología de Marco Lógico, la cual facilita cada uno de los procesos, hasta evaluación de proyecto (CEPAL, 2005). El Análisis del Valor Ganado (EarnedValue Analysis, EVA) método que compara la cantidad de trabajo planeado contra lo que realmente se ha terminado para determinar si el costo, el cronograma y el trabajo realizado están llevándose a cabo de acuerdo con lo planeado (Gómez, 2004), y herramientas de planeación, programación y control como el PERT, desarrollado por el departamento Naval de los Estados Unidos, y el CPM, desarrollado por la Dupont Corporation, métodos que han sido utilizados por más de 50 años (Rovira et al, 2006).

Sin embargo, aún siguen siendo escasas las propuestas para el control de la fase de cierre y evaluación Ex Post del proyecto, en la medida en que las que actualmente se presentan se basan en su mayoría en encuestas de satisfacción y no en métodos numéricos ni objetivos. (Cohen y Franco, 2006)

“...Ante el preocupante tamaño del déficit fiscal, que obliga a controlar el gasto, y el bajo crecimiento económico que exige un replanteamiento de la calidad de las inversiones del estado, el buen uso de los recursos es una de las grandes prioridades del país -Colombia-. La experiencia de los últimos veinte años, cuando se han comprometido cuantiosas sumas en malos proyectos, al tiempo que el crecimiento económico se ha desacelerado, nos indica que el mero incremento de los volúmenes de inversión no necesariamente trae consigo la expansión productiva. En Colombia, como en la mayoría de los países de Latinoamérica, numerosos proyectos han tenido un impacto nulo y a veces negativo. Las

estadísticas no nos sorprenden cuando muestran que algunos periodos de gasto público elevado han coincidido con bajas tasas de expansión productiva.” (Departamento Nacional de Planeación, 2004).

Lo primero que se debe analizar es, sin lugar a dudas, el por qué no existe una cultura de evaluación Ex Post en Colombia. Es claro que el país no hace seguimiento y mucho menos evaluación Ex Post (Departamento Nacional de Planeación, 2004).

La evaluación Ex Post se realiza cuando culmina el proyecto. Se enfoca en indagar el nivel de cumplimiento de los objetivos (*Propósito y Resultados* en caso de marco lógico); así mismo, busca demostrar que los cambios producidos son consecuencia de las actividades del proyecto (exclusivamente o en interacción con otras fuentes); para esto se suele recurrir a un diseño experimental, el cual no sólo indaga por cambios positivos, también analiza los efectos negativos e inesperados (López A., 2008). Por lo tanto es necesario buscar alternativas que permitan medir su éxito frente a diversos factores referentes a:

- El uso de recursos en la ejecución del proyecto no frente al plan sino frente a otros proyectos y,
- Frente al entorno de ejecución y operación de éste (por ejemplo: la construcción de un edificio, el impacto de éste en el entorno y si lo están usando, y qué tanto, etc.). (López A., 2008).

Por la naturaleza especial de los proyectos, ya que se caracteriza por contar con actividades complejas y discontinuas, es que se llega a la necesidad de establecer sistemas especiales y adaptados para poderlos gestionar y dirigir adecuadamente, teniendo en cuenta que si es un problema ejecutar y controlar un solo proyecto, para un conjunto de ellos el problema es aún mayor, de manera que para esto se crean los programas, un grupo de proyectos relacionados cuya dirección se realiza de manera coordinada para obtener beneficios y control que no se obtendrían si

fueran dirigidos de forma individual, y/o los portafolios de proyectos, que son un conjunto de proyectos o programas y otros trabajos, que se agrupan para facilitar la gestión efectiva de ese trabajo, a fin de cumplir con los objetivos (PMBOK, 2004).

De acuerdo con lo anterior se puede decir que la complejidad al manejar una gran cantidad de proyectos, hace que sea necesario no solo contar con una metodología de evaluación Ex Post, sino con una metodología que sea práctica y sencilla, tanto de aplicar, como de interpretar los resultados.

Para garantizar el óptimo uso de los recursos se hace necesario plantear una metodología acorde con el sistema de desarrollo de los proyectos de manera que permita hacer evaluación Ex Post.

Buscando abarcar los aspectos ya mencionados en términos de las necesidades de la evaluación ex-post de proyectos, se medirá la eficiencia general de un Banco de Proyectos, a través del desarrollo de un caso aplicativo y el análisis de sus resultados, se evaluará la posibilidad de presentar una técnica de determinación de fronteras de eficiencia relativa que se basa en la modelación matemática lineal, y que ha sido ampliamente estudiada y aplicada en diversos campos, para la comparación de eficiencia entre compañías en condiciones similares, en el desarrollo de una misma labor (Chacón B., 1999), por lo que se considera que esta técnica podría convertirse en una herramienta cuantitativa para medir la eficiencia de los proyectos, en cuanto al uso de recursos frente a los resultados y otros proyectos del mismo tipo, y el impacto de éstos sobre el ambiente en el que se ejecutó, es decir, que se puede convertir en una herramienta analítica de evaluación Ex Post de proyectos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología de evaluación ex post de proyectos basada en modelos DEA, que permita determinar los factores de alto impacto en los resultados y la eficiencia operativa de un portafolio de proyectos.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el ambiente de su ejecución y las herramientas de medición.
- Seleccionar un modelo DEA que cumpla con los requerimientos de los proyectos.
- Definir las variables de entrada y salida para la evaluación Ex Post de los proyectos seleccionados de acuerdo al modelo DEA que se utilizará.
- Establecer las variables determinantes en el desarrollo del tipo de proyectos seleccionados a través de la aplicación del modelo propuesto.
- Documentar la metodología propuesta para la evaluación Ex Post de los proyectos.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Evaluación Ex Post de proyectos

“Con la evaluación Ex Post se busca examinar en forma analítica y sistemáticamente en la medida de lo posible, acciones pasadas relacionadas con objetivos bien definidos, los recursos utilizados y los resultados obtenidos y derivar las experiencias necesarias para guiar a los responsables de tomar decisiones con el fin de mejorar las actividades futuras” (Departamento Nacional de Planeación, 2004).

Aunque la Evaluación Ex Post es relevante como una metodología pues hace un examen para determinar las razones de éxito o fracaso de los proyectos, se hace para replicar las experiencias positivas en el futuro y evitar los problemas identificados. También se define como aquella evaluación que se realiza durante la operación del programa o proyecto, en el momento cuando éste haya logrado un comportamiento normal, es decir, cuando esté en funcionamiento en forma estable en cuanto a costos, efectos e impactos (DPN, 2004).

Se puede decir entonces que los propósitos que persigue la evaluación Ex Post son los siguientes (DPN, 2004):

- Derivar acciones correctivas para mejorar los procesos.
- Verificar el grado de cumplimiento de los objetivos.
- Determinar los impactos reales del proyecto.
- Generar memoria para aprender de la experiencia hacia futuros proyectos.

Para concluir el ciclo de vida de los proyectos, es conveniente realizar la evaluación Ex Post, en la cual se analizan los resultados, beneficiarios, metas obtenidas, es decir, se realiza un análisis profundo del proyecto con valorización de las metas e indicadores alcanzados.

La Evaluación Ex Post se debe aplicar transcurrido un tiempo desde la culminación del proyecto, es decir, desde que éste entra en operación, el Grupo Asesor de la Gestión de Programas y Proyectos de Inversión Pública, GAPI propone hacer la evaluación Ex Post una vez transcurridos dos años de haberse dado comienzo a la etapa de operación y mantenimiento del proyecto basados en la experiencia chilena, única en ésta materia en Latinoamérica. En la práctica, la evaluación Ex Post se realiza normalmente varios años después de completada la etapa de ejecución, aun cuando la recomendación es realizarla una vez el proyecto termine su vida útil, lo cual sería un proceso que tomaría tiempo, situación que impediría extraer conclusiones del proceso seguido por el proyecto, perdiendo así, información de los aspectos positivos y negativos para futuros proyectos nuevos o similares. Esta es la razón de aplicar las herramientas de la evaluación Ex Post cuando hayan transcurrido los dos años, vigencias o periodos. Sin embargo es importante tener en cuenta que la evaluación Ex Post cierra el ciclo del proyecto, por lo tanto el evaluador podría considerar importante aplicar nuevamente una evaluación Ex Post al terminar su vida útil del (DPN, 2004).

Modelos de Evaluación Ex Post

Departamento Nacional de Planeación –DNP-ha propuesto una metodología basada en la observación del proceso de ejecución física de los proyectos y de los costos en los que se ha incurrido en cada una de las etapas del ciclo de los mismos, en la revisión minuciosa de la información presentada en la evaluación ex ante en los diferentes módulos² que permitieron definir la alternativa de solución en la cual se invierten los recursos; y especialmente la contenida en el módulo de programación, donde se recolecta la

²Módulos de la MGA: **Identificación** - Este módulo tiene por objeto la identificación del problema o necesidad que se quiere solucionar, así como las alternativas de solución; **Preparación** - La preparación de un proyecto se inicia con la identificación de las diferentes alternativas posibles para alcanzar el objetivo establecido (para la preparación de las alternativas existen varios estudios específicos que deben tenerse en cuenta, entre otros: legal, mercado, técnico, institucional, administrativo, ambiental, financiero); **Evaluación ex ante** - Se entiende por evaluación ex ante, el resultado del análisis efectuado a partir de la oportuna información de las alternativas de solución propuestas. Con base en este análisis se decide la alternativa de solución o proyecto; **Programación** - Este módulo pretende dar las bases que sirven para el seguimiento futuro del proyecto, desde el punto de vista presupuestal, financiero – físico y de las metas de los indicadores.

información que da las bases para el seguimiento futuro del proyecto, desde el punto de vista presupuestal, financiero y físico.

Un segundo modelo propuesto de evaluación Ex Post, que consiste en el análisis detallado de cada fase, desde la identificación y determinación del perfil inicial, la formulación hasta la evaluación de los resultados que se están obteniendo derivados de la operación, con el fin de plantear las primeras recomendaciones que comprometen principalmente la metodología y las técnicas de programación, comparación con los objetivos y los resultados, basándose en la información contenida en el marco lógico y el plan operativo se propone por el Ingeniero Amauri López en el año 2008. Se deben llevar a cabo 5 pasos para realizar la evaluación de los resultados:

1. Resumen ejecutivo, donde se especifican: La definición del proyecto, Demanda y Oferta del proyecto, Aspectos de operación y funcionamiento del proyecto y el Análisis de costos y beneficios del proyecto.
2. Identificación y clasificación del proyecto.
3. Localización del proyecto, según la Región, Departamento o Provincia.
4. Indicadores de resultados, tales como: Indicador de costo, (IC = Costos Reales/Costos Previstos), Indicador de cumplimiento temporal, (ICT = Tiempo Real/Tiempo Estimado), Indicador de eficiencia, el cual resulta de la comparación porcentual entre el Valor Actual Neto antes (VAN ex ante) y el Valor Actual Neto después (VAN Ex Post) de la ejecución del proyecto.
5. Realizar Conclusiones y Recomendaciones.

La evaluación Ex Post incluye tanto la evaluación de procesos o evaluación continua como la de impactos, entendiéndose la primera como aquella que evalúa el conjunto de actividades que se realizan para tratar de alcanzar el objetivo deseado.

Es por eso que para realizar la evaluación Cohen y Franco proponen una metodología donde: primero se debe precisar el universo de estudio, después de

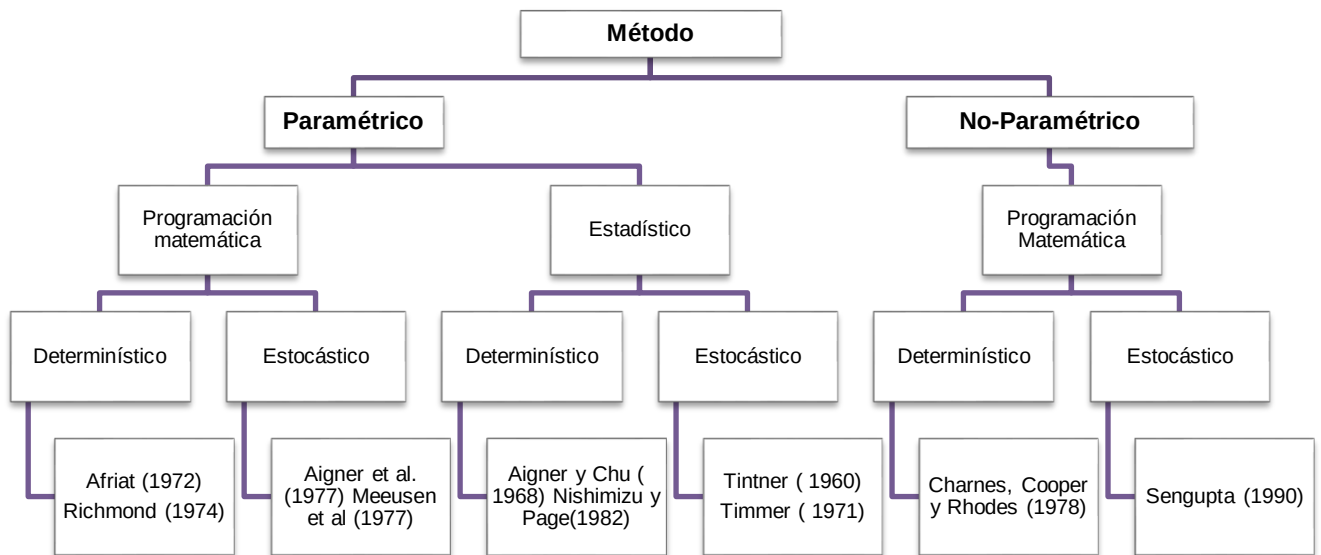
esto, se deben determinar las unidades de análisis, Luego se realiza una hipótesis sobre las condiciones y variables relevantes para el desarrollo del proyecto, a partir de lo cual se hace el diseño muestral, se sigue con el plan de de análisis, luego se contextualiza y se presentan formas de recoger la información, para hacer el uso de los instrumentos de recolección de la información, para lo cual se sugieren encuestas y pruebas previas a las cuales se les realiza: codificación, análisis de consistencia de las variables, análisis de la distribución y de la relación existente entre las variables. Para terminar con la aplicación de técnicas de análisis, dependiendo del nivel de medición, tales como, teoría de medición y principios y pasos de la medición (Cohen y Franco, 2006).

1.3.2 Análisis Envolvente de Datos – DEA

Normalmente cuando se procura medir la eficiencia de cualquier empresa se recurre a un cociente entre insumos y productos. Cuando la complejidad del proceso bajo estudio es mayor suele recurrirse a medidas ponderadas. Este trabajo aborda el problema de medición utilizando un modelo denominado Data Envelopment Analysis (DEA).

Existen diferentes herramientas para evaluar la eficiencia entre las organizaciones y también en la gestión de sus áreas o departamentos operativos, estas herramientas se pueden clasificar en métodos paramétricos, subdividiendo estos en estadísticos o matemáticos, estocástico o determinístico (Coll y Blasco, 2006). Esta clasificación está representada en el gráfico No. 2, donde se recogen los principales métodos para estimar la frontera eficiente y sus precursores.

Gráfico 2. Métodos de Estimación



Fuente: Coll & Blasco, 2006.

De acuerdo con el gráfico, DEA se clasifica como un método determinístico, No-Paramétrico que recurre a la programación matemática.

DEA es un modelo matemático de optimización que permite calcular la eficiencia relativa para llegar a la construcción de una superficie envolvente, frontera de Pareto, frontera eficiente o función de producción empírica.

A partir de una programación lineal es posible evaluar el desempeño o la eficiencia relativa de los DMUs con características similares en términos de la eficiencia del uso de sus múltiples recursos, por medio de la comparación con otras empresas para encontrar la maximización de sus resultados (Outputs).

El DEA realiza la medición de la eficiencia fundamentada en datos obtenidos a partir de un conjunto de observaciones, las cuales no están sujetas a ningún sistema o función de producción. Por tal razón el DEA se considera un método de carácter no-paramétrico, que se caracteriza por no establecer una relación

funcional entre los Inputs y Outputs observados. El modelo DEA rompe el esquema de los métodos paramétricos, los cuales tienen el propósito de generar un hiperplano que relacione un conjunto de observaciones; por el contrario DEA, tiene como finalidad optimizar la eficiencia de cada unidad observada sin necesidad de tener que tolerar la tecnología de producción (Ota y Trujillo, 2009).

Farrell (1957) es el precursor de estudios basados en el Análisis Envolvente de Datos. Dicho autor determina empíricamente, mediante cálculos algebraicos, una frontera eficiente, definida por la actuación de las mejores empresas observadas, que servirá como referencia para medir la eficiencia relativa de cada firma al compararse con dicha frontera.

