

DEA – DEA

Authored by
memjavad

December 2, 2025

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *DEA – DEA*. Spanish Psychological Databases. Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=6691>

Análisis de Envoltura de Datos (DEA)

Primary Disciplinary Field(s): Investigación Operativa, Economía (Econometría de Fronteras), Gestión de la Producción, Ingeniería Industrial

Proponents: Abraham Charnes, William W. Cooper, Edward Rhodes

1. Principios Fundamentales y Definición

El Análisis de Envoltura de Datos (DEA, por sus siglas en inglés, **Data Envelopment Analysis**) constituye una metodología no paramétrica y determinista utilizada para evaluar la eficiencia relativa de un conjunto de unidades homogéneas, denominadas Unidades de Toma de Decisiones (UTD o DMU, **Decision Making Units**). Esta técnica, anclada firmemente en la programación matemática, específicamente en la optimización lineal, busca determinar la "frontera de eficiencia" mediante la construcción de una envolvente convexa que abarca todas las observaciones de entrada (inputs) y salida (outputs) de las UTD analizadas. A diferencia de los métodos paramétricos tradicionales que requieren la especificación previa de una forma funcional, el DEA opera bajo el principio de que la mejor práctica observada define el estándar de eficiencia, permitiendo una evaluación comparativa sin imponer supuestos restrictivos sobre la tecnología de producción o la maximización de beneficios.

La esencia del DEA radica en su capacidad para manejar múltiples inputs y outputs simultáneamente, superando las limitaciones de los ratios simples o los índices de productividad parcial que a menudo ocultan ineficiencias o sesgan la evaluación. Una UTD es considerada **eficiente** si se encuentra ubicada directamente sobre la frontera de eficiencia, lo que implica que, para el nivel de inputs utilizados, está generando el máximo de outputs posible, o, alternativamente, para el nivel de outputs generado, está minimizando los inputs necesarios. Las UTD que no alcanzan esta frontera son consideradas ineficientes, y el DEA proporciona una medida escalar de esta ineficiencia, indicando la distancia que separa a la UTD de sus pares eficientes o "benchmarks". Esta medida es crucial para el diagnóstico gerencial, ya que no solo señala la existencia de ineficiencia, sino que también identifica las UTD eficientes que sirven como modelos a seguir.

Es crucial entender que la eficiencia medida por el DEA es inherentemente **relativa**. La frontera de eficiencia se construye exclusivamente a partir de los datos observados dentro de la muestra; por lo tanto, la eficiencia de una UTD se define en relación con el rendimiento de las otras UTD incluidas en el análisis. Si todas las UTD operan por debajo de su potencial teórico absoluto, la frontera resultante será subóptima en términos absolutos, pero aun así, el método identifica a las mejores UTD dentro del grupo de comparación. Este enfoque comparativo lo convierte en una herramienta potente para la gestión interna y la identificación de las mejores prácticas (**benchmarking**) en sectores como la banca, la educación, la sanidad o los servicios públicos,

donde la medición de la productividad suele ser compleja debido a la naturaleza heterogénea de los productos y recursos utilizados y generados.

2. Desarrollo Histórico y Contexto Intelectual

Aunque los conceptos de fronteras de producción y eficiencia tienen raíces en la economía neoclásica, particularmente en el trabajo seminal de [Farrell \(1957\)](#) sobre la medición de la eficiencia productiva, quien propuso descomponer la eficiencia en componentes técnicos y asignativos, el DEA como metodología operativa fue formalizado e introducido por **Charnes, Cooper y Rhodes (CCR)** en su artículo fundamental de 1978, publicado en el *European Journal of Operational Research*. Este modelo inicial, conocido simplemente como el modelo CCR, adaptó los principios de la programación lineal, específicamente el modelo de programación de metas desarrollado por Charnes y Cooper, para construir la envolvente convexa que define la frontera de producción. La innovación clave fue transformar el concepto de eficiencia de Farrell, que era difícil de implementar empíricamente con múltiples variables, en un conjunto de problemas de optimización lineal resolubles, haciendo el análisis accesible a la computación moderna.

El contexto intelectual que propició el surgimiento del DEA fue la necesidad creciente, especialmente en el sector público y las organizaciones sin fines de lucro, de contar con herramientas robustas para medir el desempeño y la productividad. A diferencia de las empresas privadas, donde la maximización de beneficios o la minimización de costos proporcionan métricas claras, muchas organizaciones enfrentan objetivos múltiples y a menudo contradictorios, haciendo que las medidas de productividad tradicionales sean inadecuadas. El DEA ofreció una solución al permitir que las UTD definieran su propia "tecnología" de producción implícita a través de la combinación de inputs y outputs observados, proporcionando una evaluación de la **eficiencia técnica pura**, libre de sesgos de precios o supuestos rígidos sobre la maximización de beneficios o la forma funcional de la tecnología.

