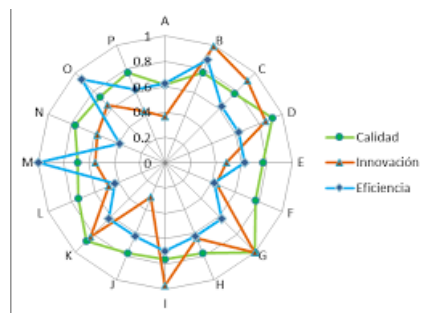


Análisis de eficiencia de la innovación de los subsectores de la industria manufacturera Colombiana por medio del Análisis Envolvente de Datos (DEA).

Luis Fernando Noguera Botero



Profesor:
Daniel Enrique González Gómez



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias
Programa de Matemáticas Aplicadas

2022 - 1

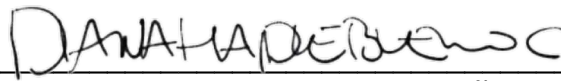
Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado
en cumplimiento de los requisitos exigidos por la
Pontificia Universidad Javeriana para optar el
título de Profesional en Matemáticas Aplicadas.



Hernán Camilo Rocha Niño

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias



Diana Haidive Bueno Carreño

Directora Carrera de Matemáticas Aplicadas



Daniel Enrique González Gómez

Director(a) Trabajo



David Arango Londoño

Jurado 1



Abel Álvarez Bustos

Jurado 2

**Facultad de Ingeniería y Ciencias
Secretaría de la Facultad**

**Acta de Correcciones al Proyecto de Grado
Matemáticas Aplicadas**

Fecha: 28 – abril - 2022

Autores: Luis Fernando Noguera Botero

Nombre del Proyecto de Grado: Análisis de eficiencia de la innovación de los subsectores de la industria manufacturera Colombiana por medio del Análisis Envolverte de Datos (DEA).

Director:

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.



Firma de Director(a) del Proyecto de Grado

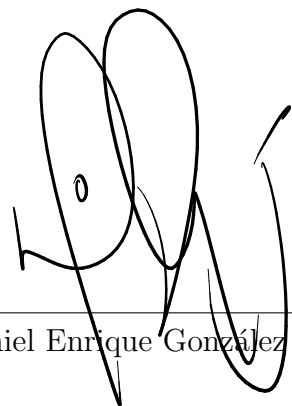
Santiago de Cali, 29 de abril de 2022.

Señores,
Pontificia Universidad Javeriana Cali
Dra. Diana Haidive Bueno Carreño
Directora de Carrera de Matemáticas Aplicadas
Cali.

Cordial Saludo,

Por medio de la presente me permito informar que el estudiante de Matemáticas Aplicadas Luis Fernando Noguera Botero identificado con cédula 1193065991 y código 8939743 trabaja bajo mi dirección en el proyecto de grado titulado “Análisis de eficiencia de la innovación de los subsectores de la industria manufacturera Colombiana por medio del Análisis Envolvente de Datos (DEA).”

Atentamente,



Daniel Enrique González Gómez

Santiago de Cali, 29 de abril de 2022.

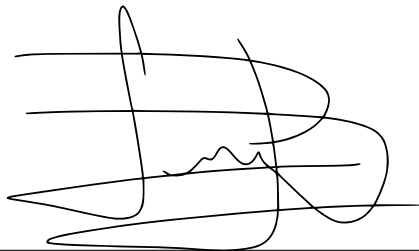
Señores,
Pontificia Universidad Javeriana Cali.
Dra. Diana Haidive Bueno Carreño
Directora de Carrera de Matemáticas Aplicadas
Cali.

Cordial Saludo.

Me permito presentar a su consideración el proyecto de grado titulado “Análisis de eficiencia de la innovación de los subsectores de la industria manufacturera Colombiana por medio del Análisis Envolvente de Datos (DEA).” con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad y optar al título Profesional en Matemáticas Aplicadas.

Al firmar aquí, doy fe que entiendo y conozco las directrices para la presentación de trabajos de grado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias aprobadas el 26 de Noviembre de 2009, donde se establecen los plazos y normas para el desarrollo del anteproyecto y del trabajo de grado.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and horizontal strokes, positioned above a solid horizontal line.

Luis Fernando Noguera Botero
Código: 8939743

Índice general

0.1. Resumen	7
0.2. Abstract	8
0.3. Introducción	9
0.4. Objetivos	10
0.5. Pregunta de Investigación	10
0.6. Antecedentes	11
0.6.1. Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) . . .	11
0.6.2. Innovación	11
0.7. Marco Teórico	12
0.7.1. Análisis Envolvente de Datos (DEA)	12
0.7.2. DEA para la Medición de la Eficiencia	13
0.7.3. Análisis Envolvente de Datos	15
0.8. Metodología	21
0.8.1. Elección de Variables, Procesamiento de Datos de la EDIT y Agrupación	22
0.8.2. R-Studio y DeaR	26
0.9. Análisis de Resultados	28
0.9.1. Resultados	28
0.10. Conclusiones	34
0.11. Anexos	38

Índice de figuras

1.	Esquema eficiencia por DMU	14
2.	Diagrama de los tipos de eficiencia	14
3.	Esquema de eficiencia de la j-ésima DMU	15
4.	Medida de eficiencia en el modelo CCR	20
5.	Medida de eficiencia en el modelo BCC	21
6.	Estructura EDIT (tomado de encuesta EDIT)	23
7.	Variables Input y Output de el j-ésimo grupo	23
8.	Estructura del CIIU4 (Tomado de CIIU4 [1])	25
9.	Porcentaje de eficientes-ineficientes.	28
10.	Inversión y Recurso Humano usado en I+D	31
11.	Ventas Nacionales y Exportaciones de los grupos eficientes e ineficientes	32
12.	Financiación Publica, Ventas Nacionales y Exportaciones con tabla que indica grupos eficientes e ineficientes	33

Índice de cuadros

1.	Read Data parámetros	26
2.	Model Basic()	27
3.	Resultados del DEA junto a la categorización realizada por MinComercio [2]	29
4.	Tabla de los Slacks del Input	30
5.	Tabla de los Slacks del Output	31
6.	tabla de Eficiencia con Nombres Completos	44

0.1. Resumen

El presente proyecto es de naturaleza teórico práctico, el cual tiene como objetivo la identificación de las variables más relevantes de la EDIT (Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica) para medir la innovación y aplicar la metodología DEA (Data Envelopment Analysis) la cual permite evaluar la eficiencia con la que innovan los subsectores de la industria manufacturera Colombiana (agrupación de la encuesta en grupos según el CIIU4) esto en el periodo 2017-2018. A partir de esta metodología, se realiza un análisis complementario a todos los análisis y resultados obtenidos por el DANE en los informes que acompañan la encuesta EDIT 2017-2018. Este trabajo brinda los siguientes resultado, primero posibilita la evaluación comparativa entre grupos, donde se identifican aquellos eficientes e ineficientes, y finalmente brindar información desagregada de cuales son los puntos donde los grupos tienen oportunidad para mejorar el indicador de eficiencia.

Por último, se concluye que el 54.5 % (12) de los grupos son ineficientes mientras que el 45.5 % (10) son eficientes a la hora de innovar. También se logró identificar el porque estas empresas son ineficientes y ver que en la mayoría de estas la oportunidad de mejora estaba relacionada con la reducción de la inversión financiera, o también, el aumento de patentes y formas de protección de las innovaciones. Cabe resaltar que se encontraron dos relaciones importantes entre los eficientes y los no eficientes para innovar, la primera de estas es la eficiencia para innovar y el dinamismo de los grupo, la segunda, es la capacidad de ser eficiente para innovar y el tamaño del grupo.

0.2. Abstract

This project is of a theoretical and practical nature, which aims to identify the most relevant variables of the EDIT (Survey of Technological Development and Innovation) to measure innovation and apply the DEA methodology (Data Envelopment Analysis) which allows to evaluate the efficiency with which the subsectors of the Colombian manufacturing industry innovate (grouping of the survey in groups according to CIIU4) this in the period 2017-2018. Based on this methodology, a complementary analysis is performed to all the analyses and results obtained by DANE in the reports that accompany the EDIT 2017-2018 survey. This work provides the following results: first, it enables the comparative evaluation between groups, where efficient and inefficient groups are identified, and finally, it provides disaggregated information on the points where the groups have the opportunity to improve the efficiency indicator.

Finally, it was concluded that 54.5 % (12) of the groups are inefficient while 45.5 % (10) are efficient when it comes to innovation. It was also possible to identify why these companies are inefficient and to see that in most of them the opportunity for improvement was related to the reduction of financial investment, or also, the increase of patents and forms of protection of innovations. It should be noted that two important relationships were found between the efficient and the inefficient to innovate, the first one is the efficiency to innovate and the dynamism of the group, the second one is the capacity to be efficient to innovate and the size of the group.

0.3. Introducción

La innovación es un proceso de gran importancia para el crecimiento tanto de la producción como de la productividad de las empresas y las naciones [3]. El concepto, es definido como un proceso en el que se modifican elementos, ideas o protocolos existentes, de tal manera que se van mejorando o creando nuevos [4]. En este sentido, es gracias a la innovación que se generan nuevas dinámicas que introducen diferentes combinaciones en los factores productivos y propician la aparición de nuevas actividades, mediante técnicas novedosas que inciden de manera positiva en la productividad y competitividad de la economía de las naciones y empresas [5]. La importancia de innovar es tal que los gobiernos y empresas al rededor del mundo apoyan, financian y buscan la manera de medir la innovación y la efectividad de la misma en los factores productivos [3].

En Colombia, el conocimiento y la innovación se consideran un apoyo transversal que sostiene la industria en sus diferentes sectores, permitiendo reducir costos, resolver problemas, ampliar cobertura tanto en el mercado nacional como internacional y diversificar de manera sofisticada estos mercados [5]. Por consiguiente, la innovación para el Departamento Nacional de Planeación (DNP), es la estrategia principal para lograr transformar y dinamizar los diferentes sectores de la economía nacional [5]. Para este propósito, el DNP a dispuesto un plan fundamentado en tres pilares que consiste en financiar, formar y organizar el uso del conocimiento y la innovación [5]. En este sentido, surge la necesidad de medir la innovación y ver la eficiencia con la que los agentes utilizan recursos y esfuerzos propios o estatales en investigación, desarrollo y tecnificación, para obtener resultados en términos de innovación.

Finalmente, de la necesidad de medir la innovación y tecnificación de las empresas en Colombia el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), lleva a cabo la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) para medir y dar seguimiento del proceso de innovación en las empresas [5]. Adicionalmente, acompañando este proceso de recolección, crítica, codificación, supervisión y consolidación de los datos, el DANE realiza análisis y presentación de resultados [5]. Sin embargo, los documentos y estudios que giran entorno a estos análisis se pueden categorizar en su mayoría como ejercicios descriptivos, por consiguiente, en este trabajo se busca enriquecer los análisis propuestos por el DANE, estimando y analizando la eficiencia y configuración de la actividad innovadora de los subsectores de la industria manufacturera Colombiana encuestada para el periodo 2017-2018, y determinar qué factores influyen de manera directa en la eficiencia para innovar de las mismas. Para este objetivo, se realizó un análisis exploratorio de la encuesta y de los datos obtenidos en la mismas para determinar cuáles son las variables que mejor explican este fenómeno, y posteriormente establecer el nivel de eficiencia mediante un Análisis Envoltante de Datos (DEA por sus siglas en ingles), para las empresas agrupadas según el CIIU4 en grupos (Se escogen los tres primeros dígitos del código para dicha agrupación). Esta metodología, permitirá obtener de manera desagregada las razones de la ineficiencia de los subsectores de la industria manufacturera para innovar. Además, identificar falencias en las medidas tomadas por estos sectores.