El modelo DEA permite cuantificar el grado de eficiencia de las observaciones e identificar los DMUs que representan las mejores prácticas y construir una superficie envolvente o lo que Farrell llamó la "best practice frontier". Las unidades ineficientes se comparan con aquella o aquellos que sí sean eficientes, para que adquieran una técnica de producción, con el mejor manejo para los Inputs y los Outputs.

“Es una herramienta que permite comparar eficiencias entre entidades productoras con características similares, determinar aquellas que son más eficientes frente al desempeño del grupo y calcular los niveles que deben alcanzar las ineficientes para volverse eficientes. El análisis se realiza teniendo en cuenta como medida de eficiencia la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados para generarlos” (Charnes A. et al, 1978).

1.3.2.1 Definición del Conjunto de Posibilidades de Producción

Siguiendo a Thanassoulis (2001), la medida de la eficiencia de un DEU mediante la técnica DEA implica dos pasos básicos:

1. La construcción del conjunto de posibilidades de producción.
2. La estimación de la máxima expansión factible del Output o de la máxima contracción de los Inputs de la Unidad (DMU), dentro del conjunto de posibilidades de producción.

No debe confundirse la frontera de posibilidades de producción con la frontera eficiente o de la mejor práctica. El interés se centra en determinar, a partir de los datos observados, el conjunto de procesos productivos que se consideran factibles. En este sentido, la forma más fácil de describir planes de producción factibles es enumerarlos, es decir, enumerar todas las combinaciones de factores y de productos tecnológicamente factibles. El conjunto de todas las combinaciones se denomina conjunto de producción. (Varian, 1991).

Así, el conjunto de posibilidades de producción puede definirse como el conjunto de procesos productivos tecnológicamente factibles. Puesto que la tecnología no es conocida, la construcción del conjunto de posibilidades de producción (CPP) se realizará a partir de las combinaciones Input – Output observada, siendo necesario establecer ciertos supuestos en relación con ella.

Supóngase un proceso productivo que emplea niveles de Inputs para producir niveles de Outputs.

Las características del conjunto P, donde se contienen los Inputs puede producir determinados Outputs, a través de un conjunto de procesos productivos que definen el CPP, son (González, 2002):

- Es tecnológicamente posible no producir nada.
- Convexidad: si dos procesos productivos pertenecen al CPP, todas sus combinaciones lineales convexas también pertenecen al CPP.
- Eliminación gratuita de Inputs: la versión estricta de este supuesto establece que una Unidad productiva es capaz de producir la misma

cantidad de Output utilizando una cantidad menor de cualquier Input. Es decir, es posible desechar el exceso de Inputs a costo cero. Su versión débil establece que es posible mantener el nivel de producción, siempre que se produce una disminución equiproporcional en la cantidad empleada de todos los Inputs.

- Eliminación gratuita de Outputs: es posible producir una cantidad mayor de cualquier Output utilizando la misma cantidad de Inputs. La versión débil de esta propiedad establece que es posible aumentar equiproporcionalmente todos los Outputs, utilizando el mismo vector de Inputs.
- Rendimientos a escala constantes: es posible reescalar la actividad de cualquier proceso productivo. Es decir, un incremento de Outputs con un mismo incremento de Inputs.

1.3.2.2 Caracterización de los Modelos DEA

Los modelos DEA pueden ser clasificados, básicamente en función de (Coll y Blasco, 2006):

- El tipo de medida de eficiencia que proporcional: modelos radiales y no radiales.
- La orientación del modelo: Input Orientado, Output Orientado o Input – Output Orientado.
- La tipología de rendimientos a escala que caracterizan la tecnología de producción, entendida ésta como la forma (procedimientos técnicos) en que los factores productivos (Inputs son combinados para obtener un conjunto de productos (Outputs)³, de tal forma que esa combinación de factores puede caracterizarse por la existencia de rendimientos a escala: constantes o variables a escala⁴.

³ La representación formal de una tecnología es la función de producción, que en DEA es estimada a partir de las mejores prácticas observadas.

⁴ Aplicable a las Unidades o DMUs, hace referencia a cuanto se incrementa el producto cuando se amplía la escala de producción, considerando todos los factores productivos. Específicamente, alude a la proporción en que aumenta el volumen de producto en relación al incremento de los factores de producción.

1.3.2.3 Orientación del Modelo

Según Charnes, Cooper y Rhodes (1971), la eficiencia puede ser caracterizada con relación a dos orientaciones o direcciones básicas, haciendo referencia a los tipos de modelos:

1. Orientados a Inputs: buscan, dado el nivel de Outputs, la máxima reducción proporcional en el vector de Inputs mientras permanece en la frontera de posibilidades de producción. Una unidad no es eficiente si es posible disminuir cualquier Input sin alterar los Outputs.
2. Orientados a Outputs: buscan, dado el nivel de Inputs, el máximo incremento proporcional de los Outputs permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. En este sentido una unidad no puede ser caracterizada como eficiente si es posible incrementar cualquier Output sin incrementar ningún Input u sin disminuir ningún otro Output.

Teniendo en cuenta las orientaciones definidas, una Unidad será considerada eficiente siempre y cuando no sea posible incrementar las cantidades de Output manteniendo fijas las cantidades de Inputs utilizadas, ni sea posible disminuir las cantidades de Inputs empleadas sin alterar las cantidades de Outputs obtenidas (Charnes et al., 1981).

A pesar de que estos autores solo muestran dos tipos de orientaciones, Otaya y Trujillo, 2009, muestran otra opción donde no se presenta una orientación Inputs u Outputs, sino una extensión de ellos, un tipo de modelo que se identifica por que presenta Inputs y Outputs controlables, además en este caso siempre se busca la reducción de Inputs y un mejoramiento de los resultados (Outputs) de forma equitativa.

1.3.2.4 Clasificación de Modelos DEA

Modelo DEA-CCR.

Así denominado por haber sido desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). El modelo DEA- CCR corresponde al modelo básico, el cual requiere tantas optimizaciones como unidades de decisión (DMU's), proporciona medidas de eficiencia radiales, Input u Outputs orientadas y supone convexidad, fuerte eliminación gratuita de Inputs y Outputs y rendimientos constantes a escala.

El modelo DEA-CCR puede escribirse, en términos generales, de tres formas distintas: fraccional (cociente), multiplicativa y envolvente. (Coll y Blasco, 2006).

Modelo DEA- BCC.

Así denominado por haber sido desarrollado por Banker, Charnes y Cooper (1989). Si el modelo DEA-CCR consideraba rendimientos constantes a escala, el modelo DEA- BCC relaja este supuesto, que en gran parte de las ocasiones resulta excesivamente restrictivo y por tanto irreal, permitiendo que la tipología de rendimiento a escala que en un momento determinado caracterice la tecnología sea variable, esto es: constante, creciente y decreciente.

Los fundamentos del modelo DEA-BCC se encuentran en el modelo DEA-CCR, puesto que el primero es una extensión del segundo, se presenta de las formas: fraccional, multiplicativa y envolvente. (Coll y Blasco, 2006).

Modelos Básicos, Extensiones y Tendencias.

Los modelos DEA-CCR y DEA-BBC, son las bases a nuevos modelos con enfoques como: clasificar los DMU en base a su puntuación de eficiencia,

incorporar situaciones de Inputs y Outputs que escapen al control del gestor, entre otros. (Coll y Blasco, 2006).

1.3.3 Algunas Aplicaciones

Esta metodología ha tenido diversas aplicaciones, como herramienta para medir la eficiencia global y operativa de restaurantes, hospitales, seccionales de la fiscalía en Colombia, entre otras, a continuación se presentan los antecedentes sobre investigaciones del modelo DEA y diversas aplicaciones:

En el abordaje propuesto por Lins y Moreira (1999), se parte de un par input-output inicial que tenga alta correlación. El criterio de selección de nuevas variables a ser incluidas consiste en verificar cuál de las candidatas provoca mayor eficiencia media en el modelo DEA. El método se detiene al alcanzar un número de variables considerado ideal. El inconveniente de este procedimiento es que no toma en cuenta el número de DMUs eficientes obtenido en la evaluación de cada promedio, lo cual aísla el criterio de selección solamente al ámbito de mejor ajuste de la frontera eficiente.

Se ha presentado también una metodología para la medida global de la eficiencia operativa y la fijación de objetivos para la mejora de la misma, válida para empresas que desarrollan su actividad a través de unidades de negocio utilizando el análisis envolvente de datos, para el análisis de la eficiencia operativa de un conjunto de éstas unidades. La metodología es aplicable a un amplio abanico de organizaciones que articulan su actividad a través de unidades de negocio, como puedan ser las cadenas de restauración, hoteleras u oficinas bancarias (Giménez, 2000).

Data Envelopment Analysis - DEA, se ha utilizado en Colombia como herramienta de apoyo en la determinación de las oportunidades de mejora para los hospitales y en la identificación de entidades comparables, que muestren un mejor desempeño para aprender de ellas (Polanía B., 1999).

Modelos DEA se han empleado para la evaluación de la eficiencia técnica de las seccionales de la fiscalía haciendo uso de uno de los modelos gerenciales de programación matemática de ésta metodología. Los resultados que arroja el modelo acerca del esfuerzo productivo que alcanza en la actualidad cada una de las 28 dependencias regionales con que cuenta la Fiscalía, permite estimular la competencia y sana emulación entre ellas. Se ilustra en el artículo que la comparabilidad en esfuerzos productivos de las distintas seccionales y demás unidades operativas, exige separar la eficiencia técnica relativa (atribuible al esfuerzo productivo de cada una de sus veintiocho dependencias regionales) de la eficiencia de escala (imputable al tamaño de la operación). (Ruiz A., 2004).

La metodología se ha utilizado para realizar una evaluación de la eficiencia de las Regiones en Colombia, donde se desarrolló un modelo que refleja su desempeño en los diversos aspectos de la administración pública. Tradicionalmente, las evaluaciones realizadas por el Estado a las Regiones han hecho énfasis principalmente en indicadores financieros, buscando que éstas sean viables en este aspecto y sostenibles en el largo plazo. En este trabajo se consideraron otros aspectos relevantes para el desarrollo integral de las regiones, que redunden en un mayor bienestar para los ciudadanos, como la corrupción y el orden público (Pérez J., 2005).

Se ha aplicado también esta metodología –DEA- en la industria de seguros generales en Colombia, investigación en la que se analizó la eficiencia comparativa de 22 compañías en cortes trimestrales, empleando los modelos BCC y CCR (orientados a variables de entrada) para calcular dichas eficiencias técnicas (factor de contracción simultánea que es posible lograr en todas las entradas, sin desmejorar los niveles de salida) y para contar con índices de Malmquist (índice que permite evaluar el cambio de eficiencia a través del tiempo). (Rojas J., 2005).

DEA ha servido como herramienta para la medición de productividad y posterior clasificación de los grupos de investigación colombianos. Para llevar a cabo dicha clasificación se implementaron modelos DEA basados en supereficiencia y eficiencia cruzada combinados con análisis de conglomerados. Los modelos

propuestos se aplicaron al caso de los grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia con resultados prometedores (Villegas J. et al, 2007).

Se ha utilizado para el manejo de la problemática de escasez de aplicación y conocimiento de herramientas comparativas en la gestión logística de las industrias Vallecaucanas, y se propone DEA como una nueva metodología que permite la creación de un Benchmarking entre las empresas, mediante la evaluación de sus eficiencias (Ota y Trujillo, 2009).

Mediante este método se realizó un estudio de los factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa, el cual maneja datos microeconómicos de caficultores pequeños, medianos y grandes en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, donde se encontró que las unidades empresariales emplean muy bien la cantidad de insumos para maximizar su producción pero no logran producir al mínimo costo, dada la ineficiencia asignativa. Mientras los minifundistas, los campesinos y el sector general no explotan sus factores óptimamente y tampoco llegan al menor costo en producción por tener ineficiencia técnica y asignativa. (Perdomo J., 2009).

1.4 METODOLOGÍA

- A través del Banco de Proyectos de la Universidad del Valle se seleccionarán una serie de proyectos del mismo tipo, de manera que se pueda identificar y definir el ambiente en el que cada uno se desarrolló y definir de esta manera qué factores afectaron su proceso de ejecución.
- Con base en la revisión bibliográfica se seleccionará un modelo DEA que permita hacer una correcta comparación entre los proyectos, para esto se hará uso de modelos propuestos para comparar empresas, luego se escogerá el que se considere más adecuado y que cumpla con las características necesarias.
- A partir de la caracterización y requerimientos del modelo DEA seleccionado se definirán los *Inputs* y *Outputs*. Se identificarán las entradas, lo cual es necesario para saber qué cantidad de recurso está siendo utilizado, de igual manera, las salidas, que permiten identificar la cantidad de producto generado a partir de cierto recurso inicial.
- A partir de la información recogida de los proyectos seleccionados se correrá el modelo DEA, para el cual existen diferentes softwares de descarga libre que se ajustan de acuerdo a las características del Modelo DEA y sus extensiones. La evaluación del DEA también se hace posible con el uso de Excel apoyado con la herramienta de Solver.
- Con base en los resultados obtenidos se realizará una guía metodológica (Manual) que permitirá realizar evaluación ex – post en el Banco de Proyectos de la Universidad del Valle.

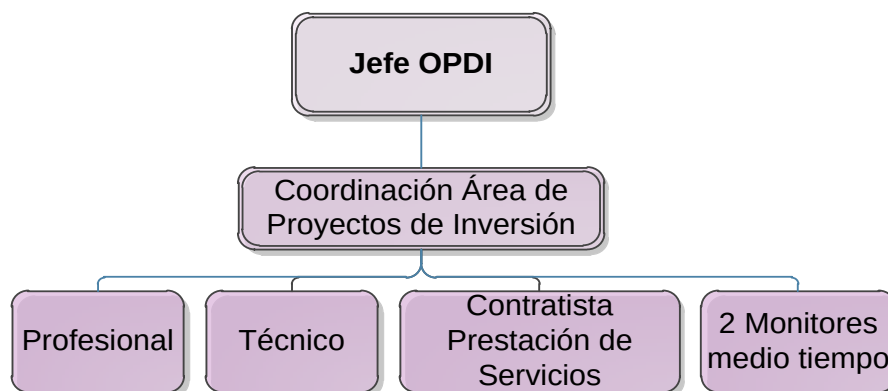
2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA

2.1 Identificación de Procesos del BPUV

El Banco de Proyectos de Inversión de la Universidad del Valle, BPUV, es la instancia que registra los proyectos técnica, ambiental, financiera, legal, social y económicamente viables que la institución desarrolla, es un instrumento dinámico de modernización de la gestión y base de información, articulado con la normatividad interna, en el cual se registran, se siguen, controlan y evalúan los proyectos ejecutados con los recursos de estampilla Pro-Universidad del Valle en concordancia con su Plan Estratégico de Desarrollo y Misión Institucional.

El Banco de Proyectos de Inversión es administrado por el Área de Proyectos de Inversión, adscrito a la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional, y servirá de base para la formulación del Plan de Inversión Anual de Estampilla de la institución.

Gráfico 3. Organigrama Área de Proyectos de Inversión



Fuente: Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional

El BPUV tiene como finalidad establecer y proponer los procedimientos para la administración del Banco Institucional de Proyectos de Inversión y velar por su aprobación, sistematización y divulgación, proponer el plan de inversiones de acuerdo con el recaudo de la Estampilla Pro Universidad del Valle, prestar asesoría a las dependencias de la Universidad en la ejecución de los proyectos radicados y aprobados, analizar y controlar la ejecución de las actividades del proyecto y del presupuesto asignado a los proyectos, de acuerdo a lo presupuestado para cada fase de los mismos, controlar la ejecución del gasto de

Estampilla Pro Universidad del Valle, por designación de la Rectoría, presentar los informes correspondientes de la administración de los proyectos de inversión Institucionales y del control sobre la ejecución de la Estampilla Pro Universidad del Valle a entes tanto internos como externos y elaborar y realizar análisis semestrales y acumulados de la inversión ejecutada. (www.bancoproyectosinversion.univalle.edu.co).

Esta finalidad está orientada hacia los objetivos de facilitar la ejecución de los programas y las acciones del Plan de Desarrollo y del Plan de Acción institucionales, mediante proyectos coherentes de acciones realizables, financiables, específicas y ubicadas espacial y temporalmente. Promover una cultura de planeación a partir de la formulación pertinente de proyectos, plantear los principios, procedimientos y herramientas para la viabilización de los proyectos misionales y de dirección y soporte. Dimensionar las demandas efectivas y potenciales de recursos de inversión de las diferentes unidades académicas y dependencias, garantizarla eficiente asignación de recursos, mediante la información organizada de la oferta de proyectos formulados técnicamente.

También es la encargada de monitorear la ejecución de proyectos que se desarrollen en cada vigencia definir instrumentos y mecanismos de control y generar información veraz y confiable que permite realizar análisis y diagnóstico para apoyar la toma de decisiones en los diferentes niveles institucionales. (Manual de Operaciones BPUV).