Tras el modelo CCR, que asumía rendimientos constantes a escala (CRS), se produjo una rápida evolución metodológica impulsada por la necesidad de modelar realidades organizacionales más complejas. El desarrollo más significativo fue la introducción del modelo BCC (**Banker, Charnes, y Cooper**) en 1984. Este modelo permitió la medición de la eficiencia técnica pura (o eficiencia de gestión) al separar los efectos de la escala. Al asumir rendimientos variables a escala (VRS), el modelo BCC permitió que la frontera de eficiencia se ajustara más estrechamente a los datos, proporcionando una medida de eficiencia más precisa para UTD que operan en tamaños muy diferentes. Desde entonces, el campo ha florecido, incorporando cientos de extensiones que abordan problemas como variables no discrecionales, outputs indeseables, dinámicas temporales (DEA dinámico) y la incorporación de incertidumbre (DEA estocástico), consolidando al DEA como una disciplina madura dentro de la Investigación Operativa.

3. Metodología Central: Eficiencia y Fronteras

La aplicación del DEA se centra en resolver un problema de programación lineal para cada UTD. Para una UTD específica (DMU?), el objetivo es maximizar su ratio de outputs ponderados sobre inputs ponderados, sujeto a la restricción de que el mismo ratio para todas las demás UTD no supere la unidad. En su formulación original, el modelo CCR se presenta en forma de ratio, pero se transforma en un problema de programación lineal (PL) utilizando las propiedades de dualidad, lo que facilita enormemente su resolución computacional a gran escala. La solución óptima de este PL proporciona el puntaje de eficiencia (θ) de la UTD en cuestión, donde $\theta = 1$ indica eficiencia total y $\theta < 1$ indica ineficiencia, siendo $(1 - \theta)$ la medida de la ineficiencia que debe ser eliminada radialmente.

El concepto fundamental es la construcción de la **frontera de eficiencia**, que se define como la envolvente convexa de las mejores prácticas observadas. Esta frontera representa la "mejor tecnología" disponible dentro de la muestra, es decir, la combinación de inputs y outputs que ninguna otra UTD puede superar. La frontera actúa como un estándar idealizado, compuesto por combinaciones lineales de las UTD eficientes reales. La ineficiencia de una UTD se mide proyectándola ortogonalmente o radialmente hacia esta frontera. La proyección radial implica una reducción proporcional de todos los inputs (en la orientación a input) o un aumento proporcional de todos los outputs (en la orientación a output) hasta alcanzar la frontera.

Para una UTD ineficiente, el DEA identifica un conjunto de UTD eficientes (los "pares de referencia" o "benchmarks") que forman el punto de proyección de la UTD ineficiente sobre la frontera. Este punto de proyección, conocido como la UTD virtual, muestra cómo debería operar la UTD ineficiente si adoptara las mejores prácticas de sus pares. La diferencia entre la operación actual de la UTD y su punto de proyección virtual define la magnitud de la holgura (**slack**) o ineficiencia que debe ser eliminada. Es fundamental distinguir entre la ineficiencia radial (la reducción proporcional) y la ineficiencia de holgura (la ineficiencia no radial que queda después de la proyección radial), ya que ambas deben abordarse para alcanzar la eficiencia total.

4. Orientación y Rendimientos a Escala

Existen dos orientaciones primarias para el análisis DEA, cuya elección depende de la capacidad de gestión de las UTD sobre sus recursos o resultados. La **orientación a input** busca determinar la máxima reducción proporcional de inputs que es posible lograr, manteniendo el nivel de outputs actual. Esta orientación es apropiada cuando la UTD tiene mayor control sobre los recursos que utiliza, como en la manufactura o la gestión de costos. Por otro lado, la **orientación a output** busca la máxima expansión proporcional de outputs que se puede lograr, manteniendo constante el nivel de inputs. Esta orientación se prefiere cuando los outputs (como la demanda de servicios o la producción) son el objetivo principal, como en hospitales o universidades.

La distinción entre los principales modelos de DEA reside en el supuesto que hacen sobre los **Rendimientos a Escala (RTS)**. El modelo CCR asume **Rendimientos Constantes a Escala (CRS)**, implicando que un cambio proporcional en los inputs resulta en el mismo cambio proporcional en los outputs. Bajo CRS, la frontera de eficiencia es lineal y pasa por el origen, y la eficiencia medida es una combinación de eficiencia técnica y eficiencia de escala. Este supuesto es válido solo si todas las UTD operan a su escala óptima o pueden libremente ajustar su escala sin restricciones externas.

