

**implementación del DEA en la calidad de egresados de programas  
seleccionados de la universidad icesi**

**Juan Pablo Agudelo Medina  
Yina Marcela Lozano Ospina**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
MAYO 2020**

**IMPLEMENTACIÓN DEL DEA EN LA CALIDAD DE EGRESADOS DE  
PROGRAMAS SELECCIONADOS DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

**JUAN PABLO AGUDELO MEDINA  
YINA MARCELA LOZANO OSPINA**

**Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial**

**Director proyecto  
FERNANDO QUINTERO MORENO**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
MAYO 2020**

## Contenido

	pág.
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>8</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Contexto, Formulación y Justificación del Problema</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Objetivos</b> .....	<b>14</b>
2.1 Objetivo del Proyecto.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
<b>3 Marco de Referencia</b> .....	<b>15</b>
3.1 Antecedentes o Estudios Previos .....	15
3.2 Marco Teórico.....	16
3.2.1 Pruebas Saber Pro:.....	16
3.2.2 Objetivos de las Pruebas Saber Pro: .....	16
3.2.3 Características de las Pruebas Saber Pro: .....	17
3.2.4 Análisis Envoltante de Datos: .....	19
3.2.5 Eficiencia técnica.....	19
3.2.6 Eficiencia Precio.....	20
3.2.7 Eficiencia Global.....	21
3.2.8 Diferencia entre productividad y eficiencia .....	22
3.2.9 Caracterización de los modelos DEA: .....	23
3.2.10 Rendimientos a escala:.....	23
3.2.11 Orientación de los modelos:.....	23
3.2.12 Modelo DEA-CCR:.....	24
3.2.13 Modelo DEA-BCC: .....	24
3.2.14 Super Eficiencia .....	25
3.2.15 Modelo DEA Super CCR.....	25
3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto .....	26
<b>4 Metodología</b> .....	<b>27</b>
<b>5 Resultados</b> .....	<b>30</b>
5.1 Presentación y discusión de resultados.....	30
5.2 Caracterización de la unidades y variables a evaluar. ....	30
5.2.1 Caracterización de las unidades a evaluar.....	30

5.2.2	Caracterización de las variables de entrada. ....	31
5.2.3	Caracterización de las variables de salida seleccionadas.....	36
5.2.4	Resumen variables consideradas en el estudio: .....	41
5.3	Construcción de los modelos DEA de acuerdo con las diferentes combinaciones de entradas.....	42
5.3.1	La orientación y escala de rendimiento .....	42
5.3.2	Construcción modelos a comparar de modelos DEA. ....	42
5.4	Aplicación de análisis envolvente de datos a los programas seleccionados de la universidad Icesi: .....	43
<b>6</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>50</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>51</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>54</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 Eficiencia Técnica.....	19
Figura 2 Eficiencia Precio.....	21
Figura 3 Diferencia productividad y eficiencia.....	22
Figura 4 Estructura de los Datos.....	27
Figura 5 Modelos Operaciones.....	28
Figura 6 Comparación de rendimiento.....	28
Figura 7 Evaluación.....	29
Figura 8 Resultados y desarrollo.....	29

## Lista de Tablas

Tabla 1 Comparativa entre lo realizado y la brecha de conocimiento para lograr el objetivo “Evaluar la eficiencia técnica de los recursos académicos que emplea la universidad ICESI en relación con los resultados Saber Pro.”.....	12
Tabla 2 Descripción de las competencias genéricas evaluadas en el examen Saber PRO.....	18
Tabla 3 Escalas de los puntajes en el examen Saber PRO de 2016 en adelante .	18
Tabla 4 Programas (DMU). Fuente: Elaboración propia .....	31
Tabla 5 Líneas de formación.....	33
Tabla 6 Formato de caracterización de entradas programa ingeniería en sistemas. ....	35
Tabla 7 Parametrización de variables de entrada para el programa de Diseño de medios interactivos .....	36
Tabla 8 Factores potenciales de entradas .....	36
Tabla 9 Programas y Módulos de evaluación .....	38
Tabla 10 Parametrización de las variables de salida de Diseño de medios interactivos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 11 Variables de entradas y salidas .....	42
Tabla 12 Resultados de las eficiencias de los modelos de evaluación.....	44
Tabla 13 Pesos variables de salida .....	44
Tabla 14 Pesos variables de entrada.....	44
Tabla 15 Desempeño de los programas eficientes. ....	45
Tabla 16 Excedentes de las variables de entrada .....	46
Tabla 17 Faltantes de las variables de salida. ....	46

## Lista de Anexos

Anexo 1 Grupos de referencia y módulos de competencias específicas de Saber PRO .....	54
Anexo 2 Malla curricular programa de medicina .....	56
Anexo 3 Formato de caracterización de entradas programa de medicina .....	57
Anexo 4 Formato de caracterización de entradas programa de ingeniería en sistemas.....	58
Anexo 5 Formato de caracterización de entradas programa de ingeniería industrial .....	59
Anexo 6 Formato de caracterización de entradas programa de diseño de medios interactivos.....	60
Anexo 7 Formato de caracterización de entradas programa de diseño industrial ..	61
Anexo 8 Formato de caracterización de salidas programa de medicina .....	62
Anexo 9 Formato de caracterización de salidas programa de ingeniería en sistemas .....	62
Anexo 10 Formato de caracterización de salidas programa de ingeniería industrial .....	63
Anexo 11 Formato de caracterización de salidas programa de diseño de medios interactivos.....	63
Anexo 12 Formato de caracterización de salidas programa de diseño industrial ..	63

## GLOSARIO

**BCC:** Modelo por Banker, Charnes y Cooper.

**CCR:** Modelo por Charnes, Cooper y Rhodes.

**DEA:** Análisis Envolvente de Datos.

**DMUs:** Unidades de Decisión.

**ICFES:** Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior.

**Malmquist:** Herramienta que permite el cálculo del índice de productividad total por cada DMU comprendida en un análisis envolvente de datos.

**Saber Pro:** Evaluación para la educación superior.

**IES:** Institución de educación superior.

**EA:** Enseñanza – Aprendizaje.

**PHCP:** profesores hora catedra con pregrado.

**PHCD:** profesores hora catedra con doctorado.

**PHCE:** profesores hora catedra con especialización.

**PHCM:** profesores hora catedra con maestría.

**PPM:** profesores planta con maestría.

**PPD:** profesores planta con doctorado.

**PPP:** profesores planta con pregrado.

**PPE:** profesores planta con especialización.

**RME:** resultados módulos específicos promedio.

**LC:** resultados lectura crítica.

**RC:** resultados razonamiento cuantitativo.

**CPC:** resultados competencias ciudadanas.

**COE:** resultados comunicación escrita.

**MIN:** resultados módulo de inglés.

**CRC:** Retornos constantes de escala

**VRS:** Retornos variables de escala

## RESUMEN

Este trabajo abordó el impacto de los recursos y actividades empleadas por las unidades académicas de la universidad Icesi para estructurar la calidad de sus procesos de Enseñanza - Aprendizaje medida en los resultados de la prueba Saber Pro de sus egresados de las carreras de diseño industrial, diseño de medios, ingeniería industrial, ingeniería de sistemas y medicina. Por lo cual, el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia técnica de los recursos académicos que son empleados en la universidad con relación a los resultados Saber Pro utilizando el método de Análisis Envolvente de Datos (DEA).

Además, se estableció una metodología que se adaptó al acceso a la información que garantizara una trazabilidad en el tiempo en donde se evaluaron tres tipos de modelos frente a la causalidad entre entradas y salidas haciendo uso de los modelos CCR-O y BBC-O, dando como resultado una eficiencia relativa de unidad para todos los modelos planteados, donde se encontró que algunas de las entradas y/o salidas consideradas para el análisis eventualmente se ignoran. Por lo anterior, se hizo uso de una extensión de las técnicas mencionadas anteriormente llamada Super eficiencia, la cual permitió hacer una clasificación de desempeño de estas unidades eficientes encontrando que el programa de medicina es el que presenta mayor desempeño frente a las otras unidades de decisión evaluadas, como ingeniería industrial y diseño industrial que presentaron los resultados más bajos del estudio.

Con lo anterior, se concluye que no es posible recalcar en definitiva que el Análisis Envolvente de Datos es la técnica más adecuada para evaluar la eficiencia de los programas académicos, pero si es adecuado mencionar que conforma una metodología elemental para realizarlo, pues los modelos analizados encontraron eficiencia técnica en todos los DMU's, motivo por el cual se evaluó el desempeño de las unidades eficientes, dejando como hipótesis que se debe trabajar más en la parte de la selección de los profesores que hacen parte del programa de ingeniería industrial y diseño industrial para así mejorar la calidad de los egresados.

**Palabras claves:** Saber Pro, Análisis Envolvente de Datos, Eficiencia, Super eficiencia.

## Introducción

### 1 Contexto, Formulación y Justificación del Problema

El Análisis Envolvente de Datos (*DEA, Data Envelopment Analysis*) es un método no paramétrico que apela a la técnica de programación lineal dentro del área de investigación de operaciones, con el fin de estimar eficiencias (y construcción de fronteras) desde el orden técnico y económico. Esta no requiere funciones de relaciones entre las entradas y salidas que determinan la productividad de una organización o áreas de la misma. Su uso ha sido ampliamente reportado en más de tres décadas en diferentes sectores económicos abarcando empresas de servicios y de producción. En el campo específico de la educación superior, su utilización ha sido principalmente frente a los volúmenes de “producción” poblacional de egresados e incluso frente a la producción intelectual y de docencia de plantas profesoras. Teniendo esto en consideración, se ha establecido una brecha (Tabla 1) para determinar el enfoque de este proyecto en relación con la medición de eficiencia entre los recursos de formación y la calidad de los egresados de diferentes programas académicos de la universidad Icesi.

Reconociendo las dificultades de definir calidad de egreso entre diferentes disciplinas, se ha identificado la prueba estatal de Saber Pro como el mejor referente posible para hacer comparaciones, dado que su estructura evaluativa tiene componentes de competencias comunes y específicas. En efecto, de acuerdo al ICFES (2019), las pruebas Saber Pro evalúan competencias comunes de inglés, comunicación escrita, lectura crítica, razonamiento cuantitativo y competencias ciudadanas. Estas pruebas buscan establecer un comparativo de calidad entre las IES (instituciones de educación superior) y abarca a toda la población de egresados por su carácter de obligatoriedad como requisito de grado, y se puede optar cuando un estudiante tenga aprobado mínimo el 75% de los créditos de su programa académico de pregrado. Considerar el promedio acumulado de notas de los estudiantes en un ejercicio de comparación entre programas, podría sesgar la medición al corresponder aquel más a los grados de dificultad disciplinar, que incluso se refleja en el número promedio de semestres cursados para el egreso.

De otro lado, los recursos formativos son de diferente índole. El perfil del docente, laboratorios y talleres, herramientas didácticas y computacionales, tecnologías para el aprendizaje, convenios con otras instituciones para prácticas y eventos académicos, presupuestos, actividades disciplinares curriculares y extracurriculares, estrategias institucionales para la enseñanza y semilleros de investigación, cuentan dentro de un listado amplio de recursos que separarlos por unidades en algunos casos es complejo, pero relacionarlos y contabilizarlos a una población específica de egresados se hace aún más difícil. Adicionalmente, parte

de esa información no se encuentra disponible en fuentes de datos establecidas o en otros casos, no son de libre acceso a menos que un proyecto de investigación tenga el respaldo de las directrices académicas.

Donde/ Universidad	OBJETIVO	TIPO DE EFICIENCIA	VARIABLES ENTRADA	VARIABLES SALIDA	DMU'S	MODELOS
Chile	Evaluar la eficiencia del uso de los recursos académicos	Eficiencia técnica de Unidades académicas	Gastos de funcionamiento y personal, jornadas personales académico	Inscripciones pregrado, Ingresos propios, publicaciones	Ciencias sociales, Humanidades, Derecho, Arte, Agropecuaria	DEA-CCR y DEA-BCC
Cartagena	Analizar la eficiencia y lo cambios productivos en la cobertura	Eficiencia técnica de la cobertura	Profesores, recursos físicos y financieros, gasto personal administrativo	Matricula pregrado y postgrado	32 universidades públicas de Colombia	Modelo BCC-output
La Laguna	Aplicación empírica del análisis envolvente de datos	Eficiencia técnica de los departamentos no experimentales	Recursos humanos y Financieros	Docencia e Investigación	Humanidades, Ciencias Sociales, Derecho, Economía, Contabilidad	DEA-CCR y DEA-BCC
<b>BRECHA DE CONOCIMIENTO</b>						
ICESI	Evaluar la eficiencia técnica de los recursos académicos que emplea la universidad ICESI en relación con los resultados Saber Pro	Eficiencia técnica de la calidad de los egresados	Profesores Planta, Profesores hora catedra, Profesores Con maestría o doctorado.	Resultados Saber Pro	5 programas: Ingeniería Industrial, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería Telemática, Medicina y Química Farmacéutica	DEA-CCR y DEA-BCC

Fuente: Autores.

**Tabla 1 Comparativa entre lo realizado y la brecha de conocimiento para lograr el objetivo “Evaluar la eficiencia técnica de los recursos académicos que emplea la universidad ICESI en relación con los resultados Saber Pro.”**

En resumen, considerando el alcance de este proyecto, fue pertinente acotar las entradas de recursos formativos a solo el perfil del docente, desglosado tanto en su nivel educativo como en tipo de contratación, como parte de un ejercicio exploratorio de aplicación del DEA en mediciones de competencias del egresado como lo plantea el MEN (Ministerio de Educación Nacional). Igualmente, se hacen supuestos de trazabilidad en el tiempo teniendo como punto de partida la fecha de presentación de las pruebas, con los cursos y sus profesores asignados según su ubicación semestral en la malla curricular, esto porque sería inalcanzable sondear o encuestar a toda la población para identificar los profesores que hayan tenido en su formación.

### **Formulación de la pregunta de investigación u objeto de estudio**

¿Existe una relación de eficiencia entre los recursos docentes de las unidades académicas de la universidad para alcanzar la calidad o los niveles de desarrollo de competencias en sus procesos de E-A según los resultados de la prueba Saber Pro?

### **Justificación o Importancia de la situación objeto de estudio**

Siendo la universidad Icesi una institución que posee y refuerza constantemente su proyecto pedagógico basado en el aprendizaje activo, y cuyo principal enfoque es la docencia con vocación a la investigación, es importante plantear este estudio donde el alcance del DEA permita estimar entre diferentes disciplinas el posible impacto que el perfil docente pueda generar en el resultado del desarrollo de competencias de formación y disciplinares. Es importante advertir que el DEA no busca estructurar relaciones causales, sino una comparación relativa de productividad, como parte de un ejercicio de identificación de oportunidades y punto de partida para establecer proyectos de mejoramiento cuando una unidad se reconoce con menor eficiencia.

De otro lado, no se conocen estudios donde se hayan empleado los modelos del DEA en el ámbito nacional considerando los resultados de la prueba Saber Pro.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo del Proyecto**

Evaluar la eficiencia técnica de los recursos docentes que emplea la universidad ICESI con relación a los resultados Saber Pro.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Definir las combinaciones de entradas y salidas de los modelos a comparar según disponibilidad de datos.
2. Comparar resultados entre diferentes tipos de modelos DEA.
3. Determinar el mejor modelo que analice la causalidad entre entradas y salidas proporcionadas por el modelo DEA.