0.4. Objetivos

Objetivo General

Entender y aplicar la metodología DEA (Análisis Envolvente de Datos) para medir y analizar la eficiencia técnica relacionada con la innovación de los subsectores de la industria manufacturera Colombiana según los datos de la encuesta la EDIT 2017-2018 (Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica).

Objetivos Específicos

- Estimar la frontera de eficiencia técnica global mediante un Análisis Envolvente de Datos (DEA) que permita visualizar los sectores más eficientes.
- Analizar la relación de variables como inversión, capital humano y programas de financiación con la eficiencia para innovar de los subsectores de la industria manufacturera.

0.5. Pregunta de Investigación

- ¿Cuales son los subsectores de la industria manufacturera Colombiana más eficientes para innovar y donde están las opciones de mejora de los ineficientes?. Es decir, cuales son los subsectores que mejor relación tiene entre el esfuerzo (inversión, capital humano y financiación) y los resultados en términos de innovación.

0.6. Antecedentes

0.6.1. Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT)

La Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT por sus siglas) para el sector de la industria manufacturera 2017-2018 en su novena edición, es una encuesta tipo censo realizada por el DANE que busca indagar sobre los productos, actividades, recursos e instrumentos de apoyo asociados con la innovación de las empresas de dicho sector en los años de referencia [6]. Además de lo anterior, la encuesta EDIT viene acompañada de análisis realizados por el DANE que permiten mejorar en entendimiento de la capacidad innovadora del tejido empresarial Colombiano, obteniendo dentro de ellos un importante resultado que permite saber si la empresa es innovadora, o no [5].

Por otra parte, el diseño de la encuesta es el producto del trabajo conjunto del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) [6]. Donde la operación de recolección, control de calidad de la información, procesamiento, análisis estadístico y presentación de resultados es responsabilidad del DANE, ejercicio que se realiza con una periodicidad bianual. Es decir, 2015-2016 o 2017-2018 donde se obtuvo información de 7.947 y 7.529 empresas industriales para cada periodo respectivamente [6].

Finalmente, la EDIT para el año 2017-2018 según el DANE (en lo planteado en el boletín [6]) fue una operación tipo censo con parámetros de inclusión definidos según el nivel de personal ocupado e ingresos anuales de las empresas, adicionalmente presenta una variable que clasifica las empresas en subsectores de acuerdo con el CIU Rev. 4 A.C. Con el objetivo de aumentar la cobertura de la encuesta se modificaron algunos parámetros de la encuesta, lo que hace que la encuesta no sea comparable con su versión anterior.

0.6.2. Innovación

El concepto de innovación varía según el contexto donde se vea, sin embargo para este trabajo se acepta el concepto trazado por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), por medio del Manual de Oslo [3, 5]. En este sentido, la innovación en este trabajo se entiende desde dos puntos. El primero, es la introducción de un producto, proceso, método organizativo, técnica de comercialización o servicio nuevo en el mercado o en la compañía. El segundo, es la mejora significativa de un producto, proceso, método organizativo, técnica de comercialización o servicio en la compañía. Cualquiera de estos puntos se entiende como innovación en la empresa y genera que se vuelva de interés medir su eficiencia.

0.7. Marco Teórico

0.7.1. Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis - DEA), es una técnica ampliamente utilizada para la analítica y evaluación de eficiencia en múltiples contextos y sectores. Farrell apuntó a métodos que le permitieran evaluar la productividad y eficiencia de una mejor manera [7]. Fue entonces, cuando propuso un análisis que enfocaba los rendimientos conjuntos para el cálculo de la frontera de eficiencia [8, 7]. Posterior a esto, vinieron otros trabajos como el artículo publicado por Charnes, Cooper y Dhodes en 1978 [9] que complementan el trabajo de Farrell y parten de **rendimientos constante a escala** (CRS por sus siglas en inglés). También está el trabajo propuesto por Banker, Charnes y Cooper en 1984, donde extienden la metodología del modelo original para introducir rendimientos variables a escala (VRS por sus siglas en inglés). Documentos que finalmente sentaron las bases del modelo convirtiéndolo en un modelo de programación matemático, aplicado a los agentes observados o unidades tomadoras de decisión (DMUs por el acrónimo de Decision Making Unit), basado en una serie de restricciones como lo es el no-decrecimiento de la función de producción, concavidad, entre otras, que le dieron paso a un modelo mucho más robusto y mejor validado por la comunidad académica [8].

Para comenzar, el DEA es un Método de Frontera con una aproximación no paramétrica. Es decir, no necesita que los DMUs que pueden ser regiones, empresas, sectores o cualquier entidad que procese recursos para generar productos o servicios, sigan ciertos parámetros o distribuciones. El DEA busca medir la eficiencia relativa a cada una de las unidades de un grupo homogéneo, sobre las cuales se realiza la evaluación, tomando como referencia la(s) unidad(es) más eficiente(s), en lugar de la mediana o la media de todas las unidades. En este sentido, el DEA permite la medición de la eficiencia para diferentes agentes que componen un sistema. Lo cual es de interés por dos razones, en primer lugar, porque mide el éxito con que son usadas las unidades de producción, aspecto de suma relevancia para un sistema económico productivo [8] y en segundo lugar, permite obtener información desagregada para cada uno de los agentes del sistema identificando pautas de ineficiencia, de modo que posibilita el re-diseño de aquellas políticas públicas y estrategias privadas con el fin de optimizar el funcionamiento del sistema evitando un mal uso de los recursos [8].

Por otra parte, la metodología DEA resulta bastante apropiada para la evaluación de la eficiencia de los sub-sectores de la industria manufacturera en términos de investigación y desarrollo, esto gracias a tres motivos. El primero, hace referencia a la flexibilidad de la técnica, es decir, a los pocos supuestos que deben cumplir los datos, lo que permite aplicarla a un sistema de alta complejidad como lo es para este caso, sin necesidad de que las diferentes variables del sistema tengan una relación explícitamente modelizada y parametrizada, mas allá de identificar claramente cuáles corresponde a las variables de entrada (**input**) y las de salida (**output**), y que debe ser convexa y continua. El segundo, es la capacidad del método para evaluar de manera conjunta una serie de variables output, permitiendo así reflejar de forma más completa el sistema, en la que inciden e interactúan diferentes input. Por ejemplo, la inversión y el personal que se tiene disponible para investigación y

desarrollo tiene una posible incidencia en el número de patentes o productos nuevos [8]. El tercero, es el hecho de que sea una metodología de proyección a la frontera de eficiencia y no de regresión, en el cuál, podemos identificar qué factor o factores hacen que un agente sea o no eficiente [8].

0.7.2. DEA para la Medición de la Eficiencia

La eficiencia se define como la capacidad de lograr un objetivo o resultado deseado (output), en la mayoría de casos un producto o servicio, haciendo uso de la menor cantidad de recursos posibles (input) [7]. En otras palabras, hacer uso adecuado u óptimo de los elementos de producción (input) para la obtención del producto final (output) [8]. Es por esto, que medir la eficiencia se vuelve una tarea de interés para diferentes actores, por un lado, es un indicador que permite medir el éxito con el que se realiza la tarea de transformación de los recursos en resultados. Por otro lado, medir la eficiencia de varios actores admite comparar e identificar patrones que pone a unos por encima de otros [8]. Por esta razón, múltiples autores han buscado una técnica que permita medir la eficiencia en diferentes contextos, y es aquí, donde aparecen diferentes métodos como los de no frontera y los de frontera. Para los primeros se encuentran técnicas econométricas e índices de productividad y para los segundos se encuentran técnicas de programación matemática que comúnmente se conocen como Fronteras de Producción Estocásticas (FPE) y Análisis Envolvente de Datos (DEA por su acrónimo en inglés). El proyecto empleará esta última técnica gracias a las ventajas que se mencionarán posteriormente para alcanzar los objetivos planteados [8].

Antes de hablar del DEA es importante definir matemáticamente la eficiencia y los tipos de eficiencia que se tienen según la orientación del análisis. Para el primer punto, la eficiencia se entiende matemáticamente como el cálculo comparativo del cociente entre la suma de los output y los input para varias unidades de decisión, es decir,

$$Eficiencia = \frac{\sum O_{nj}}{\sum X_{ij}}, \quad (1)$$

para este proyecto las unidades son los subsectores de la industria manufacturera. En la figura 1 se puede ver cómo la unidad tomadora de decisión o DMUs, transforma uno o más input en uno o más output, en este sentido una DMU eficiente es la que tiene un valor alto en este cociente. En la figura 1, se puede ver una representación gráfica de como un DMU transforma unas variables input o de entradas en unas variables output o de salida.

Para el segundo punto, los tipos de eficiencia que se encuentran en la literatura se puede observar en la figura 2, de los cuales se tiene especial interés en dos tipos, el primero es la **eficiencia técnica** y el segundo es la **eficiencia asignativa** [10, 8]. El primero de estos elementos, hace referencia a que tanta cantidad de input o factores de producción puedo suprimir sin afectar negativamente la salida o output, en otras palabras ¿Se está haciendo uso de los input de la mejor manera posible?. Por otra

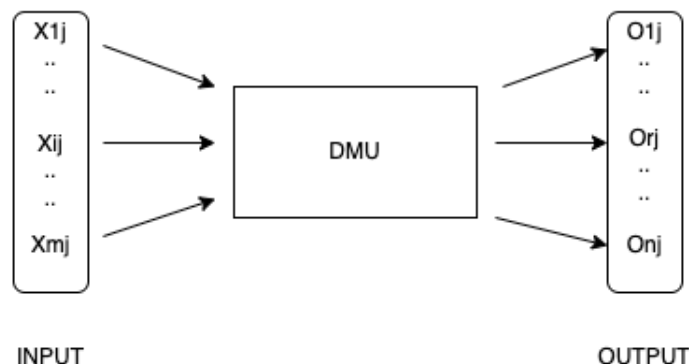


Figura 1: Esquema eficiencia por DMU

parte, para el segundo de estos elementos la pregunta clave va dirigida en el siguiente sentido ¿Se está minimizando el costo (input) de lo que se produce?. Es decir, si se esta haciendo uso de la mejor combinación posible de los factores productivos (input) que hacen que se minimice el gasto para generar esa cantidad dada de output [8].

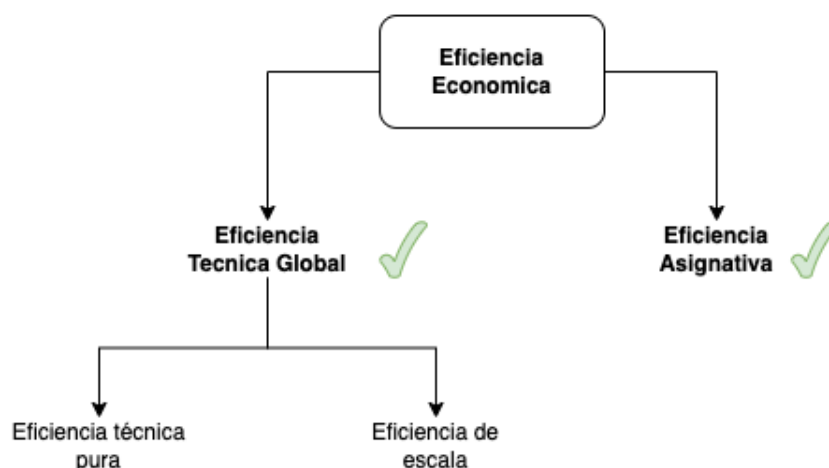


Figura 2: Diagrama de los tipos de eficiencia

En relación con lo anterior, fue en la eficiencia técnica donde el trabajo de J.Farrell [7] introduce al modelo el concepto de distancia entre los DMUs presentes en el sistema, esto se logra mediante el cociente de las unidades una a una que se encuentran por fuera de la frontera de eficiencia sobre las que se encuentran en la frontera de eficiencia, generando desde la perspectiva output, la proporción de output que se deja de producir por esa cantidad de input [7]. Para ilustrar la eficiencia técnica desde la perspectiva input y output se puede ver la figura 4, donde el punto B se encuentra por fuera de la frontera de eficiencia pero dentro de la región factible. Es en este punto donde la metodología DEA toma un enfoque singularmente apropiado, pues logra la medición de la eficiencia involucrando varios input y output, y comparando varios DMUs. Sin embargo, para encontrar dicha frontera que maximiza la eficiencia se requiere de la solución de un problema de programación fraccional que puede tener múltiples soluciones, y fue entonces, cuando Charnes y Cooper en 1962

consiguen transformar el problema a uno de programación lineal, esto se detallara en la próxima sección.

