

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Análisis de eficiencia en el sector sanitario.

Autor: Juan Manuel Rodríguez Santiago.

Tutores: Gabriel Villa Caro y Jose David Canca Ortiz.

**Dep. Organización Industrial y Gestión de  
Empresas I**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**

Sevilla, 2020





Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

# **Análisis de eficiencia en el sector sanitario.**

Autor:

Juan Manuel Rodríguez Santiago

Tutores:

Gabriel Villa Caro y Jose David Canca Ortiz

Departamento Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Proyecto Fin de Grado: Análisis de eficiencia en el sector sanitario.

Autor: Juan Manuel Rodríguez Santiago.

Tutores: Gabriel Villa Caro y David Canca Ortiz.

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

# Contenido

CAPÍTULO 1. OBJETO DEL PROYECTO.....	6
CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 3. EFICIENCIA EN EL SECTOR SANITARIO.....	9
3.1. Relación entre calidad y eficiencia.....	9
3.2. Actividades de soporte a la actividad sanitaria.....	10
3.3. Prestación de servicios.....	11
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS POR ENVOLTURA DE DATOS (DEA).....	13
4.1. Introducción.....	13
4.2. Conceptos fundamentales.....	13
4.3. Tecnología y Orientación.....	15
4.4. Modelos.....	17
4.4.1. Modelos con retornos de escala constantes.....	17
4.4.2. Modelos con retornos de escala variables.....	23
CAPÍTULO 5. CASO DE ESTUDIO: APLICACIÓN.....	26
5.1. DEA en sistemas sanitarios.....	26
5.1.1. Comparación entre unidades con producción de distinta naturaleza.....	26
5.2. Selección de inputs y outputs.....	29
5.3. Limitaciones del estudio.....	32
5.5. Características del modelo: tecnología y orientación.....	33
5.6. Modelos.....	33
5.7. Recopilación de información.....	35
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	40
6.1. Modelo radial con retornos de escala constantes y orientación de entrada..	40
6.2. Modelo con retornos de escala variables y orientación de entrada.....	43
6.3. Eficiencia de escala.....	45
CAPÍTULO 7. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.....	47
7.1. Breve resumen. Conclusiones en base a la unión de resultados obtenidos y la experiencia en el hospital.....	47
7.2. Gasto total anual. Revisión.....	48
7.2.1. Mantenimiento del hospital.....	50
7.2.2. Actividad asistencial y mantenimiento de instalaciones.....	52
7.3. Respuesta a los objetivos fijados.....	53

8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	55
------------------------------------	----

#### 4.4.1.2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de la unidad productiva, DMU. ....	13
Figura 2. Representación gráfica tecnología CRS (1 entrada y 1 salida). ....	16
Figura 3. Representación tecnología VRS (1 entrada y 1 salida). ....	17
Figura 4. Representación gráfica modelo tecnología CCR (1 entrada y 1 salida). ....	19
Figura 5. Representación gráfica tecnología CCR-Input (1 entrada y 1 salida). ....	20
Figura 6. Solución modelo CCR-Input (2 entradas y 1 salida). ....	21
Figura 7. Representación gráfica modelo CCR-Output (1 entrada y 1 salida). ....	22
Figura 8. Resolución gráfica modelo CCR-Output (1 entrada y 2 salidas). ....	23
Figura 9. Gráfica modelo BCC-Input (1 entrada y 1 salida). ....	24
Figura 10. Resolución gráfica modelo BCC-Output (1 entrada y 1 salida). ....	25
Figura 11. Representación esquemática de las entradas y salidas del problema. ....	31
Figura 12. Peso Medio por Unidad .....	37
Figura 13. Presupuesto por Unidad. ....	37
Figura 14. PSF por Unidad .....	38
Figura 15. PSNF por Unidad. ....	38
Figura 16. Estadística resultados CRS-Input. ....	41
Figura 17. Estadística resultados VRS-Input. ....	43
Figura 18. Estadística resultados eficiencia de escala. ....	46
Figura 19. Distribución de gastos anuales 2016 HUVR. ....	49

#### 4.4.1.3. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Artículos DEA en el sector sanitario. ....	29
Tabla 2. Peso Medio de las unidades hospitalarias. ....	35
Tabla 3. Recursos de las unidades hospitalarias. ....	36
Tabla 4. Resultados modelo radial con retornos de escala constantes y orientación de entrada. ....	40
Tabla 5. Modelo con retornos de escala variables y orientación de entrada. ....	43
Tabla 6. Resultados eficiencia CRS, VRS y de escala. ....	45
Tabla 7. Gastos anuales Hospital Virgen del Rocío. ....	49
Tabla 8. Gastos anuales por tipo de servicio. ....	52

# CAPÍTULO 1. OBJETO DEL PROYECTO.

En el sector sanitario el papel de los hospitales es principal, por lo que una gestión eficiente implica el avance hacia la mejora de prestaciones para la población. A la hora de valorar el desempeño general de cada hospital, surgen dudas como: ¿qué factores determinan la eficiencia o ineficiencia? ¿cuáles son los hospitales eficientes? ¿qué áreas dentro del hospital son las que provocan la ineficiencia? ¿qué podemos hacer para mejorarlas? Con las respuestas a estas preguntas, los encargados de diseñar las políticas sanitarias pueden establecer criterios y elaborar procedimientos para mejorar los resultados.

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es establecer el grado de eficiencia del Hospital Universitario Virgen del Rocío, de forma que los responsables dispongan de información útil para la toma de decisiones. Para ello se toman como responsables directos de la eficiencia las distintas unidades que asisten en todo el complejo hospitalario, y se realiza un estudio cuantitativo del grado de eficiencia de éstas. Como objetivos secundarios: realizar un estudio de referencias DEA aplicadas a sanidad y comprobar el impacto que tienen las áreas de soporte sobre la actividad asistencial.

La herramienta para medir la eficiencia está basada en el Análisis por Envoltura de Datos (DEA – *Data Envelopment Analysis*). Es una metodología de amplio uso en el campo de la economía y la empresa, y que, como se va a analizar en este trabajo, ya tiene numerosos precedentes en el análisis de organizaciones sanitarias. Será el principal instrumento medidor de la eficiencia, aunque también se utilizarán otros métodos para recoger datos sobre la gestión del centro hospitalario que el método DEA no tiene en cuenta.

El trabajo se estructura en 8 capítulos en los que se desarrollan los siguientes temas: En el segundo capítulo se pone en contexto la situación actual del Hospital Universitario Virgen del Rocío. En el tercero, se introducen los conceptos de calidad y eficiencia en el sector sanitario. El cuarto capítulo presenta el marco teórico de la metodología que se va a utilizar. El capítulo 5 contiene la explicación del problema y de los datos más relevantes para el estudio. El capítulo “Análisis de los resultados obtenidos” expone los resultados tras aplicar el modelo DEA expuesto en el capítulo anterior, y en el capítulo 7 “Resumen y conclusiones del estudio” se realizan propuestas de mejora en base a los resultados obtenidos, junto a un análisis sobre la influencia de las áreas soporte en la actividad sanitaria. Finalmente, el capítulo 8 recoge toda la bibliografía que se ha consultado para realizar el trabajo.

## CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN.

La situación actual de España de descontento generalizado, así como la falta de confianza en los partidos políticos y su forma de gestionar el dinero público hace que sea interesante preguntarse cómo están funcionando los hospitales públicos del país.

La OMS, en su informe sobre la salud en el mundo (OMS, 2010) estimó que entre un 20% y un 40% del gasto sanitario de los países se pierde debido a la ineficiencia de su sistema sanitario, por lo que es un tema de interés común plantearse qué se puede hacer para mejorar el funcionamiento actual.

Tras haber estado inmerso en el funcionamiento del Hospital Universitario Virgen del Rocío (HUVR) durante la realización de mis prácticas curriculares, he podido comprobar de primera mano las pérdidas mensuales debidas a la ineficiencia en la gestión de los servicios. Este problema viene de hace mucho tiempo atrás, y es algo con lo que muchos profesionales del sector sanitario están concienciados.

He tenido acceso a gran parte de los datos financieros del hospital, así como a la información de los recursos con los que cuentan y los gastos que éstos requieren. Estando presente en el día a día de la actividad, es posible identificar qué áreas son las que más problemas tienen y cuáles son sus orígenes. Pero limitarse a observar la realidad y hablar con los afectados no es suficiente para determinar la eficiencia. Es necesario recurrir a datos objetivos sobre el servicio que permitan evaluar la gestión de forma correcta.

Para tener una idea de la magnitud del problema, el HUVR atendió el año 2016 más de 1.150.000 consultas de atención primaria y más de 295.000 urgencias. Son cifras muy altas, que pueden dar la impresión de una buena gestión, pero se empañan al ver el tiempo medio de espera en Urgencias o el tiempo medio de espera para intervenciones quirúrgicas: 2,2 horas y 92 días, respectivamente<sup>1</sup>.

En su composición, el Complejo Hospitalario Virgen del Rocío está constituido por siete centros asistenciales, tres edificios industriales, dos centros administrativos y un pabellón de gobierno. Pertenece al Sistema Sanitario Público de Andalucía y su área de influencia es Andalucía Occidental: Sevilla y Huelva. Dotado con más de 1.290 camas instaladas, cuenta con una plantilla de recursos humanos de cerca de 7.900 trabajadores. Diariamente, los servicios generales del hospital (cocina, lavandería, limpieza, seguridad, etc.) lo realizan cerca de 2.000 profesionales. Al no ser procesos que añadan valor a la actividad asistencial, estos servicios están subcontratados a empresas privadas que realizan su propia gestión de recursos. Acceden por concurso según los paquetes de trabajo que oferta el hospital. El resto de trabajadores realizan actividades directamente relacionadas con el servicio sanitario, por lo que son funcionarios del estado.

---

<sup>1</sup> Fuente: [www.hospitaluvroci.es](http://www.hospitaluvroci.es)

Todos estos datos permiten obtener una aproximación de la magnitud del hospital y de su importancia para la población. Esta envergadura, junto a una mala gestión, es la causante de grandes ineficiencias, y por consiguiente, grandes pérdidas, tanto económicas como sociales.

Se va a realizar un estudio teniendo en cuenta todos los datos medibles de los que se dispone de manera objetiva, aunque teniendo en cuenta el factor humano a la hora de analizar los resultados y sacar conclusiones. Al ser un sector relacionado única y exclusivamente con la atención al cliente (paciente), a la vez que poco automatizado y con la mayoría de tareas totalmente manuales, sería un error no contar con ese factor a la hora de identificar las posibles mejoras.

La actividad del hospital se puede diferenciar por unidades. El funcionamiento de cada una de ellas es independiente de las demás. Se caracterizan por el tipo de patología que tratan, que se clasifica según la zona del cuerpo a la que afecta. Existen más de 20 unidades en el hospital, de las que se lleva el registro de la actividad en la memoria anual. Muchas comparten algunas subactividades e incluso pacientes que pasan de una a otra, pero todas son distintas, por lo que se definen como las unidades de estudio a comparar para calcular la eficiencia global del hospital.

# CAPÍTULO 3. EFICIENCIA EN EL SECTOR SANITARIO.

## 3.1. Relación entre calidad y eficiencia.

Calidad y eficiencia son dos conceptos que están muy relacionados. Cualquier servicio puede prestarse dentro de unos márgenes aceptables de calidad con más o menos eficiencia, pero hay que tener presente que una búsqueda excesiva de eficiencia puede resultar en un perjuicio para la calidad de servicio. López y Castellanos, 2004, establecen una serie de elementos que determinan la calidad, y afirman que ésta debe entenderse como una cuestión abierta. En la valoración del servicio resulta decisivo el modo en el que se produce la relación directa con el paciente, por lo que se vuelve necesario personalizar la relación entre administrador y administrado.

Los factores determinantes de la calidad que establecen son los siguientes, teniendo en cuenta que no siempre aparecen de forma secuencial y pueden darse algunos de ellos y otros no, por lo que la valoración de la calidad puede variar de un servicio a otro.

- El grado de competencia del personal que atiende el servicio.
- La fiabilidad o grado de resolución al problema que ofrece el prestador del servicio.
- El modo en el que el prestador del servicio asume la necesidad del usuario y se esfuerza en su resolución.
- La disposición al servicio: facilidad de acceso, adecuación a las necesidades del usuario, funcionalización de la relación, etc.
- Credibilidad, reputación.
- Cortesía, buen trato, educación.
- Elementos tangibles del servicio, como es la limpieza o el grado de conservación de las instalaciones.