Entregables:

1. Tabulados de la recolección de datos.
2. Formulaciones matemáticas y computacionales de los modelos DEA.
3. Análisis comparativo de los resultados entre los programas evaluados.

## 3 Marco de Referencia

### 3.1 Antecedentes o Estudios Previos

El primer estudio a tener en cuenta es el de Cáceres, Kristjanpoller, Tabilo (2014), el cual es un análisis de eficiencia técnica y su relación con los resultados de evaluación de desempeño de las unidades académicas (programas académicos) de una universidad en Chile, empleando los modelos DEA-CCR y DEA-BCC. Primero, aplicaron una correlación lineal para identificar las variables de entrada (gastos de funcionamiento, gastos de personal, jornadas completas equivalentes de académicos y de personal, entre otros) y las variables de salida (población de estudiantes inscritos, porcentaje de cursos con buena evaluación docente). Emplean métodos de omisión de variables con análisis de correlaciones, y se analiza la eficiencia relativa entre las unidades académicas para luego compararlas con el método actual de evaluación de los programas, hallando diferencias significativas. Por lo cual, sugieren una revisión del instrumento de evaluación del desempeño e incorporar los resultados del análisis DEA.

El segundo estudio de referencia es el realizado por Maza, Vergara, Román (2017), una investigación de la Universidad de Cartagena para 32 instituciones públicas de educación superior<sup>1</sup>, empleando DEA con un énfasis de eficiencia administrativa al considerar *inputs* como recursos financieros, recursos físicos, gastos de personal administrativo y profesores, y *outputs* como las matrículas realizadas tanto en pregrados como en postgrados entre los años 2003 y 2012. Para esto se combina el análisis envolvente de datos (DEA) con el índice de productividad de Malmquist para los datos. Emplean dos programas: Frontier Analyst con el modelo BBC del DEA y EMS para el índice Malquist. Según el estudio, en las 32 universidades la eficiencia fue mayor al 70% y crecimientos promedios de la productividad de 9%, se encontraban diferencias en cuanto a las regiones y aquellas con más cobertura tienen los mejores índices. Se concluye que este estudio, es un referente de analizar las eficiencias más allá del ámbito académico, buscando un enfoque más hacia la calidad del estudiante mediante la comparación entre la prueba saber Pro y los recursos dados por la institución superior de las diferentes carreras que cursan los estudiantes y los recursos específicos con los que cuenta cada uno de ellos.

El tercer estudio antecedente es el de Martín (2006), donde se emplea DEA en la Universidad de La Laguna (ULL) en España, para estudiar la eficiencia interna de los departamentos de esta institución (21 correspondientes a la división de ciencias sociales, económicas, jurídicas y de la educación y los 10 restantes pertenecientes

---

<sup>1</sup> Instituciones de departamentos como: Bogotá, Amazonas, Guainía, Norte de Santander, Putumayo, Vaupés, entre otras.,

a humanidades), entre los años 2002 y 2003. En este caso, el proyecto se llevó a cabo gracias a la implementación de una serie de 3 pasos: en el primero se hace una búsqueda sobre el análisis envolvente de datos (DEA) y sus métodos de aplicación; en el segundo se hace una identificación de las variables de entrada y salida, y su respectiva clasificación; en el último paso se realiza la aplicación del análisis DEA en los modelos CCR y BBC con el fin de escoger el modelo que mejor demuestre la eficiencia en los departamentos de la Universidad de La Laguna (ULL). En este estudio se logró encontrar datos suficientes para entregar a los departamentos, en cuanto a las fortalezas y debilidades que estos poseen para trabajar en medidas correctivas que potencien sus fortalezas y disminuyan sus debilidades. Por lo tanto, de este estudio realizado se rescatarán aspectos como la toma de la decisión en los modelos a utilizar ya que, esto provee el manejo y el análisis de los datos además de una correcta interpretación de estos. Concluyendo, que este estudio realizado en cuanto a la evaluación de la eficiencia interna de un centro educativo permite ampliar las formas en las que se puede utilizar el DEA para afrontar la relación uso de los recursos académicos en cuanto los resultados de las pruebas Saber Pro.

Estos antecedentes, brindan soporte para el desarrollo del proyecto, ya que dan soporte al uso de las diferentes metodologías y aspectos técnicos y de análisis frente a la implementación de los modelos del DEA.

## **3.2 Marco Teórico**

### **3.2.1 Pruebas Saber Pro:**

La “Prueba Saber Pro” es un instrumento estándar para la evaluación externa de la calidad en término de desarrollo de competencias de la educación superior. El diseño de las pruebas es definido de acuerdo con la política de formación de competencias del Ministerio de Educación Nacional (MEN), para el nivel universitario, tecnológico y técnico profesional, y en su desarrollo participan comunidades académicas y asociaciones de educación (Del et al., n.d.).

### **3.2.2 Objetivos de las Pruebas Saber Pro:**

Respecto al Artículo 1 del Decreto 3963 de octubre de 2009, los objetivos de las pruebas son:

- “1. Confirmar el incremento de las competencias de los estudiantes próximos a culminar los programas de pregrado de las IES.*
- 2. Generar indicadores de beneficios adicionales de la educación superior, proveer información para la evaluación entre programas, instituciones y metodologías.*
- 3. Servir de fuente de información para el desarrollo de indicadores de comparación de la calidad de los programas e IES.” (ICFES, 2009)*

### **3.2.3 Características de las Pruebas Saber Pro:**

De acuerdo con el Decreto 3963 de octubre de 2009, las pruebas son presentadas por diferentes tipos de personas, según el Artículo 4:

*“... los estudiantes que hayan aprobado por lo menos el 75% de los créditos académicos del programa correspondiente o que tengan previsto graduarse en el año siguiente...”* (Ministerio de Educación Nacional et al., 2009)

Además, de egresados que terminaron estudios en una IES y deciden de forma individual presentar el examen. Estas pruebas según el Artículo 8:

*“...la presentación de la prueba aplicada al final del segundo semestre de 2009, como requisito para la obtención del título de los estudiantes que se gradúen en el año 2010.”* (Ministerio de Educación Nacional et al., 2009)

Por lo que se entiende que estas pruebas se realizan solo en el segundo semestre del año y se ofrecen una vez al año.

Según Cartilla del Ministerio de Educación Nacional e ICFES (2017), El Saber Pro hace la evaluación de 1 a 3 módulos específicos (Depende de las áreas de formación del estudiante y la decisión de la institución de educación superior) y 5 módulos genéricos, que de acuerdo con el Decreto 3936 de octubre de 2009 en caso de que una carrera no sea cubierta por el módulo específico, los estudiantes presentan únicamente el módulo genérico.

El ICFES con el propósito de garantizar una comparación adecuada entre los estudiantes evaluados, conformaron grupos de referencias a los cuales les hacen una oferta de combinaciones de módulos de competencias específicas, los programas académicos tienen la autonomía de escoger los módulos a optar. Los grupos están formados por grupos afines y se definen partiendo de la clasificación del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) del MEN.

A continuación, en la tabla 2 se muestra una descripción breve de las competencias genéricas que se evalúan y en el anexo 1 presentan los grupos de referencias y la combinatoria de estos.

Las Pruebas Saber Pro se evalúan con un puntaje global de 300, valor con el cual se puede ubicar mediante percentiles en el que ubica al estudiante, comparado con el total de estudiantes a nivel nacional. Las características de esta escala están contenidas a continuación en la tabla 3.

**Tabla 2 Descripción de las competencias genéricas evaluadas en el examen Saber PRO**

<b>Competencia genérica</b>	<b>Descripción</b>
Comunicación escrita	Evalúa la competencia para comunicar ideas por escrito referidas a un tema dado. Los temas sobre los que yace la escritura son de dominio público, no requieren conocimientos especializados.
Razonamiento cuantitativo	Evalúa competencias relacionadas con las habilidades matemáticas para desempeñarse adecuadamente en contextos cotidianos que involucran información de carácter cuantitativo.
Lectura Crítica	Evalúa las capacidades de entender, interpretar y evaluar textos que pueden encontrarse tanto en la vida cotidiana, como en ámbitos académicos no especializados.
Competencias ciudadanas	Evalúa los conocimientos y habilidades que posibilitan la construcción de marcos de comprensión del entorno, los cuales promueven el ejercicio de la ciudadanía y la coexistencia inclusiva según la Constitución política
Inglés	Evalúa la competencia para comunicarse efectivamente en inglés. Esta competencia, alineada con el Marco Común Europeo, permite clasificar a los examinados según su nivel de desempeño.

Fuente: Documentación del examen Saber PRO (Del et al., n.d.).

**Tabla 3 Escalas de los puntajes en el examen Saber PRO de 2016 en adelante**

<b>Escalas de las pruebas Saber Pro</b>				
<b>Prueba</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estandar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Razonamiento cuantitativo	150	30	0	300
Lectura crítica	150	30	0	300
Comunicación escrita	150	30	0	300
Inglés	150	30	0	300
Competencias ciudadanas	150	30	0	300
Competencia específica(s)	150	30	0	300
Puntaje global	150	30	0	300

Fuente: Documentación del examen Saber PRO (Del et al., n.d.).

### 3.2.4 Análisis Envolvente de Datos:

En una conceptualización amplia, el “Análisis Envolvente de Datos” (DEA) es un método orientado a la evaluación de la eficiencia relativa de un grupo de entidades llamadas “Unidades de Decisión” (DMUs) donde existe una o un conjunto de entradas que generan una o múltiples salidas. La definición de DMU es genérica, dado que el DEA ha sido usado en una gran variedad de aplicaciones, asumiendo las entidades de decisión como hospitales, instituciones públicas, universidades, aspectos de ciudad, entidades jurídicas, etc., adicional a que el DEA requiere pocos supuestos (Morales et al., 2011).

El concepto de DEA es el resultado del trabajo de Farrell (1957) que buscaba eliminar los factores que afectan las variables de entrada y evaluar la eficiencia técnica de las DMUs, y fue desarrollado matemáticamente en la construcción de los modelos de programación lineal por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). Las DMUs pueden ser entidades sin ánimo de lucro o lucrativas, o de manera específica a nivel de áreas de una organización. Esta técnica de programación matemática permite la elaboración de una frontera eficiente.

### 3.2.5 Eficiencia técnica

A manera de ilustración, se plantean cuatro unidades (X, Y, Z, A) cada una con una única salida (y) empleando dos entradas ( $z_1$ ,  $z_2$ ). En la figura 1 cada punto va a identificar la posición en el plano cartesiano de la relación para cada una de las Unidades. La frontera eficiente se ve representada por la curva  $F F'$ , de esa forma las que se encuentran por fuera resultan ineficientes.

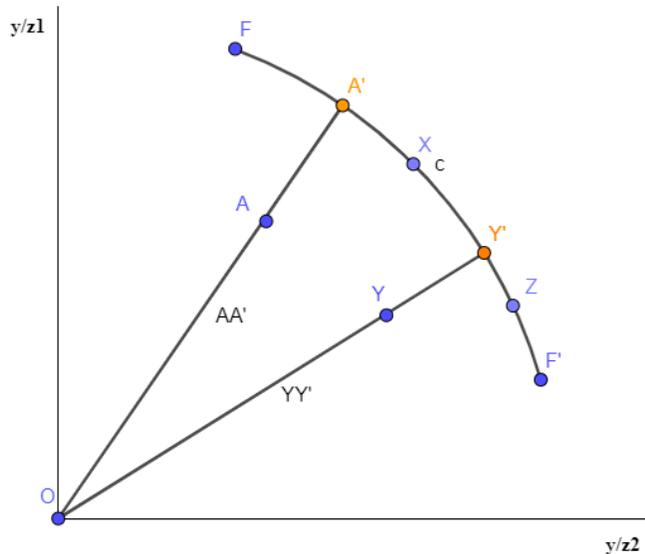


Figura 1 Eficiencia Técnica.  
Fuente: Autores.

Por lo cual, la eficiencia técnica, coloca en notoriedad la capacidad que tiene una unidad para obtener la máxima salida a partir de un conjunto dado de entradas, obtenido a partir de la relación de comparación de los valores observados de cada unidad con el valor óptimo que viene definido por la frontera eficiente.

Observando la figura, se puede observar que las unidades A y Y son ineficientes técnicamente, al no llegar a una proporcionalidad de las salidas frente a las entradas equivalente a las unidades plenamente eficientes. Es decir, podrían aumentar sus salidas con las entradas actuales, o reducir sus entradas con las actuales salidas, o una combinación de los dos propósitos. Para medir la ineficiencia de cada una de estas unidades, se tiene las distancias A" A y Y" Y, y por el otro lado tenemos que las unidades X, Z son técnicamente eficientes ya que se encuentran sobre la frontera eficiente.

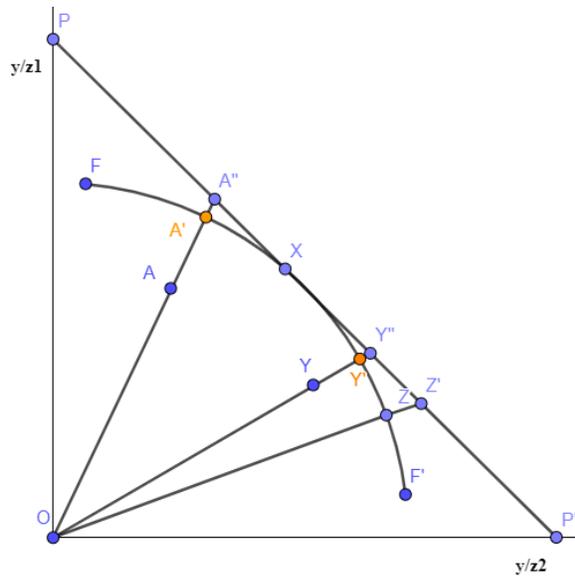
Para obtener la relación numérica que se encuentra entre 0 y 1, se establece la distancia entre el punto de origen hasta el punto proyectado de la unidad a evaluar y la distancia que une al punto de origen con el punto proyectado sobre la frontera eficiente de la unidad considerada.

$$\text{Eficiencia técnica de A} = \frac{OA''}{OA} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Con esta relación una puntuación cercana a cero debe dar a conocer que la unidad evaluada se encuentra muy lejos de la frontera eficiente por lo cual, se trata de una unidad muy ineficiente técnicamente. Ocurre el caso contrario cuando la eficiencia técnica se aproxima a 1.

### 3.2.6 Eficiencia Precio

La eficiencia precio hace referencia a la capacidad que tiene una Unidad para hacer uso de las diferentes entradas en porcentajes óptimos obtenidos por los precios relativos. En la figura 2 se muestra la línea precio PP'. La pendiente de la línea precio representa la relación entre los precios de las entradas z1 y z2. Las Unidades X y Z presentan eficiencia técnica, por otro lado, se puede observar que, en la Figura, que la unidad X es la única que resulta ser también eficiente en precios, en tanto que la Unidad Z debería aumentar cotos totales en la distancia Z Z' o a en la proporción  $\left( \left[ 1 - \frac{OZ'}{OZ} \right] * 100 \right)$ , para ser eficiente en precio.



**Figura 2 Eficiencia Precio.**  
Fuente: Autores.

Esta eficiencia precio se puede hallar entre la relación de la distancia de la línea del origen hasta el punto proyectado sobre la línea precio eficiente de la Unidad a evaluar y la distancia entre la línea que une el origen al punto proyectado sobre la frontera eficiente FF'. Para la Unidad Z se obtiene:

$$Eficiencia\ precio = \frac{OZ'}{OZ} \quad (\text{Ecuación 2})$$

### 3.2.7 Eficiencia Global

La eficiencia global, se obtiene entre la relación entre la distancia de la línea que va desde el origen hasta el punto sobre la frontera eficiente y la distancia de la línea que va desde el origen hasta el punto de que representa la Unidad a evaluar.