0.7.3. Análisis Envolvente de Datos

Después de comprender el contexto y lo que se busca medir con la técnica DEA, se hace uso de esta para medir la eficiencia técnica global de los subsectores de la industria manufacturara Colombiana según los datos sugeridos por la encuesta EDIT 2017-2018.

En la formulación de la eficiencia para n agentes o DMUs que generan t outputs a partir de m inputs, se tiene la siguiente representación gráfica ver figura 3 y función de eficiencia (2), el esquema y la función permite tener una mejor comprensión de lo que posteriormente se desea optimizar [11].

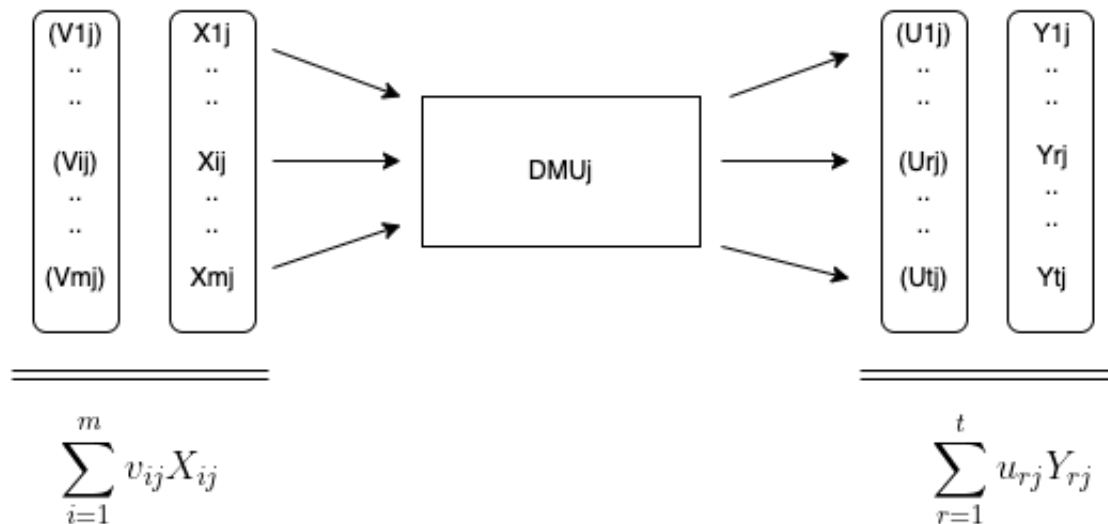


Figura 3: Esquema de eficiencia de la j -ésima DMU

$$E_j = \frac{\sum_{r=1}^t u_{rj} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}}, \quad (2)$$

donde los términos que se usan tanto en la figura 3 como la función (2) son:

- $DMU_j = E_j = j$ -ésima Unidad Tomadora de Decisión con $(j = 1, \dots, n)$.
- y_{rj} = Cantidad de output r producido por la j -ésima $(j = 1, \dots, n)$ DMU.
- x_{ij} = Cantidad de input i consumido por la j -ésima $(j = 1, \dots, n)$ DMU.
- u_{rj} = Ponderación del r output que sale de la j -ésima $(j = 1, \dots, n)$ DMU.
- v_{ij} = Ponderación del i input que entra a la j -ésima $(j = 1, \dots, n)$ DMU.

Es importante resaltar que las ponderaciones no son conocidas. Sin embargo, el resto de variables si.

Por consiguiente, se tiene el planteamiento al problema desde la formulación clásica en la forma fraccional del modelo CCR orientado al output de cada DMU, dicha formulación viene dada por:

Orientación output

$$\text{Maximizar } Z_0 = \frac{\sum_{r=1}^t u_{r0}y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_{i0}x_{i0}}, \quad (3)$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^t u_{r0}y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i0}x_{ij}} \leq 1; \text{ con } (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$u_{r0} \geq 0; \text{ con } (r = 1, 2, 3, \dots, t)$$

$$v_{i0} \geq 0; \text{ con } (i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

Note que de la resolución de este problema de programación fraccional se obtienen los resultados de u_{r0} y v_{i0} para cada una de las DMUs del problema. Cabe resaltar, que este mismo problema puede ser planteado desde la perspectiva input, convirtiéndolo en un problema de minimización de la función objetivo.

Por otra parte, es importante tener el cuenta que el problema de maximización de la función de eficiencia (3) requiere la solución de un problema de programación fraccional y como ya se mencionó anteriormente, este problema puede presentar infinitas soluciones, ya que si se multiplica el vector u_{r0} y v_{i0} por un factor cualquiera, por ejemplo t el problema queda invariante. Por esta razón y escogiendo un t conveniente se puede transformar el problema a uno de programación lineal, lo cual se logra de dos maneras. La primera de esta, consiste en hacer el denominador (input) constante (se asume el valor de 1) y maximizar el numerador (output), cabe resaltar que a esta solución se le conoce como CCR orientado al output [11]. Este cambio de variable es conocido como input virtual normalizado, pues estamos escogiendo como la unidad al denominador del problema. De forma análoga se hace con el segundo caso, donde el numerador (output) se hace constante (se asume el valor de 1) y se minimiza el denominador (input), a esta solución se le conoce como CCR orientado al input [12]. Dicho esto es importante resaltar que la eficiencia calculada es la eficiencia técnica, pues se maximiza el output dado un input o se minimiza el input dado un output [8].

En este sentido, el problema (3) puede ser re-escrito de forma lineal con el siguiente cambio de variable $\mu_{r0} = tu_{r0}$ y $\delta_{i0} = tv_{i0}$ con $t = \frac{1}{\sum_{i=1}^m v_{i0}x_{i0}}$. Por lo que la función linealizada quedaria de la siguiente manera:

Orientación output

$$\text{Maximizar } Z_0 = \sum_{r=1}^t \mu_{r0}y_{r0} \quad (4)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^t \mu_{r0} y_{rj} - \sum_{i=1}^m \delta_{i0} x_{ij} &\leq 0; \text{ con } j = 1, 2, 3, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m \delta_{i0} x_{i0} &= 1 \\ \mu_{r0} &\geq \epsilon; \text{ con } (r = 1, 2, 3, \dots, t) \\ \delta_{i0} &\geq \epsilon; \text{ con } (i = 1, 2, 3, \dots, m) \\ \epsilon &\geq 0 \end{aligned}$$

Cabe resaltar que este planteamiento también se puede tener para la otra orientación, es decir, la orientación input. Este modelo (4) a diferencia del modelo anterior (3) es totalmente operativo y resoluble por medio del método simplex, además reduce significativamente la complejidad computacional volviendo un problema lineal, cosas que son claras ventajas. Por otra parte, el problema agrega una nueva restricción al problema original lo que implica que acota la región factible.

Aunque el problema reduzca complejidad computacional, la solución sigue teniendo una especial complejidad computacional según el número de DMUs. Pues es claro que este problema se tiene que resolver tantas veces como DMUs halla, además de esto las restricciones donde se tienen las variables y_{rj} y x_{ij} generan n restricciones, pues n corresponde al número de DMUs que tenga el problema. Para disminuir los cálculos se suele solucionar el problema dual, pues en general se tienen más DMUs que la suma de inputs y outputs. En este sentido, el número de restricciones sería menor pues se convierten las restricciones de problema original en la función objetivo y las variables en las restricciones. La función dual se obtiene del siguiente procedimiento y es posible calcularse gracias a que el problema lineal es convexo, requisito para garantizar que la solución de ambos problemas de optimización sean equivalentes.

Lo primero que se debe hacer es realizar la formulación matricial del problema lineal, el cual se obtiene de las siguientes definiciones:

Formulación matricial

- Considere la matriz Y de t outputs y n DMUs, es decir:

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{t1} & y_{t2} & \cdots & y_{tn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

es importante tener en cuenta que el vector y_j es el vector output de la j -ésima DMU, es decir:

$$\check{y}_j = \begin{pmatrix} y_{1j} \\ \vdots \\ y_{tj} \end{pmatrix} \quad (6)$$

- Ahora considera la matriz X de m inputs y n DMUs, es decir:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (7)$$

es importante tener en cuenta que el vector x_j es el vector input de la j -ésima DMU, es decir:

$$\check{x}_j = \begin{pmatrix} x_{1j} \\ \vdots \\ x_{mj} \end{pmatrix} \quad (8)$$

- Por ultimo considere el vector de pesos δ_j para los inputs y μ_j para los output

Finalmente el problema matricial asociado al modelo lineal (4), expresarse como:

$$\text{Maximizar } Z_0 = \mu^t \check{y}_0 \quad (9)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} \delta^t \check{x}_0 &= 1 \\ \mu^t Y - \delta^t X &\leq 0 \\ \mu^t, \delta^t &\geq I_\epsilon \end{aligned}$$

Note que una ves tenida la formulación matricial del problema lineal, es mucho más fácil plantear el problema dual. Esto gracias a que se puede tener una función conveniente para el cálculo de la función Lagrangiana. En este sentido, se procede a calcular en primer lugar, la función de Lagrange y en segundo lugar, se aplica la definición de la función dual de Lagrange que viene dada por (10).

$$d(\lambda, v) = \sup_{\mu, \delta} L(\mu, \delta, \lambda, v), \quad (10)$$

dada esta definición, se va a proceder con el primer paso para calcular la función dual de Lagrange que es calcular el Lagrangiano de la expresión matricial. En este sentido la función (11) es el Lagrangiano de la función objetivo matricial definida anteriormente en (9).

Sea el Lagrangiano de la función objetivo (9):

$$L(\mu, \delta, \lambda, v) = \check{y}_0^t \mu + \lambda^t (Y^t \mu - X^t \delta) + v^t (\check{x}_0^t \delta - 1), \quad (11)$$

Note que se le aplican propiedades de la transpuesta para facilitar los cálculos.

Una ves definida la función de Lagrange se procede a operar para organizar la función de Lagrange (11) de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 &= \check{y}_0^t \mu + \lambda^t Y^t \mu - \lambda^t X^t \delta + v^t \check{x}_0^t \delta - v^t \\
 &= -v^t + \check{y}_0^t \mu + \lambda^t Y^t \mu - \lambda^t X^t \delta + v^t \check{x}_0^t \delta \\
 &= -v^t + (\check{y}_0^t + \lambda^t Y^t) \mu + (v^t \check{x}_0^t - \lambda^t X^t) \delta
 \end{aligned}$$

Finalmente se aplica la definición de función dual de Lagrange (10) la cual es el supremo del Lagrangiano:

$$d(\lambda, v) = \sup_{\mu, \delta} L(\mu, \delta, \lambda, v) = \sup_{\mu, \delta} (-v^t + (\check{y}_0^t + \lambda^t Y^t) \mu + (v^t \check{x}_0^t - \lambda^t X^t) \delta) \quad (12)$$

Aunque esa ya es la función dual de Lagrange (12), si se analiza el supremo de esa función se tiene la siguiente función objetivo, que sería la función dual de Lagrange.