Aunque es un ámbito en el que parece injusto “sacrificar” calidad por eficiencia, la innegable escasez de recursos hace que sea imprescindible que la actividad se desarrolle próxima a los márgenes de eficiencia. El objetivo es alcanzar la máxima calidad posible usando el mínimo de recursos. En definitiva, la búsqueda de la calidad tiene que ser la del balance óptimo entre calidad y eficiencia.

La definición de los estándares de buena calidad en los servicios de salud es una tarea compleja que siempre ha sido objeto de debate. Desde el punto de vista de los gestores, la calidad con la que se ofrecen los servicios médicos no puede ser a costa de sacrificar la eficiencia, ya que si no se mantiene el control de los recursos disponibles se producirá un inevitable derroche que provocará que el alcance de estos servicios sea menor del que debiera, Simón (2002).

Valorar la calidad y la eficiencia de los servicios sanitarios es un trabajo complicado ya que, además de tener que realizar mediciones sobre conceptos abstractos, existen intereses (por motivos políticos, sociales, etc.) que pueden influir en dichas mediciones. Tanto la calidad como la eficiencia son conceptos abstractos, la necesidad de evaluarlas es evidente, pero siempre es un reto debido a que los indicadores deben separar claramente la parte de mala calidad/ineficiencia debida a las características de los pacientes, de la parte que corresponde a la atención prestada. Además, la valoración de la calidad conlleva una dificultad añadida, y es que cada persona tiene su propio concepto de ella. A diferencia de una pieza fabricada, donde la calidad reside en valores objetivos como medidas, acabados, tolerancias, etc., la calidad del servicio sanitario se ve sujeta a la opinión de cada paciente, que fijará sus propios estándares en función de sus intereses personales.

Según Jiménez (2004), uno de los puntos de vista más usuales de los pacientes es que una consulta médica debe ser lo más breve posible y debe enfocarse directamente en el problema, mientras que por el contrario, otro muy común es que la entrevista médica sólo será de buena calidad si el médico emplea una buena parte de su tiempo en oír todos los detalles de los síntomas que sufre el paciente.

Desde el punto de vista del médico no existe una definición exacta de lo que se considera una atención médica de buena calidad, aunque se establece un punto de partida: debe conocerse el estado actual del paciente y hacer uso de la tecnología correspondiente (Conil, 2006). Si el médico utiliza un procedimiento anticuado para atender al paciente, no se puede afirmar que esté brindando una atención médica de calidad. Tampoco podrá afirmarse esto si al paciente se le indica una prueba diagnóstica o un tratamiento que no está recogido entre los apropiados por la comunidad médica para la supuesta enfermedad, ni siquiera aunque el paciente quede satisfecho con el procedimiento seguido.

Un sistema de salud puede ser calificado como eficiente cuando, realizando un uso mínimo de los recursos que dispone, es capaz de ofrecer su servicio con una calidad aceptable para los pacientes.

### 3.2. Actividades de soporte a la actividad sanitaria.

Al analizar el funcionamiento de los hospitales, la tendencia es pensar únicamente en médicos, enfermeros y toda la maquinaria avanzada necesaria para asistir, pero no hay que olvidar al personal no sanitario, que da un servicio imprescindible para el buen funcionamiento. Es el caso de celadores, recepcionistas, personal de mantenimiento de instalaciones, lavandería, comedor, etc. A pesar de no desarrollar actividades que añadan valor (prueba médica para conocer síntomas del paciente/tratamiento para mejorar estado de salud, etc.), estas áreas tienen una función de soporte crítica en el desarrollo de la actividad asistencial.

A continuación se exponen las tareas de soporte que afectan directamente a la producción del hospital, y por lo tanto a su eficiencia.

- Transporte de pacientes: Es crucial tener a disposición una plantilla acorde con las necesidades del área. En caso de que falte este personal, se da la situación de que el recurso más costoso, como puede ser el cirujano, está siendo desperdiciado (tiempo esperando en quirófano a que llegue el paciente que debe ser operado) debido a una mala gestión del recurso menos costoso, en este caso el celador.
- Mantenimiento: No sólo engloba máquinas de rayos X, incubadoras, etc., sino también incluye instalaciones eléctricas, de agua, gas y ventilación. Algo simple como la ventilación puede provocar estragos en el hospital si no funciona correctamente, dando lugar a propagación de enfermedades, empeoramiento de pacientes, etc. Lo mismo ocurre al hablar de la electricidad: fallos en el sistema pueden desencadenar accidentes para pacientes cuyas vidas dependen de la asistencia de una máquina.
- Limpieza: Las personas recién ingresadas deben contar con una instalación impoluta. La limpieza post-alta de todos los pacientes es fundamental. Al igual que un enfermero tiene que esterilizar el material con el que va a explorar, el personal de limpieza debe asegurarse de que las habitaciones no se conviertan en un foco de infecciones y a su vez sean un lugar de descanso para el paciente. Es un proceso constante que no cesa a ninguna hora, ya que una habitación sin limpiar es una habitación disponible menos en el hospital, lo que se traduce en un paciente que no puede ser atendido. De la misma forma funciona el sistema de lavandería, que debe ser muy rigurosa con los tratamientos para que no haya ningún contagio entre pacientes.
- Comedor: La alimentación de los pacientes influye directamente en su estado de salud. La importancia del servicio no reside solo en tener siempre lista la comida para una gran cantidad de personas, sino también prestar rigurosa atención a las intolerancias y alergias de los pacientes. Esto supone una gran coordinación médico-enfermero-comedor, ya que cualquier fallo puede tener consecuencias graves.

### 3.3. Prestación de servicios.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, queda reflejada la complejidad de la actividad asistencial en toda su extensión. Prestar un servicio de calidad a la vez que eficiente depende de un número muy elevado de factores. ¿Es necesario tenerlos todos en cuenta a la hora de realizar el estudio?

Como se ha expuesto anteriormente, el hospital subcontrata todos los procesos que no añaden valor a la asistencia médica. Si bien, el motivo de subcontratar es la reducción de costes, a su vez también supone una pérdida de control de la actividad. Al ser otra empresa la que gestiona los recursos, no es posible para el hospital medir la eficiencia del servicio. Sólo podrá evaluar el funcionamiento de forma externa. Es decir, comprobar si están cumpliendo con todos los requisitos del cliente.

La gestión de la subcontratación no es una tarea sencilla. Para asegurarse de que las necesidades están cubiertas, debe fijarse un contrato de nivel de servicio (*SLA*, *Service*

*Level Agreement*) con la empresa subcontratada donde se refleje claramente cual es el nivel mínimo de servicio que se va a recibir en un tiempo determinado con el presupuesto que se ha acordado. Debe ser confeccionado cuidadosamente, ya que de ello dependerá el buen funcionamiento del hospital. Es necesario conocer a la perfección las necesidades del hospital. En el caso de la limpieza, un punto crucial es el de la limpieza de un número determinado de habitaciones post-alta al día. Para fijar ese número, hay que haber estudiado previamente el volumen diario de altas del hospital. Es decir, ser consciente de la carga real de trabajo que existe.

Para comprobar que el *SLA* se cumple será imprescindible tener establecidos los indicadores claves del rendimiento (*KPIs, Key Performance Indicators*), cuyos datos tendrán que ser reportados con una frecuencia determinada por la empresa subcontratada. Toda esta información debe ser analizada por un responsable, encargado de asegurar que los servicios contratados se están cubriendo correctamente, y penalizarla en caso contrario.

Una vez hecho esto, el hospital podrá conocer si la empresa subcontratada cubre sus necesidades. Si se parte de la base de que el servicio está cubierto y satisface las necesidades del hospital, se llega a la siguiente pregunta: ¿pueden obtenerse los mismos resultados reduciendo costes? Al no tener control sobre los recursos, las preguntas más frecuentes a la hora de optimizar procesos no tienen respuesta para el organismo público. ¿Es posible ahorrar en materiales? ¿Es posible reducir personal con la carga de trabajo actual?

El hospital finalmente se encuentra con una situación en la que tiene que perder mucho tiempo con trámites de una actividad que no controla, teniendo que dedicar menos tiempo a otros que sí forman parte realmente de su actividad. De forma más grave ocurre con el mantenimiento de maquinaria. El hospital se encuentra ante situaciones en las que la producción no tiene más remedio que pararse, ya sea por mal funcionamiento o seguridad.

Esta particularidad del hospital obliga a reducir el estudio de la eficiencia únicamente a la actividad sanitaria. En un entorno donde solo es posible conocer un recurso/entrada (total de € invertidos), no es posible valorar correctamente la eficiencia. Sería necesario desglosar ese presupuesto por cada unidad hospitalaria y, a su vez, desglosarlo en recursos humanos y materiales.

En definitiva, independientemente de que la eficiencia no se vaya a evaluar teniendo en cuenta las tareas de apoyo a la producción, hay que recalcar que éstas juegan un papel clave en el rendimiento y la calidad del servicio que se da a los pacientes. Son muchos los casos<sup>2</sup> en los que la opinión pública del hospital ha sido influenciada directamente por la gestión de estos servicios. Se dan casos en los que, aunque la atención médica ha sido correcta y por lo tanto de buena calidad, el hecho de no tener un buen sistema de limpieza ha desembocado en numerosas quejas y reclamaciones hacia el hospital.

---

<sup>2</sup> Diario de Sevilla, 11/09/17: Mantenimiento: La falta de personal lleva a la decadencia de los hospitales.

# CAPÍTULO 4. ANÁLISIS POR ENVOLTURA DE DATOS (DEA).

## 4.1. Introducción

El DEA - *Data Envelopment Analysis* (Charnes et al., 1978) nació como una herramienta para evaluar la eficiencia de una serie de unidades de toma de decisión (DMU: *Decision Making Unit*). Las DMUs tienen todas en común que se evalúan mediante entradas y salidas, todas poseen las mismas en diferentes cantidades.

Además de evaluar la eficiencia del grupo de DMUs, DEA es capaz de señalar con cuál de las demás debe compararse una determinada DMU que no se sitúa en la frontera eficiente, es decir, a cuál debería parecerse para ser eficiente.

## 4.2. Conceptos fundamentales.

Antes de pasar a explicar los modelos DEA, es necesario definir algunos conceptos básicos, Villa (2016).

Unidad productiva: Organización consumidora de recursos (entradas) y productora de bienes o servicios (salidas) con la capacidad de modificarlos.

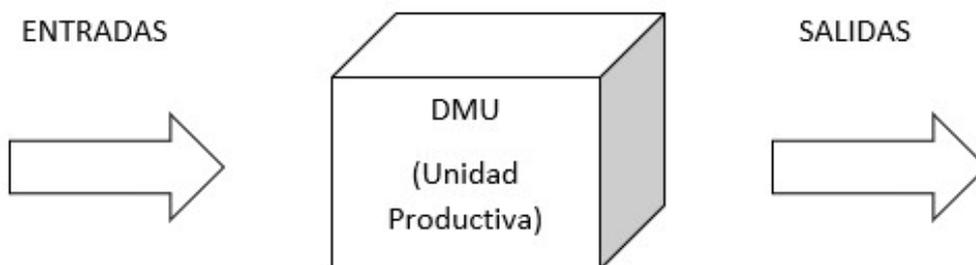


Figura 1. Representación de la unidad productiva, DMU.

Productividad: La productividad es una medida de la forma en la que se están aprovechando los recursos. No es más que la relación entre los recursos consumidos y la producción. La fórmula de la productividad es:

$$Productividad = \frac{Producción\ creada}{Recurso\ consumido} = \frac{Salida}{Entrada}$$

Esta expresión tiene validez cuando solo se trata de una entrada y una salida. No obstante, lo normal es que las DMUs cuenten con múltiples entradas y salidas.

La parte más compleja de calcular la productividad es la agrupación de entradas y salidas de naturaleza distinta. Los conceptos de entrada y salida virtual son utilizados

para resolver el problema. Se agregan las salidas y las entradas escaladas mediante un peso para que el resultado sea adimensional e independiente de la escala que se utilice.