Por lo tanto, la eficiencia global de la unidad A (véase figura) vendrá dada por:

$$Eficiencia\ global = \frac{OA''}{OA} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Esta misma Unidad, Farrell (1957) redujo la eficiencia global así:

$$Eficiencia\ global = \frac{OA''}{OA} = \frac{OA'}{OA} * \frac{OA''}{OA'} \quad (\text{Ecuación 4})$$

La eficiencia global es igual al producto de la eficiencia técnica,  $\frac{OA'}{OA}$ , y la eficiencia precio  $\frac{OA''}{OA'}$ . Con lo cual observando la figura tal, sólo la Unidad X muestra eficiencia

técnica y eficiencia precio siendo, logrando ser la única Unidad globalmente eficiente.

### 3.2.8 Diferencia entre productividad y eficiencia

En gran parte de trabajos que recurren al Análisis Envolvente de Datos, solo se evalúa la eficiencia técnica, y solo algunos abarcan la medición de la eficiencia de precio y global, por la dificultad adicional que se asume el conocer los precios de las entradas y salidas. Por otra parte, es conveniente tener claro la diferencia entre, productividad y eficiencia (técnica), usualmente usados como sinónimos. Cuando se habla de productividad, “se entiende como la relación entre lo producido y los medios utilizados; por lo tanto, se mide mediante el cociente: resultados logrados entre recursos empleados” (Gutiérrez and De la Vara salazar, 2013).

Si se asume una única entrada  $x$  para producir una única salida  $y$ , como en la Figura 3 donde se muestran 3 unidades ( $A$ ,  $B$  y  $C$ ) y la frontera eficiente  $F'$  que representa lo máximo alcanzable por las salidas y refleja el estado actual (Coelli et al., 2005). En la ilustración, mientras las unidades  $B$  y  $C$  son técnicamente eficientes ya que se encuentran dentro de la frontera de eficiencia, y la unidad  $A$  se encuentra por debajo de esta, reflejo de su ineficiencia, el concepto de productividad puede entenderse como el producto medio, y es medida por la pendiente de la línea recta desde el origen hasta el punto de que representa la eficiencia de la unidad. Como bien se observa, la unidad  $B$  es técnicamente eficiente, pero puede ganar productividad al moverse al punto que representa la unidad  $C$ . Por otro lado, la unidad  $A$  puede ganar eficiencia técnica y productividad la moverse a la unidad  $B$  técnicamente eficiente.

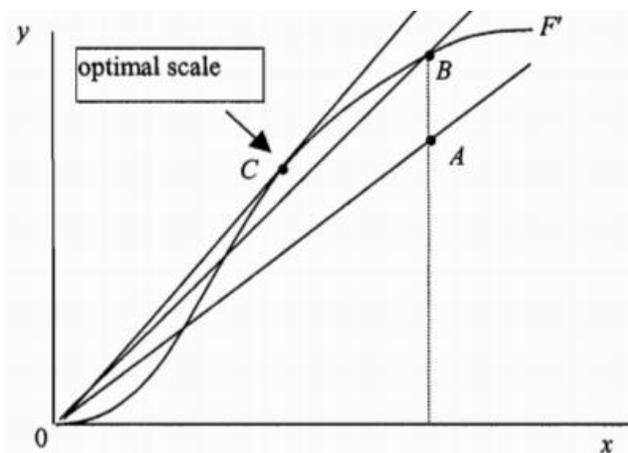


Figura 3 Diferencia productividad y eficiencia.  
Fuente: Coelli, Prasada Rao y Battese (1998).

En conclusión, una institución puede ser técnicamente eficiente pero todavía puede ser capaz de mejorar su productividad al desarrollar economías de escala (Coelli et al., 2005).

### **3.2.9 Caracterización de los modelos DEA:**

Según Coll Serrano y Blasco Blasco (2006) los modelos se pueden clasificar dependiendo de:

- a) Los tipos de tamaños de eficiencia que conceden: modelos radiales y no radiales.
- b) La orientación del modelo: orientado a salidas, orientado a entradas u orientado salidas y entradas.
- c) Los modelos de rendimientos a escala que nos indican la como las entradas son combinadas para obtener un conjunto de salidas, esto se puede combinar por la existencia de rendimientos constantes (CRS) o variables a escala (VRS).

### **3.2.10 Rendimientos a escala:**

Cuando se desea evaluar la eficiencia de un grupo de DMU es obligatorio señalar el tipo de los rendimientos a escala.

Los rendimientos a escala proveen los aumentos de producción que son obtenidos del aumento de los causantes de producción en la misma cantidad. Son constantes (CRS) o variables (VRS) (Coll Serrano and Blasco Blasco, 2006).

- 1) Rendimientos constantes a escala: Se presenta cuando el aumento proporcional de la salida es equivalente al aumento proporcional de los factores de entrada.
- 2) Rendimientos variables a escala (crecientes): Se presenta cuando el aumento proporcional de la salida es mayor que el de las entradas.
- 3) Rendimientos variables a escala (decrecientes): Se presenta cuando el aumento proporcional de la salida es menor que el de las entradas.

### **3.2.11 Orientación de los modelos:**

La eficiencia se puede clasificar con relaciones a dos tipos de orientaciones:

- 1) Orientado a entradas: Busca mejorar el conjunto de entradas mientras permanece en la frontera de producción. No se cataloga eficiente a una unidad que puede disminuir cualquier entrada sin modificar las salidas(Coll Serrano and Blasco Blasco, 2006).

- 2) Orientado a salidas: Busca mejorar el conjunto de salidas mientras permanece en la frontera de producción. No se cataloga eficiente a una unidad que puede incrementar cualquier salida sin aumentar alguna entrada y sin disminuir otra salida (Coll Serrano and Blasco Blasco, 2006).

### 3.2.12 Modelo DEA-CCR:

El modelo DEA-CCR denominado así por haber sido creado por Charnes, Cooper y Rhodes proporciona medidas de eficiencia radiales, las cuales son orientadas a las entradas o salidas y el rendimiento de escala constante, para medir la eficiencia relativa de cualquier DMUs (1978) donde se propone resolver el siguiente modelo matemático de optimización.

$$Max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (\text{Modelo 1})$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

En el cual se van a tener  $n$  unidades de decisión ( $j = 1, \dots, n$ ), cada una utiliza las mismas entradas (en diferentes cantidades) para encontrar las salidas (en diferentes unidades);  $x_{ij}$  representa la cantidad de la entrada  $i$  que es usado por la unidad  $j$  ( $x_{ij} \geq 0$ ),  $x_{i0}$  representa la cantidad de la entrada  $i$  consumido por la unidad a ser evaluada;  $y_{rj}$  representa la cantidad de la salida  $r$  producida por la unidad  $j$  ( $y_{rj} \geq 0$ );  $y_{r0}$  representa la cantidad de la salida  $r$  producido por la unidad que es evaluada, y  $u_r$  y  $v_i$  representan los pesos de las salidas y las entradas respectivamente de ( $r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$ ). Las soluciones encontradas se consideran optimas si  $h_o^* = 1$ , pero si  $h_o^* < 1$ , la unidad se considera ineficiente.

### 3.2.13 Modelo DEA-BCC:

El modelo DEA-BCC denominado así por haber sido creado por Banker, Charnes y Copper (1984), proporciona rendimientos variables a escala, lo cual permite describir de mejor forma los causales de la economía de escala decreciente o crecientes. Estos rendimientos a escala indican los incrementos de la producción que son resultado del incremento de todos los factores de producción en el mismo porcentaje (Cáceres V. et al., 2014). Donde se propone resolver el siguiente modelo matemático de optimización orientado a las salidas.

$$Max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + k_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (\text{Modelo 2})$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + k_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

Si se compra el problema dado en el modelo 2 con el modelo 1, se observa cómo la definición de la medida de eficiencia bajo el supuesto de rendimientos variables a escala,  $h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + k_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$ , es parecida a aquera que supone rendimientos constantes a escala,  $h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$ . La formulación general de la medida de eficiencia es:  $\frac{\text{Suma ponderada de salidas} + \text{Constante } k}{\text{Suma ponderada de inputs}}$  de tal forma si en la solución óptima del modelo para unidad que se considera eficiente  $K_0^* > 0$  para todas las soluciones óptimas, prevalecen rendimientos crecientes a escala; si  $K_0^* = 0$  para cualquier solución óptima, prevalecerán los rendimientos constantes a escala; y si  $K_0^* < 0$  para todas las soluciones óptimas, prevalecen rendimientos no crecientes a escala.

### 3.2.14 Super Eficiencia

Andersen y Petersen (1993) proponen una extensión de los anteriores modelos, el cual consiste en un método de clasificación de las unidades eficientes, el cual permite dar un ranking a las unidades. Se basa en comparar la unidad que está siendo clasificada con una combinación lineal de las otras unidades, donde la unidad a evaluar es apartada del modelo (Coll Serrano and Blasco Blasco, 2006), por lo cual la puntuación de eficiencia que se obtenga podrá ser mayor a la unidad, por este motivo se da el nombre de super eficiencia.

El motivo es crear a partir de la exclusión de la DMU eficiente del estudio una nueva frontera eficiente. De manera que, la super eficiencia se va a medir de diferentes formas, entre la nueva frontera y la DMU eficiente. La unidad eficiente va a quedar fuera del conjunto de posibilidades de modo que es necesario relajar la condición de que pueda alcanzar una eficiencia máxima de uno (1) (Diego et al., 2014).

### 3.2.15 Modelo DEA Super CCR

Basados en el modelo usado por Andersen y Petersen (1993) toma la forma de un modelo CCR y la restricción de convexidad en el modelo BCC para evitar la posibilidad de no encontrar solución (Lee et al., 2011) y (Chen, 2005). En forma vectorial se obtiene:

$$[\textit{Super Radial} - I - C] \quad \theta^* = \min_{\theta, \lambda, s^-, s^+} \theta - \varepsilon s^+ \quad (\text{Modelo 3})$$

Sujeto a:

$$\theta x_o = \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j + s^-$$

$$y_o = \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j - s^+$$

Donde todos los componentes de  $\lambda, s^+$  y  $s^-$  son restringidos por la no negatividad y  $\varepsilon > 0$  es elemento no Arquimedo habitual y es un vector de fila con unidad en todos los elementos.

El modelo anterior descrito va orientado a las entradas de los modelos (CCR-I) y la versión de los modelos orientados a salidas (CRR-O) tiene un optimo  $\phi^* = \frac{1}{\theta^*}$  y  $\lambda, s^-, s^+$  ajustados por la división con  $\theta^*$ .

### 3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto

Con este proyecto se realiza una contribución al comparar diferentes programas de la universidad ICESI, en cuanto a una posible eficiencia técnica de su personal docente frente a los resultados de la Prueba Saber Pro, asumiendo que ésta mide la calidad de las competencias de sus estudiantes próximos a egresar.

La importancia de este proyecto está en servir como una primera aproximación o referencia a estudios que incluyan un mayor número de entradas como se mencionaron en el primer capítulo o incluso más posibles salidas (i.e. indicadores de empleabilidad o desarrollo profesional). A medida que los vectores de entradas y salidas se fortalezcan frente al objetivo de las competencias, más robusta será la medición, advirtiendo que es la consecución y manipulación de la información sea confiable y precisa en el manejo temporal de la formación.

## 4 Metodología

Haciendo uso de la adaptación de la metodología COOPER para la realización de este proyecto, de los autores Emrouznejad y De Witte (2010) se tiene lo siguiente:

En la fase de la estructuración de datos se hizo una familiarización e identificación de los datos obtenidos de los boletines estadísticos de la universidad en cuanto a los resultados del Saber Pro y las bases de datos de profesores. Además, luego se realizó una descripción y reparación de los datos, lo cual fue importante para la detección de irregularidades en los datos.

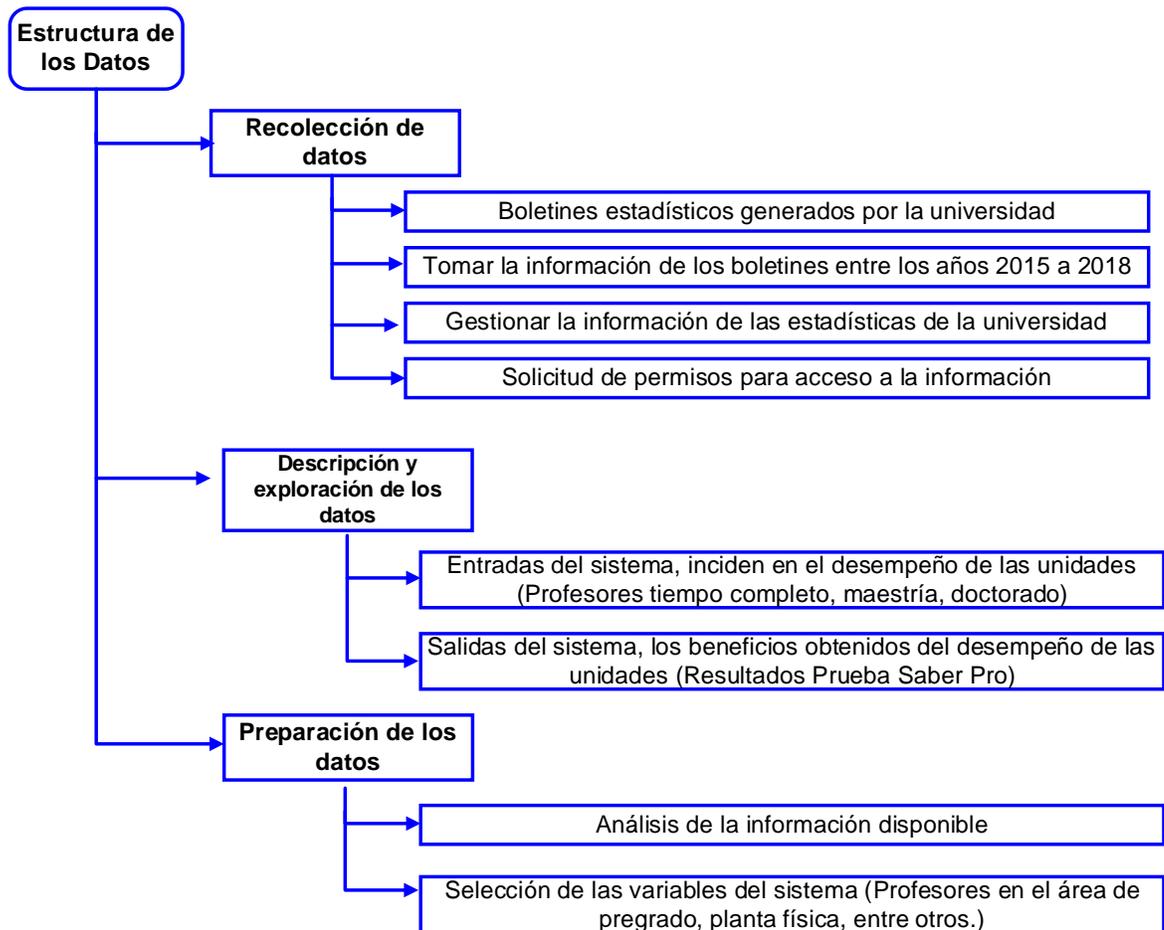
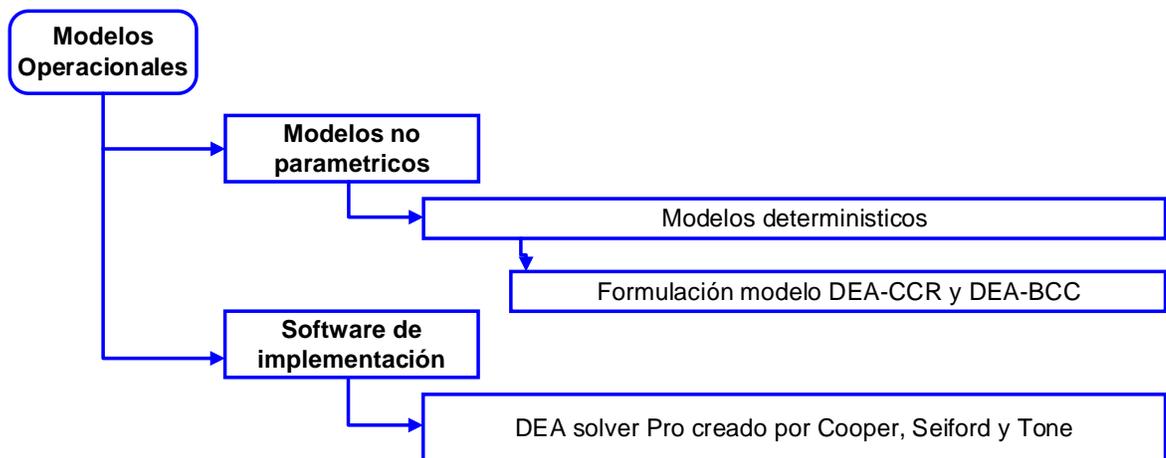