Formulación Dual al problema de Maximización

$$\underset{\mu, \delta}{\text{Minimizar}} \quad Z_0 = v \quad (13)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned}
 \check{y}_0^t + \lambda^t Y^t &\leq 0 \\
 v^t \check{x}_0^t - \lambda^t X^t &\leq 0 \\
 \lambda &\leq 0 \\
 v &\text{ libre}
 \end{aligned}$$

donde λ es el peso de la j -ésima DMU y v se le conoce como la puntuación de la eficiencia (técnica) de la j -ésima DMU.

Por otro lado, se tienen dos formulaciones para el cálculo de la frontera de eficiencia, una es rendimientos constantes a escala y rendimientos variables a escala, la figura 4 muestra como la eficiencia orientada al input de la DMU B con rendimientos constantes a escala esta definida por la relación $ET_{CRS}^I = \frac{y_0 P_c}{y_0 B}$ ver figura 4. Mientras que el modelo orientado al output de la DMU B con rendimientos constantes a escala esta definido por la relación $ET_{CRS}^O = \frac{x_0 B}{x_0 P_d}$. De esta manera si queremos saber cuanto le hace falta a la DMU B para ser eficiente se podría realizar la resta entre 100 y cualquiera de los resultados obtenidos anteriormente y de esta manera identificar donde y en cuanta medida se debe incrementar para ser eficiente. Finalmente cuando se trabaja con CCR o rendimientos constantes a escala, se usa como referencia en la frontera de eficiencia la DMU que tenga mayor pendiente, por eso las DMUs que se encuentren por fuera de esta frontera se consideran ineficientes.

Note que la figura 5 muestra la eficiencia orientada tanto al input como al output para el DMU B con rendimientos variables a escala, que están definidos por la relación $ET_{VRS}^I = \frac{y_0 P_b}{y_0 B}$ y $ET_{VRS}^O = \frac{x_0 B}{x_0 P_e}$ respectivamente.

La flexibilidad con la que puede ser usado el método lo convierten en uno de las técnicas más usadas, adicional a esto se le suma, en primer lugar el hecho de que es

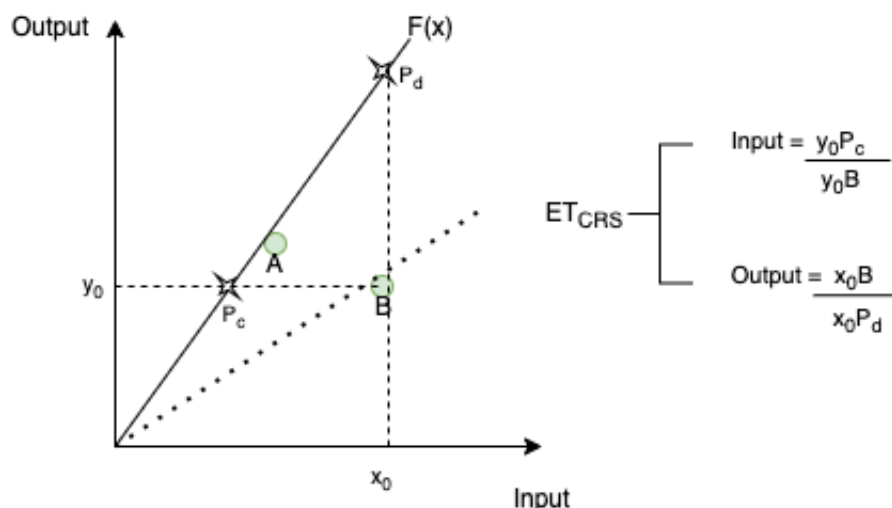


Figura 4: Medida de eficiencia en el modelo CCR

un método no paramétrico, lo que hace que los datos no requieran tantos supuestos como normalidad, correlaciones o estacionalidad. En segundo lugar cabe resaltar la capacidad de este para medir la eficiencia con varios input y output, además de identificar claramente en la frontera aquellos DMUs que son considerados eficientes y por fuera aquellos que no. Finalmente, el método permite hacer comparaciones de los no eficientes para identificar aquellos puntos en los que puede mejorar para alcanzar dicha eficiencia. Por otra parte, el método tiene algunas limitaciones dentro de las cuales se encuentra la alta sensibilidad a los datos atípicos, además de la incapacidad para medir el máximo teórico o global para comparar todas las unidades con respecto a este punto de referencia y que los pocos supuestos que requiere son difíciles de comprobar para un conjunto de datos reales.

Finalmente, para que el cálculo de la frontera de eficiencia por medio del DEA tenga buenos resultados es habitual establecer que el conjunto de datos satisfaga las siguientes propiedades [8]:

1. Para tener una frontera técnicamente factible el conjunto de datos debe ser cerrado y acotado superiormente. Es decir, existe límite superior para toda secuencia de vectores y ese límite es factible.
2. Que el conjunto sea convexo. Es decir, que se puede tener una combinación lineal para cualquier par de unidades que se encuentren produciendo dentro del conjunto, en otras palabras, se puede relacionar mediante una recta a las unidades productoras.
3. Una restricción para los agentes, es que ninguno puede producir output sin hacer uso de input. Sin embargo si se permite la producción nula y la inactividad de los agentes.
4. Se permite crecimiento en el input con contracciones en el output.

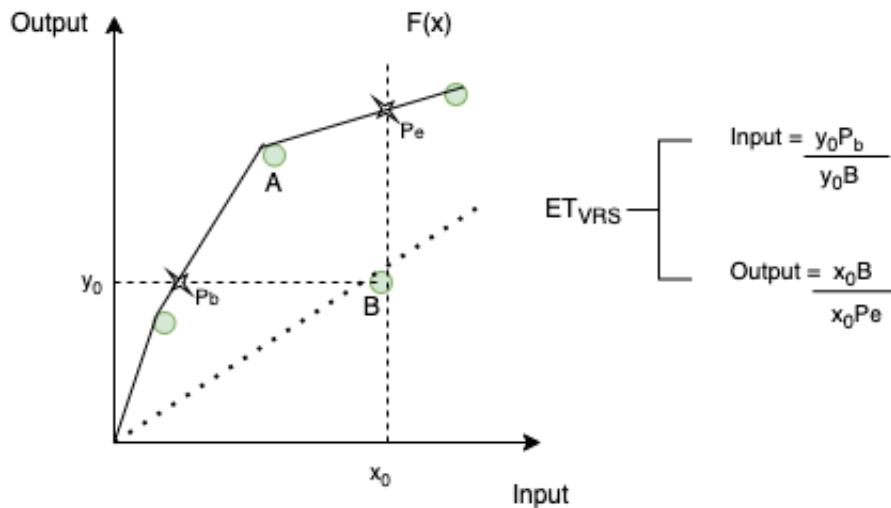


Figura 5: Medida de eficiencia en el modelo BCC

0.8. Metodología

Para lograr los objetivos planteados anteriormente, en los que se buscó encontrar la eficiencia técnica, donde se maximizan los resultados de la innovación, se tuvo en cuenta la siguiente ruta. En primer lugar, se planteó un procesamiento inicial de la encuesta la EDIT, para la elección de las variables que miden el esfuerzo y los resultados de la innovación. Luego, se realiza un procesamiento de la encuesta y se escoge una métrica para realizar la agrupación de las empresas encuestadas en subsectores (grupos según el CIIU4). Posteriormente, se escoge R-Studio como herramienta para realizar el cálculo del DEA y simular diferentes escenarios de los cuales se escogió uno. Finalmente, se hace un análisis de los resultados junto a algunas medidas descriptivas para encontrar las relaciones que hacen que algunos grupos sean innovadores y otro no innovadores, adicional a esto, se procede a comparar con los resultados de un análisis de Mincomercio sobre la industria manufacturera [2].

En relación con los escenarios planteados se tuvo en cuenta el nivel de agrupación de la industria manufacturera, el cual se obtiene de la variable CIIU4 (CIIU Revisión 4 adaptada para Colombia (CIIU Rev. 4 A.C.)) de la encuesta [13]. Esta agrupación se tiene a tres niveles, los cuales son **División**, **Grupo** y **Clase**, niveles que se alcanzan según el número de dígitos que sean tomados, por ejemplo ver figura 8. De estos escenarios planteados se decantó por la agrupación a 3 dígitos la cual corresponde a los grupos. Esto gracias a que brinda el detalle suficiente para comparar los subsectores con otros trabajos y adicional a esto el proporciona número de subindustrias adecuado para trabajar con el DEA, lo que permite hacer análisis que agregue valor y complemente los estudios realizados por el DANE. Por otro lado, se plantearon otros escenarios donde se jugó con las métricas, como la suma, el promedio y la media para la agrupación de las empresas en grupos. De las métricas anteriormente mencionadas se escogió la media, debido a que el método DEA es sensible a datos atípicos o con mucha varianza.

0.8.1. Elección de Variables, Procesamiento de Datos de la EDIT y Agrupación

Para todo trabajo donde su objetivo depende de los datos, la tarea de identificación y selección de variables se convierte en una tarea de especial trascendencia para el proyecto, pues de esto depende la calidad de los resultados y la correcta interpretación de los mismos en las diferentes situaciones [8]. Es por esto, que el trabajo de recolección de datos realizada por el DANE en la EDIT, fue de gran importancia, pues logró realizar el ejercicio para mayoría de empresas pertenecientes al sector industrial en Colombia (empresas que cumplieron con una caracterización realizada por el DANE, para más información ver [6]). En este sentido, esta sección se centra en la metodología seguida para la elección de las variables que miden el esfuerzo y los resultados en términos de innovación (input y output), el procesamiento de datos que se le realizó a la misma [3] y las diferentes agrupaciones que se tuvieron en cuenta. Por una lado, las variables escogidas fueron únicamente de la EDIT que es la fuente de información para presente proyecto, entendiendo las ventajas y desventajas de la misma. Por otro lado, se tiene el procesamiento que se hizo con el objetivo de quitar aquellas encuestas que no aportaban nada para el objetivo del proyecto. Finalmente, están las agrupaciones tanto de las variables como de las empresas en subsectores.

En este sentido, cabe resaltar que la elección de variables se realizó en dos etapas. La primera, fue en un sentido amplio donde se incluyeron la mayor cantidad de variables que se consideraron útiles para el proyecto. Teniendo en cuenta literatura alineada con el mismo, criterio propio y la estructura contemplada en la encuesta [3]. Posterior a esto, se agruparon las variables que se encontraban diferenciadas para obtener input y output más sintéticos. Además, de la exclusión de variables que después de una revisión exploratorio no aportaban de manera significativa al modelo.

Para la primera etapa de elección de variables, se tuvo en cuenta el Manual de Oslo [3], en el que se especifica la mayoría de aspectos relacionados con la medición de la innovación desde cada una de los tipos que se tiene. Es importante tener en cuenta que la EDIT se encuentra alineada con la estructura dispuesta en este manual [3]. En este sentido, cuando se habla de la naturaleza de la encuesta se hace referencia a la estructura que conserva la misma, es decir, cada capítulo tiene un objetivo, sin embargo existen varias preguntas que ayudan a profundizar y especificar de forma más detalla dicho objetivo. Por ejemplo, en la figura 6, vemos como antes de cada cuadro rojo se tienen varias preguntas que ayudan a indagar más sobre la pregunta objetivo, que para este ejemplo es, cuántos productos o servicios innovadores tuvieron durante el periodo, que precisamente es la que se encuentra marcada con el cuadro rojo de la figura 6.