Esta productividad se expresa como:

$$Productividad = \frac{\text{Suma ponderada de salidas}}{\text{Suma ponderada de entradas}}$$

Por lo tanto, si se llama  $x_{ij}$  a la cantidad de entrada 'i' utilizada por la DMU 'j', e  $y_{jk}$  a la cantidad de salida 'k' que produce la misma unidad, se obtienen las expresiones:

$$\begin{aligned} \text{Entrada virtual}_j &= \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij} \\ \text{Salida virtual}_j &= \sum_{k=1}^s v_{kj}y_{kj} \end{aligned}$$

Donde  $u_{ij}$ ,  $v_{kj}$  son los pesos de cada entrada y salida, cuyo objetivo es adimensionar las fórmulas de entrada y salida virtuales. La 'm' es el número total de entradas incluidas en el modelo y 's' el número total de salidas. De esta forma, se define la productividad como:

$$Productividad = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj}y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij}}$$

Con la expresión anterior se obtiene la productividad absoluta de una unidad. Llegados a este punto, se puede dar un paso más y calcular la eficiencia al comparar entre sí unidades de características similares.

Eficiencia relativa:

$$Eficiencia\ relativa_j = \frac{\text{Salida virtual}_j / \text{Entrada virtual}_j}{\text{Salida virtual}_o / \text{Entrada virtual}_o}$$

El subíndice 'j' representa la DMU de estudio, y el subíndice 'o' la DMU referencia. Dependiendo de la referencia que se utilice, se pueden definir:

- Eficiencia global: La DMU referencia es aquella que tiene la mayor productividad del conjunto.
- Eficiencia técnica: La DMU referencia es la de mayor productividad teniendo en cuenta solo las DMUs de su tamaño, es decir, aquellas con entradas y salidas con de la misma magnitud.
- Eficiencia de escala: Es el cociente entre la eficiencia global y la eficiencia técnica.

La eficiencia relativa de cualquier unidad siempre es menor o igual a uno, si es menor se denomina ineficiente, ya que existe alguna otra unidad con mayor eficiencia en el conjunto.

#### 4.3. Tecnología y Orientación.

Previo a la explicación de los modelos, es necesario conocer algunos conceptos más: Orientación y retornos de escala.

Existen dos tipos de orientación:

- La orientación de entrada (Input Orientation) se busca cuando el objetivo es que la unidad obtenga la productividad deseada sin aumentar sus salidas, es decir, únicamente reduciendo la cantidad de recursos que consume.
- La orientación de salida (Output Orientation) busca lo contrario: El objetivo es producir más sin alterar la cantidad de recursos consumidos.

Existen múltiples tecnología, las más usadas son:

#### Retornos de escala constantes

El retorno de escala constante (CRS: *Constant Return to Scale*) asume que cualquiera de las DMUs es capaz de llegar a alcanzar la productividad de las que son eficientes, indiferentemente del tamaño que tengan. La eficiencia que calculamos es por tanto la eficiencia global, ya que las DMUs de mayor productividad son las unidades referencia de todas las demás.

El conjunto de DMUs se expresa entonces como:

$$T_{CRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda} \leq \vec{x}; \vec{\lambda} Y \geq \vec{y}\}$$

$\vec{\lambda}$  es el vector que representa a las unidades, con número de componentes igual al número de DMUs que hay en el conjunto.  $X$  e  $Y$  son respectivamente las matrices de entradas y salidas representadas en la unidades del problema, tienen tantas filas como

DMUs. En  $X$  el número de columnas es igual al número de entradas y en  $Y$  igual al número de salidas.

La representación del problema para una entrada y una salida es:

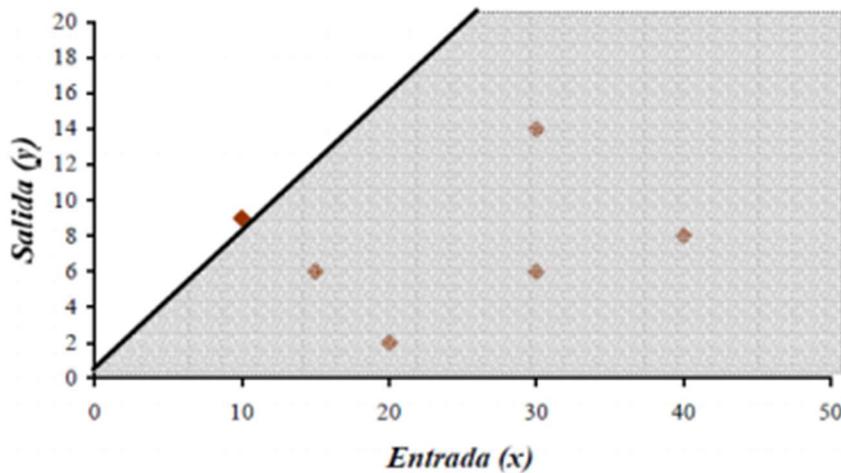


Figura 2. Representación gráfica tecnología CRS (1 entrada y 1 salida).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

Los puntos son las DMUs del problema y la parte sombreada representa el conjunto  $T_{CRS}$ . Los puntos que se encuentran dentro del conjunto son considerados admisibles (tecnología admisible). El conjunto se extiende hasta el infinito.

### Retornos de escala variables

Cuando existen unidades de distinto tamaño, se puede dar el caso de que nunca consigan alcanzar la productividad de las más grandes/más chicas debido a ineficiencias de escala. Es entonces cuando resulta útil utilizar retornos de escala variables (VRS: *Variable Return to Scale*). De esta forma lo que se calcula es la eficiencia técnica, que compara cada DMU con la de mayor eficiencia de entre las de su tamaño.

El conjunto de puntos admisibles del problema es:

$$T_{VRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda}X \leq \vec{x}; \vec{\lambda}Y \geq \vec{y}; \vec{\lambda}\vec{e}^T = 1\}$$

A diferencia del conjunto anterior, la tecnología VRS tiene como característica que la suma de las componentes de  $\vec{\lambda}$  debe ser igual a uno.

La representación del conjunto para una entrada y una salida es:

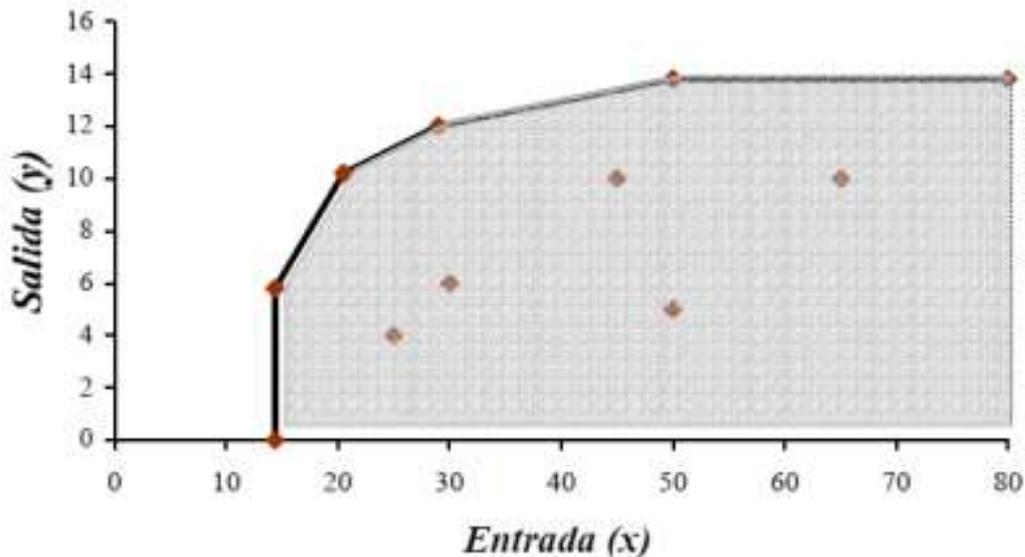


Figura 3. Representación tecnología VRS (1 entrada y 1 salida).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

La zona sombreada representa  $T_{VRS}$ , y los puntos son las DMUs del problema. La región también se extiende hasta el infinito.

La tecnología con la que se va a trabajar se decide dependiendo de las características del problema. Cuando las unidades que se estudian pueden llegar a obtener la máxima productividad posible se utiliza la hipótesis de retorno de escala constante, si estamos ante el caso contrario, en el que la productividad de las unidades se ve afectada por su tamaño, se usará la hipótesis de retorno de escala variable. Si no existe certeza de cuál es la tecnología que presenta el problema, lo mejor es elegir VRS.

#### 4.4. Modelos.

En este apartado se muestran los modelos DEA que se originan de las orientaciones y tecnologías mostradas en el anterior apartado. Aunque existen los modelos primal y dual, solo se estudiará el modelo dual.

##### 4.4.1. Modelos con retornos de escala constantes

###### 4.4.1.1. Modelo CCR-Input.

El modelo dual es conocido como forma envolvente:

$$\min \theta_j - \varepsilon \left[ \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, h_k^+, h_i^- \geq 0$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

Las 'n' variables  $\lambda_j$  corresponden a las 'n' primeras restricciones del problema primal,  $\theta_j$  a la restricción restante, y  $h_k^+$  y  $h_i^-$  (denominadas variables de holgura) corresponden a las 's+m' cotas existentes.

La resolución de este modelo consta de dos fases:

**Fase 1:**

$$\min \theta_j$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, h_k^+, h_i^- \geq 0$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

Obtenemos la solución  $\theta_j^*$  y pasamos a la segunda fase.

**Fase 2:**

$$\min - \left[ \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta^* x_{iJ} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kJ} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, h_k^+, h_i^- \geq 0$$

Cualquier DMU tiene como valores admisibles:

$$\theta_J = \lambda_J = 1; \lambda_j = 0 (\forall j \neq J); h_i^- = h_k^+ = 0 (\forall i \text{ y } \forall k)$$

Las restricciones establecen una combinación lineal entre el punto  $(x_{iJ}, y_{kJ})$  y los demás puntos estudiados  $(x_{ij}, y_{kj})$ , cuyo resultado es la unidad virtual  $(\theta_J, x_{iJ}, y_{kJ})$ .

La solución se basa en considerar que  $DMU_J$  es combinación lineal de sí misma. Al minimizar  $\theta_J$ , las componentes de las entradas se reducen proporcionalmente, hasta llegar a un punto que, con las mismas salidas, se obtiene la menor entrada admisible.

Para un conjunto de seis unidades productivas con una entrada y una salida, el problema puede representarse de la siguiente manera:

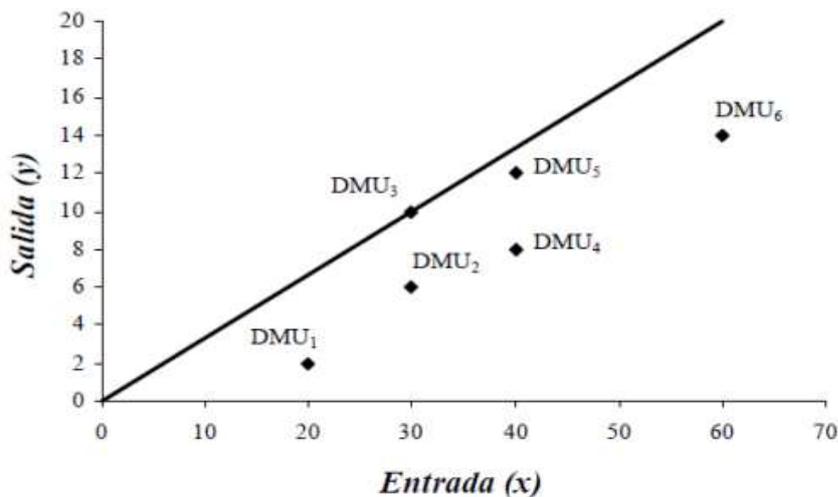


Figura 4. Representación gráfica modelo tecnología CCR (1 entrada y 1 salida).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

La línea que une el origen con la unidad 3 representa todos los posibles puntos que tendrían la misma eficiencia que la  $DMU_3$ , que resulta ser la de mayor productividad del conjunto. Esta recta tiene el nombre de frontera eficiente y es bajo la cuál se encontrará el resto de DMUs.