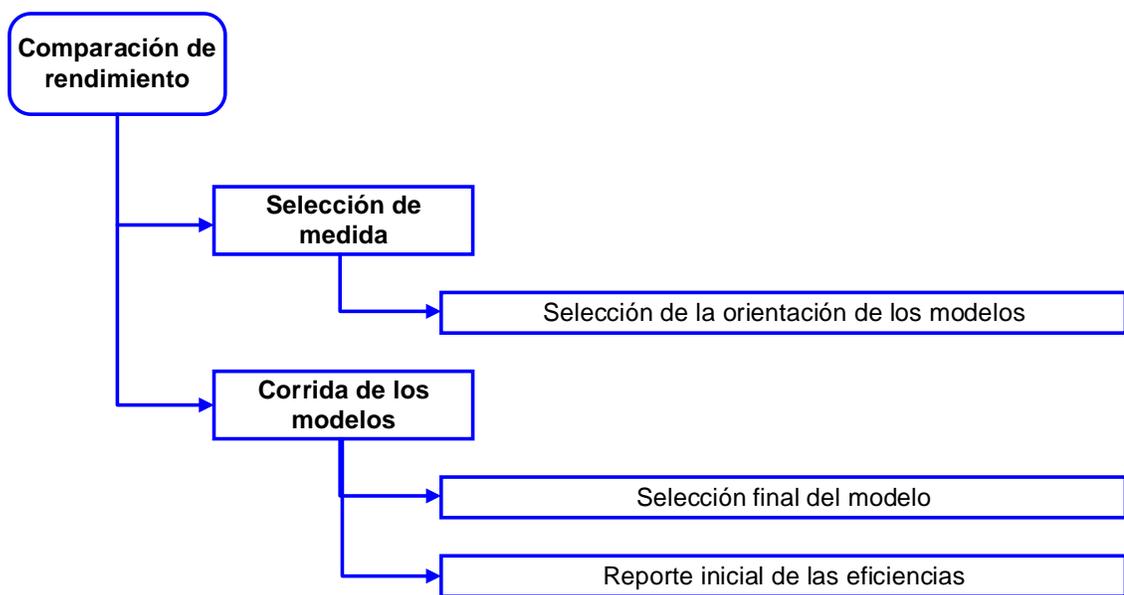
Figura 4 Estructura de los Datos  
Fuente: Autores

En este paso se plantearon y se formularon los modelos matemáticos de acuerdo con los datos anteriormente clasificados y se escogió el software adecuado para la corrida de los mismos.



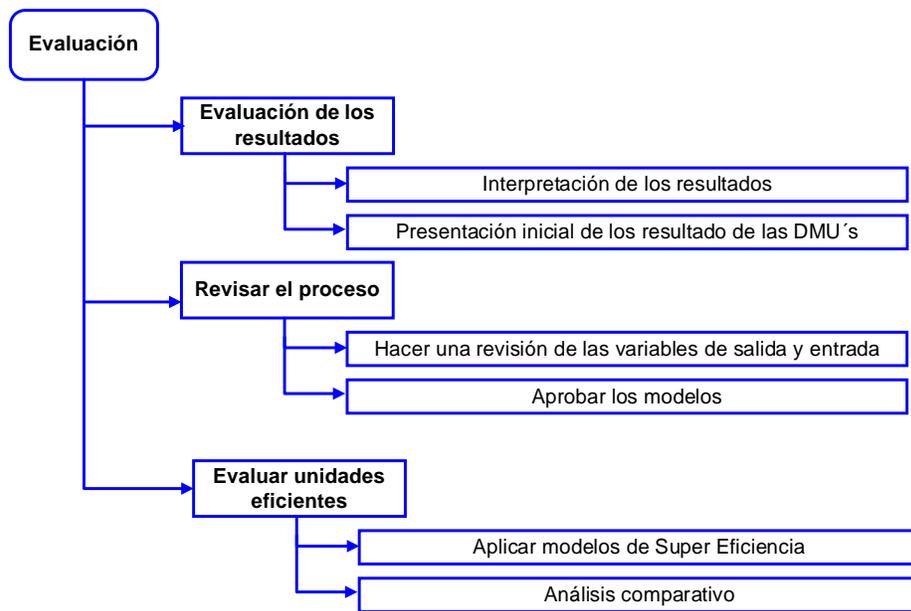
**Figura 5 Modelos Operaciones**  
Fuente: Autores

En esta fase de comparación de rendimiento se realizó la aplicación y el enfoque de los modelos DEA-CCR y DEA-BBC.



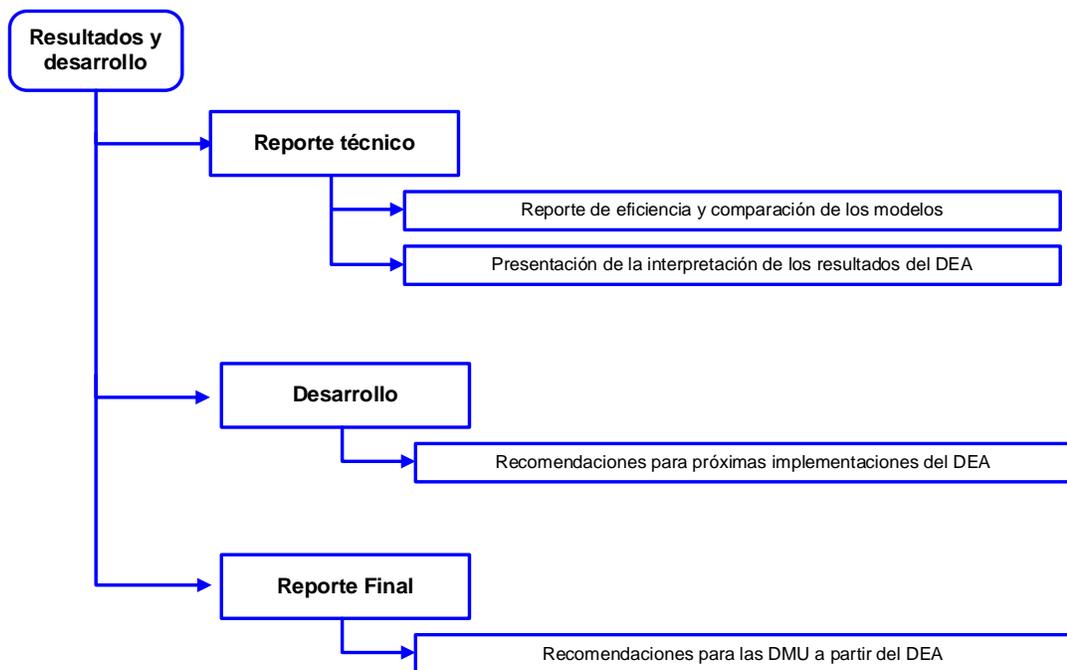
**Figura 6 Comparación de rendimiento**  
Fuente: Autores

En la etapa de evaluación se logró la obtención de los resultados, los cuales pasaron por un proceso de verificación y aprobación de las variables del sistema.



**Figura 7 Evaluación**  
Fuente: Autores

En la fase final, se generó un reporte de mejoras y recomendaciones de acuerdo con las unidades de decisión evaluadas, que sirve como referencia para posibles réplicas del proyecto.



**Figura 8 Resultados y desarrollo**  
Fuente: Autores

## **5 Resultados**

### **5.1 Presentación y discusión de resultados**

En esta sección se presenta el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos planteados en el proyecto, en primera instancia se explica la caracterización de las variables seleccionadas para el análisis de las eficiencias, posteriormente se presenta la construcción de los modelos con las diferentes combinaciones de las entradas, y las corridas de los modelos con la presentación preliminar de las eficiencias encontradas. Seguido a esto se realizó la respectiva evaluación de los resultados, para finalizar con el ranking entre las unidades eficientes.

### **5.2 Caracterización de la unidades y variables a evaluar.**

#### **5.2.1 Caracterización de las unidades a evaluar.**

Primero, es necesario remarcar la diferencia entre Departamento y Programa al interior de la estructura organizacional de la universidad Icesi. Mientras el programa de una disciplina establece el plan de estudios (malla curricular) acorde a un perfil del egresado y gestiona actividades para los estudiantes, el departamento gestiona los recursos de formación (contratación, asignación y formación docente, dotación y administración de laboratorios, compra de textos para la biblioteca, auspicios para tecnologías y eventos, etc.). En algunos casos, un solo departamento gestiona dichos recursos para dos o más programas. Desde esta perspectiva, las DMUs para este proyecto son la combinación de las dos entidades, asumiendo que trabajan mancomunadamente para llegar al objetivo principal de calidad en la formación.

En la selección de las DMU para incluir en el estudio se debía tener en cuenta varios factores: 1) Abarcar programas los cuales se distribuyan las competencias genéricas de la Prueba Saber Pro en términos de “fortalezas” en algunas y “debilidades” en otras, 2) Programas que se puedan asumir con cierta madurez a partir del número de promociones que ya posean y 3) Que concedan la oportunidad de tener combinaciones de comparación estructural y al mismo tiempo marquen un contraste significativo entre otros (una mezcla de homogeneidad y heterogeneidad de manera simultánea). De otro lado, a sabiendas que cada modelo aplicado de DEA implica parametrizar, correr y analizar  $n$  formulaciones, y con las combinaciones de entradas y salidas, ese valor se multiplica proporcionalmente, se decidió acotar la selección a 5 programas (ver Tabla 4).

Tabla 4 Programas (DMU). Fuente: Elaboración propia

PROGRAMAS
DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS
DISEÑO INDUSTRIAL
INGENIERIA INDUSTRIAL
INGENIERIA SISTEMAS
MEDICINA

Fuente: Autores.

Lo homogéneo se da entre los dos programas de diseño, al igual que entre los dos programas de ingeniería, y de estos dos combos con medicina se da la heterogeneidad. Adicionalmente, el programa de medicina tiene un plan de estudios de 12 semestres y una fracción de su planta docente proviene del convenio con la Fundación Valle del Lili, lo que le otorga particularidades que inicialmente se visualizaron como posibilidades de generar contrastes en las eficiencias.

## 5.2.2 Caracterización de las variables de entrada.

### 5.2.2.1 Caracterización de las variables de entradas seleccionadas.

Como se mencionó desde el capítulo 1, la caracterización de las entradas en el modelo debieron ser reducidas al perfil de los profesores que hacen parte del proceso E-A, los cuales se categorizaron por el tipo de contrato que la universidad tenía con estos y el nivel de estudio máximo al momento de dictar el curso perteneciente a la malla curricular de los programas evaluados. Infortunadamente el acceso a información interna de presupuestos es restringido y se tardaría realizar un análisis de costos de los rubros que tanto de la dirección del programa como del departamento van orientadas a los procesos educativos. De parte de otras potenciales entradas, hay información incompleta o incluso no hay procesos de recolección de datos.

Los niveles educativos se definen de la siguiente manera: Doctorado, Maestría, Especialización, Pregrado; no se tuvieron en cuenta para el estudio los casos en que el profesor no cuenta con título profesional, debido a lo establecido en los estatutos y normativas de la universidad instituidos en el Reglamento de Escalafón para Profesores de Planta en la Universidad Icesi en donde se establece lo siguiente en el Artículo 2:

*“para ser profesor de la Universidad Icesi se requiere poseer título profesional...”*

Por otro lado, la categorización por el tipo de contrato se definió de la siguiente manera: contrato profesor hora cátedra y contrato profesor planta, los cuales

presentaron diferencia a la hora de desarrollar las metodologías de E-A, de acuerdo con el Estatuto del profesor la universidad establece que:

*“Se considera profesor de planta aquel cuya dedicación laboral es de tiempo completo con un contrato de exclusividad a término indefinido o vinculación medio tiempo con contrato laboral a término indefinido y exclusividad con la Universidad Icesi en la docencia, por parte de los profesores hora cátedra solo son los que son contratados por la cantidad de horas que tenga o exija el curso en particular.”*

Por lo tanto, una de las grandes diferencias que se identificó entre estos dos tipos de contratos fue que por parte de los profesores planta se reconocen dos categorías diferentes: Categoría de la carrera académica y Categoría de la carrera profesional, como se observa en el Estatuto del Profesor.

*“Se entiende por carrera académica las que siguen los profesores cuyas principales labores son la docencia y la investigación; y se entiende por carrera profesional la que siguen los profesores que aportan su experiencia profesional a la docencia y la consultoría en la Universidad Icesi”.*

Por lo anterior se definió lo siguiente: por un lado, el manejo de los profesores planta permite una estandarización en las metodologías de enseñanza y aprendizaje hacia los estudiantes, lo cual hace que se tenga un mayor control y manejo a los cambios que se presentan los cursos. Por otro lado, la coordinación y alineación con los profesores hora cátedra es más difícil, ya que algunos de estos profesores realizan su labor por gusto a la enseñanza y a la vez laboran en otros lugares, o trabajan para diferentes instituciones educativas y ajustan a un solo estilo.

Adicionalmente, dentro de la trazabilidad de cursos-profesores a tener en cuenta, fue necesario considerar las líneas de formación propuestas por el proyecto educativo institucional, que comprende un planteamiento curricular de cinco líneas formativas, para formar las capacidades de autonomía, participación social y política, comunicación significativa y creativa, comprensión crítica y trabajo efectivo con otros, y se relacionan en dos áreas:

*“Cabe aclarar que esta división del currículo en líneas de formación distribuidas en un currículo central y en un currículo específico, es tan sólo una división formal, y como toda división es arbitraria. Así, pues, el currículo es una trama de saberes en medio de los procesos de enseñanza-aprendizaje, con el fin de llevar a cabo una educación que sea liberadora, una educación basada en el desarrollo de capacidades y de aprendizajes por competencias en todas las asignaturas”. (Dirección Académica y CREA, 2017. Pp.42)*

El currículo central que comparten todos los programas de pregrado de la universidad contiene tres líneas de formación que velan por la autonomía personal

y ciudadana: 1) Lenguajes, 2) Ciudadanía, 3) Artes, Ciencias y Humanidades; por otro lado, el currículo específico de cada programa el cual cuenta con dos líneas: 4) Experticia disciplinar y 5) Trabajo. El sentido de cada una de las líneas de formación se expuso de manera resumida en la Tabla No. 5

Tabla 5 Líneas de formación.