El modelo BCC, en contraste, asume **Rendimientos Variables a Escala (VRS)**. Este supuesto es más flexible y reconoce que las UTD pueden experimentar rendimientos crecientes, decrecientes o constantes debido a factores como el tamaño del mercado, las regulaciones o la indivisibilidad de los factores de producción. La frontera VRS es cóncava y se ajusta más estrechamente a los datos, permitiendo medir la **Eficiencia Técnica Pura (ETP)**, que es independiente de la escala de operación. La combinación de los resultados CCR y BCC permite una valiosa descomposición: la Eficiencia Total (CCR) es el producto de la Eficiencia Técnica Pura (BCC) y la **Eficiencia de Escala**. Si la UTD es técnicamente eficiente ($BCC=1$) pero ineficiente en el CCR, su ineficiencia se debe únicamente a operar en una escala subóptima.

5. Extensiones y Variaciones Metodológicas

El DEA ha evolucionado considerablemente para adaptarse a la complejidad de los datos del mundo real, dando lugar a numerosas extensiones que abordan limitaciones específicas de los modelos CCR y BCC. Una variación importante es el tratamiento de las holguras (slacks). Los modelos originales son radiales, es decir, solo miden la reducción o expansión proporcional a lo largo de un rayo desde el origen. Sin embargo, puede existir ineficiencia no radial (holgura) que no se captura en la primera etapa del análisis. Para abordar esto, se desarrollaron modelos no radiales y aditivos, como el **Modelo SBM (Slack-Based Measure)**, que mide la ineficiencia basada en la suma de las holguras de inputs y outputs, proporcionando una métrica de eficiencia unitaria y monótona que es invariante a la elección de la orientación y que aborda la ineficiencia de holgura directamente.

Otra área crítica de extensión es el manejo de datos dinámicos y la intertemporalidad. El **DEA Dinámico**, desarrollado para analizar procesos donde los outputs de un período sirven como *carry-overs* (insumos internos) para el período siguiente (por ejemplo, el capital acumulado o la reputación), permite evaluar la eficiencia a lo largo del tiempo, reconociendo la conexión entre las decisiones operativas de períodos sucesivos. Además, en muchas aplicaciones, las variables de entrada o salida no son totalmente controlables por la UTD, sino que están influenciadas por el entorno (variables ambientales). Para obtener una medida de la eficiencia ajustada al contexto operativo, se utiliza el DEA de dos etapas o los modelos de regresión de frontera, que buscan aislar la ineficiencia puramente gerencial de aquella atribuible a factores exógenos.

Finalmente, la incorporación de factores cualitativos y la gestión de la incertidumbre han dado lugar a métodos como el **DEA Estocástico** y el **DEA Fuzzy**. El DEA estocástico busca abordar el ruido y los errores de medición en los datos, diferenciando la ineficiencia verdadera del ruido estadístico, un enfoque que lo acerca a la Econometría de Fronteras Estocásticas (SFA) pero manteniendo la naturaleza no paramétrica. El DEA Fuzzy, por su parte, se aplica cuando los datos de entrada o salida son inherentemente imprecisos, vagos o lingüísticos, permitiendo el uso de números difusos para representar estas variables, lo cual es útil en encuestas de percepción, evaluaciones subjetivas de calidad o contextos donde la información es incompleta o ambigua, ampliando significativamente el rango de problemas que el DEA puede abordar con rigor.

6. Aplicaciones Empíricas y Ejemplos Prácticos

La versatilidad del DEA lo ha establecido como una herramienta estándar en la investigación operativa y la economía aplicada, siendo utilizado para evaluar la eficiencia en una vasta gama de sectores, tanto públicos como privados, donde la medición de la productividad multifactorial es esencial. Su principal ventaja es la capacidad de generar un índice de eficiencia único a partir de múltiples dimensiones de desempeño sin requerir la especificación de precios de mercado. En el sector financiero, el DEA es ampliamente utilizado para evaluar la eficiencia operativa de sucursales bancarias, compañías de seguros y fondos de inversión. Los inputs suelen incluir capital, personal (horas/hombre) y gastos operativos, mientras que los outputs son préstamos, depósitos y otros servicios financieros. El análisis permite a las instituciones identificar qué sucursales son las más eficientes en la conversión de recursos en productos financieros y establecer objetivos de mejora específicos para las sucursales rezagadas.