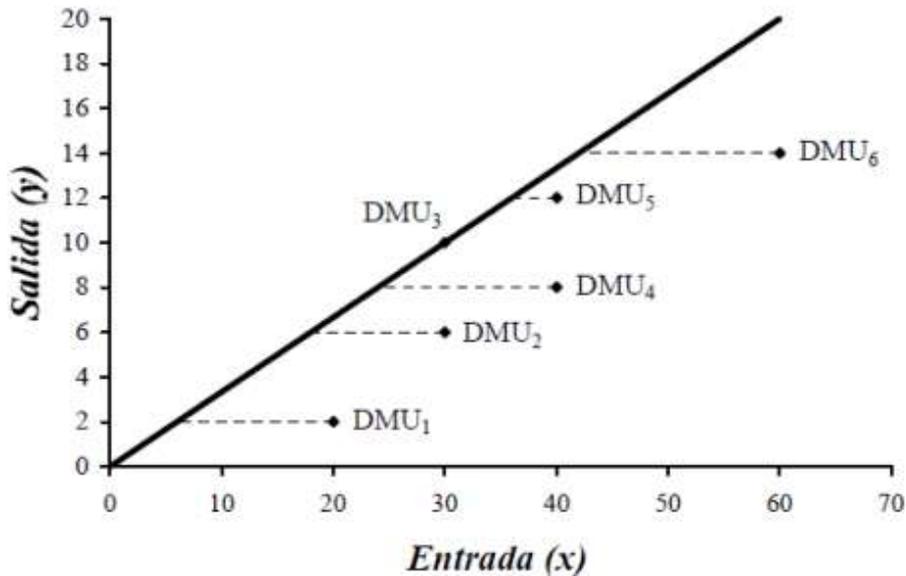


Figura 5. Representación gráfica tecnología CCR-Input (1 entrada y 1 salida).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

Como ya hemos visto, la frontera es el lugar geométrico donde la eficiencia de las unidades es igual a uno. La referencia de cada unidad en cuanto a eficiencia se muestra con las proyecciones calculadas, que indican la unidad a la que deberían parecerse reduciendo sus entradas (Orientación de entrada).

Si nos fijamos en las variables del dual,  $\theta_j$  es la cantidad de entradas que habría que utilizar para alcanzar la eficiencia y  $\lambda_j$  indica la proximidad de la proyección resultante de cada  $DMU_j$  con las DMUs eficientes de las que es combinación lineal.

Llamando 'x1' y 'x2' a las entradas e 'y' a la salida, realizamos la siguiente representación gráfica:

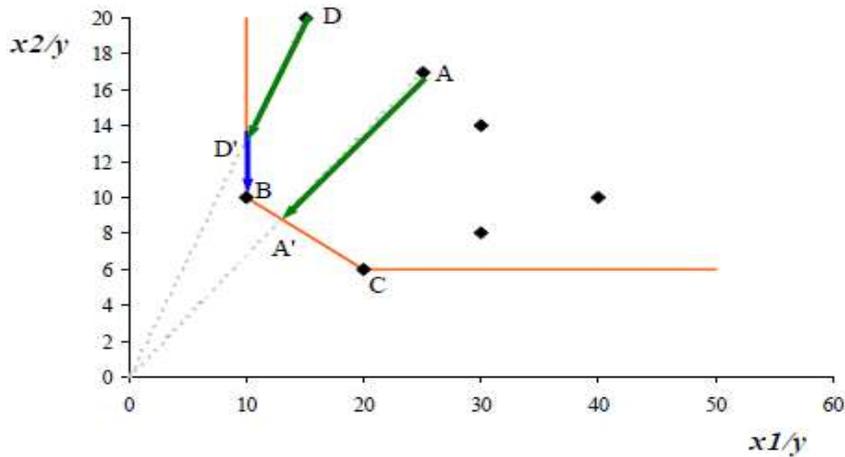


Figura 6. Solución modelo CCR-Input (2 entradas y 1 salida).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

En el caso de la figura, la frontera eficiente es la recta que une los puntos B y C, los hiperplanos paralelos a los ejes no entran en la frontera eficiente porque sus puntos no son DMUs eficientes (no se proyectan sobre sí mismas, es decir,  $(h_k^+)^*$ ,  $(h_i^-)^*$  distintos de 0).

En el caso general, por tanto, aparecerán unidades que únicamente necesitan reducción radial para ser proyectadas sobre la frontera (unidad A), reducción rectangular (unidad D') o ambos tipos de reducción (unidad D).

#### 4.4.1.2. CCR-Output.

Si se procede a linealizar la función objetivo minimizando el denominador y dejando constante el numerador, se llega a un modelo parecido al que hemos visto antes, en este caso la función objetivo representa el inverso de la eficiencia relativa de la unidad J, que siempre va a tener un valor mayor o igual a uno. Aplicando análogamente lo mismo que vimos en el modelo anterior, expresamos el problema dual:

$$\max \gamma_J + \varepsilon \left[ \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{iJ} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = \gamma_J y_{kJ} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, h_k^+, h_i^- \geq 0$$

$$\gamma_J \text{ libre}$$

En este modelo vemos una nueva variable, la amplificación radial. Es la amplificación que tiene que darse en las salidas para proyectarse en la frontera eficiente.

Representación gráfica para el caso de una entrada y una salida:

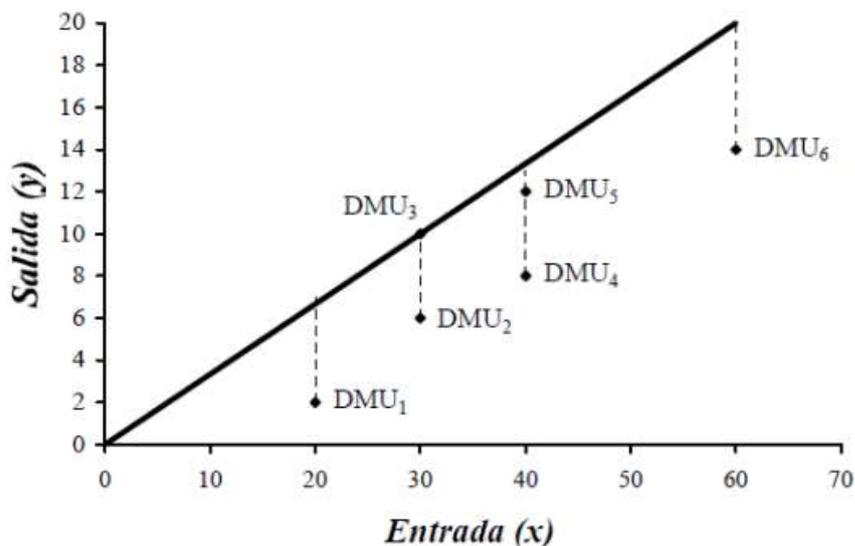


Figura 7. Representación gráfica modelo CCR-Output (1 entrada y 1 salida).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

Existe una solución del problema siempre admisible:

$$\gamma_j = \lambda_j = 1; \lambda_j = 0 (\forall j \neq J); h_i^- = h_k^+ = 0 (\forall i \text{ y } \forall k)$$

De la misma forma que en el modelo anterior, estos valores son los que toman las variables cuando son eficientes. La solución siempre admisible no es más que considerar que el punto es combinación lineal de él mismo. Con la maximización de  $\gamma_j$ , las componentes de las salidas crecen proporcionalmente hasta llegar al punto en el que, manteniendo el mismo nivel de entradas, obtenemos la mayor salida admisible. Esto se consigue proyectando el punto sobre la frontera eficiente, aumentando de forma radial las entradas. Por esto decimos que su orientación es de salida.

Para el caso de una entrada y dos salidas:

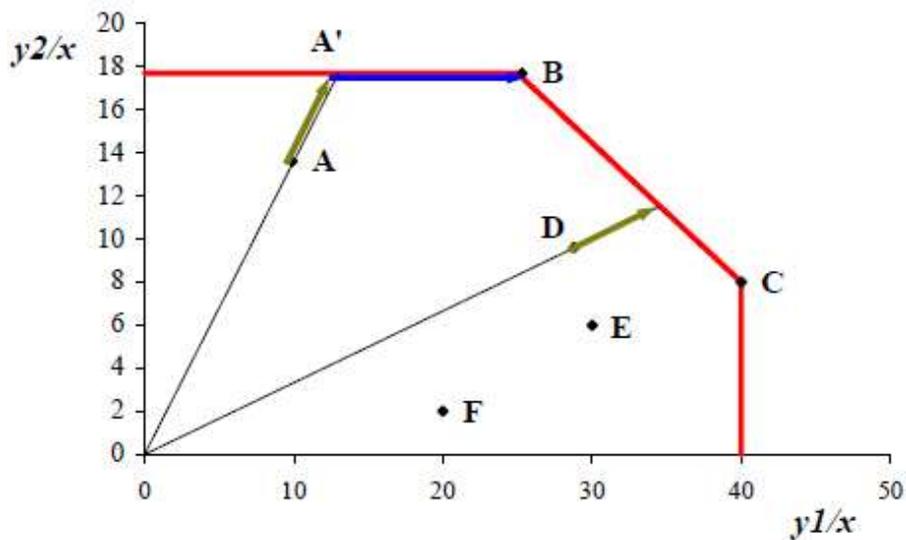


Figura 8. Resolución gráfica modelo CCR-Output (1 entrada y 2 salidas).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

#### 4.4.2. Modelos con retornos de escala variables

##### 4.4.2.1. Modelo BCC-Input.

Para tener en consideración los retornos de escala variable es necesario añadir alguna restricción o variable que establezca la comparación únicamente entre las de su tamaño y no con todas.

Realizando esta modificación al modelo CCR-INPUT:

$$\min \theta_j - \varepsilon \left[ \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, h_k^+, h_i^- \geq 0$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

La restricción que se añade obliga a que la proyección de la unidad se efectúe sobre el hiperplano formado únicamente por las de su tamaño que tienen más productividad. Con este modelo aparecen unidades eficientes que en el modelo anterior no eran consideradas como tal, por lo que la frontera eficiente constará de más unidades.

Las DMUs eficientes toman los valores:

$$\theta_j = \lambda_j = 1; \lambda_j = 0 (\forall j \neq J); h_i^- = h_k^+ = 0 (\forall i \text{ y } \forall k)$$

Donde la eficiencia relativa de cada unidad es  $\theta_j$ . En este caso también se aplican las mismas consideraciones sobre las proyecciones que se realizan sobre la frontera y los valores de las variables de holgura. Como vimos anteriormente, la reducción radial solo se permite para las entradas, por lo que el problema tiene orientación de entrada.

Caso de una entrada y una salida:

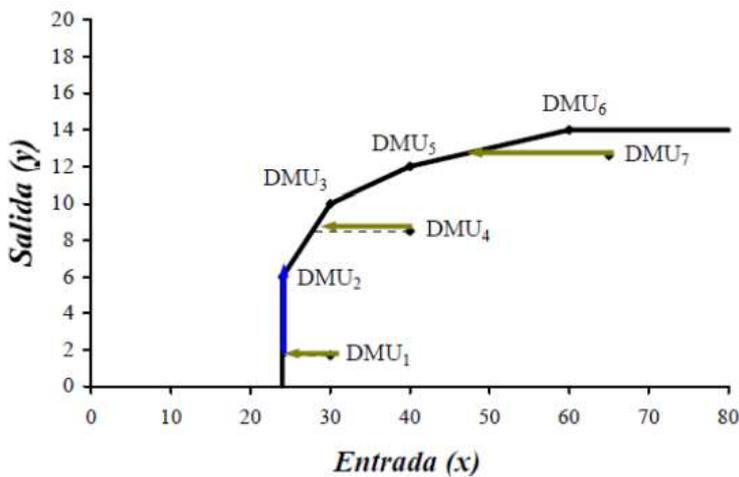


Figura 9. Gráfica modelo BCC-Input (1 entrada y 1 salida).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

La frontera eficiente la forman los segmentos  $DMU_2 - DMU_3$ ,  $DMU_3 - DMU_5$  y  $DMU_5 - DMU_6$ . Las DMUs son  $DMU_2$ ,  $DMU_3$ ,  $DMU_5$  y  $DMU_6$ .

La  $DMU_4$  con una reducción radial de su entrada consigue llegar a proyectarse sobre la frontera, la unidad 1, en cambio, con la reducción radial no llega a la frontera, por lo que necesita de una reducción rectangular adicional.