Líneas de formación	Intención formativa		Cursos
Lenguajes	Comprender y construir los significados del mundo		COE, Lógica y argumentación, Razonamiento cuantitativo / Álgebra y funciones, Estadística, inglés, Cursos E.
Ciencias, Artes y Humanidades	Comprender los legados de nuestra cultura y las formas en que determinan nuestra identidad, nuestro presente y nuestro futuro	Comprensión de las formas de obtención de conocimiento y capacidad para la construcción crítica (y con mirada interdisciplinar) del mismo	Electivas en Ciencias Naturales, Electivas en Artes, Humanidades y Ciencias Sociales
Experticia Disciplinar	Buscar la excelencia técnica, científica, conceptual, metodológica, epistémica y crítica dentro de un dominio del conocer y el saber-hacer.		Se define para cada programa según necesidades disciplinarias, las comunidades de pares y el bienestar humano, Cursos EP.
Ciudadanía	Lograr la capacidad para participar en la defensa de la libertad y la equidad, y en los logros de una vida en democracia.	Comprensión de las lógicas sociales, económicas, políticas, institucionales y el desarrollo de capacidades para la convivencia y la producción.	Organizaciones e instituciones, Fundamentos de Derecho Constitucional, Principios de Economía / Microeconomía - Macroeconomía, CTS, Ética
Trabajo	Perfeccionar las habilidades para el saber-hacer que permitan desarrollar y realizar las potencialidades productivas en diferentes contextos		Organizaciones e instituciones, Fundamentos de Derecho Constitucional, Principios de Economía / Microeconomía - Macroeconomía, CTS, Ética

Currículo central

Currículo específico del programa

Fuente: (Dirección Académica y CREA, 2017).

Dado entonces que el currículo central es común, y es coordinado centralmente, se opta solo por los cursos pertenecientes a la línea disciplinar y de trabajo. A continuación, una ampliación de sus definiciones:

***“La línea de formación en Experticia disciplinar:*** esta línea de formación busca la apropiación de saberes específicos para promover la excelencia científica, conceptual, epistémica y metodológica a partir del pensamiento crítico y situado de cada disciplina. Asimismo, esta línea de formación busca que el estudiante desarrolle competencias transversales y específicas del programa académico, con el fin de que pueda plantearse y resolver problemas propios de su campo disciplinar.” (Araujo, 2016)

***“La línea de formación para el Trabajo:*** la línea de formación para el trabajo perfecciona las destrezas, especialmente, las técnicas, habilidades, métodos, procedimientos, aplicaciones, que permiten desarrollar con mayor rigor y precisión competencias que se espera que el egresado pueda aplicar en el mundo del trabajo.” (Araujo, 2016)

Para finalizar el apartado, se presentó el ejemplo de una malla curricular del programa de medicina (Anexo 2), con el fin de evidenciar los cursos pertenecientes a las líneas de formación.

#### **5.2.2.2 Consideraciones para las variables de entrada**

Basado en la hipótesis de que los programas evaluados dan a sus alumnos diferentes cursos para la misma materia y que probablemente estas tengan diferentes profesores, se realizaron diferentes ponderaciones entre la cantidad de profesores de planta y hora catedra de la universidad, logrando así una estandarización de las variables de entrada, lo que permitió tener una proporción entre la cantidad de los profesores por materia y los cursos dictados de cada programa.

Se realizó la caracterización de cada uno de los componentes de los modelos implementados. Ver Tabla 6 en el que se presenta un ejemplo del formato de caracterización de las entradas del programa de ingeniería en sistemas. Adicionalmente, en los (Anexos 3,4, 5, 6, y 7) se encuentran cada uno de los formatos utilizados.

**Tabla 6 Formato de caracterización de entradas programa ingeniería en sistemas.**

	Materias	Profesores Ing. Sistemas									
		Catedra					Planta				
		Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado	Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado
Profesores 2015-1	TIC - 09702 Introducción a la Ingeniería y TIC	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Profesores 2015-2	MAT - 08091 Álgebra lineal	3	1	0	0	2	3	1	2	0	0
	TIC - 09703 Algoritmos y programación I	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	MER - 03097 Fundamentos de Mercadeo	4	4	0	0	0	1	0	1	0	0
Profesores 2016-1	TIC - 09704 Algoritmos y programación II	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	MAT - 08274 Cálculo una variable	7	7	0	0	0	1	0	1	0	0
Profesores 2016-2	CFT - 11238 Física y Laboratorio	5	0	2	0	3	0	0	0	0	0
	FIN - 04170 Contabilidad y costos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	MAT - 08275 Cálculo varias variables	3	2	0	0	1	3	3	0	0	0
	TIC - 09441 Ingeniería de procesos	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	TIC - 09687 Algoritmos y Estructuras de datos	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Profesores 2017-1	CFT - 11239 Electricidad-magnetismo y Laboratorio	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	FIN - 04121 Ingeniería económica	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	MAT - 08171 Inferencia estadística	8	4	0	1	3	0	0	0	0	0
	MAT - 08276 Matemática discreta	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	TIC - 09706 Modelado de sistemas de información	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	TIC - 09707 Proyecto integrador I	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Profesores 2017-2	CFT - 11121 Lógica digital y Laboratorio	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	MAT - 08289 Informática teórica	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TIC - 09551 Bases de datos	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TIC - 09705 Ingeniería de software	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TIC - 09711 Redes-comunicaciones y Laboratorio	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2018-1	CFT - 11313 Arquitectura de computadores y Laboratorio	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	IND - 05214 Producción y cadenas de abastecimiento	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	TIC - 09331 Gerencia de proyectos de T.I.	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TIC - 09481 Inteligencia artificial	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TIC - 09710 Arquitectura de software	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TIC - 09739 Computación en Internet	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Profesores 2018-2	TIC - 09627 Sistemas operacionales	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	TIC - 09635 Proyecto de grado I - SIS	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TIC - 09713 Proyecto integrador II	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

Fuente: Autores.

Los datos analizados fueron recolectados bajo la suposición de que los egresados van al día en la malla curricular, por este motivo, cumplen con el prerrequisito de la Prueba Saber Pro de haber aprobado como mínimo el 75% de los créditos y lograron presentar las pruebas en el segundo semestre del año 2018, con una trazabilidad de 8 semestres para los estudiantes de los programas afines a la ingeniería y 10 semestres para el programa de medicina.

A continuación, se presenta un ejemplo de la parametrización de las variables de entradas del programa de diseño de medios interactivos (tabla 7). Esta se realizó mediante la relación de las sumas de los tipos de profesores por su nivel académico entre el total del tipo de contrato, por lo que en las primeras cuatro entradas del modelo (tabla 7) suman entre ellas uno y las otras cuatro últimas de igual manera. Los valores que se presentan son la proporción de profesores correspondiente a su nivel de estudios máximo y tipo de contratación.

**Tabla 7 Parametrización de variables de entrada para el programa de Diseño de medios interactivos**

PROGRAMA	(I)PHCM	(I)PHCD	(I)PHCE	(I)PHCP	(I)PPM	(I)PPD	(I)PPE	(I)PPP
DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS	0,5455	0,0000	0,0909	0,3636	0,5455	0,4545	0,0000	0,0000

Fuente: Autores.

### **5.2.2.3 Caracterización de las variables de entrada no seleccionadas.**

Se hizo un listado (Ver tabla 8) en donde se presentan todas las posibles entradas que hubieran podido ser consideradas para el proyecto, recordando que estas variables demandan un esfuerzo de consecución, verificación y preparación de información. Por lo cual, en cuanto al alcance que se le dio al proyecto, él estudio se centró en la calidad profesoral, dado que sus cualidades docentes y sus métodos de enseñanza son fundamentales en todo el proceso.

**Tabla 8 Factores potenciales de entradas**

Factores potenciales de entradas
Presupuestos por Departamentos/Programas académicos
Gasto presupuestal/operacional
Infraestructura física especializada a los programas
Infraestructura física general
Eventos extracurriculares de los programas
Convenios con otras instituciones para intercambios
Investigación de los docentes
Grupos de investigación de las carreras
Semilleros
Cursos extracurriculares afines a la carrera
Indicadores académicos de admisión de los estudiantes
Apoyo bienestar universitario
Servicios estudiantiles
Remuneraciones
Número de empleados

Fuente: Autores.

### **5.2.3 Caracterización de las variables de salida seleccionadas.**

Para la caracterización de las variables se salida, se tuvieron en cuenta los resultados de las Pruebas Saber Pro del año 2018, tanto en módulos específicos como genéricos. Por un lado, los módulos genéricos son 5: lectura crítica, razonamiento cuantitativo, competencias ciudadanas, comunicación escrita e inglés; los cuales son descritos por (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017) de la siguiente manera:

**Lectura crítica:** se busca evaluar en el estudiante la capacidad de entender, interpretar y evaluar textos en diferentes ámbitos. Por esta razón, se tienen en cuenta para su evaluación 3 diferentes competencias: en la primera, Identificar y entender los contenidos locales que conforman un texto, esta competencia busca el entendimiento de algunos elementos y la comprensión de expresiones o frases que no están de manera explícita en un texto; en la segunda, comprender cómo se articulan las partes de un texto para darle un sentido global, en la cual se busca evaluar las ideas, la comprensión del texto y sus partes, los enunciados y la relación entre elementos de un texto y, por último, reflexionar a partir de un texto y evaluar su contenido, en donde se evalúa la validez de los enunciados, su relación y contextualización entre diferentes textos.

**Razonamiento cuantitativo:** en este módulo se evalúan los elementos matemáticos en diferentes contextos, teniendo en cuenta la estadística, geometría, álgebra y cálculo. Por ese motivo se evalúan 3 diferentes módulos: el primero, interpretación y representación, en la que se busca la comprensión y transformación de diferentes formatos matemáticos; en la segunda, la formulación y ejecución, esto en cuanto a problemáticas que involucren información cuantitativa y lleven a soluciones y, por último, argumentación en donde se valida las estrategias para dar solución a los problemas.

**Competencias ciudadanas:** se evalúan las competencias ciudadanas de tipo cognitivo que incluyen habilidades y conocimientos de convivencia. En este módulo se tienen en cuenta 4 competencias diferentes: en el primero los conocimientos, que comprende la constitución política y derechos fundamentales; en el segundo la argumentación, se tiene en cuenta la pertinencia y solidez de los enunciados; en la tercera el multiperspectivismo, el cual analiza diferentes perspectivas que se presentan en diferentes partes y, por último, el pensamiento sistémico que comprende la relación entre los problemas y las soluciones.

**Comunicación escrita:** mediante este módulo se miden las competencias de cada estudiante evaluado en términos de comunicación de ideas mediante la producción de un texto argumentativo basado en los conocimientos sobre un tema de dominio público, en el cual se tienen en cuenta 3 diferentes competencias: la primera es el planteamiento que se hace en el texto, en el que se tiene en cuenta la claridad, elaboración, entre otros; la segunda es la organización del texto, en donde se tiene en cuenta un esquema adecuado del texto, cohesión, coherencia y uso adecuado de signos de puntuación y, por último la forma de expresión, donde se evalúa el uso

de lenguaje apropiado de acuerdo con el tipo de lector al que va dirigido el texto, vocabulario correcto y elaboración en el lenguaje.

**Inglés:** se busca evaluar la comunicación efectiva en el idioma inglés en términos de lectura y uso de lenguaje, además de realizar una clasificación según el Marco Común Europeo de Referencia para idiomas (MCER) que va desde el nivel -A1 (manejo mínimo del idioma) a B2 (manejo mayor del idioma inglés en comparación con el nivel B1). Este módulo se divide en 7 fases que se basan en respuestas de solución múltiple de acuerdo con diferentes tipos de texto que tienen diferente nivel de dificultad.

Por otro lado, “el Icfes oferta 40 módulos de competencias específicas, pero es potestad de las instituciones de educación superior (IES) escoger si sus estudiantes presentan o no dichos módulos, y de ser el caso, seleccionar entre 1 y 3 módulos que presentarían los estudiantes de cada uno de sus programas profesionales, de acuerdo al área de formación” (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

Además, según el Icfes, “los módulos específicos están dirigidos únicamente a estudiantes que presentan por primera vez el examen y que son inscritos directamente por su IES” (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017). De acuerdo con esto, se muestran a continuación los módulos específicos evaluados en cada uno de los 5 programas que fueron seleccionados para nuestro estudio, Ver tabla 9 y la descripción de cada uno de ellos:

**Tabla 9 Programas y Módulos de evaluación**

<b>Tipo de programa</b>	<b>Modulo evaluado</b>
Diseño industrial y Diseño de medios interactivos	Generación de artefactos
Ingeniería de sistemas	Diseño de software
Ingeniería de sistemas e Ingeniería industrial	Formulación de proyectos de ingeniería
Ingeniería de sistemas e Ingeniería industrial	Pensamiento científico - matemáticas y estadística
Ingeniería industrial	Diseño de sistemas productivos y logísticos
Medicina	Promoción de la salud y prevención de la enfermedad
	Atención en salud
	Fundamentación en diagnósticos y tratamientos médicos

Fuente: Autores.