2.2 Ciclo de Vida de los Proyectos del BPUV

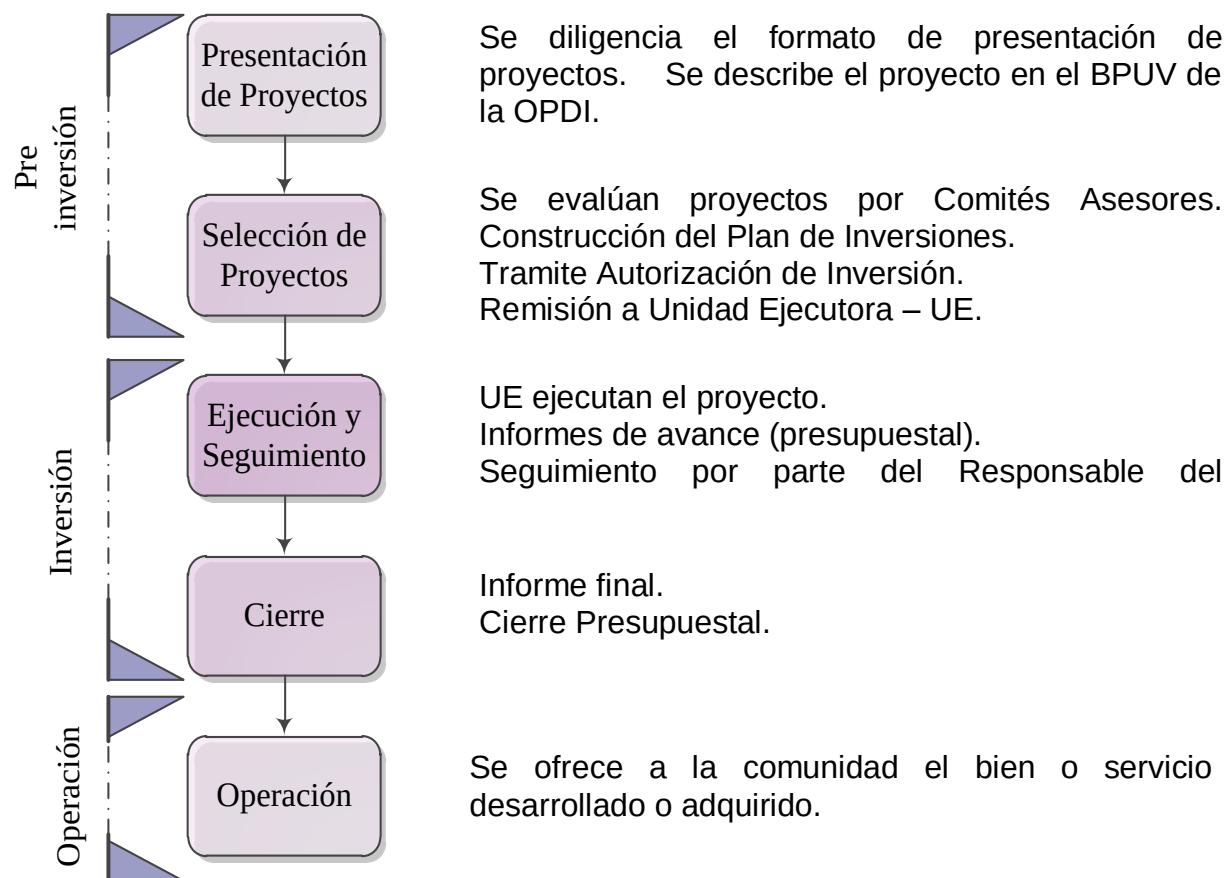
Los proyectos de inversión financiados con recursos de Estampilla Pro - Universidad del Valle corresponden a:

- Proyectos de infraestructura: adquisición, construcción, adecuación y conservación de la planta física.
- Proyectos de dotación: adquisición de equipos, muebles y enseres, material bibliográfico y didáctico, Hardware y software, equipo y elementos de laboratorio.
- Proyectos de Desarrollo Institucional: Nuevas tecnologías, Comunicación y medios de divulgación institucionales, Sistemas de Información, Bienestar Universitario, Adecuación normativa y administrativa.

El desarrollo de un proyecto está dividido en 2 fases, “La primera fase de un proyecto se denomina pre inversión aquí se identifica el problema o necesidad y se prepara la información pertinente para establecer si vale la pena emprender un proyecto. La segunda fase inicia cuando se ha tomado la decisión de poner en marcha el proyecto, ésta se denomina: inversión o ejecución, aquí se materializan las obras y las acciones, para una vez ejecutado el proyecto pasar a la etapa de operación en la que se ofrecen los bienes y servicios para los cuales el proyecto fue diseñado”. (Manual de Procedimientos, Banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional).

Este proceso dentro de la Universidad del Valle, definido ciclo de vida de los proyectos de inversión de la universidad, responde a cinco etapas: (1) Presentación: Pre inversión, (2) Selección: Pre inversión, (3) Ejecución y Seguimiento: Inversión, (4) Cierre: Inversión, (5) Operación.

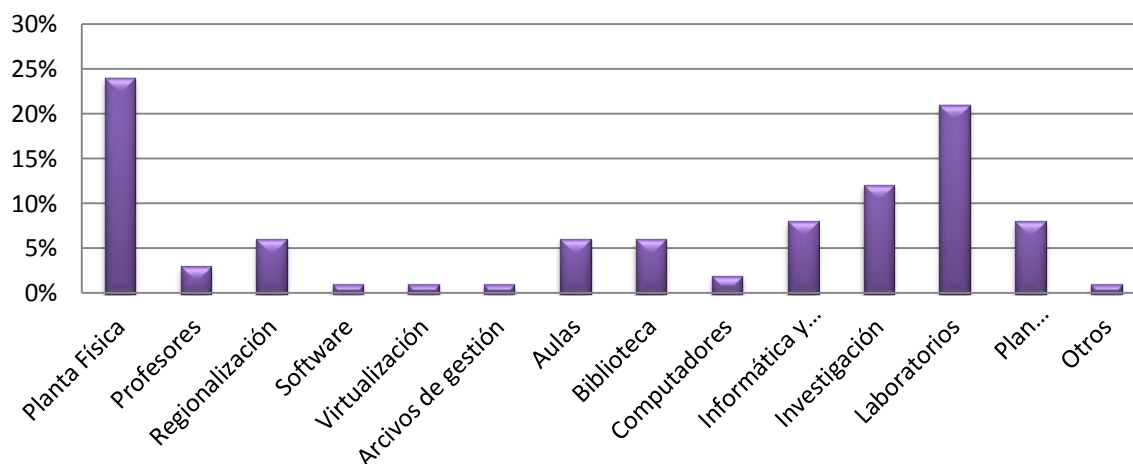
Gráfico 4.Diagrama de flujo general del ciclo de vida de proyectos de inversión en la Universidad del Valle



Fuente: Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional

2.3 Selección del subsistema

Gráfico 5. Distribución de Recursos por ítems



Fuente: Área de Proyectos de Inversión, Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional.

Para cada tipo de proyectos presentados en la gráfica No. 5, se presentan distintas unidades ejecutoras, mostradas en la tabla No. 1. Las Dependencias Ejecutoras tienen dentro de sus funciones la responsabilidad de llevar a cabo las actividades administrativas necesarias para llevar a buen término la ejecución de los proyectos (obras, compras, diseños).

Tabla No. 1. Responsabilidades de las unidades ejecutoras

Unidad Ejecutora	Responsabilidades
Sección de Compras y Administración de Bienes	Adquisición de Bienes y Servicios
División de Administración de Bienes y Servicios (Ejecución de Obras)	Proyectos Arquitectónicos, Adecuaciones Locativas: Construcciones, adecuaciones, interventoría, Compra e Instalación de Aire Acondicionado.
Oficina de Informática y Telecomunicaciones	Sistemas de Información y Telecomunicaciones
Coordinación Administrativa de Rectoría	Contratación de Prestación de Servicio y adquisición de Servicios
División de Bibliotecas	Adquisición de material bibliográfico, equipos varios y equipos de cómputo para la división de bibliotecas
Área de Planeación Física - OPDI	Desarrollo de Planes Maestros

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la gráfica No. 5, se escogieron los proyectos de planta física, ya que representan el mayor porcentaje de inversión de recursos por parte del BPUV.

Para este tipo de proyectos, se presenta el Formato presentación de proyectos Fondo Estampilla, y deben contener: un presupuesto, especificaciones técnicas, cantidades de obra, planos, diseños arquitectónicos y estructurales (según se requiera) y esquemas básicos, esto durante el proceso de formulación del proyecto (se realiza por la unidad académica, administrativa o sede que lo requiera).

Luego se entrega a la Decanatura, pasa por la evaluación, viabilización y priorización (Realizado por el Concejo de Facultad o Instituto), y de cumplir con los requisitos aparece en el listado de proyectos priorizados y deberán diligenciarse los formatos anexos para ser entregado a la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional donde se hace la revisión de los requisitos mínimos, luego se radica en el Banco de Proyectos, donde por segunda vez se realiza el proceso de evaluación y priorización, pero esta vez por los Comités de Priorización y Evaluación del BPUV, después de esto la OPDI entrega la propuesta de Plan de

Inversión a la Dirección Universitaria, quienes a su vez realizan una propuesta de priorización y Asignación Presupuesta al Consejo Superior para que sea incluido dentro del Plan de Inversión.

De ser aprobado, cumpliendo con todos los requisitos, el fondo reconocerá el valor propuesto del proyecto se dará vía libre a su ejecución, para la cual se asigna un responsable del proyecto perteneciente a la oficina de Administración de Bienes y Servicios, quienes deben llevar carpetas con toda la documentación relacionada al proyecto, las cuales contienen documentos del proceso de planeación, precontractuales, contractuales, pos contractuales y de Ejecución de la obra, esta documentación también es conservada en la oficina del BPUV, al igual que el formato de fondo de la Estampilla Pro Universidad del Valle.

A la totalidad de proyectos se les realiza cierre presupuestal, el cual consistente en verificación de que todas las etapas del proyecto se hayan realizado en su totalidad, verificación de saldos y envío de un comunicado a la Sección de Presupuesto cancelando los saldos del proyecto. (Manual de Operaciones, BPUV).

Adicional a esto es importante tener en cuenta que en el BPUV aún no se hace uso de las metodologías propuestas por la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística para la priorización y seguimiento de los proyectos (Metodología Multicriterio para la Priorización de Proyectos de Inversión del Banco de Proyectos de la Universidad del Valle y Metodología para el Seguimiento y Control de Proyectos), estas metodologías se utilizarán para el desarrollo del plan de inversiones 2011 de los recursos de la estampilla Pro Universidad del Valle, es por eso que es necesario tener en cuenta que el presente trabajo de grado se desarrolla bajo el supuesto de que ambas metodologías están siendo aplicadas.

3. DEFINICIÓN DE VARIABLES

La identificación de las variables que se contemplan dentro de los recursos y los resultados producidos es muy importante, pues de esto depende que la medición de eficiencia sea adecuada. Todos los recursos utilizados por la entidad deben considerarse como entradas y como salidas las medidas de desempeño y/o actividad. Cuando el número de variables utilizadas es mucho mayor al de entidades analizadas, el modelo puede perder su capacidad discriminante, por otro lado, si no se contemplan las variables relevantes se pueden obtener resultados errados. (Charnes et al, 1978).

De acuerdo con la metodología para la aplicación de DEA propuesta por Otaña y Trujillo (2009), definir adecuadamente los Inputs y Outputs, permitirá un exitoso desarrollo de la evaluación de unos criterios o alcances esperados. Para seleccionar los Inputs y Outputs se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. Definir la cantidad de organizaciones o DMUs es primordial para los resultados esperados en la evaluación de eficiencia, ya que la relación entre la cantidad de DMUs participantes y el análisis desplegado con los Conjuntos de Posibilidades de Producción (CPP) es directamente proporcional. Por tal motivo Norman y Stoker (1991), consideran que 20 unidades permiten reducir el sesgo por ser DEA un modelo no-paramétrico, además de lograr más criterios para ajustar los DMUs a la mejor estrategia o CPP presentes en el Benchmarking. Cooper et al. (2000), recomienda un número N de DMUs calculada por la siguiente expresión matemática:

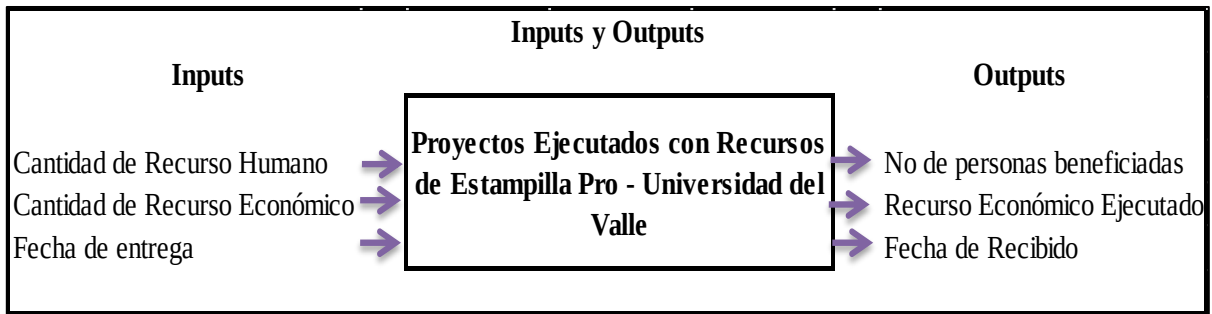
$$N \geq \max\{m \times s, 3(m + s)\}$$

El valor de N es expresado en función de m Inputs y s Outputs. Aunque el modelo DEA no está sujeto a una cantidad mínima requerida para la evaluación, esta se podrá realizar contando con mínimo dos unidades. (Otaña y Trujillo, 2009).

2. El paso a seguir es definir los Outputs a partir de los roles definidos, dichos Outputs tienen como criterio que sean útiles en el momento de medir y evaluar los alcances de los objetivos para los DMUs determinados. Hay que aclarar que gran cantidad de outputs, crea que la capacidad discriminante del DEA se vea muy reducida, ya que cuanto mayor sea el número de variables con relación al número de DMUs que componen el caso, mayor será la probabilidad que tiene cada una de ellas de presentar un comportamiento óptimo en alguna de las variables, para evitar este inconveniente se retoma la expresión para el cálculo del N adecuado presentado en el paso inmediatamente anterior.
3. Después de identificar los Outputs, se tiene que identificar qué recursos son necesarios para producir u obtener los Outputs, es decir, los Inputs. Los Inputs son recursos que deben reflejar los factores propios de cualquier proceso productivo como tierra, capital, trabajo y gestión. Este último es difícil cuantificarlo y rara vez se involucran en los análisis con la herramienta DEA.

Teniendo en cuenta que la evaluación Ex Post se enfoca en indagar el nivel de cumplimiento de los objetivos (Propósito y Resultados), al mismo tiempo que busca demostrar que los cambios producidos son consecuencia de las actividades del proyecto, para el desarrollo del presente trabajo de grado se han definido, a través de la revisión de la documentación de varios proyectos, el gráfico No. 6 muestra Inputs y Outputs para la evaluación Ex Post de proyectos de el BPUV:

Gráfico No. 6 Entradas y Salidas del sistema



Fuente: Elaboración propia

3.1 Variables de Salida

Se definen como variables de salida, todas aquellas que resultan de la ejecución de los proyectos del BPUV, las cuales están contenidas en la etapa de cierre de estos, Actas de Entrega y Adicionales a Contratos de Obra. En ellas se encuentran:

Personas Beneficiadas

Se definen las cantidad de personas que harán uso del bien construido o modificado, durante el proceso de operación del mismo, después del cierre y presentación del informe final, cuando este ha sido entregado a la comunidad.

Recurso Económico Ejecutado

Es aquella cantidad de dinero real utilizado durante la ejecución del proyecto, ya que generalmente se presentan demoras y sobrecostos, para los cuales se deben presentar de nuevo los formatos de fondo de estampilla y renovaciones y/o adicionales a los contratos de la obra.

Tiempo de Ejecución del Proyecto

En esta variable se tiene en cuenta la cantidad de tiempo utilizado para la ejecución de la obra, demoras, etc.

3.2 Variables de Entrada

Se determinan como variables de entrada, todas aquellas que se necesitan para la ejecución de los proyectos en el BPUV, las cuales son definidas durante el momento de la planeación y contractual de los mismos. En ellas se encuentran:

Recurso Humano

Este indicador se refiere la cantidad de personas requeridas por proyecto, las cuales se representan como personas/días para realizar la mano de obra, la cual comprende la ejecución técnica de las labores y entregables, y cantidad de personas especializadas/día, en este caso se refiere todo el personal necesario para ejecución y control de las operaciones, profesionales.