#### 4.4.2.2. Modelo BCC-Output.

Si la orientación es de salida, se obtiene análogamente el siguiente modelo:

$$\max \gamma_J + \varepsilon \left[ \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{ij} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = \gamma_J y_{kJ} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, h_k^+, h_i^- \geq 0$$

$$\gamma_J \text{ libre}$$

Resolviendo el modelo de forma gráfica:

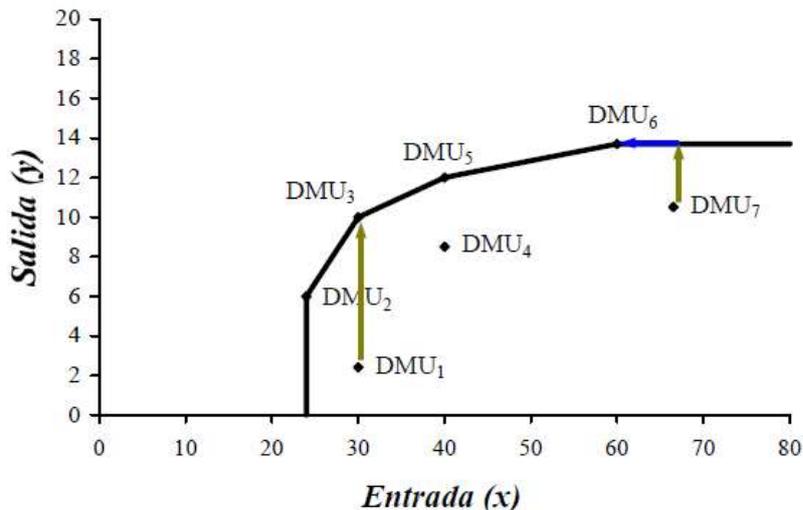


Figura 10. Resolución gráfica modelo BCC-Output (1 entrada y 1 salida).

Fuente: Villa, G. *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones.*

Si planteamos el modelo con las dos tecnologías y se obtienen diferencias entre los dos para una unidad en particular, significa que dicha unidad posee ineficiencia de escala. El valor de dicha ineficiencia será la diferencia entre la medición CRS y la medición VRS.

La ineficiencia de escala aparece cuando se está produciendo a un nivel de escala que no es óptimo, considerando como óptimo al que se obtiene de reescalar la actividad de las unidades eficientes (aquellas cuyo CRS es igual a 1).

# CAPÍTULO 5. CASO DE ESTUDIO: APLICACIÓN.

## 5.1. DEA en sistemas sanitarios.

Este método, por su flexibilidad, se adapta adecuadamente al sector que se pretende analizar. El análisis de los niveles de eficiencia obtenidos permite detectar los posibles lugares que actúan como referencia de la mayor parte de centros ineficientes. Se comprueban cuáles son los que tienen una mayor influencia en el nivel de eficiencia del resto de centros y que, por tanto, se consideran potenciales puntos de referencia (benchmarking).

Además de permitir ordenar las diferentes unidades según sus índices de eficiencia, esta técnica permite determinar cuántas veces una unidad determinada sirve como referencia para otras. Por otra parte, muestra el porcentaje o grado de mejora que se podría introducir en los centros (desde la perspectiva servicios), o en qué medida se podrían reducir los gastos si todas las unidades se asemejaran a las eficientes.

Así, por ejemplo, es posible incrementar las consultas, las visitas domiciliarias de enfermería, los ingresos, las intervenciones quirúrgicas, etc. Paralelamente se puede disminuir el gasto en radiología, uso del laboratorio clínico, etc. Estos resultados permiten fijar objetivos de cara al futuro y establecer planes de incentivos.

Como se ha visto anteriormente, el análisis de las áreas de soporte a la producción se ve relevado a un segundo plano en cuanto al uso de esta metodología. Más adelante, una vez se tengan los resultados del DEA, se analizarán los datos relativos a estas áreas.

### 5.1.1. Comparación entre unidades con producción de distinta naturaleza.

Al ser unidades diferentes en cuanto a servicios prestados, la producción de cada una de ellas será también diferente, por lo que no se pueden establecer unas salidas uniformes para todas. Aunque se pueda trabajar con el número de pacientes atendidos por cada una de ellas, los servicios prestados a estos pacientes varían en su complejidad. Por ejemplo: la unidad de Pediatría puede tener mayor número de pacientes atendidos que la de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, sin embargo, una operación de corazón es mucho más compleja que cualquiera de las que se llevan a cabo en Pediatría. Por lo que, aunque el número de atendidos sea mayor en una que en otra, no implica que esta unidad sea más productiva.

Es por eso que es necesario ponderar cada servicio según su grado de dificultad, es decir, establecer índices de complejidad. Estos índices vienen recogidos en el Boletín Oficial del Estado (BOE). Cuanto más compleja es la operación (número de personal necesitado, cualificación mínima, material necesario, tiempo de operación, zona del cuerpo, etc.) mayor es el índice que se le otorga.

De esta forma se puede comparar de forma homogénea la producción de distintas unidades. Haciendo un recuento del número de servicios prestados de cada tipo y multiplicando cada uno por sus respectivos índices se obtiene la producción total de la unidad.

Las unidades que se van a estudiar son 26:

1. Aparato Digestivo: Atención de patologías médicas del esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, hígado, páncreas y vía biliar.
2. Cardiología y Cirugía Cardiovascular: Centra su actividad en consultas y hospitalización. Estudio, diagnóstico, tratamiento e intervención de las enfermedades del corazón y del aparato circulatorio.
3. Cirugía Maxilofacial. Se ocupa de la prevención, estudio, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la patología de la cavidad bucal y de la cara, así como de las estructuras cervicales, relacionadas directa o indirectamente con las mismas.
4. Cirugía Pediátrica. Abarca todos los aspectos de la cirugía desde la concepción hasta la adolescencia.
5. Cirugía Plástica y Grandes Quemados: Se cubre toda la anatomía humana, la actividad se centra en regeneración de tejidos y microcirugía reparadora.
6. Enfermedades Infecciosas: Atención primaria de pacientes derivados, además de estudio y análisis de las enfermedades.
7. Hematología: Tratamiento de enfermedades de la sangre. Diagnóstico, tratamiento, estudio e investigación de la sangre y los órganos hematopoyéticos.
8. Medicina Física y Rehabilitación: Evaluación, tratamiento y seguimiento de enfermedades del sistema muscular, esquelético y neurológico, que produzcan dolor y/o algún grado de limitación funcional.
9. Neurocirugía: Intervención de determinadas enfermedades del sistema nervioso central, periférico y vegetativo, incluyendo sus estructuras vasculares.
10. Oftalmología: Atención, estudio e intervención de enfermedades de ojo.
11. Oncología Médica, Oncología Radioterápica y Radiofísica: Atención, cuidado y estudio de tumores, tanto benignos como malignos.
12. Oncología Pediátrica: Misma actividad enfocada a las edades comprendidas entre 0 y 14 años.
13. Urología y Nefrología: Asistencia, docencia e investigación de todo lo concerniente al aparato genitourinario (anatomía, fisiología, patología, diagnóstico, prevención, tratamiento y seguimiento), tanto desde el punto de vista médico como quirúrgico.

14. Angiología y Cirugía vascular: Prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades de las arterias, venas y linfáticos.
15. Cirugía General: Cubre distintos tipos de cirugía. Cirugía Bariátrica, Cirugía Coloproctológica, Cirugía Endocrinológica, Cirugía Esofagogástrica y TDS, Cirugía General de Urgencias, Cirugía General CMA, Cirugía General y Digestiva general, Cirugía Hepatobiliar y Pancreática Cirugía peritoneal y retroperitoneal.
16. Cirugía Ortopédica, Traumatología y Reumatología: Atiende las necesidades de salud relacionadas con el aparato locomotor o procesos reumatológicos.
17. Endocrinología y Nutrición: Prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades Endocrinológicas y nutricionales.
18. Ginecología y Patología Mamaria: En su actividad más significativa de la cartera de servicios están histeroscopia diagnóstica, consultas de Cirugía Ambulatoria, consultas de movilidad reducida, consultas de Cáncer Heredofamiliar, consultas de Suelo Pélvico multidisciplinar, consultas de endometriosis multidisciplinar, consultas de enfermería prequirúrgicas, consultas de ecografía de Alta Definición
19. Medicina Interna: Las unidades funcionales que posee son Cuidados Paliativos, Enfermedades Autoinmunes y Minoritarias, Hipertensión Arterial y Lípidos, Hospitalización a Domicilio, Medicina Integral, Unidad de Estancias Cortas.
20. Medicina Maternofetal, Genética y Reproducción: Tareas de genética y reproducción, aparte de medicina fetal y obstetricia, incluyendo urgencias obstétricas.
21. Neonatología: Neonatología general, cuidados intensivos y cuidados intermedios.
22. Neumología y Cirugía torácica: Deshabitación tabáquica, neumología general, neumopatías intersticiales, pruebas funcionales respiratorias y trastornos respiratorios del sueño.
23. Neurología y Neurofisiología: Tratamiento de demencias, epilepsias y neurología general y neuromuscular.
24. Otorrinolaringología: Ofrece servicios para patologías auditivas, nasosinusales, faríngeas, laríngeas y cervicales.
25. Pediatría: Estudio del crecimiento y el desarrollo de los niños hasta la adolescencia, así como el tratamiento de sus enfermedades.
26. Salud Mental: Prevención, detección y tratamiento de problemas de salud mental.

## 5.2. Selección de inputs y outputs

El punto de partida para un análisis comparativo es la selección de unidades entre las cuales se va a realizar la valoración. En este caso, las DMUs serán las distintas unidades asistenciales mencionadas anteriormente.

Una vez establecidas las unidades de estudio, la decisión más importante en un análisis DEA es la selección de los inputs y outputs que definirán el modelo. Con objeto de hacer una elección adecuada de las entradas y salidas del problema, se ha hecho uso de bibliografía perteneciente a otros científicos españoles:

Herrero et al. (2015) llegaron a la conclusión de que las empresas públicas habían sido más eficientes que los hospitales tradicionales en un estudio que comprendía los 32 hospitales públicos de Andalucía durante el período 2005-2008.

Cordero et al. (2016) observaron una mejora generalizada de la eficiencia media de todas las unidades (11 de las 12 unidades de provisión de atención primaria de Osakidetza) en el período 2010-2013, que no es mayor en las unidades constituidas como organizaciones sanitarias integradas.

La siguiente tabla recoge más artículos relevantes respecto al uso del DEA en el sector sanitario español, junto con sus respectivas variables de estudio.

Referencia	País/Muestra/Período de estudio	Entradas	Salidas
Herrero et al. (2015)	España	Camas	Alta ajustada por GRD Primeras consultas Intervenciones CMA Urgencias atendidas Sesiones de diálisis Sesiones de radioterapia
	32 hospitales públicos	Bienes y servicios	
	2005-2008	Número de profesionales	
Cordero et al. (2016)	España	Médicos	Hospitalizaciones evitadas Índice de calidad
	11 unidades de atención primaria	Enfermeros	
	2010-2013	Presupuesto prescripciones	
Seijas, A. e Iglesias, G. (2008)	España	Camas	Unidades de producción de hospitalización (UPH) Producto del número de altas por su complejidad
	10 hospitales	PSNF	
	2001-2006	PSF	

Tabla 1. Artículos DEA en el sector sanitario.

La salida para el caso de estudio estará definida mediante los índices de complejidad comentados anteriormente:

- **Peso medio:** Variable artificial que consiste en el producto del número de pacientes atendidos y el índice de complejidad del servicio prestado a cada uno. Esta variable está recogida directamente en las memorias anuales del hospital y es de acceso libre para todos sus empleados. Permite evaluar con exactitud la producción del hospital, ya que la clasificación recoge la complejidad de cada operación de una forma precisa.

De manera complementaria, los inputs habrán de seleccionarse de tal forma que representen los principales recursos con los que cuenta la unidad para llevar a cabo su actividad. Para que el modelo resulte sencillo y a la misma vez, se acerque lo máximo posible a la realidad, es necesario tener en cuenta los recursos humanos y materiales cuyo índice de criticidad sea más alto a la hora de realizar la actividad, dejando a un lado aquellos con menor índice (también necesarios, pero la falta de representación en el modelo no repercute de forma grave en los resultados).

Los inputs pueden ser clasificados de diferentes formas, aunque la mayoría de los estudios sobre eficiencia técnica emplean medidas de factor trabajo y capital.