En el ámbito de la salud, el DEA es fundamental para la gestión hospitalaria y la política sanitaria. Los investigadores utilizan el DEA para medir la eficiencia de hospitales, clínicas y unidades de atención primaria, donde los inputs pueden ser el número de camas, personal médico y equipamiento tecnológico, y los outputs incluyen el número de pacientes atendidos, días de estancia ajustados y la calidad de los servicios (ajustada por la complejidad de los casos o *case-mix*). Estos estudios son vitales para la toma de decisiones sobre la asignación de recursos escasos y la identificación de las mejores prácticas clínicas y administrativas. El DEA permite a los responsables políticos comparar el desempeño de sistemas sanitarios regionales o nacionales, facilitando la implementación de reformas basadas en la evidencia empírica de eficiencia.

Otro campo de aplicación dominante es el sector público y la educación. El DEA se emplea para evaluar la eficiencia de escuelas, universidades y distritos escolares. En este contexto, los inputs incluyen el gasto por estudiante, el número de profesores calificados y las instalaciones físicas, mientras que los outputs son las tasas de graduación, los puntajes en pruebas estandarizadas y la empleabilidad de los egresados. Al comparar la eficiencia de diferentes instituciones, las autoridades educativas pueden diseñar políticas de mejora y asignar fondos de manera más

equitativa y productiva. Más allá de estos sectores, el DEA se ha aplicado exitosamente en la evaluación de la eficiencia de redes de transporte, sistemas de distribución de energía, departamentos de policía, y en la evaluación del desempeño ambiental, donde los outputs indeseables (contaminación) se incorporan en el modelo.

7. Limitaciones, Desafíos y Críticas

A pesar de su potencia y flexibilidad, el DEA no está exento de críticas y presenta varias limitaciones metodológicas que deben ser consideradas cuidadosamente por los investigadores y profesionales. La crítica más significativa se centra en la naturaleza **determinista** del método. A diferencia de los métodos estocásticos (como el SFA), el DEA asume que cualquier desviación de la frontera es atribuible enteramente a la ineficiencia gerencial. No contempla la posibilidad de ruido estadístico, errores de medición o factores aleatorios que puedan afectar el desempeño de las UTD, lo que puede llevar a una sobreestimación de la ineficiencia en entornos ruidosos. Las UTD que experimentan mala suerte o errores de datos pueden ser injustamente etiquetadas como ineficientes, lo que requiere la aplicación de técnicas de corrección como el DEA bootstrap o el DEA robusto.

Otra limitación importante es la alta **sensibilidad del DEA a la selección de las variables** (inputs y outputs) y a la muestra. La inclusión o exclusión de una UTD "atípica" o extremadamente eficiente puede alterar significativamente la forma de la frontera y, consecuentemente, los puntajes de eficiencia de todas las demás UTD. Además, el DEA sufre de la "maldición de la dimensionalidad": a medida que aumenta el número de inputs y outputs, y disminuye el número de UTD, es más probable que un número mayor de UTD sea clasificado como eficiente (un puntaje de 1), reduciendo el poder discriminatorio del análisis. Los analistas deben seguir reglas empíricas estrictas para asegurar que el número de UTD sea sustancialmente mayor que la suma de inputs y outputs para mantener la validez estadística y la capacidad de diferenciación del modelo.

Finalmente, el DEA solo mide la **eficiencia técnica**, es decir, la capacidad de utilizar los recursos de la mejor manera posible dada la tecnología observada, sin incorporar información sobre los precios de los inputs o los outputs. Esto significa que una UTD puede ser técnicamente eficiente (producir la máxima cantidad posible con sus recursos) pero **económicamente ineficiente** si utiliza una combinación de inputs que resulta ser excesivamente costosa en relación con los precios de mercado. Aunque existen extensiones del DEA que incorporan precios (como el DEA de Costos o el DEA de Ingresos) para medir la eficiencia asignativa y económica, el modelo básico se mantiene mudo respecto a la optimización de costes. Por lo tanto, los resultados del DEA deben interpretarse primordialmente como una medida de la eficiencia relativa de la gestión interna, y no necesariamente como una indicación de la eficiencia económica general o la maximización del beneficio.

Further Reading

[Data Envelopment Analysis - Wikipedia](#)

[ScienceDirect - Data Envelopment Analysis](#)

[Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. \(1978\). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2\(6\), 429-444.](#)

[Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. \(1984\). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30\(9\), 1078-1092.](#)

ARABPSYCHOLOGY.COM