Recurso Económico

Para este indicador se tiene en cuenta la cantidad de recursos solicitados al fondo de estampilla Pro Universidad del Valle, para este caso se realizará una comparación entre la cantidad de dinero solicitada y el alcance del entregable al cual se compromete la unidad ejecutora durante la presentación del formato y el proceso contractual.

Tiempo de Entrega

Este indicador permite hacer una comparación entre la fecha de inicio de la obra, el periodo establecido para su ejecución, fecha de entrega establecida en el proceso contractual y el acta de recibido donde se consigna la fecha en la cual el proyecto ha sido finalizado, para poder ser entregado a la comunidad; esta fecha usualmente es mucho después de la establecida durante la planeación del proyecto.

4. DEFINICIÓN DEL MODELO DEA

4.1 Análisis del Modelo DEA

Cuando se tiene una variable para las entradas y una para las salidas, se puede plantear un cociente simple, sin embargo, en la mayoría de casos se tienen múltiples entradas y salidas, entonces se debe plantear el indicador de eficiencia global como la suma ponderada de resultados sobre la suma ponderada de recursos (Chacón B., 1999).

En este caso se requiere definir un conjunto de ponderadores para establecer la medida de eficiencia, lo cual es difícil de determinar para hacer las comparaciones de manera justa. Como alternativa de solución a esta situación, se puede argumentar que cada entidad fija unos ponderadores que favorezcan el valor del indicador de eficiencia para la entidad que se está evaluando, siempre y cuando estos sean aplicables para evaluar la eficiencia de las otras entidades. (Chacón B., 1999)

Lo anterior se realiza de manera iterativa, identificando los ponderadores más convenientes para cada Unidad y analizando su desempeño relativo. Esto lleva a plantear un modelo de programación lineal para cada entidad, cuya formulación es la siguiente (Chacón B., 1999):

$$\begin{aligned} \text{Max } j_0 &= \frac{\sum_r u_r y_r^0}{\sum_i v_i x_i^0} \\ \text{Donde:} \\ v_i \text{ Y } u_i &\text{ son respectivamente las ponderaciones para los inputs } x_i \text{ y los outputs } y_i. r \text{ indica vector Output, } i \text{ el vector Input.} \\ \text{Sujeto a:} \\ \frac{u_r y_r^j}{v_i x_i^j} &\leq 1 \quad \forall \quad r, j \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{Max } j_0 &= \frac{\sum_r u_r y_r^0}{\sum_i v_i x_i^0} \\ \text{Donde:} \\ v_i \text{ Y } u_i &\text{ son respectivamente las ponderaciones para los inputs } x_i \text{ y los outputs } y_i. r \text{ indica vector Output, } i \text{ el vector Input.} \\ \text{Sujeto a:} \\ \frac{u_r y_r^j}{v_i x_i^j} &\leq 1 \quad \forall \quad r, j \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned}} \right\} \text{Modelo 1.}$$

El indicador de eficiencia de cada entidad tiene un límite superior de uno para las entidades eficientes, y menor para las ineficientes; para estas el modelo identifica entidades eficientes de referencia, que se encuentran en condiciones similares (Chacón B., 1999).

La identificación de ponderadores permite evaluar las fortalezas y debilidades de cada entidad, según los valores altos y bajos relacionados con las variables. El modelo planteado inicialmente se puede transformar en un modelo lineal, teniendo en cuenta que se puede buscar el numerador máximo, suponiendo que el denominador se mantiene constante, o el denominador mínimo manteniendo constante el numerador. Esta elección está asociada con la forma en que se define que una entidad se aproxime a la eficiencia, el primer caso se conoce como un modelo orientado a la salida, pues busca mejorarlas al máximo y el segundo se conoce como un modelo orientado a la entrada, tal como se menciona en el numeral 1.3.2.1.

El modelo que se ha elegido en este trabajo se puede expresar de la siguiente manera (Chacón B., 1999):

$$\begin{array}{l}
 \text{Sujeto a:} \\
 \begin{array}{l}
 \text{Max } W_0 = \sum_r U_r Y_r^0 \\
 \sum_i V_i X_i^0 = 1 \\
 \sum_r U_r Y_r^j - \sum_i V_i X_i^j \leq 0 \\
 U_r, V_i \geq 0
 \end{array}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Sujeto a:} \\ \begin{array}{l} \text{Max } W_0 = \sum_r U_r Y_r^0 \\ \sum_i V_i X_i^0 = 1 \\ \sum_r U_r Y_r^j - \sum_i V_i X_i^j \leq 0 \\ U_r, V_i \geq 0 \end{array} \right\} \text{Modelo 2.}$$

De manera equivalente, se puede resolver el problema dual, en el cual se buscan valores de lambda para construir una entidad compuesta (virtual), con un nivel de resultados y de entradas que se comporte mejor que la unidad analizada, si las

holguras del modelo son cero, es porque no existe dicha combinación y por consiguiente la entidad es eficiente. La formulación del problema es la siguiente (Chacón B., 1999):

$$\begin{array}{l}
 \text{Sujeto a:} \\
 \begin{array}{l}
 \text{Max } Z_0 = \phi + \varepsilon \cdot 1^+ \cdot s^+ + \varepsilon \cdot 1^- \cdot s^- \\
 \\
 X^0 = X\lambda + e^+ \\
 \phi Y^0 = Y\lambda - e^- \\
 \lambda, e^-, e^+ \geq 0
 \end{array}
 \end{array}
 \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Sujeto a:} \\ \text{Max } Z_0 = \phi + \varepsilon \cdot 1^+ \cdot s^+ + \varepsilon \cdot 1^- \cdot s^- \\ \\ X^0 = X\lambda + e^+ \\ \phi Y^0 = Y\lambda - e^- \\ \lambda, e^-, e^+ \geq 0 \end{array}} \right\} \text{Modelo 3.}$$

También se puede plantear un modelo que busque disminuir las entradas y aumentar las salidas, de manera simultánea. Este es conocido como el modelo aditivo, cuya formulación se presenta a continuación (Chacón B., 1999):

$$\begin{array}{l}
 \text{Sujeto a:} \\
 \begin{array}{l}
 \text{Min } W_0 = -1^+ \cdot e^+ - 1^- \cdot e^- \\
 \\
 X^0 = X\lambda + e^+ \\
 Y^0 = Y\lambda - e^- \\
 \lambda, e^-, e^+ \geq 0
 \end{array}
 \end{array}
 \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Sujeto a:} \\ \text{Min } W_0 = -1^+ \cdot e^+ - 1^- \cdot e^- \\ \\ X^0 = X\lambda + e^+ \\ Y^0 = Y\lambda - e^- \\ \lambda, e^-, e^+ \geq 0 \end{array}} \right\} \text{Modelo 4.}$$

La forma de la envolvente de eficiencia se determina dependiendo de la función de producción que se esté modelando, si los retornos a escala son decrecientes, la envolvente será cóncava. De esta manera, la entidad eficiente virtual, que se genera para comparar la entidad analizada, se determina como una combinación lineal convexa de unidades eficientes, por lo cual los coeficientes de la combinación deben sumar uno. (Chacón B., 1999)

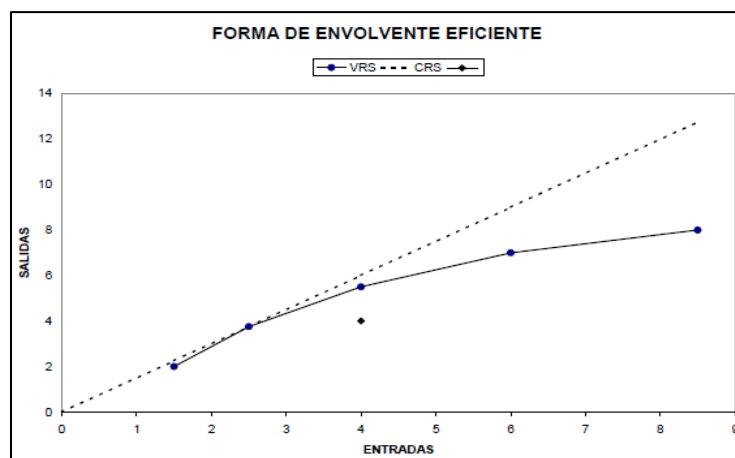
Si se presenta un comportamiento de retornos constantes a escala, es decir que la productividad lograda por una entidad puede ser alcanzada por otra, aunque

trabajen en escalas diferentes, la envolvente se define por un hiperplano que pasa por el origen, y toca tangencialmente el punto de mayor eficiencia, por lo cual la combinación de entidades que se busca para analizar cada entidad no es convexa. En este caso el modelo es más exigente. (Chacón B., 1999)

La aplicación de estos conceptos se puede entender mejor de manera gráfica en dos dimensiones. En el gráfico 7, se puede diferenciar la envolvente de cada caso y se ejemplifica mediante el punto bajo la envolvente una entidad ineficiente. Las diferentes orientaciones de la metodología permitirán proyecciones a puntos distintos sobre la envolvente. (Chacón B., 1999).

Como se mencionó anteriormente, una frontera de eficiencia relativa se basa en la modelación matemática lineal y se utiliza para la comparación de eficiencia entre compañías o unidades productivas en condiciones similares, en el desarrollo de una misma labor.

Gráfico No. 7 Forma Envolvente Eficiente (Frontera Eficiente)



Fuente: Chacón B., 1999.

4.2 Selección de un modelo DEA

El modelo que será utilizado se ha seleccionado de acuerdo de la metodología para la aplicación del DEA presentada por Coll & Blasco(2006) y lo presentado en

el capítulo 1.3.2, y teniendo en cuenta el ambiente en el cual se están desarrollando los proyectos, en este orden de ideas, se ha escogido el modelo de CCR, ya que este tipo de modelos se caracterizan por su capacidad para calcular la eficiencia técnica, permitiendo la evaluación y comparación entre unidades (DMUs) con diferente tamaño en su estructura organizacional, ya que no todos los proyectos se planean y ejecutan bajo un mismo alcance.

El modelo será Output orientado, debido a que en este caso no se pretenden disminuir la cantidad de Inputs (que son los recursos generalmente), sino hacer un mejor uso de ellos, de manera que con la cantidad asignada se pueda solucionar el problema por el cual el proyecto ha sido planteado.

En este caso se desea mantener el nivel de Inputs establecidos al momento de la planeación del proyecto, y como se mencionó anteriormente, Output orientado quiere decir que se presenta una cantidad constante de Inputs para buscar el máximo incremento de los Outputs (resultados).

Por último se desarrollará de la forma envolvente o dual, por ser esta la más común y permite tener un número menor de restricciones que la forma multiplicativa, ya que a diferencia del primal input orientado, o forma multiplicativa, que viene definido por $n+1$ restricciones, esta forma está sujeta a $s + m$ restricciones, por lo tanto como el número de Unidades (DMUs) con las que se trabaja suelen ser mucho mayor que el número total de Inputs y Outputs, es esta la razón por la que el modelo DEA – CCR dual es generalmente el problema preferido para ser resuelto (Coelli et al, 1998).

De acuerdo con lo anterior, y lo propuesto por Coll & Blasco(2006), el modelo a utilizar es el siguiente:

Sujeto a:

$$Max_{\varphi, \lambda, s^+, s^-} Z_0 \quad \varphi + \varepsilon (Is^+ + Is^-)$$

Modelo 5.

$$\varphi y_0 - \lambda Y + s^+ = 0$$

$$\lambda X + s^- = x_0$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

Donde:

s^+ Es el vector de holguras Output. $Is^+ = \sum_{r=1}^s s_r^+$

s^- Es el vector de holguras Input. $Is^- = \sum_{i=1}^s s_i^-$

λ Es el vector de pesos o intensidades, así λ_j es la intensidad de la Unidad j.

X Son los Inputs

x_0 Representa el vector Inputs de la Unidad que está siendo evaluada.

Y son los Outputs

y_0 Representa el vector Outputs de la Unidad que está siendo evaluada.

La unidad es eficiente si $\varphi = 1$ y todas las variables de holgura son nulas, siendo los pesos λ_j , que permiten obtener los valores de $(X_{i()}, Y_{k()})$ óptimos a asignar.

5. APLICACIÓN: CASO ESTUDIO

Como ya se explicó anteriormente, se utilizará el Banco de Proyectos de la Universidad del Valle –BPUV- para la aplicación del modelo de manera que se permita realizar evaluación Ex Post a un conjunto de proyectos, en este caso se evaluarán los de planta física, por representar el mayor porcentaje de recursos del fondo de estampilla pro Universidad del Valle.

Para la aplicación se deben definir la cantidad de DMUs y las variables Inputs y Outputs.

Cantidad de DMUs

De acuerdo con Cooper et al (2000), para calcular el número de Unidades a medir y/o comparar, para la evaluación y las cantidades de Inputs y Outputs que se utilizarán, se utiliza la siguiente fórmula:

$$N \geq \max \{m \times s, 3(m + s)\}$$

Como se definieron tres input y tres output, se tiene que:

$$N \geq \max \{3 \times 3, 3(3 + 3)\}$$

$$N \geq 18$$

Este resultado implica que para el modelo se deben evaluar mínimo 18 DMUs, pero es una cantidad muy grande, y es posible que no se encuentre información de toda esta cantidad de proyectos terminados en cada una de sus clases, por tal motivo la comparación se desarrollará para una cantidad de 7 DMUs, cumpliendo el fin de este trabajo que es realizar la evaluación Ex Post a través de la aplicación del DEA permitiendo realizar un buen análisis en el planteamiento y el desarrollo del modelo. Hay que tener en cuenta que metodológicamente se puede trabajar con 2 DMUs. (Otaya y Trujillo, 2009).

Los DMUs utilizados en este caso serán:

Tabla 2. Proyectos Evaluados (DMUs)

Proyecto	Nombre
1A	Adecuaciones de los centros de acopio de basuras de las sedes Meléndez y San Fernando – Fase I (Cercamiento).
1B	Adecuaciones de los centros de acopio de basuras de las sedes Meléndez y San Fernando – Fase II (Construcción).
2	Diseño e instalación de Cableado estructurado.
3	Adecuaciones Oficina de Rectoría sede San Fernando.
4	Construcción del nuevo edificio del herbario CUVIC de la Universidad del Valle, Edificio “Sigifredo Espinal Tascón”.
5	Adecuación de las oficinas de Salud Ocupacional y el doctorado en educación en el 4to piso del Edificio 381.
6	Laboratorios de Ciencias Naturales y Exactas.

Fuente: Elaboración propia

Variables Inputs y Outputs

Para la evaluación Ex Post de proyectos se definen 3 variables de entrada (Inputs): el recurso humano utilizado para su ejecución (X1), el recurso económico solicitado (X2), y el tiempo estimado de entrega del proyecto (X3), y como variables de salida (Outputs) se definen: el número de personas beneficiadas por el proyecto (Y1), el recurso económico real utilizado para su ejecución (Y2) y el tiempo real de ejecución de éste (Y3).

Tabla 3. Información de Entrada (Inputs)

Variable	Unidad de medida	Nombre	Proyecto 1A	Proyecto 1B	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6
Recurso Humano	Personas	X1	20	15	5	15	25	20	30
Recurso Económico	\$ (Millones)	X2	165	200	509	137	1.304	240	350
Tiempo Estimado	Días	X3	60	60	120	60	240	84	120

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Información de Salida (Outputs)

Variable	Unidad de medida	Nombre	Proyecto 1A	Proyecto 1B	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6
Personas Beneficiadas	Personas	Y1	17000	17000	17.000	5.000	500	17.000	10.000
Recurso Económico Ejecutado	\$ (Millones)	Y2	165	220	453	158	1.805	240	350
Tiempo Ejecutado	Días	Y3	213	211	140	60	345	150	145

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla 3 (Información de entrada) y la tabla 4 (Información de salida), se elabora la tabla 5.

Tabla 5. Datos

	Variable	Unidad de medida	Proyecto 1A	Proyecto 1B	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6
Inputs	X1	Personas	20	15	5	15	25	20	30
	X2	\$ (Millones)	165	200	509	137	1.304	240	350
	X3	Días	60	60	120	60	240	84	120
Outputs	Y1	Personas	17000	17000	17.000	5.000	500	17.000	10.000
	Y2	%	100	91	112	87	72	100	100
	Y3	%	28	28	86	100	70	56	83

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se encuentran consignados los datos que se utilizarán para el análisis, las variables de salida Y2 y Y3 se representan como porcentaje, ya que para facilitar su análisis, Y2 será la eficiencia del recurso económico presupuestado, y Y3 la eficiencia del tiempo estimado. La expresión matemática utilizada es la siguiente:

$$Eficiencia\ de\ la\ utilización\ de\ los\ recursos = \frac{Recursos\ Presupuestados}{Recursos\ Utilizados}$$

5.1 Modelación Matemática

Recordemos que se aplicará un modelo DEA-CCR en forma envolvente Output orientado, cuyo objetivo es maximizar el aumento proporcional en los Outputs que podría ser logrado por la Unidad (DMU) evaluada, dados sus niveles de Inputs. (Coll & Blasco, 2006).