Para este caso particular, el input trabajo se recoge en dos categorías profesionales:

- **Personal Sanitario No Facultativo (PSNF):** Enfermeras, auxiliares de enfermería y celadores en nómina.
- **Personal Sanitario Facultativo (PSF):** Médicos y cirujanos en nómina.

El input capital estará formado únicamente por el dinero que se ha invertido, que representa el activo del hospital:

- **Recursos económicos:** Cantidad de € invertida a lo largo del año. En esta variable se incluyen todos los gastos que haya podido tener el centro a lo largo del año, aunque la mayor parte va destinada a las nóminas de los trabajadores y la compra de material (sanitario y no sanitario).

Las entradas y salidas han sido elegidas teniendo en cuenta el enfoque de los trabajos anteriores y las particularidades del hospital. El input camas se repetía con mucha frecuencia en trabajos de metodología DEA aplicada al sector sanitario, ya que como se ha visto anteriormente es uno de los principales indicadores de los recursos con los que cuenta el hospital. Para este caso, al hacer una comparación entre unidades del hospital no tiene mucho sentido incluir esta variable en el modelo. Esto es así debido a que la diferencia entre las actividades que se llevan a cabo en cada unidad es grande a pesar de estar relacionadas entre sí. Aunque todos los servicios que prestan son médicos y tienen en común la utilización de material y profesionales sanitarios, el recurso utilizado no siempre será el mismo, así como los procedimientos que realizan. Por ejemplo, en la unidad de Otorrinolaringología las camas no tienen la misma criticidad que en una unidad de Cirugía, debido a que no se utilizan de la misma manera ni con la misma frecuencia. También en la unidad de Otorrinolaringología el número de camas es mucho más reducido, no por ello siendo mucho menor el número de pacientes atendidos.

Teniendo esto en cuenta, el modelo de producción se puede visualizar como:



Figura 11. Representación esquemática de las entradas y salidas del problema.

Es necesario explicar con más detalle algunas de estas variables definiéndolas en el contexto de la Sanidad Pública Andaluza para poder clasificarlas según la metodología DEA.

El Personal Sanitario No Facultativo (PSNF) se puede clasificar atendiendo a dos criterios<sup>3</sup>:

1. Por su titulación:

1.1. Personal titulado de Grado Medio:

Diplomado de Enfermería  
Ayudantes  
Técnicos Sanitarios  
Practicantes  
Matronas Enfermeras  
Fisioterapeutas

1.2. Otro personal titulado:

Técnicos Especialistas (Formación Profesional de segundo grado)  
Auxiliares de Enfermería (Formación Profesional de primer grado)  
Terapeutas Ocupacionales.

2. Por su función:

- 2.1 Diplomados en Enfermería, Ayudantes Técnicos Sanitarios y Enfermeras.
- 2.2 Practicantes - Ayudantes Técnicos Sanitarios.
- 2.3. Matronas.
- 2.4. Fisioterapeutas.
- 2.5. Terapeutas Ocupacionales.

---

<sup>3</sup> BOE: Ley 55/2003, de 16 de diciembre, del Estatuto Marco del personal estatutario de los servicios de salud.

- 2.6. Técnicos especialistas.
- 2.7. Auxiliares de Enfermería.

El Personal Sanitario Facultativo (PSF) lo constituyen profesionales con titulación superior, con formación específica, competente para ejercer una determinada función con responsabilidad personal final. Este grupo está compuesto por los médicos de cada especialidad, cuyo acceso a los hospitales públicos está reglado por el sistema de concurso-oposición.

### 5.3. Limitaciones del estudio

Las principales limitaciones que se pueden encontrar al llevar a cabo un trabajo de estas características podrán ser:

1. Complejidad a la hora de “plasmar una foto” de los recursos humanos que forman parte de macro unidades hospitalarias, dentro de las cuales se originan bajas, cambios, traslados, coberturas vacacionales, etc.
2. Dificultad para aislar unos procesos asistenciales que se encuentran enlazados entre ellos. Los recursos (tanto humanos como materiales) son utilizados por más de un área en muchas ocasiones, por lo que es difícil conocer qué cantidad de recurso se dedica a un área determinada.
3. Limitaciones propias de la metodología DEA, que no refleja en el resultado todas aquellas actividades y recursos que no hayan sido contempladas como variables de entrada o salida en el modelo.

Además de las anteriores, existe la dificultad añadida de no poder incluir en el modelo los datos de las áreas soporte. Como se ha expuesto en el capítulo 3, con un SLA y unos KPIs definidos para cada servicio auxiliar, es posible añadir más entradas y salidas a las unidades.

En este caso, sería posible desglosar el gasto total del hospital por unidades y añadir a cada una el presupuesto invertido en los servicios auxiliares. Este presupuesto a su vez se puede desglosar por servicio, siendo cada uno una entrada distinta. Las entradas serían, entre otras: presupuesto médico, presupuesto mantenimiento, presupuesto limpieza, presupuesto lavandería, etc.

Análogamente, con un reporte de KPIs de los servicios subcontratados es posible añadir más datos de salidas. Sería necesario establecerlos de forma uniforme para todas las unidades, del mismo modo que el Peso Medio unifica la actividad productiva a pesar de las diferencias existentes.

La parte de Mantenimiento es la más compleja de cuantificar en cuanto a desempeño. No solo hay que tener en cuenta la reparación de averías, sino el tiempo empleado. Como es lógico, hay máquinas complejas que llevan un mantenimiento especializado y máquinas sencillas que no implican cualificación. Del mismo modo, no podrá valorarse igual los mantenimientos correctivos y los mantenimientos preventivos, ya que los correctivos han provocado paradas de producción. Hay que tener en cuenta los

tiempos de respuesta de la empresa y los tiempos de reparación ante estos fallos, además de la repercusión en el servicio que ha tenido el tiempo de parada por la avería.

En definitiva, existen muchos datos a recabar que pueden establecer un cuadro de mando preciso que permita incluir los datos clave en este estudio, pero debido a que no existen datos actualmente, no es posible incluirlo en el estudio.

### 5.5. Características del modelo: tecnología y orientación.

El siguiente punto a debatir será la tecnología asociada al problema, que podrá ser de retornos de escala constante (CRS) o de retornos de escala variable (VRS).

La tecnología a utilizar depende de la diferencia de volumen entre unidades. Se utilizarán las dos en primera instancia y finalmente se calculará la eficiencia de escala.

Antes de aplicar el método, es necesario saber la orientación que tiene el modelo. La orientación que se escoja depende de la naturaleza de cada problema. En este caso, al tratarse de un hospital público, las salidas no solo dependen del hospital. Existe una demanda variable de servicios sanitarios que, aunque bien es cierto que con datos de años anteriores y por estadística puede aproximarse, es algo que no se puede medir con exactitud.

Las entradas, en cambio, sí dependen directamente del hospital, ya que puede contratar más o menos personal en función de la demanda prevista, por lo que el control sobre PSNF y PSF es directo. De la misma forma, el presupuesto anual será también una previsión, pero también será tarea de la dirección del hospital hacer el estudio correspondiente y pedir a la Junta de Andalucía la cantidad estimada.

Considerando todo lo anterior, las entradas del problema serán tratadas en el modelo como discrecionales. Es decir, el hospital tiene poder para tomar decisiones que favorezcan un mejor funcionamiento y optimización de su resultado. Las salidas, en cambio, serán no discrecionales ya que el hospital no tiene capacidad para decidir sobre su valor.

### 5.6. Modelos

Una vez decididas las entradas/salidas y la tecnología y orientación del problema, los dos modelos que se van a utilizar son los siguientes:

DATOS:

$PSF_j$  = Número de Personal Sanitario Facultativo de la unidad  $j$ .

$PSNF_j$  = Número de Personal Sanitario No Facultativo de la unidad  $j$ .

$PRES_j$  = Cantidad de € invertidos por la unidad  $j$ .

$PM_j$  = Peso Medio de la unidad  $j$ .

$i = 1,2,3$  índice para las entradas.

$j = 1,2, \dots, 26$  índice para las unidades hospitalarias.

VARIABLES:

$\lambda_j$  = vector para la proyección de la unidad  $\theta_j$ .

$\theta_j$  = reducción radial de las entradas ejercida por el modelo para la unidad J.

**CCR-Input:**

$$MIN \quad \theta_j - \varepsilon [h_{PSNF}^- + h_{PSF}^- + h_{PRES}^-]$$

sa:

$$\sum_{j=1}^{26} PM_j \lambda_j \geq PM_j$$

$$\sum_{j=1}^{26} PSNF_j \lambda_j \leq \theta_j PSNF_j - h_{PSNF}^-$$

$$\sum_{j=1}^{26} PSF_j \lambda_j \leq \theta_j PSF_j - h_{PSF}^-$$

$$\sum_{j=1}^{26} PRES_j \lambda_j \leq \theta_j PRES_j - h_{PRES}^-$$

$$\lambda_j, h_{PSNF}^-, h_{PSF}^-, h_{PRES}^- \geq 0 \quad \theta_j \text{ libre}$$

**BCC-Input:**

$$MIN \quad \theta_j - \varepsilon [h_{PSNF}^- + h_{PSF}^- + h_{PRES}^-]$$

sa:

$$\sum_{j=1}^{26} PM_j \lambda_j \geq PM_j$$

$$\sum_{j=1}^{26} PSNF_j \lambda_j \leq \theta_j PSNF_j - h_{PSNF}^-$$

$$\sum_{j=1}^{26} PSF_j \lambda_j \leq \theta_j PSF_j - h_{PSF}^-$$

$$\sum_{j=1}^{26} PRES_j \lambda_j \leq \theta_j PRES_j - h_{PRES}^-$$

$$h_{PSNF}^-, h_{PSF}^-, h_{PRES}^- \geq 0 \quad \theta_j \text{ libre} \quad \sum_{j=1}^{26} \lambda_j = 1$$

### 5.7. Recopilación de información

Para la recopilación de información necesaria en el análisis se ha acudido a los sistemas de información oficiales del hospital.

En el caso de las salidas, por tratarse de actividad con valores anuales acumulados, se ha recurrido a los datos recogidos en las Memorias Anuales de Actividad del año 2016.

Los datos referentes a outputs se recogen en la Tabla 2.

<b>Unidad</b>	<b>PM</b>
1. Aparato digestivo	9.06
2. Cardiología y Cirugía Vascolar	14.35
3. Cirugía Maxilofacial	11.38
4. Cirugía Pediátrica	7.10
5. Cirugía Plástica y Grandes Quemados	9.62
6. Enfermedades Infecciosas, Microbiología y Medicina Preventiva	9.18
7. Hematología	20.97
8. Medicina Física y Rehabilitación	42.42
9. Neurocirugía	14.92
10. Oftalmología	5.52
11. Oncología Médica, Oncología Radioterápica y Radiofísica	10.20
12. Oncología Pediátrica	8.62
13. Urología y Nefrología	13.52
14. Angiología y Cirugía Vascolar	14.79
15. Cirugía General	12.20
16. Cirugía Ortopédica, Traumatología y Reumatología	11.55
17. Endocrinología y Nutrición	10.04
18. Ginecología y Patología Mamaria	8.78
19. Medicina Interna	8.60
20. Medicina Maternofetal, Genética y Reproducción	3.86
21. Neonatología	18.36
22. Neumología y Cirugía Torácica	9.61
23. Neurología y Neurofisiología	10.28
24. Otorrinolaringología	7.88
25. Pediatría	5.91
26. Salud Mental	4.73

Tabla 2. Peso Medio de las unidades hospitalarias.

Los datos referentes a inputs se recogen en la Tabla 3.