**Generación de artefactos:** este módulo tiene como enfoque evidenciar la capacidad que tienen los estudiantes crear productos que cuenten con valor cultural

y tengan la capacidad de reconocer como estos influyen en la realidad. Este módulo viene compuesto por 50 preguntas que se dividen en 4 afirmaciones: el primero es la indagación en el contexto para determinar la situación a intervenir, donde se busca identificar el entorno, establecer hipótesis y relacionar los enunciados; el segundo es concretar artefactos, donde se establecen relaciones entre la información y la situación actual, se convierten los requerimientos y se utilizan modos de representación; en la tercera se otorga sentido a los artefactos teniendo en cuenta las practicas socio culturales, por este motivo se identifican las practicas que podrían cambiar el sentido del artefacto y los comportamientos del usuario y, por ultimo comprende la lógica de producción del artefacto en relación con los medios y recursos disponibles, donde se hace una relación con los criterios que llevan a la materialización del producto (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

**Diseño de software:** este módulo se busca la identificación, análisis, creación y definición de arquitectura de software. El cual se divide en 3 afirmaciones: el primero a partir de una situación dada identificar y formular un diseño, donde se debe hacer una interpretación de información suministrada, plantear restricciones y requerimientos, además de formular las especificaciones técnicas para el diseño; la segunda es el análisis de las alternativas de solución y seleccionar la más adecuada teniendo en cuenta diferentes criterios, se debe reconocer las alternativas viables y hacer una comparación para luego hacer la selección de la más adecuada y, por ultimo aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera para detallar un producto tecnológico, realizando cálculos y procedimientos, planteando especificaciones, además de revisar, verificar y validar la solución (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

**Formulación de proyectos de ingeniería:** este módulo evalúa a capacidad de identificar, contextualizar y formular un proyecto El cual se divide en 3 afirmaciones: La primera es reconocer e identificar las condiciones del entorno relevantes para la formulación de un proyecto, en este punto se debe caracterizar el proyecto de acuerdo con su índole y reconocer su entorno, para luego aplicar metodologías de formulación de proyectos; la segunda es la formulación y evaluación del proyecto, en la que se debe hacer la formulación, análisis e interpretación de la viabilidad financiera y cuantificar elementos fundamentales del proyecto como lo es el alcance, el tiempo y el costo y, por último reconocer el papel ético y social como ingeniero de acuerdo a un contexto profesional, donde se deben identificar las responsabilidades y asumir una posición ética ante una situación que se presente en el desarrollo del proyecto (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

**Pensamiento científico - matemáticas y estadística:** este módulo evalúa la capacidad para comprender, analizar y afrontar situaciones de rigor científico. El cual se divide en 5 afirmaciones: la primera es adquirir e interpretar información de acuerdo a un problema, donde se evalúa la información, se integran las herramientas, se interpreta la información, se reconocen los procesos y se

representa la información de manera gráfica; la segunda es analizar de manera crítica los resultados para derivar conclusiones, en este caso se evalúa la metodología y que lleva a una conclusiones de la información dada; en el tercero se proponen modelos para explicar y predecir el sistema, se debe comprender el modelo dado, determinar las ventajas y limitaciones y proponer modelos de predicción; en la cuarta se establecen estrategia para resolver el problema, donde se proponen objetivos en base a la hipótesis, se reconocen las variables, se desarrolla una estrategia y se selecciona la más adecuada y, por ultimo plantear preguntas que se puedan abordar con rigor científico, se plantean preguntas adecuadas para estudiar eventos científicos y se proponen explicaciones (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

**Diseño de sistemas productivos y logísticos:** este módulo se enfoca en el diseño de sistemas productivos y logísticos, el cual se enfoca en la estructura y funciones de las cadenas de abastecimiento de bienes y servicios. El cual se divide en 3 afirmaciones: la primera es identificar y formular un problema de diseño, en el cual se debe comprender e interpretar el marco técnico, diferenciar y plantear restricciones, requerimientos y formular especificaciones técnicas; el segundo es analizar alternativas de solución y seleccionar la más adecuada de acuerdo al entorno, donde se debe reconocer alternativas viables de acuerdo a los requerimientos, comparar alternativas de solución y seleccionar la más adecuada y, por ultimo aplicar los conocimientos matemáticos para especificar detalladamente un producto tecnológico, donde se debe realizar cálculos, plantear especificaciones, revisar, verificar y validar una solución que cumpla con los requerimientos (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

**Promoción de la salud y prevención de la enfermedad:** este módulo realiza la evaluación de los conceptos básicos de promoción y prevención de enfermedades, además de la priorización de acciones a seguir dependiendo el tipo de población y las condiciones de salud de estas. En este módulo se evalúan 2 afirmaciones: el primero es la promoción de la salud, donde se debe seleccionar las acciones de promoción de acuerdo con las características de la población y también en situaciones concretas y, la segunda es la prevención de la enfermedad, en este caso se busca identificar factores de riesgo, plantear estrategias de prevención, identificación de procedimientos y clasificación de los desechos (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

**Atención en salud:** en este módulo se realiza la evaluación de la aplicación de los conceptos básicos de salud pública para determinar la priorización de las acciones a seguir de acuerdo con el contexto en el que se encuentre el individuo. Este módulo se compone de 4 afirmaciones: la primera es el análisis de los determinantes que influyen en el estado del individuo y las acciones a seguir, donde se busca reconocer las condiciones de salud del individuo y la selección de acciones para intervenir; la segunda es proponer acciones de diagnóstico, ejecución, evaluación y lineamientos de salud, se trata de identificar los componentes, procesos y participación de la

atención primaria e identificar acciones de diagnóstico de la situación de salud; la tercera es reconocer la política y normativa nacional e internacional y su aplicación en situaciones concretas y, por último la integración de sistematización de la información de salud y priorización de acciones, donde se busca una comprensión del proceso de sistematización y la comprensión de la información de salud para la toma de decisiones (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

**Fundamentación en diagnósticos y tratamientos médicos:** módulo busca evaluar la elaboración de diagnósticos y la proposición de un plan de manejo para la recuperación del individuo. Este módulo se compone de 2 afirmaciones: la primera es determinar la situación de salud de diferentes individuos a partir de casos clínicos de ocurrencia común, donde se debe elaborar una impresión diagnóstica a partir de los datos del paciente y reconocer las indicaciones e interpretación de diferentes complementos que ayudan al diagnóstico y, la segunda es proponer un plan de tratamiento para el paciente, en el que se debe plantear tratamientos farmacológicos según su estado de salud, además seleccionar la mejor conducta no farmacológica para el paciente (Ministerio de Educación Nacional and ICFES, 2017).

### 5.2.3.1 Consideraciones para las variables de salida

Como resultado de la recolección de información de las variables de salida, se logró evidenciar que en uno de los programas se realizaba la evaluación de un solo módulo específico, en comparación a los otros cuatro programas en donde se efectuaba la evaluación de 3 módulos específicos. Por este motivo, para realizar el modelamiento de los cinco programas, se decide realizar un promedio de los resultados de los módulos específicos con los que cada uno cuenta, para así lograr tener una única salida en proporciones adecuadas, la cual se presenta como “Resultados promedio de módulos específicos (RME)”. A continuación, se presenta un ejemplo de la parametrización de las variables de salida del programa de diseño de medios interactivos los cuales significan los resultados de las pruebas saber pro para este programa académico (Tabla 10):

Tabla 10 Parametrización de las variables de salida de Diseño de medios interactivos

PROGRAMA	(O)RME	(O)LC	(O)RC	(O)CPC	(O)COE	(O)MIN
DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS	176,0	187	174	163	159	202

Fuente: Autores.

### 5.2.4 Resumen variables consideradas en el estudio:

En cuanto a lo mencionado anteriormente, se presenta un resumen de las variables de entradas y salidas del sistema, ver Tabla 11:

Tabla 11 Variables de entradas y salidas

Variables de entrada	Variables de salida
<b>Profesores Hora catedra</b>	Resultados promedio de módulos específicos (RME)
Con pregrado (PHCP)	Resultados lectura crítica (LC)
Con especialización (PHCE)	Resultados razonamiento cuantitativo (RC)
Con maestría (PHCM)	Resultados competencias ciudadanas (CPC)
Con doctorado (PHCD)	Resultados comunicación escrita (COE)
<b>Profesores Hora Planta</b>	Resultados módulo de inglés (MIN)
Con pregrado (PPP)	
Con especialización (PPE)	
Con maestría (PPM)	
Con doctorado (PPD)	

Fuente: Autores.

### 5.3 Construcción de los modelos DEA de acuerdo con las diferentes combinaciones de entradas.

#### 5.3.1 La orientación y escala de rendimiento

Dado el interés del proyecto en cuanto a las posibles mejoras en las eficiencias de los programas académicos a evaluar, la orientación de los modelos se enfoca hacia las **salidas**, debido a que estos van a fijar como objetivo la cantidad de recursos que se consumen. Por lo tanto, la eficiencia técnica se obtendrá como el cociente entre la productividad de las DMU y la productividad de la DMU eficiente, la cual utiliza la misma cantidad de recursos y produce mayor cantidad de productos (Diego et al., 2014). Cabe aclarar que en el marco teórico se presentaron modelos orientados a entradas, pero la diferencia entre los modelos orientados a salidas y entradas es mínima, se cambia la dirección de la maximización a una minimización.

Por otro lado, la escala a comparar son los retornos de escala variable (VRS) y retornos constantes (CRS), en donde el CRS se centra en medir las eficiencias comparando la DMU de máxima eficiencia y en el VRS la eficiencia se obtiene a partir de la DMU con máxima eficiencia entre las DMU de igual tamaño.

#### 5.3.2 Construcción modelos a comparar de modelos DEA.

A continuación, se presentan las combinaciones de las entradas y salidas de los modelos CCR y BCC:

Se tuvo en cuenta los siguientes niveles de educación de los profesores:

$i = \{Maestria, Doctorado, Pregrado, Especialización\}$

1) El primer modelo considerado es:

$$\frac{Salidas}{Entradas} = \frac{Resultados Modulos Especificos + Resultados Modulos Comunes}{Prof. Nivel i Tipo Planta + Prof. Nivel i Tipo Catedra}$$

Con el cual se evaluó las incidencias de las variables de entrada en los resultados de las Pruebas Saber Pro de los programas evaluados, con el fin de encontrar posibles ineficiencias en relación con la totalidad de las pruebas.

2) El segundo modelo considerado es:

$$\frac{Salidas}{Entradas} = \frac{Resultados Modulos Comunes}{Prof. Nivel i Tipo Planta + Prof. Nivel i Tipo Catedra}$$

Con el cual se evaluaron las incidencias de las variables de entrada solo en los resultados de los módulos de evaluación comunes, con el fin de encontrar posibles ineficiencias en los programas en relación con estos módulos.

3) El tercer modelo considerado es:

$$\frac{Salidas}{Entradas} = \frac{Resultados Modulos Especificos}{Prof. Nivel i Tipo Planta + Prof. Nivel i Tipo Catedra}$$

Con el cual se evaluaron las incidencias de las variables de entrada solo en los resultados de los módulos de evaluación específicos, con el fin de encontrar posibles ineficiencias en relación con este módulo.

#### **5.4 Aplicación de análisis envolvente de datos a los programas seleccionados de la universidad Icesi:**

Los resultados de este trabajo de investigación hacen referencia a los puntajes de eficiencia de los cinco programas seleccionados de la universidad Icesi mediante los modelos CCR-O y BBC-O. Estos resultados se calcularon con el Software DEA-Solver Lv.8 y se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12 Resultados de las eficiencias de los modelos de evaluación.

No.	DMU	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
		Eficiencia CCR-O	Eficiencia BCC-O	Eficiencia CCR-O	Eficiencia BCC-O	Eficiencia CCR-O	Eficiencia BCC-O
1	DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS	1	1	1	1	1	1
2	DISEÑO INDUSTRIAL	1	1	1	1	1	1
3	INGENIERIA INDUSTRIAL	1	1	1	1	1	1
4	INGENIERIA SISTEMAS	1	1	1	1	1	1
5	MEDICINA	1	1	1	1	1	1

Fuente: Autores.

La tabla anterior muestra los resultados de las medidas de eficiencia aplicadas a cada uno de los modelos DEA planteados anteriormente, en donde se presenta eficiencia técnica de unidad. Además, como ejemplo de los pesos a partir del modelo CCR-O que arrojaron que en las DMU para las variables tanto de entrada como de salida hay mayoría de ceros, a continuación, en la tabla 13 y 14 se hace evidencia de esto.

Tabla 13 Pesos variables de salida

DMU	Pesos variables de salida					
	u( 1)*RME	u( 2)*LC	u( 3)*RC	u( 4)*CPC	u( 5)*COE	u( 6)*MIN
DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
DISEÑO INDUSTRIAL	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
INGENIERIA INDUSTRIAL	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
INGENIERIA SISTEMAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
MEDICINA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Fuente: Autores.

Tabla 14 Pesos variables de entrada.

DMU	Pesos variables de entrada							
	v( 1)*PHCM	v( 2)*PHCD	v( 3)*PHCE	v( 4)*PHCP	v( 5)*PPM	v( 6)*PPD	v( 7)*PPE	v( 8)*PPP
DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DISEÑO INDUSTRIAL	0,00	0,56	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
INGENIERIA INDUSTRIAL	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00
INGENIERIA SISTEMAS	0,00	0,75	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDICINA	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Autores.

Los pesos cero como se evidencia en las tablas anteriores son una fuente de problemas al estimar las tasas de eficiencia, además los pesos cero también significan que algunas de las entradas y / o salidas inicialmente consideradas para el análisis eventualmente se ignoran, lo que significa que la unidad bajo valoración

se evalúa con referencia a un punto que no está en la frontera eficiente de Pareto. La solución propuesta para estos problemas es hacer la incorporación de juicios de valor en el análisis mediante el uso de restricciones de peso en los modelos DEA que generalmente ayudan a mitigar los efectos de todos estos problemas, pero su uso requiere conocimiento previo u opinión de expertos. Algunos de ellos tratan con la tecnología, como es el caso de los enfoques que utilizan facetas eficientes dimensionales de la frontera y definen nuevos conjuntos de posibilidades de producción o proporcionan algunos límites de peso, pues estos a menudo son de ayuda con los pesos cero, sin embargo, las facetas eficientes dimensionales rara vez se encuentran en la práctica, además el uso de este tipo de criterios podría explorarse en el desarrollo posterior de la metodología DEA. Es por esto, que se sale del alcance de este proyecto hacer uso de estas nuevas herramientas.

Lo anterior, da como resultado que los insumos que provee la universidad como lo son los diferentes tipos de profesores que provee cada departamento a cada curso son adecuados y presentan una proporción adecuada de los perfiles docentes en relación con los Resultados del Saber Pro. Por otro lado, se desea conocer a través de lo encontrado el desempeño de cada uno de estos programas eficientes en comparación con los demás, este desempeño es medido mediante super eficiencias con modelos Super CRR-O de medidas radiales con retornos constantes de escala. No se hace uso de modelos Super BCC-O de medidas radiales con retornos variables de escala debido a restricciones de convexidad las cuales no permiten obtener una solución factible para cada unidad, esto último se encuentra más detallado por Jhoe Zhu (Lee et al., 2011) en sus estudios de no factibilidad de super eficiencia en modelos DEA.

**Tabla 15 Desempeño de los programas eficientes.**

Ranking	DMU	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
		Super CCR-O	Super CCR-O	Super CCR-O
1	MEDICINA	5140,69	5140,69	4914,00
2	DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS	342,49	342,49	333,33
3	INGENIERIA SISTEMAS	4,66	4,66	4,10
4	DISEÑO INDUSTRIAL	2,20	2,20	2,12
5	INGENIERIA INDUSTRIAL	1,31	1,31	1,17

Fuente: Autores.

En la Tabla 15 se muestra el ranking de los programas de la Universidad Icesi según los resultados del modelo de super eficiencia. Es notable que el programa de medicina obtuvo la mejor ponderación en cada uno de los modelos planteados, lo

que indica que tiene un mayor desempeño, seguido por el programa de Diseño medios interactivos. La interpretación de los valores no se toma como una nueva eficiencia sino como medidas de desempeño de la DMU frente a la otra sin tenerse en cuenta a ella misma por lo cual un valor de 5140,64 frente a 1,31 indica en cuantas veces es mejor esta DMU frente a la otra.

En el caso de super eficiencia se puede observar que los dos primeros DMU de la clasificación no presentan excesos en sus variables de entrada (Tabla 16), ni faltantes en sus variables de salida (Tabla 17), por lo tanto, alcanzan un nivel óptimo en comparación con los tres últimos DMU. Razón por la cual, se deberían realizar mejoras en la proporción de insumos utilizados por estas tres unidades estudiadas que presentan bajos rendimientos (Tablas 16 y 17).

**Tabla 16 Excedentes de las variables de entrada**

DMU	Exceso PHCM	Exceso PHCD	Exceso PHCE	Exceso PHCP	Exceso PPM	Exceso PPD	Exceso PPE	Exceso PPP
DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS	0,0043	0,0000	0,0904	0,3631	0,0054	0,0450	0,0001	0,0001
DISEÑO INDUSTRIAL	0,3698	0,0140	0,1441	0,0000	0,3077	0,2204	0,0000	0,0000
INGENIERIA INDUSTRIAL	0,1483	0,0262	0,0000	0,0056	0,1385	0,0000	0,0208	0,0208
INGENIERIA SISTEMAS	0,4348	0,0652	0,0000	0,2609	0,3241	0,4368	0,0001	0,0001
MEDICINA	0,0034	0,0923	0,0001	0,0024	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001

Fuente: Autores.