La resolución del Modelo 5, dará una solución óptima de tal forma que $\varphi^* \geq 1$. Así, cuanto mayor sea φ^* más ineficiente será la Unidad evaluada. Una Unidad será calificada como técnicamente eficiente si y solo si $\varphi^* = 1$ y todas las holguras son nulas. En caso contrario la Unidad será ineficiente.

La eficiencia técnica Output de la Unidad evaluada será igual a $1/\varphi^*$. Adicional a esto los modelos DEA – CCR cuentan con múltiples procedimientos para la resolución, si este se resuelve en una etapa, busca, para la Unidad evaluada, la máxima reducción de Inputs u Outputs, obteniéndose los valores de holgura de manera residual. Sin embargo, mediante este método de resolución, según Coelli et al, 1998, “no siempre se identifican todas las holguras”.

Para determinar todas las posibles holguras Input y Output se sugiere la resolución de una segunda etapa, cuyo objetivo es maximizar la suma de las holguras Input y Output manteniendo el valor óptimo de φ logrado en la primera etapa. (Ali & Seiford, 1993).

Dados los valores Input y Outputs dados para los proyectos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (ver tablas 2 y 3), el modelo DEA-CCR en forma envolvente Output orientado puede escribirse de la siguiente manera, para resolución en una sola etapa:

$$Max_{\varphi, \lambda} Z_0 = \varphi$$

Sujeto a:

$$y_{10}\varphi - y_{11A}\lambda_{1A} - y_{11B}\lambda_{1B} - y_{12}\lambda_2 - y_{13}\lambda_3 - y_{14}\lambda_4 - y_{15}\lambda_5 - y_{16}\lambda_6 \leq 0$$

$$y_{20}\varphi - y_{21A}\lambda_{1A} - y_{21B}\lambda_{1B} - y_{22}\lambda_2 - y_{23}\lambda_3 - y_{24}\lambda_4 - y_{25}\lambda_5 - y_{26}\lambda_6 \leq 0$$

$$y_{30}\varphi - y_{31A}\lambda_{1A} - y_{31B}\lambda_{1B} - y_{32}\lambda_2 - y_{33}\lambda_3 - y_{34}\lambda_4 - y_{35}\lambda_5 - y_{36}\lambda_6 \leq 0$$

$$x_{11A}\lambda_{1A} + x_{11B}\lambda_{1B} + x_{12}\lambda_2 + x_{13}\lambda_3 + x_{14}\lambda_4 + x_{15}\lambda_5 + x_{16}\lambda_6 \leq x_{10}$$

$$x_{21A}\lambda_{1A} + x_{21B}\lambda_{1B} + x_{22}\lambda_2 + x_{23}\lambda_3 + x_{24}\lambda_4 + x_{25}\lambda_5 + x_{26}\lambda_6 \leq x_{20}$$

$$x_{31A}\lambda_{1A} + x_{31B}\lambda_{1B} + x_{32}\lambda_2 + x_{33}\lambda_3 + x_{34}\lambda_4 + x_{35}\lambda_5 + x_{36}\lambda_6 \leq x_{30}$$

φ Libre

$$\lambda_{1A}, \lambda_{1B}, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6 \geq 0$$

Sustituyendo:

$$Max_{\varphi, \lambda} Z_0 = \varphi$$

Sujeto a:

$$y_{10}\varphi - 17000\lambda_{1A} - 17000\lambda_{1B} - 15000\lambda_2 - 5000\lambda_3 - 5000\lambda_4 - 15000\lambda_5 - 10000\lambda_6 \leq 0$$

$$y_{20}\varphi - 100\lambda_{1A} - 91\lambda_{1B} - 112\lambda_2 - 87\lambda_3 - 725\lambda_4 - 100\lambda_5 - 100\lambda_6 \leq 0$$

$$y_{30}\varphi - 28\lambda_{1A} - 28\lambda_{1B} - 86\lambda_2 - 100\lambda_3 - 70\lambda_4 - 56\lambda_5 - 83 \leq 0$$

$$20\lambda_{1A} + 15\lambda_{1B} + 5\lambda_2 + 15\lambda_3 + 25\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 \leq x_{10}$$

$$165\lambda_{1A} + 200\lambda_{1B} + 509\lambda_2 + 137\lambda_3 + 1304\lambda_4 + 240\lambda_5 + 350\lambda_6 \leq x_{20}$$

$$60\lambda_{1A} + 60\lambda_{1B} + 120\lambda_2 + 60\lambda_3 + 240\lambda_4 + 84\lambda_5 + 120\lambda_6 \leq x_{30}$$

φ Libre

$$\lambda_{1A}, \lambda_{1B}, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6 \geq 0$$

La resolución del modelo en dos etapas sería:

$$Max_{\varphi, \lambda, s^+, s^-} Z_0 \quad \varphi + \varepsilon (s_1^+ + s_2^+ + s_3^+ + s_1^- + s_2^- + s_3^-)$$

Sujeto a:

$$y_{10}\varphi - 17000\lambda_{1A} - 17000\lambda_{1B} - 15000\lambda_2 - 5000\lambda_3 - 5000\lambda_4 - 15000\lambda_5 \\ - 10000\lambda_6 + s_1^+ = 0$$

$$y_{20}\varphi - 100\lambda_{1A} - 91\lambda_{1B} - 112\lambda_2 - 87\lambda_3 - 72\lambda_4 - 100\lambda_5 - 100\lambda_6 + s_2^+ = 0$$

$$y_{30}\varphi - 28\lambda_{1A} - 28\lambda_{1B} - 86\lambda_2 - 100\lambda_3 - 70\lambda_4 - 56\lambda_5 - 83\lambda_6 + s_3^+ = 0$$

$$20\lambda_{1A} + 15\lambda_{1B} + 5\lambda_2 + 15\lambda_3 + 25\lambda_4 + 20\lambda_5 + 30\lambda_6 + s_1^- = x_{10}$$

$$165\lambda_{1A} + 200\lambda_{1B} + 509\lambda_2 + 137\lambda_3 + 1304\lambda_4 + 240\lambda_5 + 350\lambda_6 + s_2^- = x_{20}$$

$$60\lambda_{1A} + 60\lambda_{1B} + 120\lambda_2 + 60\lambda_3 + 240\lambda_4 + 84\lambda_5 + 120\lambda_6 + s_3^- = x_{30}$$

φ Libre

$$\lambda_{1A}, \lambda_{1B}, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6 \geq 0$$

5.2 Resultados y Análisis

Para la implementación del modelo DEA propuesto, se hará uso del Frontier Analyst Profesional® Versión 4 WorkingDemonstration, una versión restringida del software, desarrollado y comercializado por la empresa Banxia Software Ltd. La cual soporta la información de hasta 12 Unidades para ser analizadas.

En cuanto al primer aspecto de la caracterización de los modelos DEA, numeral 1.3.2.2, los modelos DEA a los cuales recurre Frontier Analyst® para evaluar la eficiencia, proporcionan medidas de eficiencia de tipo radial (proporcional)⁵.

⁵ De esta manera serán obtenidas las medidas de eficiencia de los proyectos evaluados.

A continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis para cada uno de los proyectos del caso estudio, el programa se ejecutó como modo de optimización: Maximizar Outputs, Modo de Escala: Retornos Constantes (Modelo CCR).

Tabla 6. Puntajes de Eficiencia modelo DEA – CCR Orientado a Outputs

Unit name	Score	Efficient	Condition
Proyecto 1A	100,0%	✓	●
Proyecto 1B	100,0%	✓	●
Proyecto 2	100,0%	✓	●
Proyecto 3	100,0%	✓	●
Proyecto 4	29,1%		●
Proyecto 5	84,6%		●
Proyecto 6	56,5%		●
7 units	Min: 29,12		

Fuente: Frontier Analyst V.4

De acuerdo al modelo DEA – CCR Output Orientado, 4 de los 7 proyectos de planta física ejecutados por el BPUV son técnicamente eficientes respecto al total de proyectos evaluados, siendo dichos proyectos: el proyecto de adecuación del centro de acopio de basuras (Proyecto 1A y Proyecto 1B), el de diseño e instalación de cableado estructurado (Proyecto 2) y el de las adecuaciones a la oficina de rectoría sede San Fernando (Proyecto 3), siendo estos los que determinan la frontera eficiente, el resto de ellos son calificados como ineficientes técnicamente, al obtener una puntuación de eficiencia inferior al 100%, la construcción del nuevo edificio herbario CUVC de la Universidad del Valle edificio “Sigifredo Espinal Tascón” (Proyecto 4), obtuvo una eficiencia del 29.1%, la adecuación de las oficinas de salud ocupacional (Proyecto 5) obtuvo una puntuación de eficiencia del 84.6% y las adecuaciones de los laboratorios de ciencias naturales y exactas (Proyecto 6) obtuvo una puntuación de eficiencia del 56.5%.

Caracterización de la eficiencia

Como se mencionó anteriormente, si la solución óptima al problema dado por el modelo 5 resulta ser $\varphi^* = 1$, entonces la Unidad que se está evaluando es eficiente, de acuerdo con la definición de Farrell, 1957, en relación con las otras Unidades, puesto que no es posible encontrar ninguna Unidad o combinación lineal de Unidades que obtenga al menos el Output de la Unidad x , utilizando menos factores. En caso contrario la Unidad es ineficiente si $\varphi^* < 1$.

Significado de los pesos

En DEA se hace referencia a los términos Input virtual y Output virtual. El primero se refiere a la suma ponderada de los Inputs, en tanto que el segundo, de forma análoga hace referencia a la sumatorio del Output ponderado. (Coll & Blasco, 2006).

Los valores de los Inputs y Outputs virtuales expresan información sobre la importancia que una Unidad atribuye a determinados Inputs y Outputs al objeto de obtener su máxima puntuación de eficiencia. (Boussofiane et al, 1991).

En consecuencia, es posible determinar la importancia o contribución de cada Input respecto del total, así como la contribución de cada Output a la puntuación de eficiencia. Estos resultados proporcionan indicación de la medida en que las variables Input y Output han sido usadas en la determinación de la eficiencia, “jugando un papel como medida de la sensibilidad de las puntuaciones de eficiencia” (Cooper et al, 2000).

El software Frontier Analyst® proporciona los porcentajes de contribución de cada Input/Output, mostrados en la tabla 7.

Tabla 7. Contribución de Inputs / Outputs

	Variable	Proyecto 1A	Proyecto 1B	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6
Inputs	X1	0,00%	29,67 %	12,50 %	0,00 %	47,42 %	36,97 %	37,73 %
	X2	77,72%	0,00 %	0,00 %	100,00 %	0,00 %	63,03 %	12,47 %
	X3	22,28 %	70,33 %	87,50 %	0,00 %	52,58 %	0,00 %	49,80 %
Outputs	Y1	0,00%	0,00 %	0,00 %	2,29 %	0,00 %	70,99 %	0,00 %
	Y2	100,00 %	100,00 %	100,00 %	97,71 %	0,00 %	0,00 %	100,00 %
	Y3	0,00%	0,00 %	0,00 %	0,00 %	100,00 %	29,01 %	0,00 %

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con Coll y Blasco, 2006, de los resultados mostrados en la tabla 7, puede decirse que en el caso del Proyecto 1A una reducción en el consumo del Input X2 tiene un mayor efecto en la eficiencia de este proyecto que una reducción en el uso del Input X3. Esto a su vez significa que se podrían estudiar estrategias que permitan la reducción los recursos y mejoren la eficiencia de las Unidades.

Valores de Holgura

Retomando el concepto de eficiencia de Farrell, donde la eficiencia de la Unidades está dada por: $\varphi^* = 1$, Pareto – Koopmans adicional a esto proponen que para que se alcance la eficiencia, es necesario que se cuente con valores de holgura iguales a cero.

Para las Unidades evaluadas se presentaron los valores de holgura mostrados en la tabla 8.

Tabla 8. Valores de Holgura

	Variable	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6
Inputs	X1	0	0	0
	X2	0,327	0	0
	X3	0	0,018	0
Outputs	Y1	0,578	0	0,382
	Y2	0,124	0,010	0
	Y3	0	0	1,833

Fuente: Elaboración propia

Estos valores indican que sería posible incrementar el Output en la cantidad dada por esa holgura, con lo que por ejemplo la Unidad Proyecto 6 debería producir el Output Y3 en la cantidad $(83 + 1,833)$, en lugar de la cantidad observada (83). De manera análoga, si se obtiene un valor de holgura en cualquier Input mayor que cero, eso indica que aquella variable de la Unidad evaluada podría ser reducida en la cantidad indicada por la holgura.

“Benchmarking” en DEA: Fijación de referencias para la mejora

Según el modelo DEA empleado, puede obtenerse para toda Unidad ineficiente un punto de proyección $(\hat{x}_0, \hat{y}_0)$, sobre la frontera eficiente que represente a una Unidad eficiente que, en un modelo Input orientado, consuma, como mucho, la proporción de Inputs de la Unidad de referencia y produzca al menos, la misma cantidad de Outputs. (Coll & Blasco, 2006).

La Unidad o Unidades implicadas en la construcción de la Unidad referida eficiente constituirán el conjunto de referencia de la Unidad evaluada y calificada como ineficiente. Este conjunto de referencia estará formado por todas aquellas unidades que obtengas en la solución del problema unas intensidades $\lambda_j > 0$ ($j = 1, 2, \dots, n$).

A partir de esto el punto de proyección, que es la combinación lineal de los puntos observados, vendrá dado por $(\hat{x}_0 = \lambda * X, \hat{y}_0 = \lambda * Y)$.

El punto de proyección sobre la frontera eficiente determinará la dirección de mejora, presumiblemente la más accesible, a emprender la Unidad ineficiente. Las coordenadas de la proyección sobre la frontera representarán los valores Inputs y Outputs objetivo para la Unidad ineficiente, es decir, los niveles Input y Output que la convertirán en eficiente para alcanzarlos.

En la tabla 9 se recogen los valores objetivo para cada proyecto ineficiente, así como los valores inicialmente observados para cada uno de ellos.

Tabla 9. Valores objetivo y observados de los proyectos ineficientes

	Inputs						Outputs					
	Valores Observados			Valores Objetivo ⁶			Valores Observados			Valores Objetivo		
Proyectos Ineficientes	X1	X2	X3	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y1	Y2	Y3
Proyecto 4	25	1304	240	25	877,76	240	5000	72	70	27000	261,20	240,40
Proyecto 5	20	240	84	20	240	79,68	15000	100	56	17738	119,38	66,22
Proyecto 6	30	350	120	30	321,14	120	10000	100	83	18855	176,95	146,87

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los valores objetivo y los observados es posible determinar la mejora (reducción de Inputs y/o incremento de Outputs) que debería experimentar cada proyecto ineficiente para convertirse en eficiente, así como distinguir qué parte de dicha mejora se debe a un movimiento radial (derivado de la puntuación de eficiencia obtenida) y un movimiento de holgura (derivado del desplazamiento a través de la propia frontera).

Es decir, el porcentaje de mejora potencial a experimentar por los proyectos 4, 5 y 6 que son calificados como ineficientes será:

Tabla 10. Porcentaje de potenciales mejoras

Proyectos Ineficientes	Mejora potencial (%)					
	Inputs			Outputs		
	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
Proyecto 4	0,00 %	-32,69 %	0,00 %	440,00 %	262,78 %	243,43 %
Proyecto 5	0,00 %	0,00 %	-5,14 %	18,25 %	19,38 %	18,25 %
Proyecto 6	0,00 %	-8,25 %	0,00 %	88,55 %	76,95 %	76,95 %

Fuente: Elaboración propia

⁶ Valor Objetivo es el plan de producción de la Unidad proyectada sobre la frontera para cada unidad ineficiente, y que es obtenida como combinación lineal de Unidades eficientes.

Asimismo, es posible obtener los porcentajes en cada una de las benchmark del conjunto de referencia de una Unidad ineficiente contribuye a los valores objetivos de éstas. Esta información es de utilidad, puesto que a través de dichos porcentajes se pone de manifiesto la mayor o menor importancia que en cada variable Input y Output representa la benchmark para la Unidad ineficiente.

Los datos obtenidos en las tablas 9 y 10 obligan a las unidades ejecutoras de los proyectos del BPUV y a este mismo a crear metas y realizar actividades para el mejoramiento de la gestión de proyectos (tanto en la etapa de selección y/o priorización de proyectos, como en la de ejecución). Por ejemplo, para que el proyecto 4 llegue a ser eficiente, se deben crear estrategias para disminuir el recurso económico que se destina a su ejecución, ya que este dinero actualmente está sirviendo a 5.000 personas, mientras que debería beneficiar a 27.000, lo que representa un aumento del 440.0% de personas beneficiadas, al mismo tiempo que para alcanzar este objetivo se debe aumentar en un 263% la eficiencia del recurso económico presupuestado y en un 243,43% la eficiencia del tiempo estimado.