Antes de mencionar las variables que fueron escogidas para la simulación final, vale la pena recordar que este fue el resultado de varios escenarios y simulaciones tanto con diferentes variables como de diferentes niveles de agrupación. Por consiguiente, las variables que se tuvieron en cuenta son. Tres para la identificación, siete para el input y trece para el output. Las variables de identificación fueron de ayuda para realizar la agrupación de las encuestas en **grupos** y el posterior análisis descriptivo. Por ultimo, las variables input fueron agrupadas en cuatro categorías y las variables

CAPÍTULO I – INNOVACIÓN Y SU IMPACTO EN LA EMPRESA EN EL PERÍODO 2017 - 2018

Una innovación se define en esta encuesta como un producto (bien o servicio) nuevo o significativamente mejorado introducido en el mercado, o un proceso nuevo o significativamente mejorado introducido en la empresa, o un método organizativo nuevo introducido en la empresa, o una técnica de comercialización nueva introducida en la empresa.

a. Una innovación es siempre nueva para la empresa. No es necesario que sea nueva en el mercado en el que la empresa opera.
b. Los cambios de naturaleza estética, y los cambios simples de organización o gestión no cuentan como innovación.
c. Tanto los bienes como los servicios que la empresa introduce al mercado, son considerados como productos. Los servicios, a diferencia de los bienes, suelen ser productos intangibles o difícilmente almacenables y sus procesos de producción y comercialización pueden darse de manera simultánea.
d. El suministro de un servicio puede tener como complemento, o requerir como soporte, el suministro de un bien; y a la inversa.

¿Quién debería responder este capítulo?
 Personas con conocimiento de primera mano de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, que lleva a cabo la empresa

I.1 Indique si durante el período 2017 - 2018 su empresa introdujo alguna de las siguientes innovaciones. Si su respuesta es afirmativa especifique el número.

Tenga en cuenta: Un bien o servicio nuevo, es un producto cuyas características fundamentales (especificaciones técnicas, componentes y materiales, software incorporado o usos previstos) revisten novedad con relación a los correspondientes a productos anteriores producidos por la empresa.

		SI	NO	Total de Innovaciones en 2017 - 2018
1 Bienes o servicios nuevos únicamente para su empresa (Ya existían en el mercado nacional y/o en el internacional).	I1R1C1N	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	I1R1C2N
2 Bienes o servicios nuevos en el mercado nacional (Ya existían en el mercado internacional).	I1R2C1N	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	I1R2C2N
3 Bienes o servicios nuevos en el mercado internacional.	I1R3C1N	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	I1R3C2N
Total innovaciones de bienes o servicios nuevos				I1R4C2N

Tenga en cuenta: Un bien o servicio significativamente mejorado, es un producto cuyo desempeño ha sido mejorado o perfeccionado en gran medida. Puede darse por el uso de componentes o materiales de mejor desempeño, o por cambios en uno de los subsistemas técnicos que componen un producto complejo.

		SI	NO	Total de Innovaciones en 2017 - 2018
4 Bienes o servicios significativamente mejorados para su empresa (Ya existían en el mercado nacional y/o en el internacional).	I1R1C1M	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	I1R1C2M
5 Bienes o servicios significativamente mejorados en el mercado nacional (Ya existían en el mercado internacional).	I1R2C1M	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	I1R2C2M
6 Bienes o servicios significativamente mejorados en el mercado internacional	I1R3C1M	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	I1R3C2M
Total innovaciones de bienes o servicios significativamente mejorados				I1R4C2M

Figura 6: Estructura EDIT (tomado de encuesta EDIT)

output en tres categorías donde los input y output finales tenidos en cuenta para realizar la simulación se pueden observar en la figura 7.

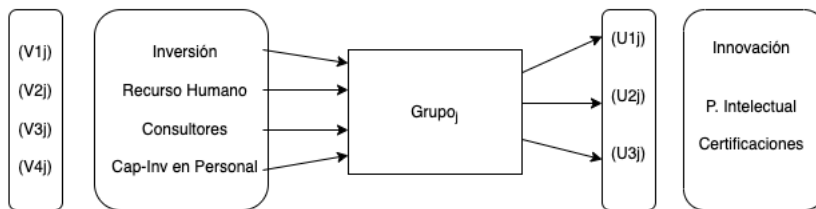


Figura 7: Variables Input y Output de el j-ésimo grupo

Las agrupaciones finales de las variables escogidas se realizaron teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Variables Input

- Inversión:** La inversión hace referencia a la cantidad de recurso económico destinado al desarrollo de proyectos considerados innovadores en la EDIT. Para este objetivo, se sumó el monto total invertido en el 2017 y en el 2018 que se encuentra en las variables I1R10C1 y I1R10C2 respectivamente (ver anexos).
- Recurso Humano:** El recurso humano hace referencia al total de personal propio de la compañía involucrado en actividades científicas, tecnológicas y de innovación. La variable que se ha tenido en cuenta para este ítem fue la IV4R11C3 (ver anexos).

3. **Consultores:** Esta variable hace referencia al número total de agentes consultores que prestan servicios dentro de la empresa, con o sin puesto de trabajo dentro de las instalaciones. Para este ítem se tuvo en cuenta la suma de las variables IV5R1C2 y IV5R1C3 (ver anexos).
4. **Capacitación y/o Inversión en el Personal:** La capacitación y/o inversión en el personal hace referencia al total de personas de la compañía que tuvieron formación en especializaciones, maestrías, doctorados o capacitaciones superiores a 40 horas destinadas a actividades científicas, tecnológicas y de innovación realizadas por la empresa. Para este objetivo se tuvo en cuenta el total de personal capacitado en el periodo 2017-2018 que corresponde a la suma de las variables IV7R5C1 y IV7R5C2 (ver anexos).

Variables Output

1. **Innovación:** La innovación se puede medir según el Manual de Oslo [3] en diferentes tipos como lo son las innovaciones en productos, procesos, mercadotecnia y en los procesos de la compañía. En este sentido, esta variable hace referencia al total de innovaciones de cualquiera de los tipos mencionados anteriormente obtenidas por la compañía en el periodo 2017-2018. Para este objetivo se tuvo en cuenta la suma de las variables I1R4C2N, I1R4C2M, I1R4C2, I1R5C2 y I1R6C2 (ver anexos).
2. **Propiedad Intelectual:** Esta variable hace referencia al total de registros que se tienen protegidos de cualquiera de las siguientes dos categorías. Para la primera, se tiene los registros de propiedad intelectual tales como patentes de invención, patentes de modelos de utilidad, derechos de autos, registro de diseños industriales, registro de marcas, registros de signos distintivos y certificados de obtentor de variedades vegetales. Para la segunda, se tiene otros métodos de protección de la propiedad intelectual tales como el secreto industrial, alta complejidad en el diseños, acuerdos de confidencialidad con otras empresas y acuerdos o contratos de confidencialidad con el personal empleado. Para este objetivo se tuvo en cuenta la suma de las variables que contenían el total dicho por la empresa. Las variables tenidas en cuenta para este ítem fueron VI1R8C2, VI2R8C2, VI3R1C2, VI3R2C2, VI3R3C2, VI3R4C2 (ver anexos).
3. **Certificaciones:** Esta variable hace referencia al número total de certificaciones (por ejemplo, ISO-14040 y ISO-9001) obtenidas tanto en procesos como productos para el periodo de estudio. Para este propósito se tuvieron en cuenta las variables VI6R1C2, VI7R1C2 (ver anexos).

Luego de obtener estas variables se tuvo un criterio de exclusión, el cual solo tuvo en cuenta aquellas encuestas o empresas que tuviesen al menos un valor diferente a cero en uno de los campos anteriormente definidos. Es decir, que aquellas empresas/encuestas que en cada una de estas entradas obtuvo un valor de cero o nulo (vacío) fue excluida. De este ejercicio de exclusión se obtuvieron solo 4221 empresas/encuestas de las 7529. Las 4221 empresas obtenidas de este resultado fueron las tenidas en cuenta para la agrupación en grupos según el CIIU4.

Para el ejercicio de agrupación de las empresas/encuestas en subsectores de la industria manufacturera fue el resultado de probar con todos los niveles de agrupación que nos da el CIIU4. Los niveles de agrupación del CIIU4 se obtienen del número de dígitos que se tengan en cuenta, por ejemplo, en la figura 8 se puede observar que entre más dígitos se tengan en cuenta más especificidad se alcanza. Para ilustrar esto, veamos como la **Clase** 1511 (Curtido y recurtido de cueros; recurtido y teñido de pieles) pertenece al **Grupo** (Curtido y recurtido de cueros; fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano y artículos similares y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería; adobo y teñido de pieles), que a su vez pertenece a un subsector más grande que es la **División** 15 (Curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería; adobo y teñido de pieles). En este sentido, se obtuvieron 23 divisiones, 66 grupos y 111 clases, que proporcionaron diferentes panoramas de análisis, y que finalmente llevaron decantarse por la agrupación de las encuestas en **GRUPOS**, que corresponde a tres dígitos del CIIU4 y del cual se obtuvieron 66 DMUs.

Sección C
Industrias manufactureras

División	Grupo	Clase	Descripción
División 15			Curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería; adobo y teñido de pieles
	151		Curtido y recurtido de cueros; fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano y artículos similares y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería; adobo y teñido de pieles
		1511	Curtido y recurtido de cueros; recurtido y teñido de pieles.
		1512	Fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano y artículos similares elaborados en cuero, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería.
		1513	Fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano y artículos similares; artículos de talabartería y guarnicionería elaborados en otros materiales
	152		Fabricación de calzado
		1521	Fabricación de calzado de cuero y piel, con cualquier tipo de suela
		1522	Fabricación de otros tipos de calzado, excepto calzado de cuero y piel
		1523	Fabricación de partes del calzado

Figura 8: Estructura del CIIU4 (Tomado de CIIU4 [1])

Es importante tener en cuenta que se probó con diferentes métricas para la agrupación de las 7 variables de las 4221 empresas, de las cuales se definió la media debido a la consistencia de los resultados obtenidos a la hora de aplicar el DEA. Finalmente, y con el propósito de tener un análisis que agregara más valor, se realizó un segundo

criterio de exclusión, el cual tuvo en cuenta los grupos que contaran con 50 o más empresas. De este ejercicio se redujo el número de grupos a 22, que son considerados los grupos más preponderantes en Colombia o que aglomeran mayor cantidad de compañías.

En resumen, se obtuvieron 7 variables que permitieron medir el esfuerzo y los resultados para innovar, adicional a esto se llevo a cabo una agrupación de la empresas por grupos, resultado que finalmente se le aplica la técnica DEA.