**Tabla 17 Faltantes de las variables de salida.**

DMU	Faltante RME	Faltante LC	Faltante RC	Faltante CPC	Faltante COE	Faltante MIN
DISEÑO MEDIOS INTERACTIVOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
DISEÑO INDUSTRIAL	2,2	0,0	0,7	1,6	0,0	2,0
INGENIERIA INDUSTRIAL	15,1	17,1	0,0	3,1	7,2	19,3
INGENIERIA SISTEMAS	5,0	8,6	2,7	3,3	0,0	7,1
MEDICINA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Autores.

La información expuesta previamente en la Tabla 16 nos muestra el exceso que presentan las proporciones de variables de entrada de los modelos y la cantidad en la que las mismas permiten ser disminuidas para mejorar el desempeño respecto a los dos DMU de mayor desempeño. Cabe recalcar, que la variable que contiene mayor exceso en los tres programas poco eficientes son la proporción de profesores hora cátedra con maestría, lo cual matemáticamente indica que disminuyendo esa proporción se lograría mejorar el desempeño de estas DMU. Además, es preciso señalar que la proporción que se puede disminuir en el modelo no se puede realizar en totalidad debido a factores como el volumen de demanda y la oferta de este tipo

de profesor, los cuales son requeridos por la universidad para garantizar un proceso de E-A con adecuada calidad.

En la Tabla 17, se encuentra el aumento que deberían tener los DMU de más bajo rendimiento con respecto a los resultados de las Pruebas saber pro para mejorar el desempeño de las unidades frente a los programas de mayor rendimiento. Además, basados en estos resultados el programa que presenta mayores faltantes en el ámbito de resultados es el programa de ingeniería industrial, con lo cual puede encontrarse mejoras de estos puntajes en comparación a todos los programas evaluados en este proyecto de al menos 15 puntos en las variables de salida RME, LC, MIN y menos de 4 puntos en RC, CPC, COE.

Respecto a todo lo anterior, se encontró que los programas de ingeniería industrial y diseño industrial ocuparon los últimos puestos de la evaluación del desempeño. Razón de lo cual, resulta necesario establecer mejoras en cuanto a la proporción de futuros profesores. En estos programas la calidad de E-A de los docentes no está siendo la más adecuada para alcanzar unos altos estándares en los resultados del Saber Pro en comparación con los otros tres programas evaluados. Por lo cual se plantea como hipótesis la necesidad de que se trabaje más en cuanto a la parte de la selección de los profesores, con el objetivo de mejorar la calidad de los egresados.

## 6 Conclusiones

Con este trabajo se evaluó la eficiencia de cinco programas seleccionados de la universidad Icesi utilizando la técnica no paramétrica de Análisis Envolvente de Datos (DEA). Para esto se analizó la eficiencia de los programas con variables de entrada como lo es la combinación de perfil de contratos con nivel de estudios de los profesores pertenecientes a los cursos de las líneas de formación de experticia disciplinar y la línea de formación para el trabajo. Además, se estudió como se ven reflejadas estas variables en los resultados de la Prueba Saber Pro, tomando como grupo de referencia tanto los módulos específicos como los genéricos. La selección de las variables antes mencionadas se realizó teniendo en cuenta antecedentes de esta investigación y el interés de conocer como los insumos que provee los departamentos a los programas son eficientes frente a la calidad de los aspirantes a egresar.

Si bien, el Análisis Envolvente de Datos provee una metodología elemental para realizar la evaluación de la eficiencia. Por su parte, la construcción de diferentes modelos que relacionaron diferentes de cantidades de variables de salida permitieron conocer la eficiencia de las proporciones que tienen los profesores de los programas frente a los resultados de la Prueba Saber Pro. La aplicación de los modelos DEA-CCR y DEA-BCC fue orientada a las variables de salida con el fin de encontrar posibles mejoras en las entradas, dando como resultado que los cinco programas evaluados en el proyecto eran eficientes técnicamente frente a los resultados del Saber Pro, lo cual indico que la causalidad de las entradas es adecuada frente a estos.

Debido a lo anterior, los modelos analizaron la eficiencia técnica encontrando eficiencia en todos, motivo por el cual llevó a evaluar el desempeño de las unidades eficientes entre ellas a través de super eficiencia haciendo uso de una extensión de los modelos anteriormente mencionados. Los modelos de super eficiencia CCR-O no solo sirvieron para ordenar las DMU eficientes de la más eficiente a la menos eficiente, sino que adicional a ello permitió identificar aquellas consideradas como atípicas, es decir, que tienen un comportamiento acentuadamente distinto en comparación con los otros y señalando que son mejores que las demás. En donde se obtuvo, que los programas de Medicina y Diseño de medios interactivos sobresalen frente a los demás programas, además se encontró que en los programas de ingeniería industrial y diseño industrial tienen el menor desempeño lo cual da indicios de no muy buena calidad en la E-A de los profesores que hacen parte de los cursos de estos programas, dejando como hipótesis la necesidad de que se trabaje más en cuanto a la parte de la selección de los profesores, con el objetivo de mejorar la calidad de los egresados.

Este proyecto de investigación provee a la educación de Colombia una metodología que permite examinar de manera profunda las características de eficiencia de acuerdo con el impacto de los recursos profesoriales empleados por las unidades

académicas de la universidad para estructurar la calidad de sus procesos de E-A medida en los resultados de la prueba Saber Pro de sus egresados.

## 7 Recomendaciones

### **Recomendaciones de la metodología del proyecto:**

1) Los resultados encontrados en el proyecto deben ser evaluados con cautela, es necesario, recalcar las limitaciones del estudio en cuanto al acceso a los datos de entradas, salidas e inconvenientes presentados a nivel mundial, las cuales no permitieron obtener una recolección mucho más detallada que permitiera ampliar el conjunto de variables tanto de entrada como de salida.

2) Para futuras implementaciones se puede hacer uso de técnicas más avanzadas como lo son la incorporación de juicios de valor en el análisis mediante el uso de restricciones de peso en los modelos DEA que generalmente ayudan a mitigar los efectos de encontrar una eficiencia técnica en todas las unidades eficientes, esto se puede lograr teniendo conocimiento previo u opinión experta que permitan hacer enfoques de facetas eficientes dimensionales y los conjuntos de posibilidades de producción.

### **Recomendaciones para la universidad Icesi:**

Con lo encontrado en el análisis de la eficiencia y el desempeño de clasificación de las unidades, queda de propuesta con el fin de mejorar el desempeño por parte del programa de ingeniería industrial de realizar una mejor evaluación de los profesores que ingresen a dictar cursos de la malla curricular de las dos líneas de formación para lograr una mejora en el desempeño frente a los otros cuatro programas evaluados en el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andersen, P. and Petersen, N.C. (1993), "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol. 39 No. 10, pp. 1261–1264.
- Araujo, O. (2016), "Proyecto Educativo Institucional.", *Entorno Geográfico*, No. 2, available at:<https://doi.org/10.25100/eg.v0i2.3569>.
- Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis.", *Management Science*, Vol. 30 No. 9, pp. 1078–1092.
- Cáceres V., H., Kristjanpoller R., W. and Tabilo A., J. (2014), "Analysis of technical efficiency and its relation with performance evaluation results in a Chilean university | Analyse de l'eff iciency technique et sa relation avec les résultats de l'év aluation de comportement dans une université Chilienne | Análisis", *Innovar*, Vol. 24 No. 54, pp. 199–217.
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978), "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2 No. 6, pp. 429–444.
- Chen, Y. (2005), "Measuring super-efficiency in DEA in the presence of infeasibility", *European Journal of Operational Research*, Vol. 161 No. 2, pp. 545–551.
- Coelli, T.J., Prasada Rao, D.S., O'Donnell, C.J. and Battese, G.E. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, available at:<https://doi.org/10.1007/b136381>.
- Coll Serrano, V. and Blasco Blasco, O. (2006), "Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envoltante de Datos", *Management Science Naval Res. Logist. European J. Oper. Res*, Vol. 1 No. 2, pp. 1–197.
- Del, S., Saber, E., Pro, S., Entre, C.D.E.R., Gen, C., Espec, C. and Aplicaci, C.P.O.R. (n.d.). "Documentación del examen Saber PRO", pp. 1–25.

- Diego, J., Tutor, M. and Segura, L. (2014), “Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Aeronáutica Ordenación de unidades eficientes usando múltiples modelos DEA y TOPSIS .”
- EAFIT, U. (2019), “Notas importantes sobre las pruebas Saber Pro”, available at: <http://www.eafit.edu.co/admisiones/tramites-y-servicios/Paginas/notas-importantes-saberpro.aspx#targetText=Es el examen de Estado,obligatorio para graduarse de pregrado.>
- Emrouznejad, A. and De Witte, K. (2010), “COOPER-framework: A unified process for non-parametric projects”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 207 No. 3, pp. 1573–1586.
- Farrell, M.J. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 120 No. 3, pp. 253–290.
- Gutiérrez, H. and De la Vara salazar, R. (2013), *Control Estadístico de La Calidad y Seis Sigma: Humberto Gutiérrez Pulido y Román de La Vara Salazar*, edited by McGraw-Hill, 3a. Ed., México D.F.
- ICFES. (2009), “Objetivos del SABER PRO”.
- ICFES, I.C. para la E. de la E. (2019), “Guía de orientación Saber Pro”, p. 46.
- Lee, H.S., Chu, C.W. and Zhu, J. (2011), “Super-efficiency DEA in the presence of infeasibility”, *European Journal of Operational Research*, Elsevier B.V., Vol. 212 No. 1, pp. 141–147.
- Martin, R. (2006), “LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA. UNA APLICACIÓN DEL DEA A LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA”, pp. 217–228.
- Maza Ávila, F.J., Vergara Schmalbach, J.C. and Román Romero, R. (2017), “Efficiency and productivity in access to colombian public universities”, *Investigación & Desarrollo*, Vol. 25 No. 2, pp. 6–33.
- Ministerio de Educación Nacional. (2009), “¿Qué es la educación superior?”, available at: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-196477.html>.

Ministerio de Educación Nacional and ICFES. (2017), "Saber Pro Competencias Específicas. Modo de Evaluar 2017", p. 23.

Ministerio de Educación Nacional, Velez, C. and C. (2009), "Decreto No. 3963 del 14 de octubre de 2009", *Decreto No. 3963 Del 14 de Octubre de 2009*, p. 4.

Morales, J., Conejo, A., Madsen, H., Pinson, P. and Zugno, M. (2011), *Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations, Media*, available at:<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8>.

## ANEXOS

### Anexo 1 Grupos de referencia y módulos de competencias específicas de Saber PRO

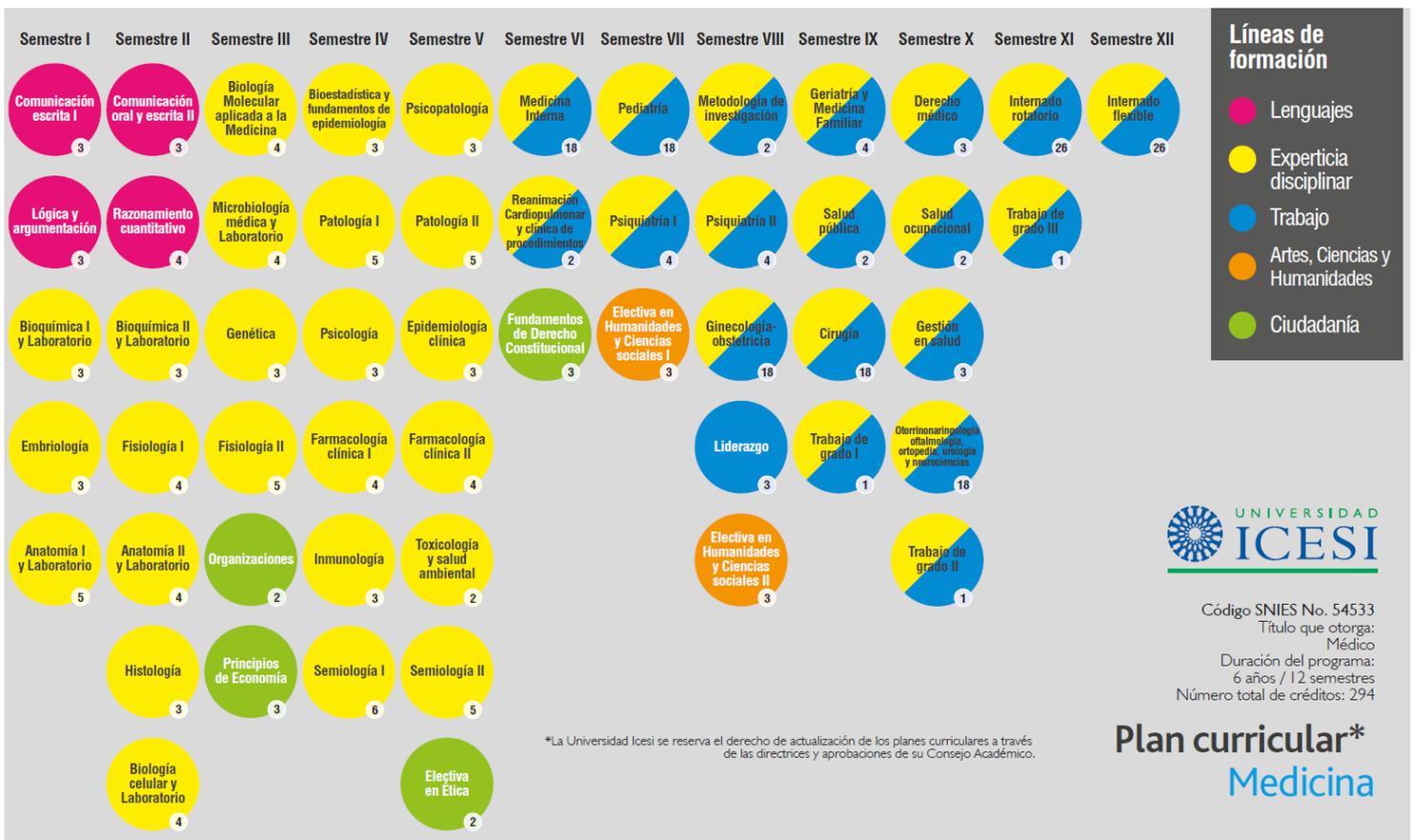
Grupo de referencia	Módulos de competencias específicas
Administración y afines	Gestión de organizaciones
	Formulación, evaluación y gestión de proyectos
	Gestión financiera
	Formulación, evaluación y gestión de proyectos
	Gestión financiera
Arquitectura y urbanismo	Estudio proyectual
	Proyecto de Arquitectura
Bellas artes y diseño	Competencias genéricas
	Generación de artefactos
Ciencias agropecuarias	Producción agrícola
	Producción pecuaria
	Salud y bienestar animal
	Salud y bienestar animal
	Producción pecuaria
Ciencias militares y navales	Competencias genéricas
Ciencias naturales y exactas	Pensamiento científico ciencias biológicas
	Pensamiento científico química
	Pensamiento científico ciencias físicas
	Pensamiento científico matemáticas y estadística
	Pensamiento científico ciencias de la tierra
Ciencias sociales	Competencias genéricas
	Investigación en ciencias sociales
	Intervención en procesos sociales
	Formulación, evaluación y gestión de proyectos
Comunicación, periodismo y publicidad	Procesos comunicativos
	Procesos comunicativos
	Formulación, evaluación y gestión de proyectos
	Investigación en ciencias sociales
Contaduría y afines	Información y control contable
	Gestión financiera
	Información y control contable
	Formulación, evaluación y gestión de proyectos

	Gestión financiera
Derecho	Comunicación jurídica
	Gestión del conflicto
	Investigación jurídica
Economía	Análisis económico
	Gestión financiera
	Formulación, evaluación y gestión de proyectos
Educación	Enseñar
	Evaluar
	Formar
Enfermería	Atención en salud
	Cuidado de enfermería en los ámbitos clínico y comunitario
	Promoción de la salud y prevención de la enfermedad
Humanidades	Competencias genéricas
	Investigación en ciencias sociales
	Formulación de proyectos de ingeniería
Ingenierías	Diseño de sistemas mecánicos
	Diseño de sistemas de control
	Diseño de procesos industriales
	Pensamiento científico química
	Pensamiento científico ciencias biológicas
	Pensamiento científico química
	Pensamiento científico ciencias físicas
	Pensamiento científico matemáticas y estadística
	Pensamiento científico ciencias de la tierra
	Diseño de software
	Diseño de procesos productivos y logísticos
	Diseño de obras de infraestructura
	Producción agrícola
	Diseño de sistemas, procesos y productos agroindustriales
	Diseño de sistemas de manejo del impacto ambiental
Medicina	Atención en salud
	Fundamentación en diagnóstico y tratamiento médicos
	Promoción de la salud y prevención de la enfermedad
Normales superiores	Enseñar
	Evaluar

	Formar
Psicología	Análisis de problemáticas psicológicas
	Investigación en ciencias sociales
	Análisis de problemáticas psicológicas
	Intervención en procesos sociales
Recreación y deportes	Competencias genéricas
Salud	Atención en salud
	Promoción de la salud y prevención de la enfermedad
	Diagnóstico y tratamiento en salud oral

Fuente: Documentación del examen Saber PRO (Del et al., n.d.).