6. PROPUESTA METODOLÓGICA

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN EXPOST EN UN BANCO DE PROYECTOS: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

Resumen

A continuación se presenta la guía que tiene como objetivo inducir y orientar al Banco de Proyectos de la Universidad del Valle para utilizar la metodología de Análisis Envolvente de Datos, DEA, y así facilitar la realización de la Evaluación Ex Post. Se muestran los pasos a seguir, los datos que se deben tener en cuenta para realizar la comparación y medición de las eficiencias y los tipos de análisis que se deben efectuar a partir de los resultados obtenidos.

Introducción

Para resolver la problemática de saber qué tan bien se están invirtiendo los recursos obtenidos por la estampilla pro-Universidad del Valle, y qué tan buena ha sido la gestión de éstos, se ha propuesto realizar Evaluación Ex Post a los proyectos ejecutados con estos fondos.

Para esto se utilizará la metodología DEA, que permite realizar una comparación entre varios proyectos, y así definir los que han sido eficientes, los que han sido ineficientes, y lo que le falta a los ineficientes para alcanzar la eficiencia, esto permite crear estrategias al momento de seleccionar y ejecutarlos, permitiendo hacer un óptimo uso de los recursos.

1. Aplicación del Modelo DEA

Partiendo de que el modelo DEA a utilizar será el DEA – CCR Output Orientado, se mostrarán los pasos a seguir para su aplicación, donde se debe:

- I.** Identificación de Variables
- II.** Selección de DMUs

- III. Recolección de los Datos
- IV. Ejecución del Modelo
- V. Resultados y Análisis

1.1 Selección de las Variables

La identificación de las variables que se contemplan dentro de los recursos y los resultados producidos es muy importante, pues de esto depende que la medición de eficiencia sea adecuada. Todos los recursos utilizados por el BPUV deben considerarse como entradas y como salidas las medidas de desempeño y/o actividad.

Hay que aclarar que gran cantidades de outputs, crea que la capacidad discriminante del DEA se vea muy reducida, ya que cuanto mayor sea el número de variables con relación al número de DMUs que componen el caso, mayor será la probabilidad que tiene cada una de ellas de presentar un comportamiento óptimo en alguna de las variables.

i. Variables de Salida

Se definen como variables de salida, todas aquellas que resultan de la ejecución de los proyectos del BPUV, las cuales están contenidas en la etapa de cierre de estos, Actas de Entrega y Adicionales a Contratos de Obra. En ellas se encuentran:

Personas Beneficiadas

Se definen las cantidad de personas que harán uso del bien construido o modificado, durante el proceso de operación del mismo, después del cierre y presentación del informe final, cuando este ha sido entregado a la comunidad.

Recurso Económico Ejecutado

Es aquella cantidad de dinero real utilizado durante la ejecución del proyecto, ya que generalmente se presentan demoras y sobrecostos, para los cuales se deben

presentar de nuevo los formatos de fondo de estampilla y renovaciones y/o adicionales a los contratos de la obra.

Tiempo de Ejecución del Proyecto

En esta variable se tiene en cuenta la cantidad de tiempo utilizado para la ejecución de la obra, demoras, etc.

ii. Variables de Entrada

Se determinan como variables de entrada, todas aquellas que se necesitan para la ejecución de los proyectos en el BPUV, las cuales son definidas durante el momento de la planeación y contractual de los mismos. En ellas se encuentran:

Recurso Humano

Este indicador se refiere la cantidad de personas requeridas por proyecto, las cuales se representan como personas/días para realizar la mano de obra, la cual comprende la ejecución técnica de las labores y entregables, y cantidad de personas especializadas/día, en este caso se refiere todo el personal necesario para ejecución y control de las operaciones, profesionales.

Recurso Económico

Para este indicador se tiene en cuenta la cantidad de recursos solicitados al fondo de estampilla Pro Universidad del Valle, para este caso se realizará una comparación entre la cantidad de dinero solicitada y el alcance del entregable al cual se compromete la unidad ejecutora durante la presentación del formato y el proceso contractual.

Tiempo de Entrega

Este indicador permite hacer una comparación entre la fecha de inicio de la obra, el periodo establecido para su ejecución, fecha de entrega establecida en el proceso contractual y el acta de recibido donde se consigna la fecha en la cual el proyecto ha sido finalizado, para poder ser entregado a la comunidad; esta fecha

usualmente es mucho después de la establecida durante la planeación del proyecto.

1.2 Selección de DMUs

Para calcular el número de Unidades a medir y/o comparar, para la evaluación y las cantidades de Inputs y Outputs que se utilizarán, se utiliza la fórmula:

$$N \geq \max \{m \times s, 3(m + s)\}$$

Sin embargo, el número de Unidades resultado de la fórmula puede ser muy grande, es posible que no se encuentre información de toda esta cantidad de proyectos terminados en cada una de sus clases, hay que tener en cuenta que metodológicamente se puede trabajar con 2 DMUs.

Adicional a esto, hay que tener en cuenta que para que puedan ser comparables, deben ser Unidades productoras del mismo tipo, en este caso, igual tipo de proyectos: profesores, regionalización, planta física, etc.

1.3 Recolección de Datos

En este paso se deben recoger los datos de entrada y de salida de cada uno de los DMUs.

Para los datos de Salida se deben revisar: Especificaciones técnicas de los proyectos y/o entrevistar al coordinador del proyecto para definir la cantidad de personas encargadas de ejecutarlo.

Acta de Recibido: donde se especifica la fecha de inicio y la fecha de entrega, lo que permite determinar la cantidad de tiempo y recurso económico utilizado para la terminación del proyecto, al igual que los contratos y adicionales de ellos (para el caso de los proyectos de Construcción y Adecuaciones a la planta física).

Para los datos de Entrada se debe revisar: El Formato de Aprobación de Proyectos financiados con recursos de la Estampilla Pro Universidad del Valle, donde se encuentra el presupuesto autorizado para la ejecución del proyecto, al igual que el contrato, donde se estipula el tiempo de ejecución y el valor aprobado por el BPUV para realizar la mejora.

1.4 Ejecución del Modelo DEA

Para realizar la comparación entre las Unidades seleccionadas, en este caso proyectos, se recomienda el uso del software Frontier Analyst Profesional® Versión 4, desarrollado y comercializado por la empresa Banxia Software Ltd., Para instalar Frontier Analyst®, se debe acceder a la página web www.banxia.com En cuanto al primer aspecto de la caracterización de los modelos DEA, los modelos DEA a los cuales recurre Frontier Analyst® para evaluar la eficiencia, proporcionan medidas de eficiencia de tipo radial (proporcional).

Primero se deben ingresar los datos, variables y Unidades a evaluar, se abre el Programa y se escoge la opción New Project:

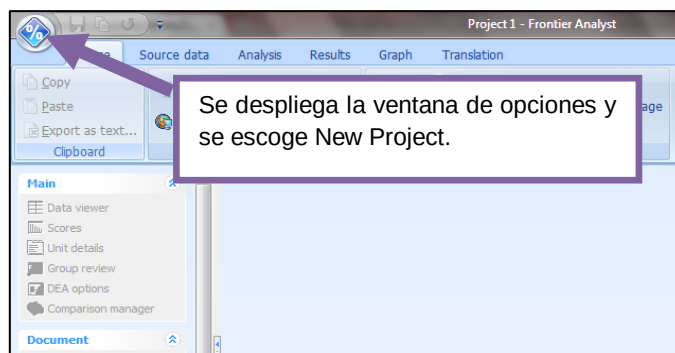


Gráfico 8.a Ventana Inicio de Frontier Analyst®

Después se despliega la ventana Project Wizard donde se escogen las opciones del nuevo proyecto:

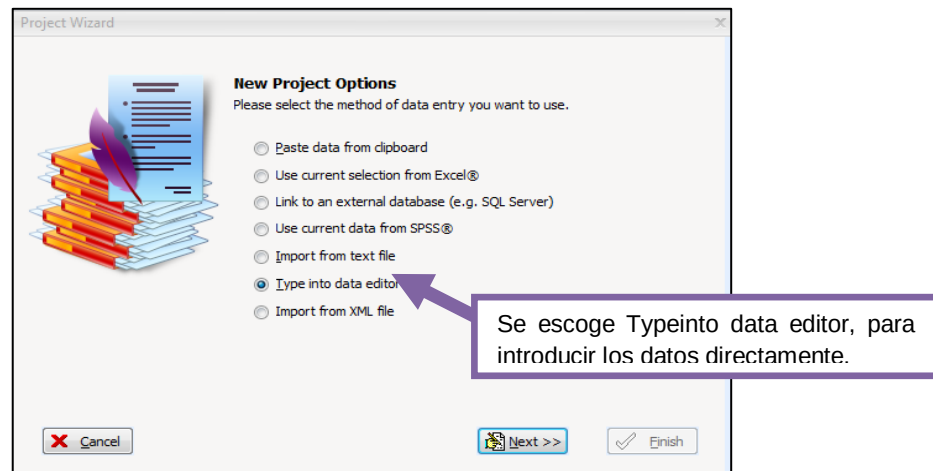


Gráfico 8.b Ventana Project Wizard Tipo de Introducción de datos

Se da clic en Next, y se continúa con la introducción de variables y Unidades para su posterior análisis:

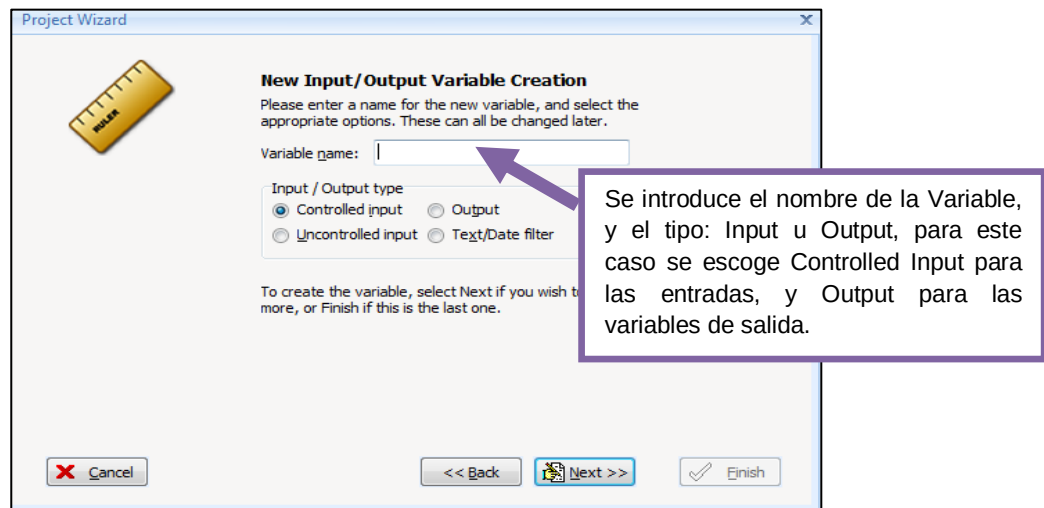


Gráfico 8.c Ventana Project Wizard Creación de Variables

Cuando se termine con la introducción de variables, se da clic en Finish y se inicia el ingreso de nombres de la Unidades:

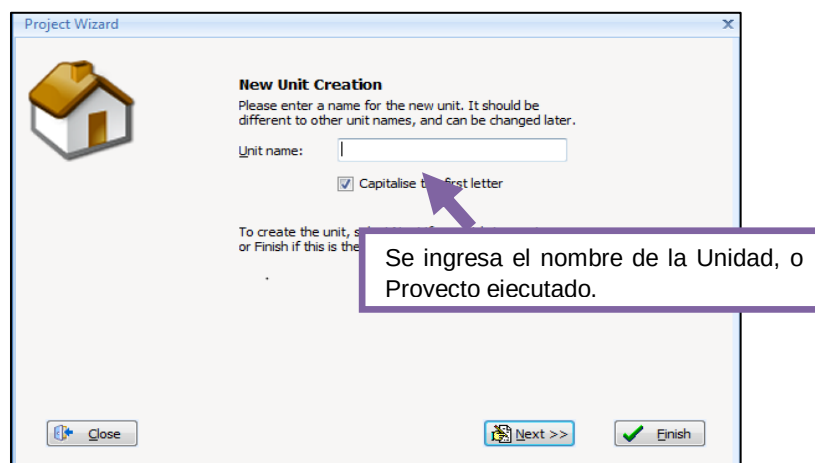


Gráfico 8.d Ventana Project Wizard Creación de Unidades

Al dar clic en Finish, automáticamente aparece la ventana *Data Viewer* (Visor de Datos), donde aparecen los nombres de cada una de las variables, tanto de entrada como de salida, y las Unidades, en esta ventana se deben ingresar los datos de cada una de ellas:

Nombres dados a la Unidades

Unit Name	Activ	Recurso H	Recurso E	Tiempo Es	Personas I	Recurso Ecor	Tiempo Ejecutad
Proyecto 1A	☒	20,00	165,00	60,00	17.000,00	100,00	28,00
Proyecto 1B	☒	15,00	200,20	60,00	17.000,00	91,00	28,00
Proyecto 2	☒	5,00	509,20	120,00	15.000,00	112,00	86,00
Proyecto 3	☒	15,00	137,40	60,00	5.000,00	87,00	100,00
Proyecto 4	☒	25,00	1.304,00	240,00	5.000,00	72,00	70,00
Proyecto 5	☒	20,00	240,00	84,00	15.000,00	100,00	56,00
Proyecto 6	☒	30,00	350,00	120,00	10.000,00	100,00	83,00

Right click to choose footer

Max: 30 Max: 1.304 Max: 240 Max: 17.000 Max: 112 Max: 100

Variables de Entrada Variables de Salida

Gráfico 8.e Ventana Data Viewer

Para iniciar el análisis se ingresa a Analysis en el menú principal, se selecciona la opción *DEA Options*, y se abre la ventana que se reproduce a continuación:

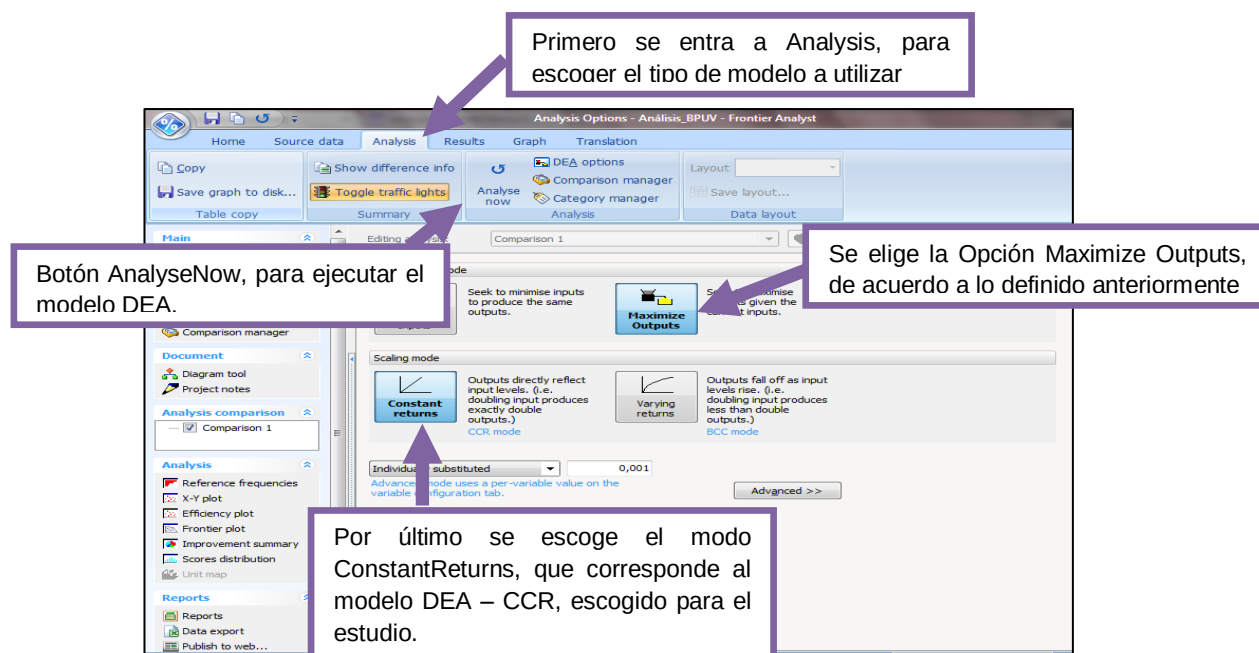


Gráfico 8.f Ventana DEA Options

El siguiente paso en el proceso de evaluación de la eficiencia consiste en ejecutar el modelo DEA, haciendo clic en el botón  o seleccionando la opción Analyse now (Analizar ahora) del menú Analysis.