0.8.2. R-Studio y DeaR

Como se especificó anteriormente, en este documento se utilizará la técnica DEA para realizar el cálculo de la eficiencia de empresas agrupadas en grupos. Es por esto, que se escoge R-studio, que es un software estadístico para realizar el proceso de desarrollo de la técnica escogida para el proyecto. En R-Studio se puede encontrar un paquete conocido como DeaR el cual dispone de diferentes modelos basados en el Análisis Envolvente de Datos [14], dada la flexibilidad y escalabilidad de la librería es una herramienta óptima para el uso en este tipo de proyectos. (Para ampliar mas la información se puede dirigir a la documentación que se encuentra [14]). Este paquete permite generar diferentes análisis para la investigación y desarrollo de resultados en esta técnica en diferentes contexto, motivo por el cual se escogió esta herramienta como la principal para el desarrollo del proyecto. Para aplicar de manera correcta el modelo con DeaR, es indispensable seguir una serie de pasos que permiten ejecutar el modelo de punta a punta, empezando desde el análisis de la Data ingresada, pasando por la elección de modelo DEA más adecuado para el tipo de datos que se tienen, y finalmente la salida para su respectivo análisis. Para esto objetivo, se utilizó las funciones read-data y model-basic, para la lectura de los datos y el cálculo de la frontera eficiente, respectivamente.

El read-data tiene como propósito hace la lectura de la base de datos, para el cual cuenta con los siguientes parámetros:

Parámetros	Descripción
datadea	Hace referencia al conjunto de datos previamente dispuesto en el capítulo anterior
dmus	Indica la columna donde se encuentran los DMUs. Para este caso, es la columna número uno que es donde se encuentra la código del Grupo
inputs	Hace referencia al número de columnas donde se encuentran los inputs, que para el caso de este trabajo es 4.
outputs	Hace referencia al número de columnas donde se encuentran los outputs, que para el caso del presente trabajo es 3.

Cuadro 1: Read Data parámetros

Por otro lado el mode-basic() tiene como propósito el cálculo del DEA, cabe recordar que se implementará el modelo CCR o modelo de rendimientos constantes a escala, además de esto se usó la orientación output. Finalmente, cabe resaltar que

se evaluará la eficiencia técnica del conjunto de datos. Para esto, el modelo cuenta con los siguientes parámetros:

Parámetros	Descripción
datadea	Conjunto de datos en el formato de lectura de deaR.
dmu-ref	Una selección de un subconjunto de los Grupos
dmu-eval	Grupos a evaluar del subconjunto seleccionado.
orientation	Orientación del modelo: input, output o direccional. Para este caso la orientación es output
rts	Rendimientos a escala del modelo (constantes, variables, no-crecientes, no- decrecientes, generalizados). Para este caso se utilizó rendimientos constantes a escala.

Cuadro 2: Model Basic()

0.9. Análisis de Resultados

Antes de presentar los cálculos realizados, es importante tener en cuenta, que estos se alcanzaron gracias al paquete de R anteriormente mencionado con rendimientos constantes a escala y orientado al output, además cabe resaltar que la eficiencia a analizar en esta sección va a estar enfocada en la eficiencia técnica. Por otra parte, el objetivo de esta sección es presentar los resultados del modelo y además realizar interpretaciones apoyadas de un análisis descriptivo de los datos usados para el modelos con propósito de encontrar relaciones entre los grupos eficientes y los no eficientes.

0.9.1. Resultados

Como ya se estableció anteriormente, para la implementación del DEA se utilizó la agrupación de las encuestas por **grupos** de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

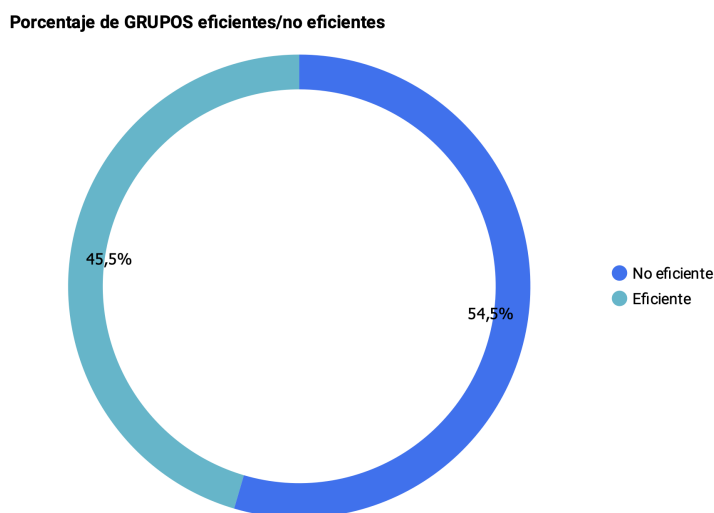


Figura 9: Porcentaje de eficientes-ineficientes.

La figura 9 muestra la cantidad y porcentaje de grupos que fueron catalogadas como eficientes y ineficientes a la hora de innovar, cabe resaltar que para las base de datos escogida se obtuvieron más grupos ineficientes que eficientes, representando el 54.5 % para una cantidad de 12 grupos y el 45.5 % para una cantidad de 10 grupos respectivamente. Por otra parte, para los grupos ineficientes la distribución en una escala del 0 al 1 se puede ver en la tabla 3, en donde podemos evidenciar que varios grupos estuvieron cerca de ser eficientes, además que la puntuaciones más bajas se encuentran por encima del 50 %. En este sentido la posibilidad de mejorar es evidente y alcanzable.

Grupo	Eficiencia	Nombre Grupo	Catg. Dinámico
110	1	E. Bebidas	Dinámico
141	1	C. Prendas de vestir	Dinámico
152	1	F. Calzado	Dinámico
181	1	Act. Impresión	Dinámico
202	1	F. Otros P.Químicos	Dinámico
210	1	F. Farmacéuticos	Dinámico
251	1	F. Metalurgia	No Aparece
271	1	F. Motores	Dinámico
281	1	F. Maquinaria y equipo	Dinámico
311	1	F. Muebles	Dinámico
282	0.980	F. Maquinaria especial	No Aparece
108	0.957	E.Otros P.Alimenticios	Menos Dinámico
104	0.928	E.Lácteos	Menos Dinámico
222	0.912	F.Plásticos	Dinámico
139	0.836	F.Otros textiles	Menos Dinámico
259	0.795	F.Otros Metalurgia	Menos Dinámico
105	0.756	E.Molinería, Almidón	Dinámico
101	0.747	P. Cárnicos - Pescado	Dinámico
201	0.729	F.Químicos y sintéticos	Menos Dinámico
170	0.726	F.Papel y cartón	Dinámico
239	0.671	F.Minerales no metálicos	Menos Dinámico
329	0.541	Otras Industrias Manufactureras	Menos Dinámico

Cuadro 3: Resultados del DEA junto a la categorización realizada por MinComercio [2]

Además de lo anteriormente mencionado en la tabla 3 se tiene los resultados obtenidos de la implementación de la técnica en donde se puede observar el código del grupo, la puntuación obtenida (1 significa eficiencia y menor a 1 ineficiencia), el nombre del grupo y por último la categorización realizada por Min comercio [2]. Este último punto, se utilizó para lograr hacer una comparación y contrastar de alguna forma los resultados obtenidos. En este sentido, se puede ver cómo aquellos grupos considerados eficientes a la hora de innovar también son considerados dinámicos y que aquellos que no fueron eficientes tampoco fueron dinámicos. Esto podría llevar a pensar que los grupos con más dinamismo dentro del mercado son aquellos que constantemente están realizando innovaciones, enfoque que les permite generar de cierta manera esa eficiencia a la hora de innovar.

En este sentido, cabe resaltar que dentro de los grupos que más apariciones tuvieron en el conjunto de referencia fueron la fabricación de farmacéuticos y la fabricación de motores, tabla 3. Lo que quiere decir que fueron los grupos que usaron de mejor manera los recursos. Por ejemplo, la fabricación de farmacéuticos es la que más cantidad de registros en las diferentes formas de protección intelectual genera, con un total de 61.476, además de esto es el grupo que más certificaciones tiene con un valor de 0.552, dado una inversión mucho menor que el que mayor inversión hace, que para este ejercicio fue el grupo de otras industrias manufactureras. Por otra parte esta la fabricación de motores, que a pesar de no tener los mejores output en

comparación a la inversión tanto de recurso como personal tiene muy buena relación y hace que además de encontrarse en la frontera de eficiencia también sea uno de los grupos más usados como referencia.

DMU	Nombres	Inversión	I.Personal	RH	Consultores
101	P. Carnicos - Pescado	0,1224	0,0000	0,0000	0,0352
104	E.Lacteos	0,2738	0,0000	0,0000	0,1322
105	E.Molineria, Almidon	0,0595	0,0000	0,0000	0,2635
108	E.Otros P.Alimenticios	0,0810	0,0000	0,0000	0,0000
139	F.Otros textiles	0,0000	0,7688	1,4739	0,0547
170	F.Papel y carton	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
201	F.Quimicos y sinteticos	0,1706	0,0000	0,0000	0,0917
222	F.Plasticos	0,0401	0,4721	0,0000	0,0000
239	F.Minerales no metalicos	0,3271	0,0000	0,0000	0,0000
259	F.Otros Metalurgia	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
282	F.Maquinaria especial	0,0030	0,0000	0,0000	0,0000
329	Otras Ind.Manufactureras	0,8101	0,0000	0,0000	0,0827

Cuadro 4: Tabla de los Slacks del Input

Por otro lado, el modelo tiene otra ventaja importante que ya fue mencionada anteriormente, y es la posibilidad de identificar aquellos puntos o variables que se deben mejorar para que un DMU ineficiente pueda ser eficiente. En este sentido, las dos tablas se muestran a continuación (4 y 5), permiten identificar en dónde y en cuánto se debe disminuir el input o aumentar el output para pertenecer a la frontera de eficiencia. Esto claramente se convierte en una ventaja grande del método, pues además de calcular un indicador agregado, permite realizar comparaciones e identificar donde están esas posibles opciones de mejora. En la primera tabla 4 están solo los grupos ineficientes, con la variables input. La cual muestra en cuál y qué cantidad de input se debe reducir para alcanzar la eficiencia, es por eso se puede ver que la mayoría de grupos podrían mejorar su eficiencia si disminuyen la cantidad de recursos que invierten en investigación y desarrollo, es decir, para esa cantidad de recurso financiero que se está invirtiendo los resultados no son los óptimos. Adicional a esto, la tabla también muestra que la cantidad de personas utilizadas en consultoría es otra variable que podría disminuirse para alcanzar la eficiencia. Ahora bien, los grupos fabricación de papel y cartón y fabricación de otros productos de metalurgia en todas las variables input están teniendo la cantidad indicada, sin embargo, estos grupos fueron catalogados como ineficientes puesto que no están obteniendo los output esperados para ese esfuerzo realizado.

Estos resultados contrastan muy bien con la base de datos, pues al ver las variables mencionadas anteriormente, se ve una clara diferencia entre la inversión realizada por estos grupos que fueron catalogados como ineficientes. En la figura 10 se puede ver la cantidad de recursos como inversión y número de personas en consultoría que invierte el grupo 329 (Otras industrias manufactureras) pues se encuentra muy por encima de los otros grupos. Cabe resaltar que la variable de inversión se encuentra normalizada en el gráfico para que se pueda ver en la misma escala que la otra variable.