<b>Unidad</b>	<b>Presupuesto (€)</b>	<b>PSF (#)</b>	<b>PSNF (#)</b>
27. Aparato digestivo	16.610.565	25	80
28. Cardiología y Cirugía Vascul ar	20.270.211	33	109
29. Cirugía Maxilofacial	1.881.075	12	14
30. Cirugía Pediátrica	2.949.055	9	52
31. Cirugía Plástica y Grandes Quemados	2.982.024	12	55
32. Enfermedades Infecciosas, Microbiología y Medicina Preventiva	25.216.457	30	75
33. Hematología	26.682.080	26	73
34. Medicina Física y Rehabilitación	4.357.840	16	108
35. Neurocirugía	8.688.906	11	67
36. Oftalmología	3.865.283	30	21
37. Oncología Médica, Oncología Radioterápica y Radiofísica	20.942.791	43	49
38. Oncología Pediátrica	2.489.688	6	48
39. Urología y Nefrología	28.531.269	34	153
40. Angiología y Cirugía Vascul ar	2.151.653	6	21
41. Cirugía General	10.305.683	35	105
42. Cirugía Ortopédica, Traumatología y Reumatología	19.429.827	56	122
43. Endocrinología y Nutrición	3.407.175	16	18
44. Ginecología y Patología Mamaria	4.192.756	22	49
45. Medicina Interna	11.065.341	35	148
46. Medicina Maternofetal, Genética y Reproducción	12.758.704	39	282
47. Neonatología	6.299.009	15	144
48. Neumología y Cirugía Torácica	9.812.817	26	65
49. Neurología y Neurofisiología	8.809.225	31	69
50. Otorrinolaringología	3.275.523	17	24
51. Pediatría	11.453.116	42	146
52. Salud Mental	8.552.453	80	163

Tabla 3. Recursos de las unidades hospitalarias.

Al representar los datos de forma gráfica, se puede observar la gran diferencia que hay entre algunas unidades. También se aprecia las que están por encima o por debajo de la media del hospital en cuanto a entradas y salida.



Figura 12. Peso Medio por Unidad

Destaca la gran diferencia que hay entre el mínimo y el máximo. La unidad de Oftalmología es la que tiene el mayor volumen de asistencias por grado de complejidad, mientras que las unidades de Urología y Aparato Digestivo son las que menos. La diferencia en las entradas, sin embargo, no es tan notoria, llegando a ser superior en las unidades que menos producen.



Figura 13. Presupuesto por Unidad.

Se observa que el área donde mayor presupuesto se ha destinado ha sido Urología y Nefrología. Es un dato a tener en cuenta, ya que es la 2ª unidad que menos produce. Esto puede ser debido a una baja eficiencia, pero también hay que tener en cuenta el factor hospitalización. Las unidades que más presupuesto han gastado son precisamente las unidades donde el paciente tiende a estar más tiempo ingresado.



Figura 14. PSF por Unidad

Salud Mental y Neurología cuentan con sólo 6 PSF. Son unidades pequeñas que están por debajo de la media en todas las entradas y también en la salida. La unidad de Urología, en cambio, cuenta con 80 facultativos.



Figura 15. PSNF por Unidad.

De nuevo la unidad de Urología está por encima de la media, siendo la 2ª unidad que más PSNF tiene trabajando. Existe de nuevo una gran diferencia respecto a los mínimos, que para esta entrada son las unidades de Oncología y Medicina Interna. Son unidades que también están por debajo de la media en el resto de factores, por lo que no sorprende. La unidad de Aparato Digestivo cumple con la teoría comentada anteriormente de las hospitalizaciones por área de asistencia. Debido a que es una de las que más pacientes ingresa cuenta con gran cantidad de PSNF. En el resto de áreas afines en cuanto a ingresos también se cumple en gran medida esta proporción.

Aunque pudiera intuirse que las unidades que más producen son las que cuentan con más personal/presupuesto, descubrimos que no es así.

Hay grandes diferencias entre las unidades, sobre todo en la cantidad de presupuesto con el que cuenta cada una. Como se observa, algunos presupuestos multiplican por 10 los de las unidades con menos gasto.

# CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Para la resolución del problema mediante la aplicación del algoritmo DEA se han utilizado los paquetes de software EMS y DEAP<sup>4</sup>.

## 6.1. Modelo radial con retornos de escala constantes y orientación de entrada

DMU	Score	Benchmarks	{S} Presupuesto {I}	{S} PSF {I}	{S} PSNF {I}	{S} Producción {O}
1 Aparato digestivo	15,96%	3 (0,04) 14 (0,58)	1324141,96	0	0	0
2 Cardiología y Cirugía Vascolar	18,61%	3 (0,04) 14 (0,94)	1674369,56	0	0	0
3 Cirugía Maxilofacial	100,00%	11				
4 Cirugía Pediátrica	30,39%	8 (0,12) 14 (0,14)	80719,09	0	0	0
5 Cirugía Plástica y Grandes Quemados	37,83%	8 (0,15) 14 (0,22)	0	0,82	0	0
6 Enfermedades Infecciosas, Microbiología y Medicina Preventiva	16,86%	3 (0,18) 14 (0,48)	2875125,38	0	0	0
7 Hematología	40,03%	3 (0,26) 14 (1,22)	7571214,53	0	0	0
8 Medicina Física y Rehabilitación	100,00%	12				
9 Neurocirugía	51,90%	8 (0,28) 14 (0,19)	2854692,68	0	0	0
10 Oftalmología	32,34%	3 (0,49)	337496,29	3,88	0	0
11 Oncología Médica, Oncología Radioterápica y Radiofísica	25,61%	3 (0,90)	3677180,29	0,26	0	0
12 Oncología Pediátrica	54,19%	8 (0,20)	463579,62	0	4,06	0
13 Urología y Nefrología	15,77%	8 (0,10) 14 (0,62)	2718049,9	0	0	0
14 Angiología y Cirugía Vascolar	100,00%	17				
15 Cirugía General	17,02%	8 (0,01) 14 (0,79)	0	1,02	0	0
16 Cirugía Ortopédica, Traumatología y Reumatología	12,84%	3 (0,34) 14 (0,52)	738324,52	0	0	0
17 Endocrinología y Nutrición	68,62%	3 (0,88)	678405,81	0,39	0	0
18 Ginecología y Patología Mamaria	28,92%	8 (0,04) 14 (0,49)	0	2,84	0	0
19 Medicina Interna	10,28%	8 (0,06) 14 (0,40)	0	0,18	0	0
20 Medicina Maternofetal, Genética y Reproducción	3,73%	8 (0,09)	79756,96	0	0,7	0
21 Neonatología	46,17%	8 (0,43)	1021920,07	0	19,74	0
22 Neumología y Cirugía Torácica	20,36%	3 (0,19) 14 (0,50)	557620,68	0	0	0
23 Neurología y Neurofisiología	20,27%	3 (0,29) 14 (0,48)	224902,78	0	0	0
24 Otorrinolaringología	41,85%	3 (0,53) 14 (0,12)	104710,56	0	0	0
25 Pediatría	6,93%	8 (0,04) 14 (0,30)	0	0,56	0	0
26 Salud Mental	6,40%	8 (0,08) 14 (0,10)	0	3,29	0	0

Tabla 4. Resultados modelo radial con retornos de escala constantes y orientación de entrada.

En el primer punto están los resultados para el modelo CRS-INPUT. Las columnas muestran los siguientes datos:

- Score: Porcentaje de eficiencia por unidades. Donde las eficientes tienen un 100%, y el resto tienen porcentajes que muestran cuán cerca están de esas 3 unidades catalogadas como eficientes.
- Benchmarks: Indican las DMUs de referencia para esas unidades, que tendrán que estar entre las 3 eficientes. Son la unidad/unidades a las que tienen que acercarse. Deben comportarse como ellas funcionando al tanto por uno que aparece entre paréntesis.
- Columnas {S}: Representan las holguras (*Slacks*) que existen en las entradas (Presupuesto, PSF y PSNF) y la salida (Peso Medio). Es la cantidad exacta de entrada/salida que deberían aumentar/reducir para alcanzar la eficiencia.

Lo primero que destaca es la diferencia en la eficiencia de las distintas unidades:

<sup>4</sup> <https://www.seai.ie/home-energy/building-energy-rating-ber/support-for-ber-assessors/domestic-ber-resources/deap4-software/>  
<http://www.holger-scheel.de/ems/>

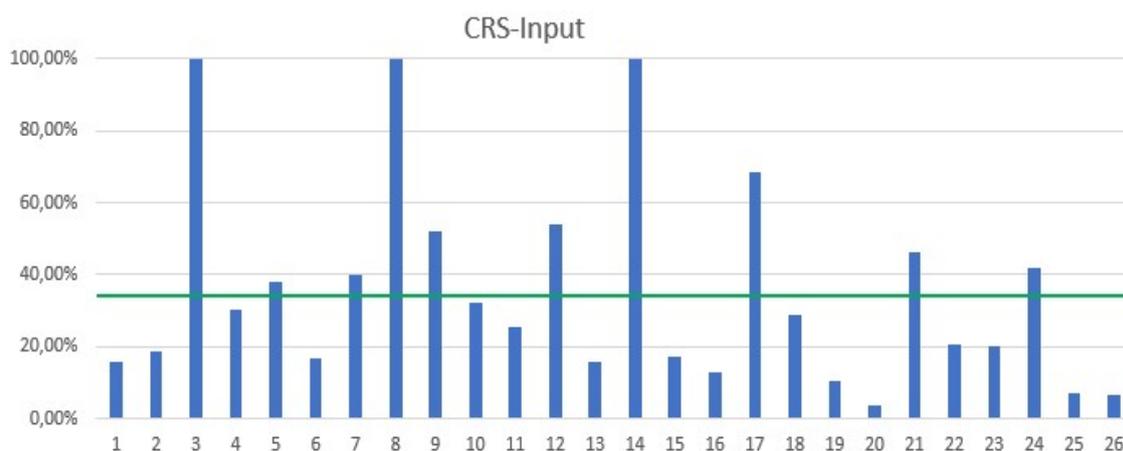


Figura 16. Estadística resultados CRS-Input.

### Unidades eficientes

Las unidades eficientes son: Angiología y Cirugía Vasculat (3), Medicina Física y Rehabilitación (8) y Cirugía Maxilofacial (14). Se observa que la siguiente unidad por debajo de estas tiene un score de 68%, lo que denota una gran diferencia en las gestiones de cada unidad.

En primer lugar, es un dato a destacar que dos de las tres unidades eficientes son unidades de cirugía. ¿Por qué funcionan mejor? La respuesta a esta pregunta se encuentra en que el funcionamiento de estas unidades es crítico. Tanto el número de cirujanos como de enfermeros necesarios para cada operación son siempre determinados con mucha antelación, por lo que la gestión de los recursos humanos es precisa y detallada. Cuando se habla de criticidad, es importante señalar que todas las operaciones que se llevan a cabo no comparten el mismo índice. No corre el mismo peligro un paciente con una operación de nariz (ya sean motivos estéticos o de salud), que un paciente al que van a intervenir de una patología cardíaca. Sin embargo, ambas operaciones tienen una cosa en común: La falta de un profesional médico (o varios) implica prácticamente el fracaso directo de la operación. El término fracaso no significa que el paciente no sea operado con éxito (aún con menos personal, la operación podría seguir adelante según las habilidades/conocimiento de los profesionales). El fracaso es la cancelación inminente de la operación. La cancelación es obligatoria debido a que los niveles mínimos de seguridad para el paciente no pueden ser garantizados. Estos niveles dependen de la naturaleza de cada operación.

Tras ver en primera persona lo que supone cancelar un servicio de esta complejidad, los costes deducidos son los siguientes:

- Retrasos en el calendario debido a la reubicación del paciente: La fecha de la operación no podrá ser muy lejana a la que ya tenía asignada.
- Pérdidas administrativas: Los encargados de programar las operaciones en el calendario deberán lidiar con los pacientes que tenían fecha asignada y han de ser reubicados. Es una ardua tarea, ya que habrá muchos pacientes cuyas

intervenciones sean urgentes y no puedan ser pospuestas. A su vez, las operaciones que no poseen urgencia normalmente pertenecen a pacientes que llevan mucho tiempo esperando a ser intervenidos, por lo que el cambio no será bien recibido, y la mayoría se opondrá.

- Pérdida de tiempo: Los profesionales que habían sido elegidos para la intervención son empleados que se habían reservado específicamente para esa determinada franja horaria. El tiempo que estaba reservado a la intervención es prácticamente insalvable. Aunque el personal no vaya a estar parado y pueda ayudar en otras operaciones, aportará poco valor añadido a unos procesos que ya están cubiertos correctamente.
- Pérdidas monetarias: Personal experto en la materia con un gran coste/hora se desaprovecha en operaciones para las que no es requerida su cualificación.