1.5 Resultados y Análisis

A continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis para cada uno de los proyectos del caso estudio, el programa se ejecutó como modo de optimización: Maximizar Outputs, Modo de Escala: Retornos Constantes (Modelo CCR).

Unit name	Score
Proyecto 1A	100,0%
Proyecto 1B	100,0%
Proyecto 2	100,0%
Proyecto 3	100,0%
Proyecto 4	29,1%
Proyecto 5	84,6%
Proyecto 6	56,5%
7 units	Min: 29,12

Tabla 11.a Puntajes de Eficiencia modelo DEA – CCR Orientado a Outputs

De acuerdo al modelo DEA – CCR Output Orientado, 4 de los 7 proyectos de planta física ejecutados por el BPUV son técnicamente eficientes: el proyecto de

adecuación del centro de acopio de basuras (Proyecto 1A y Proyecto 1B), el de diseño e instalación de cableado estructurado (Proyecto 2) y el de las adecuaciones a la oficina de rectoría sede San Fernando (Proyecto 3) , siendo estos los que determinan la frontera eficiente, el resto de ellos son calificados como ineficientes técnicamente.

Significado de los pesos

La contribución permite identificar la medida en que los Inputs y Outputs son usados para el cálculo de la eficiencia de cada unidad.

Es posible determinar la importancia o contribución de cada Input respecto del total, así como la contribución de cada Output a la puntuación de eficiencia. Estos resultados proporcionan indicación de la medida en que las variables Input y Output han sido usadas en la determinación de la eficiencia.

	Variable	Proyecto 1A	Proyecto 1B	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6
Inputs	X1	0,00%	29,67 %	12,50 %	0,00 %	47,42 %	36,97 %	37,73 %
	X2	77,72%	0,00 %	0,00 %	100,00 %	0,00 %	63,03 %	12,47 %
	X3	22,28 %	70,33 %	87,50 %	0,00 %	52,58 %	0,00 %	49,80 %
Outputs	Y1	0,00%	0,00 %	0,00 %	2,29 %	0,00 %	70,99 %	0,00 %
	Y2	100,00 %	100,00 %	100,00 %	97,71 %	0,00 %	0,00 %	100,00 %
	Y3	0,00%	0,00 %	0,00 %	0,00 %	100,00 %	29,01 %	0,00 %

Tabla 11.b Contribución de Inputs / Outputs

Valores de Holgura

Para que se alcance la eficiencia, es necesario que se cuente con valores de holgura iguales a cero.

Para las Unidades Ineficientes se presentaron los siguientes valores de holgura:

	Variable	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6
Inputs	X1	0	0	0
	X2	0,327	0	0
	X3	0	0,018	0
Outputs	Y1	0,578	0	0,382
	Y2	0,124	0,010	0
	Y3	0	0	1,833

Tabla 11.c Valores de Holgura

Estos valores indican que sería posible incrementar el Output en la cantidad dada por esa holgura, con lo que por ejemplo la Unidad Proyecto 6 debería producir el Output Y3 en la cantidad (83 + 1,833), en lugar de la cantidad observada (83).

“Benchmarking” en DEA: Fijación de referencias para la mejora

Según el modelo DEA empleado, puede obtenerse para toda Unidad ineficiente un punto de proyección $(\hat{x}_0, \hat{y}_0)$, sobre la frontera eficiente que represente a una Unidad eficiente que, en un modelo Input orientado, consuma, como mucho, la proporción de Inputs de la Unidad de referencia y produzca al menos, la misma cantidad de Outputs.

El punto de proyección sobre la frontera eficiente determinará la dirección de mejora, presumiblemente la más accesible, a emprender la Unidad ineficiente. Las coordenadas de la proyección sobre la frontera representarán los valores Inputs y Outputs objetivo para la Unidad ineficiente, es decir, los niveles Input y Output que la convertirán en eficiente para alcanzarlos.

	Inputs						Outputs					
	Valores Observados			Valores Objetivo ⁷			Valores Observados			Valores Objetivo		
Proyectos Ineficientes	X1	X2	X3	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y1	Y2	Y3
Proyecto 4	25	1304	240	25	877,76	240	5000	72	70	27000	261,20	240,40
Proyecto 5	20	240	84	20	240	79,68	15000	100	56	17738	119,38	66,22
Proyecto 6	30	350	120	30	321,14	120	10000	100	83	18855	176,95	146,87

Tabla 11.d Valores objetivo y observados de los proyectos ineficientes

Al comparar los valores objetivo y los observados es posible determinar la mejora (reducción de Inputs y/o incremento de Outputs) que debería experimentar cada proyecto ineficiente para convertirse en eficiente, esto debe obligar a las unidades ejecutoras de los proyectos del BPUV y a este mismo a crear metas y realizar actividades para el mejoramiento de la gestión de los proyectos.

⁷ Valor Objetivo es el plan de producción de la Unidad proyectada sobre la frontera para cada unidad ineficiente, y que es obtenida como combinación lineal de Unidades eficientes.

7 CONCLUSIONES

Medir la eficiencia de un conjunto de proyectos, comparándolos entre sí, permite reconocer factores que son importantes tanto al momento de seleccionar un proyecto, que en este caso es de tipo social, como al momento de ejecutarlo, teniendo en cuenta que se están comparando proyectos de diferente tamaño, tanto en alcance como cantidad de recursos, midiendo siempre la eficiencia de la utilización de sus recursos.

El modelo utilizado (DEA-CCR orientado a Outputs), permite identificar los resultados que se deberían estar obteniendo a partir de los recursos utilizados, esto obliga tanto al Banco de Proyectos de la Universidad del Valle, como a las Unidades Ejecutoras, a buscar soluciones para cumplir con los objetivos planteados para cada proyecto, como con los recursos asignados para cada uno de ellos.

De acuerdo con los resultados arrojados por el software aplicado para el desarrollo del caso estudio, para los proyectos de planta física que se ejecutan en la Universidad del Valle, Unidades evaluadas, es necesario buscar estrategias que permitan mejorar la estimación del recurso económico que se utilizará en cada uno de ellos.

Revisar el beneficio que generará el proyecto de gran importancia para medir el impacto que el proyecto tendrá en la comunidad hacia la cual está dirigido, en el caso estudio se evidencia como se ejecutan proyectos con una cantidad de recursos que podrían estar beneficiando a un número mayor de personas, muestra como es necesaria la implementación de la metodología de priorización de proyectos presentada ante el BPUV por la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, en la cual la cobertura es un

criterio tenido en cuenta, ya que en este caso se trata de proyectos de tipo social y debe buscarse siempre el beneficio para toda la comunidad.

Generar estrategias que permitan una mejor estimación del tiempo de ejecución, ya que es necesario aumentar la eficiencia del tiempo estimado para la realización de proyectos, debido a la condición de entidad pública de la Universidad del Valle, donde proyectos de adecuación y construcción se ven afectados por factores como marchas y/o protestas.

De acuerdo con la revisión de los documentos de cada uno de los proyectos evaluados, se ve la necesidad de tener en cuenta el tiempo que lleva de funcionamiento la Universidad del Valle y las edificaciones que la componen, esto para realizar una mejor estimación de porcentaje de imprevistos y así evitar demoras en la ejecución de obras y generación de adicionales a los contratos, que representan aumento en inversión por parte del BPUV a la terminación de proyectos tanto de dinero como de tiempo.

A partir de los resultados obtenidos se puede ver que la realización de una evaluación Ex Post permite hacer una revisión histórica de un conjunto de proyectos y de esta manera generar estrategias que permitan un mejoramiento continuo en su ejecución, al mismo tiempo que se marcan precedentes para el replanteamiento de los objetivos del Banco de Proyectos en cuanto a los beneficios que debe generar para la comunidad y crear o dar un mayor peso a ciertos factores y/o criterios al momento de la selección de proyectos.

8 BIBLIOGRAFÍA

- ALI, A. Y SEIFORD, L. "Computational Accuracy and Infinitesimals in Data Envelopments Analysis". En: INFOR 31 (4), pp. 290 – 297. (1993).
- Banco de Proyectos de Inversión. Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional – Área de Proyectos de Inversión-. Funciones del área de proyectos de inversión. Disponible en <http://bancoproyectosinversion.univalle.edu.co>, consultado en mayo de 2010.
- Banco de Proyectos de la Universidad del Valle. "Plan de Inversiones con Recursos de la Estampilla Pro Universidad del Valle". (2010).
- Banco de Proyectos de la Universidad del Valle. "Manual de Operación". Disponible en: <http://bancoproyectosinversion.univalle.edu.co>. (2008). Consultado en junio de 2010.
- BOUSSOFIANE, A., DYSON, R. Y THANASSOULIS, E. "Applied Data Envelopment Analysis". En: EuropeanJournal of OperationalResearch 52, pp. 1 – 15. (1991).
- CEPAL "Metodología del marco lógico". En: Metodología del Marco Lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. SERIE manuales 42, pp. 11-15. (2005).
- CHARNES A., COOPER W. W. Y RHODES E. "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". En: European Journal of Operational Research, 2: pp. 429-444. (1978).
- CHARNES A., COOPER W.W. Y RHODES E. "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An application of Data Envelopment Analysis to

Program Follow Through". En: Management Science, 27(6): pp. 668-697. (1981).

- COELLI, T., PRASADA RAO, D.S. Y BATTESSE, G.E. "An introduction to Efficiency and Productivity Analysis". En: Kluwer Academic Publishers, Boston, E.U. (1998).
- COHEN E. Y FRANCO R. "Políticas sociales, racionalidad y evaluación". En: Evaluación de proyectos sociales. Siglo Veintiuno Editores, pp. 17-27. (2006).
- COLL, V.Y BLASCO, O."Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Introducción a los modelos básicos". En: Documento del departamento de economía de la Universidad de Valencia. (2006).
- COLL, V. Y BLASCO, O. "Frontier Analyst®, una herramienta para medir eficiencia". En: <http://www.eumed.net/libros/2006c/206/206.pdf>. (2006). Consultado en Noviembre de 2010.
- COOPER, W., SEIFORD, L. Y TONE, K. "Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA Solver Software". En: Kluwer Academic Publishers, Boston, E.U. (2000).
- COOPER, W., SEIFORD, L. Y ZHU, J. "Handbook data Envelopement Analysis". En: International Series in Operations Research & Management Science. (2004).
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. "Metodología de Evaluación Ex Post de programas y proyectos de inversión". En: República de Colombia. Noviembre de (2004).
- FARREL M.J. "The Measurement of Productive Efficiency". En: Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 120, Part III, 253-290. (1957).

- FRANCO C. Y VELÁSQUEZ F. “Cómo mejorar la eficiencia operativa utilizando trabajo en equipo”. En: Revista Estudios Gerenciales, No. 76, Universidad ICESI. (2000).
- GALINDO M. “Evaluación y Administración de proyectos”. En: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. (2009).
- GIMÉNEZ V. “La medida de la Eficiencia Operativa de Unidades de Negocio mediante los modelos DEA, una aplicación al sector de la Restauración Moderna”. En Universitat Autònoma de Barcelona, Escola Universitària de Turisme i Direcció Hotelera. (2000).
- GÓMEZ A. “Análisis del Valor Ganado”. En: II Jornada de Gerencia de Proyectos de IT – ACIS. (2004).
- GONZÁLEZ, E. “La Estimación de la Eficiencia con Métodos No Paramétricos”. En: ÁLVAREZ, A. (Coordinador): La Medición de la Eficiencia y la Productividad. Editorial Pirámide. (2002).
- GONZÁLEZ M. y VALDÉS N. “Método de selección de variables para mejorar la discriminación en el análisis de eficiencia aplicando modelos DEA”. En: Universidad de Talca, Facultad de Ingeniería. (2009).
- GOÑI S. “El Análisis Envolvente de Datos como sistema de evaluación de la eficiencia técnica de las organizaciones del sector público: Aplicación en los equipos e atención primaria”. En: Revista Española de Financiación y Contabilidad, Vol 28 No. 97, pp. 979-1004. (1998).
- KOOPMANS, T. “An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities”. En: TC Koopmans ed., Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles commission for Research in Economic, Monograph. Número 13. (1951).

- LINS M. Y MOREIRA M. “Método I-O stepwise para seleção de variáveis em modelos de análise envoltória de dados”. En: Pesquisa Operacional, Vol 19, pp. 39-50. (1999).
- LÓPEZ A. “Evaluación Ex Post de proyectos de inversión pública”. En: Tercer Seminario de Gestión y Normatividad Vial. (2008).
- NORMAN, M. Y STOKER, B. “Data envelopment Analysis, the assessment of performance”. Editorial John Wiley&Sons. Chichester, England. (1991).
- OTAYA W. y TRUJILLO C. “Propuesta metodológica para la aplicación del DEA (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS) en la comparación de la gestión logística entre las industrias vallecaucanas”. En: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. (2009).
- PERDOMO J. Y MENDIETA J. “Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envoltorio de datos”. En: Universidad de los Andes, Facultad de Economía. (2009).
- PEREÑA J. “El proyecto: Concepto, clases, características”. En: Dirección y Gestión de Proyectos Segunda Edición. Ediciones Díaz de Santos, pp. 1-31. (1996).
- PÉREZ J. “Evaluación de la Eficiencia de las Regiones en Colombia mediante Análisis Envoltorio de Datos-DEA”. En: Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Industrial. (2005).
- POLANÍA B. “Una aplicación del DEA: Análisis comparativo de eficiencia entre hospitales en Colombia”. En: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. (1999).

- Project Management Institute “Marco conceptual de la dirección de proyectos”. En: Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK) Tercera Edición. PMI Publications, pp. 3-33. (2004).
- ROJAS J. “Aplicación de Análisis Envolvente de Datos a la evaluación de eficiencia en gastos administrativos para la industria de seguros generales en Colombia”. En: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. (2005).
- ROVIRA J. “Introducción y definiciones básicas”. En: Gestión Integrada de Proyectos Segunda Edición. Ediciones UPC, pp. 33-36. (2006).
- RUIZ A. “Aplicación del método de optimización DEA en la Evaluación de la Eficiencia Técnica de la Seccionales de la Fiscalía”. En: Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE), Universidad de los Andes, Facultad de Economía. (2004).
- THANASSOULIS, E. “Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis, A Foundation Text with Integrated Software. En: Kluwer Academic Publishers, Boston, E.U. (2001).
- THE STANDISH GROUP “The CHAOS report”. (1994).
- VARIAN, H. “Microeconomía Intermedia. Un Enfoque Moderno. 2da Edición, Antoni Bosch, editor. (1991).
- VILLEGAS J. Y RESTREPO M. “Clasificación de grupos de investigación Colombianos aplicando análisis envolvente de datos”. En Universidad de Antioquia, Departamento de Ingeniería Industrial. (2007)

9 ANEXOS

Anexo A

Analyst Frontier

Frontier Analyst permite evaluar, de forma rápida y sencilla, la eficiencia de un conjunto de Unidades de acuerdo a los modelos DEA básicos formulados por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y Banker, Charnes y Cooper (1984). El primero de estos modelos, conocido como DEA – CCR, supone rendimientos constantes a escala; en tanto que el segundo, conocido como modelo DEA – BCC, relaja éste y supone rendimientos variables a escala. El análisis de la eficiencia puede realizarse considerando una orientación Input u Output.

Para el desarrollo del Caso Aplicativo se utilizó la Versión 4 Demonstration, la cual cuenta con las siguientes características básicas:

- Capacidad para analizar desde 5 hasta un número “ilimitado” de Unidades (dependiendo de la licencia adquirida).
- Hasta 32 variables Input y Output.
- Las Unidades y variables Input/Output pueden ser habilitadas o deshabilitadas, de manera individual, en cada análisis.
- Editor de datos incorporado.
- Pegar datos directamente desde una hoja de cálculo.
- Importar datos desde ficheros delimitados por tabulaciones.
- Copiar tablas y gráficos al portapapeles para ser incluidas en informes.
- Copiar resultados al portapapeles para análisis posteriores.
- Modo de minimización Input y maximización Output.
- Modo de rendimientos constantes y variables a escala.
- Interfaz de fácil utilización por parte del usuario.

- Alta calidad en la visualización de gráficos de todos los aspectos del análisis.
- Gestión flexible de los datos disponibles al poder realizar filtrado de datos y habilitar o deshabilitar tanto Unidades como variables.
- Posibilidad de importar tanto desde un fichero como de una hoja de cálculo utilizando un “asistente”.
- La selección de variables Input/Output permite una rápida comparación entre Unidades.
- Impresión de informes de resultados.
- Posibilidad de establecer pesos al objeto de asegurar que los factores más importantes son siempre considerados.
- Informes de puntuaciones de eficiencia con diversos métodos de clasificación.
- Herramienta para diseñar informes personalizados (opcional).
- Herramienta para publicar los resultados en formato web (Publishto Web) y facilitar así su distribución vía intranet/internet.
- Eficiencia cruzada (opcional, para usuarios avanzados).