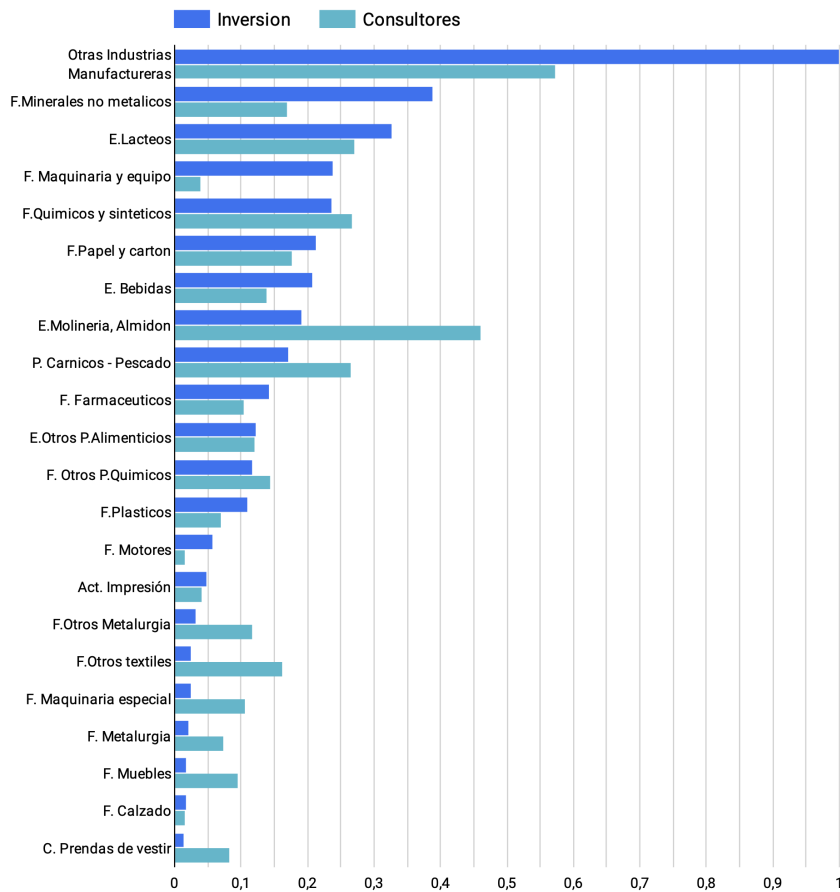


Figura 10: Inversión y Recurso Humano usado en I+D

DMU	Nombres	Certificaciones	P Intelectual
101	P. Cárnicos - Pescado	0,0000	2,7018
104	E.Lácteos	0,0208	0,0000
105	E.Molinería, Almidón	0,0419	0,0000
108	E.Otros P.Alimenticios	0,0000	0,0000
139	F.Otros textiles	0,0000	0,0000
170	F.Papel y cartón	0,2859	0,0000
201	F.Químicos y sintéticos	0,0000	0,0000
222	F.Plásticos	0,0000	0,0000
239	F.Minerales no metálicos	0,0000	0,0000
259	F.Otros Metalurgia	0,0925	0,0000
282	F. Maquinaria especial	0,0000	0,8205
329	Otras Industrias Manufactureras	0,0763	0,0000

Cuadro 5: Tabla de los Slacks del Output

Luego se obtuvo la segunda tabla 5 que muestra la información de cuál y cuánto output se debe aumentar para ese grupo. Por ejemplo, la producción de cárnicos y pescado es un grupo que debe aumentar considerablemente la cantidad de productos

protegidos por alguna de las maneras que amparan las innovaciones, puesto que para el input que tiene se espera más salidas y en especial en ese punto. Es importante tener en cuenta que para esta tabla no se mostró las innovaciones pues esta variable en los slacks para cada uno de los grupos fue igual a cero. Para finalizar, podemos ver la utilidad del método para la identificación de unidades eficientes con variables agrupadas, además el método permite comparar con respecto a la frontera a la unidades ineficientes y ver claramente en cual variables y en qué cantidad deben ser ajustadas para posicionar a los DMUs en la frontera de eficiencia.

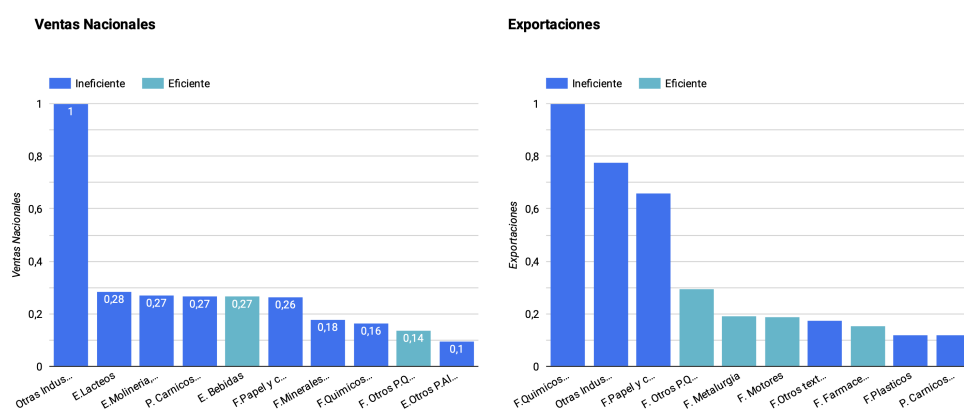


Figura 11: Ventas Nacionales y Exportaciones de los grupos eficientes e ineficientes

Por otra parte, en la figura 11 se puede ver cómo la eficiencia para innovar esta estrechamente relacionado con en tamaño e importancia del grupo, pues lo que muestra la figura 11 es que los grupos más grandes tienen mayores dificultades para ser eficientes. Es decir, note que en la figura 11 los grupos que más ventas nacionales y exportaciones tienen, fueron aquellos que quedaron catalogados como no eficientes a la hora de innovar, y cómo se mencionó anteriormente la eficiencia se da por la buena relación que existe ente los esfuerzos y los resultados, por lo que se podría concluir que las empresas que están en estos grupos tienen que hacer muchos más esfuerzos para realizar actividades consideradas innovadoras y por eso se quedan rezagadas respecto a la eficiencia de las empresas que pertenecen a estos grupos más pequeños. Entonces la empresas que pertenecen a los grupos más pequeños o que menos peso tienen en el mercado tienen muchas más opciones de mejora en un corto plazo.

Por último, en la figura 12 se ve la relación de la inversión pública, las ventas nacionales y las exportaciones de los grupos. En dicha figura 12 es importante ver el acceso a la inversión pública que tienen cada uno de los grupos tanto eficientes como no eficientes, de lo que se esperaría que la mayor inversión pública este en grupos con menor volumen de ventas en el mercado nacional e internacional y con mucha eficiencia para innovar pues por un lado están innovando (mejorando significativamente - nuevos para la empresa o mercado) en sus productos y servicios y por otro lado tienen altas expectativas de crecimiento. Lo cual se evidencia en el grupo de fabricación de maquinaria y equipo, pues es el que más financiación pública emplea,

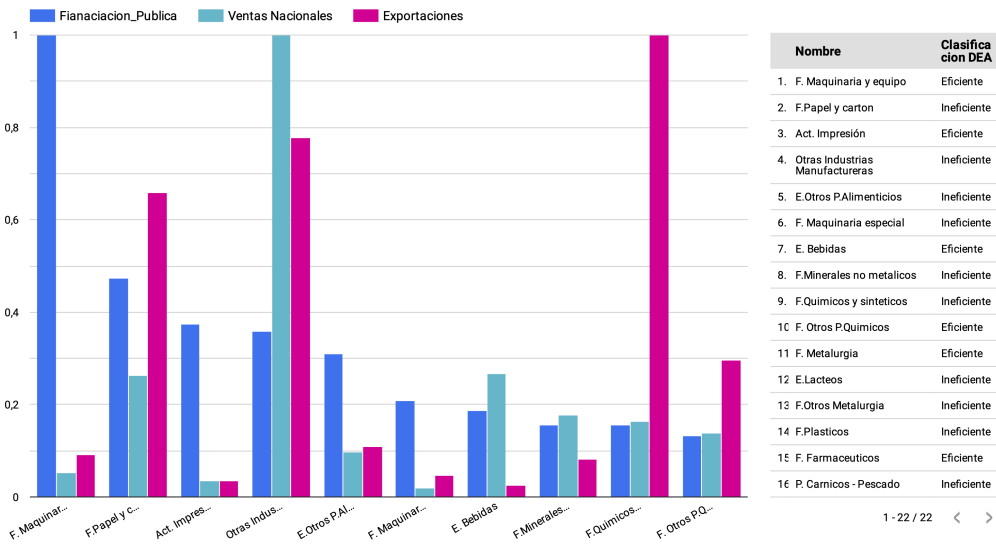


Figura 12: Financiación Pública, Ventas Nacionales y Exportaciones con tabla que indica grupos eficientes e ineficientes

tiene un volumen relativamente bajo en comparación a otros grupos tanto en el mercado nacional como en las exportaciones, sin embargo, es un grupo eficiente a la hora de innovar. Por lo que se esperaría que en años posteriores aumente considerablemente sus ventas nacionales e internacionales. Finalmente, se esperaría que aquellas empresas que exportan y son eficientes a la hora de innovar tengan mucho más apoyo de los recursos públicos para aumentar sus ventas en el exterior.

0.10. Conclusiones

Este proyecto logró hacer un estudio de eficiencia con la que innovan los subsectores de la industria manufacturera Colombiana (grupos) con los datos de la encuesta EDIT 2017-2018, mediante un análisis envolvente de datos (DEA). De esta manera, se reconocen a los grupos más eficientes y menos eficientes a la hora de innovar, para estos últimos se proporcionó información sobre el por qué no se encontraban dentro de la frontera de eficiencia, adicionalmente, se proponen algunos análisis para encontrar relaciones externas que hacen que unos grupos tengan mejores o peores resultados dado los esfuerzos para innovar.

Este proyecto logro cumplir con todos los objetivos planteados, donde se buscaba entender y aplicar la metodología DEA, en la cual los cursos vistos a lo largo de la carrera fueron de gran ayuda. Además, se buscaba aplicar la técnica para medir y analizar la eficiencia técnica en un contexto real generando otros análisis complementarios a los realizados por el DANE. También, la metodología seguida permitió identificar las variables más relevantes que ayudan a explicar la eficiencia para innovar. Por otra parte, se encontró la frontera de eficiencia y se identificaron las variables que pueden ser mejoradas por parte de los sectores ineficientes. Finalmente se contrasto el resultado obtenido con el de otro documentos que estudia sectores similares.

Es importante mencionar que el método es de gran utilidad en este contexto pues, genera un indicador que evalúa varias dimensiones y permite identificar en cuáles y qué en que cantidad se podrían mejorar las variables de los sectores ineficientes, lo que permite generar información de valor para la toma de decisiones de las empresas y complementar todos los análisis realizados por el DANE en dicha encuesta. Información permite concluir que el esfuerzo realizado por 12 de los 22 grupos seleccionados no es proporcional a los resultados, esto se debe en principal medida que están invirtiendo demasiados recursos de carácter económico. Es decir, la inversión y la cantidad de personas que se dedican a actividades innovadoras no esta generando el mismo valor que en las 10 que si hacen uso de sus recursos de manera eficiente. Adicionalmente, también se encuentra una relación entre una compañía eficiente a la hora de innovar y dinámica, con un porcentaje de coincidencia para los grupos seleccionados de un 84 %, lo que genera relación entre la capacidad de ser eficiente para innovar y dinámico.

Finalmente se recomienda para estudios posteriores tener en cuenta la encuesta EDIT 2019-2020 que se espera que esté disponible para este año o el año entrante, y de esta manera poder hacer una análisis en dos sentidos. El primero de ellos, analizar cómo fueron los resultados de los grupos eficientes para ese periodo pues fue el periodo donde el COVID causó los mayores cambios, lo que podría llevar a pensar que esas empresas que son eficientes a la hora de innovar pudieron ser más resilientes al cambio y robustas para afrontar los reto que el COVID trajo consigo, además, ver el comportamiento de los ineficientes. El segundo, es un análisis un poco más técnico pues consiste en hacer un análisis de eficiencia dinámico o temporal del DEA el cuál se conoce como índice de Malmquist, y permite tener resultados más robustos, este análisis no fue posible de realizar debido a que la encuesta EDIT 2017-2018 introdujo una serie de cambios con respecto a las anteriores. Por otro

lado, también se recomienda ampliar la información suministrada por el DANE, de manera que se pueda tener una ubicación de las empresas que están en la encuesta y de esta manera generar análisis espaciales para ver cuáles son los efectos de la ubicación en la capacidad de innovar de manera eficiente, además de identificar que departamentos o municipios son más innovadores y eficientes.