### Anexo 2 Malla curricular programa de medicina



Código SNIES No. 54533  
 Título que otorga:  
 Médico  
 Duración del programa:  
 6 años / 12 semestres  
 Número total de créditos: 294

Plan curricular\*  
 Medicina

Fuente: Departamento de medicina, Universidad Icesi.

**Anexo 3 Formato de caracterización de entradas programa de medicina**

	Materias	Profesores Medicina									
		Catedra					Planta				
		Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado	Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado
Profesores 2014-1	CBM - 25000 Anatomía I y Laboratorio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CBM - 25001 Embriología	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
	CQU - 26092 Bioquímica I y Laboratorio	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2014-2	CBI - 21006 Biología celular y Laboratorio	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	CBM - 25002 Anatomía II y Laboratorio	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	CBM - 25003 Histología	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	CBM - 25004 Fisiología I	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	CQU - 26094 Bioquímica II y Laboratorio	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2015-1	CBI - 21147 Biología molecular aplicada a la Medicina	1	1	0	0	0	2	0	2	0	0
	CBM - 25005 Genética	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	CBM - 25006 Fisiología II	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	CBM - 25039 Microbiología médica y Laboratorio	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Profesores 2015-2	CBM - 25009 Patología I	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	CBM - 25019 Inmunología	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0
	CBM - 25035 Farmacología clínica I	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
	CCM - 28000 Semiología I	8	0	0	1	7	0	0	0	0	0
	MAT - 08299 Bioestadística y fundamentos de epidemiología	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2016-1	CBM - 25012 Psicopatología	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	CBM - 25013 Patología II	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	CBM - 25036 Farmacología clínica II	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
	CBM - 25038 Toxicología y salud ambiental	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	CCM - 28001 Semiología II	8	0	0	5	3	0	0	0	0	0
Profesores 2016-2	CCM - 28009 Medicina interna	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Profesores 2017-1	CCM - 28002 Psiquiatría I	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	CCM - 28010 Pediatría	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Profesores 2017-2	CCM - 28004 Psiquiatría II	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	CCM - 28011 Ginecología-obstetricia	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	GES - 01303 Liderazgo	7	5	0	2	0	2	0	2	0	0
	SPM - 30004 Metodología de investigación	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2018-1	CCM - 28005 Geriatria y Medicina familiar	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	CCM - 28012 Cirugía	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Profesores 2018-2	CCM - 28003 Derecho médico	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	CCM - 28013 Otorrinolaringología; oftalmología; ortopedia; urología y neurociencias	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	SPM - 30002 Salud ocupacional	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	SPM - 30006 Trabajo de grado II	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autores.

Anexo 4 Formato de caracterización de entradas programa de ingeniería en sistemas

		Profesores Ing. Sistemas									
		Catedra					Planta				
		Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado	Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado
	Materias										
Profesores 2015-1	TIC - 09702 Introducción a la Ingeniería y TIC	2	0	0	0	2	0	0	0	0	
Profesores 2015-2	MAT - 08091 Álgebra lineal	3	1	0	0	2	3	1	2	0	
	TIC - 09703 Algoritmos y programación I	2	1	0	0	1	0	0	0	0	
	MER - 03097 Fundamentos de Mercadeo	4	4	0	0	0	1	0	1	0	
Profesores 2016-1	TIC - 09704 Algoritmos y programación II	2	1	0	0	1	0	0	0	0	
	MAT - 08274 Cálculo una variable	7	7	0	0	0	1	0	1	0	
Profesores 2016-2	CFT - 11238 Física y Laboratorio	5	0	2	0	3	0	0	0	0	
	FIN - 04170 Contabilidad y costos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	MAT - 08275 Cálculo varias variables	3	2	0	0	1	3	3	0	0	
	TIC - 09441 Ingeniería de procesos	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
	TIC - 09687 Algoritmos y Estructuras de datos	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
Profesores 2017-1	CFT - 11239 Electricidad-magnetismo y Laboratorio	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
	FIN - 04121 Ingeniería económica	1	1	0	0	0	1	1	0	0	
	MAT - 08171 Inferencia estadística	8	4	0	1	3	0	0	0	0	
	MAT - 08276 Matemática discreta	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
	TIC - 09706 Modelado de sistemas de información	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
	TIC - 09707 Proyecto integrador I	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
Profesores 2017-2	CFT - 11121 Lógica digital y Laboratorio	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	MAT - 08289 Informática teórica	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	TIC - 09551 Bases de datos	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	TIC - 09705 Ingeniería de software	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	TIC - 09711 Redes-comunicaciones y Laboratorio	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Profesores 2018-1	CFT - 11313 Arquitectura de computadores y Laboratorio	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
	IND - 05214 Producción y cadenas de abastecimiento	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
	TIC - 09331 Gerencia de proyectos de T.I.	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	TIC - 09481 Inteligencia artificial	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	TIC - 09710 Arquitectura de software	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	TIC - 09739 Computación en Internet	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
Profesores 2018-2	TIC - 09627 Sistemas operacionales	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
	TIC - 09635 Proyecto de grado I - SIS	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	TIC - 09713 Proyecto integrador II	0	0	0	0	0	1	0	1	0	

Fuente: Autores.

**Anexo 5 Formato de caracterización de entradas programa de ingeniería industrial**

	Materias	Profesores Ing. Industrial									
		Catedra				Planta					
		Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado	Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado
Profesores 2015-1	IND - 05250 Introducción a la Ingeniería industrial	2	1	0	0	1	5	3	1	0	1
Profesores 2015-2	IND - 05180 Procesos y procedimientos	6	4	0	0	2	2	2	0	0	0
	MAT - 08091 Álgebra lineal	3	1	0	0	2	3	1	2	0	0
	MAT - 08274 Cálculo una variable	7	6	0	1	0	3	3	0	0	0
	TIC - 09748 Pensamiento algorítmico	4	1	0	0	3	1	1	0	0	0
Profesores 2016-1	CFT - 11238 Física y Laboratorio	6	0	3	0	3	0	0	0	0	0
	IND - 05226 Pensamiento sistémico	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
	MAT - 08275 Cálculo varias variables	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0
Profesores 2016-2	CFT - 11239 Electricidad-magnetismo y Laboratorio	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	CQU - 26066 Química	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	CQU - 26067 Laboratorio de Química	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	GES - 01303 Liderazgo	9	6	0	3	0	6	0	6	0	0
	IND - 05173 Investigación de operaciones	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
	MAT - 08171 Inferencia estadística	8	7	0	0	1	1	0	0	1	0
Profesores 2017-1	MAT - 08278 Ecuaciones diferenciales	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
	CFT - 11234 Materiales en Ingeniería	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	CFT - 11237 Termodinámica	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	FIN - 04168 Contabilidad financiera	5	5	0	0	0	3	0	3	0	0
	IND - 05191 Procesos estocásticos	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0
Profesores 2017-2	MER - 03097 Fundamentos de Mercadeo	2	2	0	0	0	2	0	2	0	0
	CFT - 11236 Electrotecnia	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12021 Diseño asistido por computador	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	FIN - 04169 Sistemas y análisis de costos	4	4	0	0	0	1	0	1	0	0
	IND - 05162 Planeación y control de las operaciones	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Profesores 2018-1	IND - 05294 Simulación discreta	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	FIN - 04121 Ingeniería económica	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	IND - 05164 Procesos de manufactura	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	IND - 05167 Calidad en las operaciones	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2018-2	IND - 05225 Gerencia de proyectos en Ingeniería	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	IND - 05257 Cadenas de abastecimiento	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	IND - 05166 Distribución de planta e instalaciones	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Profesores 2018-2	IND - 05174 Proyecto de grado I	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
	IND - 05231 Lean Manufacturing	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autores.

**Anexo 6 Formato de caracterización de entradas programa de diseño de medios interactivos**

	Materias	Profesores Dis. de medios									
		Catedra				Planta					
		Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado	Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado
Profesores 2015-1	DIS - 12044 Diseño bidimensional	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	DIS - 12155 Introducción al Diseño	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
Profesores 2015-2	DIS - 12045 Diseño tridimensional	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12047 Teoría del color	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	DIS - 12114 Expresión gráfica	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	MAT - 08287 Matemáticas para el diseño	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Profesores 2016-1	DIS - 12049 Diseño de sonido	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	DIS - 12050 Diagramación y Tipografía	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12135 Diseño y sociedad	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	TIC - 09686 Estadística y Probabilidad Básicos	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Profesores 2016-2	DIS - 12048 Diseño 4D	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	DIS - 12051 Historia del Diseño y la comunicación visual	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12157 Proyecto Integrador I	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	TIC - 09651 Diseñando con Algoritmos	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Profesores 2017-1	DIS - 12052 Arquitectura de la información	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	GES - 01338 Competencias administrativas básicas	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	TIC - 09749 Ecosistemas de aplicaciones	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Profesores 2017-2	DIS - 12055 Arte y tecnología	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12056 Interacción Hombre-Computador	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12158 Investigación en Diseño	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TIC - 09652 Programación Web	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Profesores 2018-1	DIS - 12159 Interacción sociotecnológica	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	DIS - 12160 Proyecto Integrador II	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	GES - 01303 Liderazgo	6	4	0	2	0	2	0	2	0	0
Profesores 2018-2	DIS - 12062 Proyecto de grado I - DMI	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	GES - 01349 Gestión de proyectos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autores.

**Anexo 7 Formato de caracterización de entradas programa de diseño industrial**

	Materias	Catedra				Planta					
		Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado	Cantidad #	Maestría	PHD	Especialización	Pregrado
Profesores 2015-1	DIS - 12006 Historia del Diseño industrial	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12124 Taller básico I	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	DIS - 12125 Bocetación I	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	DIS - 12126 Diseño básico	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Profesores 2015-2	DIS - 12022 Geometría descriptiva	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	DIS - 12127 Taller básico II	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	DIS - 12128 Modelos	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12129 Metodología de Diseño e Investigación	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2016-1	DIS - 12130 Taller básico III	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12131 Bocetación II	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12132 Prototipos	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12133 Ergonomía y Antropometría	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Profesores 2016-2	MAT - 08287 Matemáticas para el diseño	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	CFT - 11320 Física - DIS	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12134 Proyectos I	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	DIS - 12135 Diseño y sociedad	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2017-1	DIS - 12136 Proyectos II	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	DIS - 12137 Bocetación III	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12138 Mecanismos y ensambles	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12139 Diseño CAD - CAM	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Profesores 2017-2	DIS - 12140 Diseño y medio ambiente	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	DIS - 12141 Proyectos III	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	IND - 05274 Procesos de manufactura I	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	MER - 03098 Comportamiento del consumidor	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Profesores 2018-1	DIS - 12142 Proyectos IV	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	FIN - 04228 Gestión financiera	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	GES - 01303 Liderazgo	5	4	0	1	0	2	0	2	0	0
	IND - 05275 Procesos de manufactura II	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Profesores 2018-2	MER - 03186 Mercadeo	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	DIS - 12018 Proyecto de grado I	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0
	GES - 01349 Gestión de proyectos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autores.

Anexo 8 Formato de caracterización de salidas programa de medicina

<b>Módulos Genéricos Saber pro</b>	<b>RESULTADOS</b>
Lectura crítica	190
Razonamiento Cuantitativo	187
Competencias Ciudadanas	184
Comunicación Escrita	174
Módulos de Inglés	200
<b>Módulos específicos Saber pro</b>	
Promoción de la salud y prevención de la enfermedad	193
Atención en salud	189
Fundamentación en diagnósticos y tratamientos médicos	178

Fuente: Autores.

Anexo 9 Formato de caracterización de salidas programa de ingeniería en sistemas

<b>Módulos Genéricos Saber pro</b>	<b>RESULTADOS</b>
Lectura crítica	168
Razonamiento Cuantitativo	181
Competencias Ciudadanas	166
Comunicación Escrita	177
Módulos de inglés	192
<b>Módulos específicos Saber pro</b>	
Diseño de software	193
Formulación de proyectos de ingeniería	167
Pensamiento científico - matemáticas y estadística	158

Fuente: Autores.

**Anexo 10 Formato de caracterización de salidas programa de ingeniería industrial**

<b>Módulos Genéricos Saber pro</b>	<b>RESULTADOS</b>
Lectura critica	<b>176</b>
Razonamiento Cuantitativo	191
Competencias Ciudadanas	173
Comunicación Escrita	169
Módulos de inglés	190
<b>Módulos específicos Saber pro</b>	
Diseño de sistemas productivos y logísticos	174
Formulación de proyectos de ingeniería	174
Pensamiento científico - matemáticas y estadística	159

Fuente: Autores.

**Anexo 11 Formato de caracterización de salidas programa de diseño de medios interactivos**

<b>Módulos Genéricos Saber pro</b>	<b>RESULTADOS</b>
Lectura critica	187
Razonamiento Cuantitativo	174
Competencias Ciudadanas	163
Comunicación Escrita	159
Módulos de Inglés	202
<b>Módulos específicos Saber pro</b>	
Generación de artefactos	176

Fuente: Autores.

**Anexo 12 Formato de caracterización de salidas programa de diseño industrial**

<b>Módulos Genéricos Saber pro</b>	<b>RESULTADOS</b>
Lectura critica	182
Razonamiento Cuantitativo	184
Competencias Ciudadanas	168
Comunicación Escrita	177
Módulos de Inglés	199
<b>Módulos específicos Saber pro</b>	
Generación de artefactos	176

Fuente: Autores.