Adicional a esto el Frontier Analyst permite:

- ✓ Identificar los actores con mayor rendimiento para encontrar los mejores practicantes
- ✓ Identificar actores con menor rendimiento
- ✓ Realizar objetivos realistas y basados en mejoras internas de la empresa
- ✓ Descubrir los puntos potencialmente más eficientes
- ✓ Encontrar recursos efectivamente
- ✓ Visualizar información importante
- ✓ Informar acerca de desarrollo de estrategias

Anexo B

Resultados Computacionales

A continuación se mostrarán las ventanas de resultados arrojados por el software Frontier Analyst®:

Tabla B.1. Datos Utilizados

Unit Name	Active	Recurso Hum	Recurso Económico	Tiempo Estimado	Personas Beneficiadas	Recurso Económico Ejec	Tiempo Ejecutado
Proyecto 1A	☒	20,00	165,00	60,00	17.000,00	100,00	28,00
Proyecto 1B	☒	15,00	200,20	60,00	17.000,00	91,00	28,00
Proyecto 2	☒	5,00	509,20	120,00	15.000,00	112,00	86,00
Proyecto 3	☒	15,00	137,40	60,00	5.000,00	87,00	100,00
Proyecto 4	☒	25,00	1.304,00	240,00	5.000,00	72,00	70,00
Proyecto 5	☒	20,00	240,00	84,00	15.000,00	100,00	56,00
Proyecto 6	☒	30,00	350,00	120,00	10.000,00	100,00	83,00
Right click to choose		Max: 30	Max: 1.304	Max: 240	Max: 17.000	Max: 112	Max: 100

Fuente: Frontier Analyst®

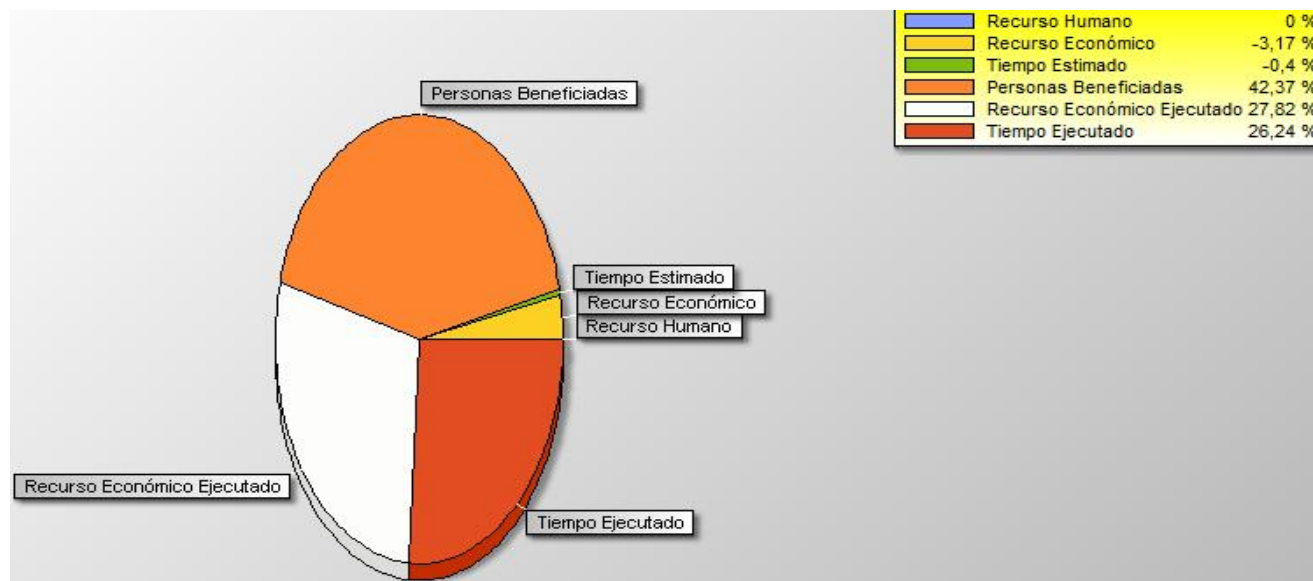
Tabla B.2. Puntajes de Eficiencia

Unit name	Score	Efficient	Conditio
Proyecto 1A	100,0%	✓	●
Proyecto 1B	100,0%	✓	●
Proyecto 2	100,0%	✓	●
Proyecto 3	100,0%	✓	●
Proyecto 4	29,1%		●
Proyecto 5	84,6%		●
Proyecto 6	56,5%		●
7 units	Min: 29,12		

Fuente: Frontier Analyst®

- Potenciales Mejoras

Gráfico B.1. Total de Mejoras Potenciales



Fuente: Frontier Analyst®

- Potenciales Mejoras: Proyectos Ineficientes

Tabla B.3. Tabla de Potenciales Mejoras Proyecto 4 (Eficiencia 29.1%)

Input / output name	Value	Target	/	Potential Impi
Recurso Humano	25	25,00		0,00%
Tiempo Estimado	240	240,00		0,00%
Tiempo Ejecutado	70	240,40		243,43%
Recurso Económico Ejecutado	72	261,20		262,78%
Recurso Económico	1304	877,76		-32,69%
Personas Beneficiadas	5000	27.000,00		440,00%

Fuente: Frontier Analyst®

Tabla B.4. Tabla de Potenciales Mejoras Proyecto 5 (Eficiencia 84.6%)

Input / output name	Value	Target	/	Potential Improvement
Recurso Humano	20	20,00		0,00%
Tiempo Ejecutado	56	66,22		18,25%
Tiempo Estimado	84	79,68		-5,14%
Recurso Económico Ejecutado	100	119,38		19,38%
Recurso Económico	240	240,00		0,00%
Personas Beneficiadas	15000	17.738,00		18,25%

Fuente: Frontier Analyst®

Tabla B.5. Tabla de Potenciales Mejoras Proyecto 6 (Eficiencia 56.5%)

Input / output name	Value	Target	/	Potential Improvement
Recurso Humano	30	30,00		0,00%
Tiempo Estimado	120	120,00		0,00%
Tiempo Ejecutado	83	146,87		76,95%
Recurso Económico Ejecutado	100	176,95		76,95%
Recurso Económico	350	321,14		-8,25%
Personas Beneficiadas	10000	18.855,02		88,55%

Fuente: Frontier Analyst®

Anexo C

Informes de Frontier Analyst® (Reports)

100,00% Proyecto 1A

PotentialImprovements

Mejoras potenciales: Muestra el valor observado, el valor objetivo y el porcentaje de mejora de cada variable Input/Output.

Variable	Actual	Target	PotentialImprovement
Personas Beneficiadas	17000,00	17000,00	0,00 %
Recurso Económico	165,00	165,00	0,00 %
Recurso Económico Ejecutado	100,00	100,00	0,00 %
Recurso Humano	20,00	20,00	0,00 %
Tiempo Ejecutado	28,00	28,00	0,00 %
Tiempo Estimado	60,00	60,00	0,00 %

Peer Contributions

Contribuciones de los Peers. Para cada Unidad que forma parte del conjunto de referencia de una Unidad ineficiente y cada variable Input/Output, se facilita el porcentaje de contribución a los valores objetivo.

Proyecto 1A	Personas Beneficiadas	100,00 %
Proyecto 1A	Recurso Económico	100,00 %
Proyecto 1A	Recurso Económico Ejecutado	100,00 %
Proyecto 1A	Recurso Humano	100,00 %
Proyecto 1A	Tiempo Ejecutado	100,00 %
Proyecto 1A	Tiempo Estimado	100,00 %

Input / Output Contributions

Contribuciones Input/Output: En este apartado se lista en una primera columna las variables, en una segunda los porcentajes en que cada una de ellas contribuye a la puntuación de eficiencia de la Unidad, y en una tercera columna el tipo de variable : Input. Los resultados proporcionados por Contribuciones Input/Output dan una indicación de la medida en que las variables Input y Output han sido usadas en la determinación de la eficiencia; y son obtenidos a partir de los Inputs y Output virtuales.

Recurso Económico	0,00 %	Input
Recurso Humano	0,00 %	Input
Tiempo Estimado	100,00 %	Input
Personas Beneficiadas	78,46 %	Output
Recurso Económico Ejecutado	0,00 %	Output
Tiempo Ejecutado	21,54 %	Output

Peers

Peer Referencias: En este bloque únicamente se listan los nombres de las Unidades eficientes que forman parte del conjunto de referencia de una Unidad ineficiente, esto es, los Peers

Proyecto 1A

100,00% **Proyecto 1B**

PotentialImprovements

Variable	Actual	Target	PotentialImprovement
Personas Beneficiadas	17000,00	17000,00	0,00 %
Recurso Económico	200,20	200,20	0,00 %
Recurso Económico Ejecutado	91,00	91,00	0,00 %
Recurso Humano	15,00	15,00	0,00 %
Tiempo Ejecutado	28,00	28,00	0,00 %
Tiempo Estimado	60,00	60,00	0,00 %

Peer Contributions

Proyecto 1B	Personas Beneficiadas	100,00 %
Proyecto 1B	Recurso Económico	100,00 %
Proyecto 1B	Recurso Económico Ejecutado	100,00 %
Proyecto 1B	Recurso Humano	100,00 %
Proyecto 1B	Tiempo Ejecutado	100,00 %
Proyecto 1B	Tiempo Estimado	100,00 %

Input / Output Contributions

Recurso Económico	0,00 %	Input
Recurso Humano	0,00 %	Input
Tiempo Estimado	100,00 %	Input
Personas Beneficiadas	78,46 %	Output
Recurso Económico Ejecutado	0,00 %	Output
Tiempo Ejecutado	21,54 %	Output

Peers

Proyecto 1B

100,00% **Proyecto 2**

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Personas Beneficiadas	15000,00	15000,00	0,00 %
Recurso Económico	509,20	509,20	0,00 %
Recurso Económico Ejecutado	112,00	112,00	0,00 %
Recurso Humano	5,00	5,00	0,00 %
Tiempo Ejecutado	86,00	86,00	0,00 %
Tiempo Estimado	120,00	120,00	0,00 %

Peer Contributions

Proyecto 2	Personas Beneficiadas	100,00 %
Proyecto 2	Recurso Económico	100,00 %
Proyecto 2	Recurso Económico Ejecutado	100,00 %
Proyecto 2	Recurso Humano	100,00 %
Proyecto 2	Tiempo Ejecutado	100,00 %
Proyecto 2	Tiempo Estimado	100,00 %

Input / Output Contributions

Recurso Económico	82,84 %	Input
Recurso Humano	17,16 %	Input
Tiempo Estimado	0,00 %	Input
Personas Beneficiadas	8,70 %	Output
Recurso Económico Ejecutado	91,30 %	Output
Tiempo Ejecutado	0,00 %	Output

Peers

Proyecto 2

100,00% **Proyecto 3**

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Personas Beneficiadas	5000,00	5000,00	0,00 %
Recurso Económico	137,40	137,40	0,00 %
Recurso Económico Ejecutado	87,00	87,00	0,00 %
Recurso Humano	15,00	15,00	0,00 %
Tiempo Ejecutado	100,00	100,00	0,00 %
Tiempo Estimado	60,00	60,00	0,00 %

Peer Contributions

Proyecto 3	Personas Beneficiadas	100,00 %
Proyecto 3	Recurso Económico	100,00 %
Proyecto 3	Recurso Económico Ejecutado	100,00 %
Proyecto 3	Recurso Humano	100,00 %
Proyecto 3	Tiempo Ejecutado	100,00 %
Proyecto 3	Tiempo Estimado	100,00 %

Input / Output Contributions

Recurso Económico	100,00 %	Input
Recurso Humano	0,00 %	Input
Tiempo Estimado	0,00 %	Input
Personas Beneficiadas	0,00 %	Output
Recurso Económico Ejecutado	100,00 %	Output
Tiempo Ejecutado	0,00 %	Output

Peers

Proyecto 3

29,12% **Proyecto 4**

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Personas Beneficiadas	5000,00	27000,00	440,00 %
Recurso Económico	1304,00	877,76	-32,69 %
Recurso Económico Ejecutado	72,00	261,20	262,78 %
Recurso Humano	25,00	25,00	0,00 %
Tiempo Ejecutado	70,00	240,40	243,43 %
Tiempo Estimado	240,00	240,00	0,00 %

Peer Contributions

Proyecto 2	Personas Beneficiadas	77,78 %
Proyecto 2	Recurso Económico	81,22 %
Proyecto 2	Recurso Económico Ejecutado	60,03 %
Proyecto 2	Recurso Humano	28,00 %
Proyecto 2	Tiempo Ejecutado	50,08 %
Proyecto 2	Tiempo Estimado	70,00 %
Proyecto 3	Personas Beneficiadas	22,22 %
Proyecto 3	Recurso Económico	18,78 %
Proyecto 3	Recurso Económico Ejecutado	39,97 %
Proyecto 3	Recurso Humano	72,00 %
Proyecto 3	Tiempo Ejecutado	49,92 %
Proyecto 3	Tiempo Estimado	30,00 %

Input / Output Contributions

Recurso Económico	0,00 %	Input
Recurso Humano	47,42 %	Input
Tiempo Estimado	52,58 %	Input
Personas Beneficiadas	0,00 %	Output
Recurso Económico Ejecutado	0,00 %	Output
Tiempo Ejecutado	100,00 %	Output

Peers

Proyecto 2
Proyecto 3

84,56% **Proyecto 5**

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Personas Beneficiadas	15000,00	17738,00	18,25 %
Recurso Económico	240,00	240,00	0,00 %
Recurso Económico Ejecutado	100,00	119,38	19,38 %
Recurso Humano	20,00	20,00	0,00 %
Tiempo Ejecutado	56,00	66,22	18,25 %
Tiempo Estimado	84,00	79,68	-5,14 %

Peer Contributions

Proyecto 1A	Personas Beneficiadas	1,51 %
Proyecto 1A	Recurso Económico	1,08 %
Proyecto 1A	Recurso Económico Ejecutado	1,32 %
Proyecto 1A	Recurso Humano	1,58 %
Proyecto 1A	Tiempo Ejecutado	0,67 %
Proyecto 1A	Tiempo Estimado	1,19 %
Proyecto 1B	Personas Beneficiadas	87,12 %
Proyecto 1B	Recurso Económico	75,83 %
Proyecto 1B	Recurso Económico Ejecutado	69,29 %
Proyecto 1B	Recurso Humano	68,18 %
Proyecto 1B	Tiempo Ejecutado	38,44 %
Proyecto 1B	Tiempo Estimado	68,45 %
Proyecto 3	Personas Beneficiadas	11,37 %
Proyecto 3	Recurso Económico	23,09 %
Proyecto 3	Recurso Económico Ejecutado	29,39 %
Proyecto 3	Recurso Humano	30,25 %
Proyecto 3	Tiempo Ejecutado	60,90 %
Proyecto 3	Tiempo Estimado	30,37 %

Input / Output Contributions

Recurso Económico	63,03 %	Input
Recurso Humano	36,97 %	Input
Tiempo Estimado	0,00 %	Input
Personas Beneficiadas	70,99 %	Output
Recurso Económico Ejecutado	0,00 %	Output
Tiempo Ejecutado	29,01 %	Output

Peers

Proyecto 1A
Proyecto 1B
Proyecto 3

56,51%

Proyecto 6***Potential Improvements***

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Personas Beneficiadas	10000,00	18855,02	88,55 %
Recurso Económico	350,00	321,14	-8,25 %
Recurso Económico Ejecutado	100,00	176,95	76,95 %
Recurso Humano	30,00	30,00	0,00 %
Tiempo Ejecutado	83,00	146,87	76,95 %
Tiempo Estimado	120,00	120,00	0,00 %

Peer Contributions

Proyecto 1B	Personas Beneficiadas	66,53 %
Proyecto 1B	Recurso Económico	46,00 %
Proyecto 1B	Recurso Económico Ejecutado	37,95 %
Proyecto 1B	Recurso Humano	36,90 %
Proyecto 1B	Tiempo Ejecutado	14,07 %
Proyecto 1B	Tiempo Estimado	36,90 %
Proyecto 3	Personas Beneficiadas	33,47 %
Proyecto 3	Recurso Económico	54,00 %
Proyecto 3	Recurso Económico Ejecutado	62,05 %
Proyecto 3	Recurso Humano	63,10 %
Proyecto 3	Tiempo Ejecutado	85,93 %
Proyecto 3	Tiempo Estimado	63,10 %

Input / Output Contributions

Recurso Económico	0,00 %	Input
Recurso Humano	29,17 %	Input
Tiempo Estimado	70,83 %	Input
Personas Beneficiadas	0,00 %	Output
Recurso Económico Ejecutado	95,59 %	Output
Tiempo Ejecutado	4,41 %	Output

Peers

Proyecto 1B

Proyecto 3