Bibliografía

- [1] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, “Industrial Uniforme económicas,” *Clasificación Industrial Internacional Uniforme*, pp. 2–693, 2020.
- [2] Mincomercio, “La Industria manufacturera a enero de 2019,” *Oficina de Estudios Económicos*, pp. 1–23, 2019.
- [3] OECD, *Manual de Oslo 2005*. OCDE y Eurostat, 2005.
- [4] R. Peiró, “Innovación,” *Economipedia.com*, 2019.
- [5] M. Edit, “Nacional de Estadística DSO Dirección de Metodología y Producción Estadística / DIMPE Metodología General Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en,” *DANE*, 2017.
- [6] DANE, “Boletín Técnico EDIT 2017 - 2018,” *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*, pp. 1–60, 2019.
- [7] M. J. Farrell, “The measurement of productive efficiency,” *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, vol. 120, no. 3, pp. 253–281, 1957.
- [8] C. Gutiérrez, “Eficiencia de los sistemas regionales de innovación en Europa y análisis econométrico de sus determinantes (TD),” *Universidad Complutense de Madrid Facultad de Ciencias Políticas y Sociología*, 2018.
- [9] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, “Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through,” *Management Science*, vol. 27, no. 6, pp. 668–697, 1981.
- [10] A. Tello, “El análisis envolvente de datos Eficiencia de la innovación tributaria en Ecuador. Una aproximación a través del Análisis Envolvente de Datos,” *Redalyc*, vol. 34, pp. 249–267, 2019.
- [11] V. A. L. S. Chediak P. Francisco, “Metodología para medir la eficiencia mediante la técnica del análisis envolvente de datos -DEA-,” *Vector Volumen 3*, pp. 70–81, 2008.
- [12] J. A. Jaime, “Formulaciones en el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Resolución de casos prácticos,” *Depósito de investigación - Universidad de Sevilla*, p. 93, 2016.
- [13] DANE, “ARCHIVO NACIONAL DE DATOS COLOMBIA - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica de Servicios -,” *Dane*, pp. 1–301, 2012.

- [14] V. Coll-Serrano, R. Benítez, and V. J. Bólos, “Data Envelopment Analysis with deaR,” *dR versión Español*, no. November, pp. 1–16, 2018.

0.11. Anexos

Lista de Variables Categoricals			
ID	Nombre	Etiqueta	Descripción
V11172	NORDEMP	Número de orden	Código de la encuesta (Secuencia)
Calculada	CIU 3	Actividad económica (Grupo)	Grupo a la que pertenece la empresa según el CIU a 3 dígitos
V11174	TIPOLO	Tipología	Clasificación según criterios del DANE de la empresa en 5 categorías (Innovadoras en sentido estricto, Innovadoras en sentido amplio, Potencialmente Innovadoras, No Innovadoras)

Lista de Variables Input			
ID	Nombre	Etiqueta	Descripción
V11264	II1R10C1	Total monto invertido 2017	Indique el valor invertido por su empresa en el 2017, en cada una de las siguientes actividades científicas, tecnológicas y de innovación, para la introducción de bienes o servicios nuevos o significativamente mejorados, y/o la implementación de procesos nuevos o significativamente mejorados, de métodos organizativos nuevos, o de técnicas de comercialización nuevas.
V11265	II1R10C2	Total monto invertido 2018	Indique el valor invertido por su empresa en el 2018, en cada una de las siguientes actividades científicas, tecnológicas y de innovación, para la introducción de bienes o servicios nuevos o significativamente mejorados, y/o la implementación de procesos nuevos o significativamente mejorados, de métodos organizativos nuevos, o de técnicas de comercialización nuevas.
V11482	IV4R11C3	Total personal involucrado en Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación (Suma de las opciones 1 a 6). Total hombres y mujeres	Distribuya el personal ocupado promedio que participó en actividades científicas, tecnológicas y de innovación en su empresa durante 2018 (pregunta IV.1), según su área funcional principal y sexo:

Lista de Variables Input			
ID	Nombre	Etiqueta	Descripción
V11484	IV5R1C2	¿Contrató su empresa agentes de consultoría externa para la realización de actividades científicas, tecnológicas y de innovación durante 2018? Si su respuesta es afirmativa, indique el número de consultores(as) que prestaron servicios tanto dentro de la empresa como fuera de ella: Número de agentes consultores(as) prestando servicios dentro de la empresa (tiene puesto de trabajo en las instalaciones de la empresa)	Agentes consultores que fueron contratado con propósitos afines a las actividades de innovación de la empresa
V11485	IV5R1C3	¿Contrató su empresa agentes de consultoría externa para la realización de actividades científicas, tecnológicas y de innovación durante 2018? Si su respuesta es afirmativa, indique el número de consultores(as) que prestaron servicios tanto dentro de la empresa como fuera de ella: Número de agentes consultores(as) prestando servicios fuera de la empresa (no tiene puesto de trabajo en las instalaciones de la empresa)	Agentes consultores que fueron contratado con propósitos afines a las actividades de innovación de la empresa

Lista de Variables Input			
ID	Nombre	Etiqueta	Descripción
V11518	IV7R5C1	Total personal capacitado y/o financiado. Personas capacitadas 2017	Indique el número de personas ocupadas que recibieron formación y capacitación relacionada específicamente con actividades científicas, tecnológicas y de innovación (correspondiente al valor registrado en capítulo II - pregunta 1 - ítem 9), según el tipo de capacitación impartida, financiada o cofinanciada por la empresa en el año 2017:
V11519	IV7R5C2	Total personal capacitado y/o financiado. Personas capacitadas 2018	Indique el número de personas ocupadas que recibieron formación y capacitación relacionada específicamente con actividades científicas, tecnológicas y de innovación (correspondiente al valor registrado en capítulo II - pregunta 1 - ítem 9), según el tipo de capacitación impartida, financiada o cofinanciada por la empresa en el año 2018:

Lista de Variables Output			
ID	Nombre	Etiqueta	Descripción
V11181	I1R4C2N	Número total de innovaciones de bienes o servicios nuevos 2017 - 2018	Especifique el número.
V11188	I1R4C2M	Total innovaciones de bienes o servicios significativamente mejorados. Número total de innovaciones de bienes o servicios significativamente mejorados 2017 - 2018	Especifique el número.
V11190	I1R4C2	Introdujo nuevos o significativamente mejorados métodos de producción, distribución, entrega, o sistemas logísticos en su empresa. Total innovaciones 2017-2018	Especifique el número.
V11192	I1R5C2	Introdujo nuevos métodos organizativos implementados en el funcionamiento interno de la empresa, en el sistema de gestión del conocimiento, en la organización del lugar de trabajo, o en la gestión de las relaciones externas de la empresa. Número total de innovaciones 2017 - 2018	Especifique el número.
V11194	I1R6C2	Introdujo nuevas técnicas de comercialización en su empresa (canales para promoción y venta, o modificaciones significativas en el empaque o diseño del producto), implementadas en la empresa con el objetivo de ampliar o mantener su mercado. (Se excluyen los cambios que afectan las funcionalidades del producto puesto que eso correspondería a un bien o servicio significativamente mejorado). Número total de innovaciones 2017 - 2018	Especifique el número.
V11765	VI1R8C2	Total de registros de propiedad intelectual vigentes a diciembre 2018	Para cada uno de los siguientes métodos de protección, indique si su empresa es titular de derechos de propiedad intelectual vigentes a diciembre de 2018, y especifique el número de registros correspondiente.

Lista de Variables Output			
ID	Nombre	Etiqueta	Descripción
V11780	VI2R8C2	Total de registros de propiedad intelectual obtenidos en el período 2017 - 2018	Para cada uno de los siguientes métodos de protección, indique si su empresa obtuvo derechos de propiedad intelectual durante el período 2017-2018, y especifique el número de registros correspondientes.
V11782	VI3R1C2	Secreto Industrial. Número de casos en que utilizó el método en 2017 - 2018	Especifique el número de casos en que utilizó el método correspondiente.
V11784	VI3R2C2	Alta complejidad en el diseño. Número de casos en que utilizó el método en 2017 - 2018	Especifique el número de casos en que utilizó el método correspondiente.
V11786	VI3R3C2	Acuerdos o contratos de confidencialidad con otras empresas. Número de casos en que utilizó el método en 2017 - 2018	Especifique el número de casos en que utilizó el método correspondiente.
V11788	VI3R4C2	Acuerdos o contratos de confidencialidad con el personal empleado. Número de casos en que utilizó el método en 2017 - 2018	Especifique el número de casos en que utilizó el método correspondiente.
V11799	VI6R1C2	Durante el período 2017 – 2018, ¿su empresa obtuvo certificaciones de calidad de proceso?. Si su respuesta es afirmativa, indique cuántas. (por ejemplo, si tiene 2 procesos con ISO-14040 y un proceso con ISO-9001, debe registrar 3 certificaciones). Número de Certificaciones	Certificaciones obtenidas por la empresa
V11801	VI7R1C2	Durante el período 2017 – 2018 ¿su empresa obtuvo certificaciones de calidad de producto?. Si su respuesta es afirmativa, indique cuántas. (por ejemplo, si tiene 2 productos con ISO-9000, debe registrar 2 certificaciones). Número de Certificaciones	Certificaciones obtenidas por la empresa

DMU	Ajuste	Nombre	Descripcion
110	1	E. Bebidas	Elaboración de bebidas
141	1	C. Prendas de vestir	Confección de prendas de vestir, excepto prendas de piel
152	1	F. Calzado	Fabricación de calzado
181	1	Act. Impresión	Actividades de impresión y actividades de servicios relacionados con la impresión
202	1	F. Otros P.Quimicos	Fabricación de otros productos químicos
210	1	F. Farmaceuticos	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico
251	1	F. Metalurgia	Fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor
271	1	F. Motores	Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos y de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica
281	1	F. Maquinaria y equipo	Fabricación de maquinaria y equipo de uso general
311	1	F. Muebles	Fabricación de muebles
282	0,980	F. Maquinaria especial	Fabricación de maquinaria y equipo de uso especial
108	0,957	E.Otros P.Alimenticios	Elaboración de otros productos alimenticios
104	0,928	E.Lacteos	Elaboración de productos lácteos
222	0,912	F.Plasticos	Fabricación de productos de plástico
139	0,836	F.Otros textiles	Fabricación de otros productos textiles
259	0,795	F.Otros Meta-lurgia	Fabricación de otros productos elaborados de metal y actividades de servicios relacionadas con el trabajo de metales
105	0,756	E.Molineria, Almidon	Elaboración de productos de molinería, almidones y productos derivados del almidón
101	0,747	P. Carnicos - Pescado	Procesamiento y conservación de carne, pescado, crustáceos y moluscos
201	0,729	F.Quimicos y sinteticos	Fabricación de sustancias químicas básicas, abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados, plásticos y caucho sintético en formas primarias
170	0,726	F.Papel y carton	Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón
239	0,671	F.Minerales no metalicos	Fabricación de productos minerales no metálicos n.c.p.
329	0,541	Otras Industrias Manufactureras	Otras industrias manufactureras n.c.p.

Cuadro 6: tabla de Eficiencia con Nombres Completos