En cuanto a los recursos materiales, son unidades que tienen un gran consumo de materiales desechables y de un solo uso. Esto favorece que se lleve un control más exhaustivo de las existencias en todo momento, ya que cada vez que se realiza un consumo del pequeño almacén del que disponen en planta, se actualiza la cantidad mediante un sistema visual de tarjetas Kanban:

- Las cajas de almacenamiento de material llevan un pequeño contador rotatorio donde solo hay que girar levemente una rueda para cambiar los números (mismo sistema que una maleta con cierre de código numérico).
- Se establecen tres niveles, a los que van asociados tres colores: Verde, naranja y rojo. Cada material posee unos niveles de reposición propios, que son visibles para que la persona sepa cuando tiene que cambiar la tarjeta. Esta tarjeta sirve como indicador de stock para el personal encargado de la reposición.

Por ejemplo, para el uso de agujas: con un stock comprendido entre 60 y 41, el nivel es aceptable pero pronto habrá que reponer (color naranja), por lo que si el reponedor pasa por ahí y lleva en su carro unidades disponibles, repondrá las que pueda y actualizará el stock en el contador de la caja. Si es mayor que 60, pasará a tener color verde (unidades de sobra). En caso de que el reponedor no pasara con unidades disponibles y el nivel bajase de 41, el enfermero que haya cogido la última aguja deberá cambiar la cartulina a roja. El color rojo indica al reponedor que debe notificar la necesidad al almacén general del hospital, de tal forma que “salte una alarma” y la próxima vez que vaya a hacer la ruta tenga dispuesto el material para reponerlo. La frecuencia de reposición de muchos elementos es prácticamente diaria.

#### Unidades menos eficientes

Las que peor gestionan su actividad son, por orden creciente, las unidades de: Medicina Maternofetal, Génética y Reproducción, Salud Mental, y Pediatría. Con unos índices de eficiencia muy bajos, cercanos a 0, que indican que la gestión de estas unidades está siendo mala en comparación con las demás).

## 6.2. Modelo con retornos de escala variables y orientación de entrada

	DMU	Score	Benchmarks	{S} Presupuesto {I}	{S} PSF {I}	{S} PSNF {I}	{S} Producción {O}
1	Aparato digestivo	25,65%	3 (0,07) 14 (0,93)	2127356,22	0	0	5,5
2	Cardiología y Cirugía Vascular	18,98%	3 (0,04) 14 (0,96)	1708175,25	0	0	0,29
3	Cirugía Maxilofacial	100,00%	18				
4	Cirugía Pediátrica	72,20%	3 (0,08) 14 (0,92)	0	0	17,12	7,41
5	Cirugía Plástica y Grandes Quemados	68,75%	3 (0,38) 14 (0,62)	0	0	19,44	3,89
6	Enfermedades Infecciosas, Microbiología y Medicina Preventiva	25,45%	3 (0,27) 14 (0,73)	4340875,51	0	0	4,68
7	Hematología	55,42%	8 (0,22) 14 (0,78)	12143079,68	6,17	0	0
8	Medicina Física y Rehabilitación	100,00%	3				
9	Neurocirugía	54,97%	8 (0,00) 14 (1,00)	2614535,16	0	15,42	0
10	Oftalmología	66,67%	3 (1,00)	695780,34	8	0	5,86
11	Oncología Médica, Oncología Radioterápica y Radiofísica	28,57%	3 (1,00)	4102579,65	0,29	0	1,18
12	Oncología Pediátrica	100,00%	1	338035	0	27	6,17
13	Urología y Nefrología	17,65%	12 (0,05) 14 (0,95)	2865835,58	0	4,61	0,95
14	Angiología y Cirugía Vascular	100,00%	19				
15	Cirugía General	20,38%	3 (0,19) 14 (0,81)	0	0	1,72	1,95
16	Cirugía Ortopédica, Traumatología y Reumatología	14,95%	3 (0,40) 14 (0,60)	859332,37	0	0	1,89
17	Endocrinología y Nutrición	77,78%	3 (1,00)	768949,96	0,44	0	1,34
18	Ginecología y Patología Mamaria	46,72%	3 (0,71) 14 (0,29)	0	0	6,88	3,58
19	Medicina Interna	19,16%	3 (0,12) 14 (0,88)	0,02	0	8,18	5,79
20	Medicina Maternofetal, Genética y Reproducción	16,68%	3 (0,08) 14 (0,92)	0	0	26,64	10,64
21	Neonatología	48,61%	8 (0,13) 14 (0,87)	625480,59	0	37,76	0
22	Neumología y Cirugía Torácica	29,37%	3 (0,27) 14 (0,73)	804227,1	0	0	4,25
23	Neurología y Neurofisiología	26,62%	3 (0,38) 14 (0,62)	295378,36	0	0	3,22
24	Otorrinolaringología	63,88%	3 (0,81) 14 (0,19)	159833,61	0	0	4,15
25	Pediatría	18,15%	3 (0,27) 14 (0,73)	0	0	7,39	7,96
26	Salud Mental	21,99%	3 (1,00)	0	5,6	21,85	6,65

Tabla 5. Modelo con retornos de escala variables y orientación de entrada.

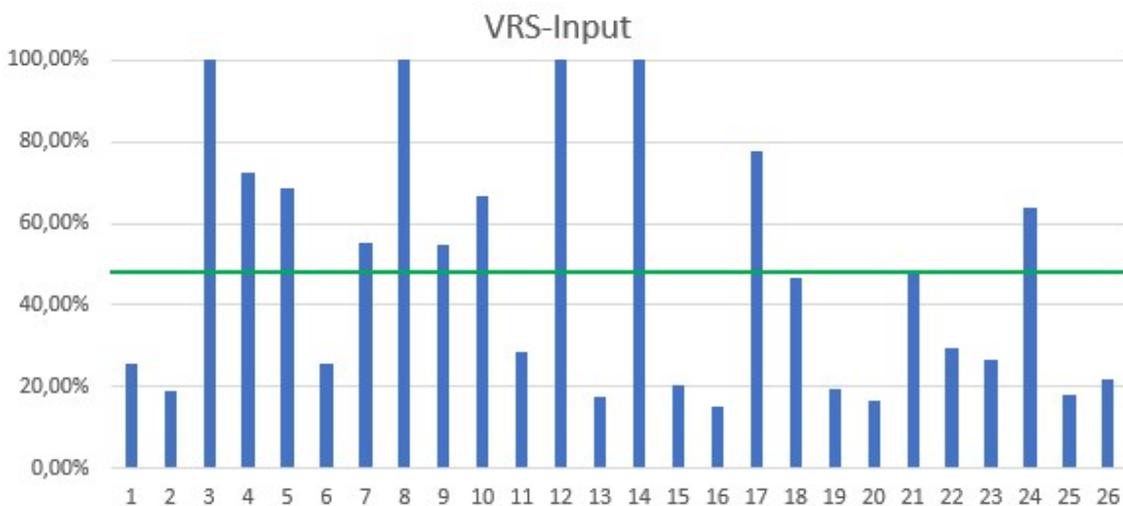


Figura 17. Estadística resultados VRS-Input.

En el modelo VRS-INPUT se observa que, independientemente de la tecnología, las unidades eficientes siguen siendo las mismas. Aun siendo así, la eficiencia de las demás unidades varía, esto es debido a que esta tecnología tiene en cuenta la ineficiencia debido al tamaño de la unidad. La eficiencia de una unidad de gran volumen no podrá compararse de igual forma con una de tamaño pequeño. Por este motivo, la puntuación (Score) de prácticamente todas las unidades sufre un aumento al cambiar del modelo con retornos de escala constantes al modelo con retornos variables. En algunas unidades estos aumentos son notables, las que mayor subida experimentan son: Oncología Pediátrica (+45,81), Cirugía Pediátrica (+41,81) y Oftalmología (+34,33).

También el orden de las 3 unidades eficientes cambia. En el anterior modelo la unidad más veces referenciada era Angiología, seguida de Medicina Física y Cirugía Maxilofacial. En cambio, para esta tecnología, Angiología (14) sigue siendo la más referenciada pero va seguida muy de cerca por Cirugía Maxilofacial, y la unidad de Medicina Física baja de 12 referencias hasta 3, siendo la menos referenciada.

Las ineficientes, en cambio, son otras: Medicina Maternofetal se mantiene entre las últimas, acompañada de Cirugía Ortopédica y Urología. Como se ha visto anteriormente, este cambio es debido a ineficiencias de escala. Teniendo en cuenta la proporción y comparando las unidades entre las de su tamaño (por ejemplo una unidad que tiene 10.000€ de presupuesto no se compara con una que tiene 100.000€, ya que aunque el cociente input/output pueda ser parecido, existen condiciones propias de la economía de escala que favorecen una mejor gestión). El razonamiento también es extensivo al personal: Una unidad que cuenta con 100 enfermeros no puede gestionar su actividad de la misma forma que una unidad con 10.

Si se profundiza en el análisis de estas unidades y en sus características, se observa que las tres unidades disponen de un presupuesto muy por debajo de la media. También disponen de menos recursos humanos: cuentan con menos profesionales que la media, exceptuando la unidad de Oftalmología, que cuenta con menos PSF, pero con más PSNF que la media (108).

Este número se explica debido a las funciones que realiza el PSNF; consultas preliminares, donde el personal auxiliar y de enfermería toma una serie de parámetros que necesita el médico oftalmólogo para el diagnóstico y el tratamiento (comprobar agudeza visual, refracción, presión intraocular, etc.). Su principal función es asistencial y se extiende hasta el postquirúrgico, donde todos los pacientes intervenidos son revisados al día siguiente. Debido a que es una unidad que recoge patologías comunes y muy extendidas<sup>5</sup> entre la población, siempre está muy concurrida, por lo que el número de auxiliares y enfermeros en este área supera a la media del resto de unidades.

Pese a la pequeña cantidad de recursos de los que disponen, la producción no es tan baja:

- Para el caso de la unidad de Oncología Pediátrica, la producción está prácticamente en la media. No es un mal desempeño teniendo en cuenta que dispone de mucho menos personal sanitario que el resto.
- La unidad de Oftalmología es la que más destaca, llegando a una producción de 42.42, número que casi triplica a la media del hospital.
- En Cirugía Pediátrica sí se ve reflejada la falta de recursos y la producción está más de 4 puntos por debajo de la media.

---

<sup>5</sup> OMS, 2019 – Informe mundial sobre la visión.

### 6.3. Eficiencia de escala

Finalmente, se calcula la eficiencia de escala teniendo en cuenta los resultados de los modelos CRS y VRS:

$$\text{Eficiencia de escala} = \frac{\theta_{CRS}}{\theta_{VRS}}$$

Los resultados para cada unidad se muestran en la siguiente tabla:

DMU	Score_CRS	Score_VRS	Eficiencia de escala
Aparato digestivo	15,96%	25,65%	62,22%
Cardiología y Cirugía Vascular	18,61%	18,98%	98,05%
Cirugía Maxilofacial	100,00%	100,00%	100,00%
Cirugía Pediátrica	30,39%	72,20%	42,09%
Cirugía Plástica y Grandes Quemados	37,83%	68,75%	55,03%
Enfermedades Infecciosas, Microbiología y Medicina Preventiva	16,86%	25,45%	66,25%
Hematología	40,03%	55,42%	72,23%
Medicina Física y Rehabilitación	100,00%	100,00%	100,00%
Neurocirugía	51,90%	54,97%	94,42%
Oftalmología	32,34%	66,67%	48,51%
Oncología Médica, Oncología Radioterápica y Radiofísica	25,61%	28,57%	89,64%
Oncología Pediátrica	54,19%	100,00%	54,19%
Urología y Nefrología	15,77%	17,65%	89,35%
Angiología y Cirugía Vascular	100,00%	100,00%	100,00%
Cirugía General	17,02%	20,38%	83,51%
Cirugía Ortopédica, Traumatología y Reumatología	12,84%	14,95%	85,89%
Endocrinología y Nutrición	68,62%	77,78%	88,22%
Ginecología y Patología Mamaria	28,92%	46,72%	61,90%
Medicina Interna	10,28%	19,16%	53,65%
Medicina Maternofetal, Genética y Reproducción	3,73%	16,68%	22,36%
Neonatología	46,17%	48,61%	94,98%
Neumología y Cirugía Torácica	20,36%	29,37%	69,32%
Neurología y Neurofisiología	20,27%	26,62%	76,15%
Otorrinolaringología	41,85%	63,88%	65,51%
Pediatría	6,93%	18,15%	38,18%
Salud Mental	6,40%	21,99%	29,10%

Tabla 6. Resultados eficiencia CRS, VRS y de escala.

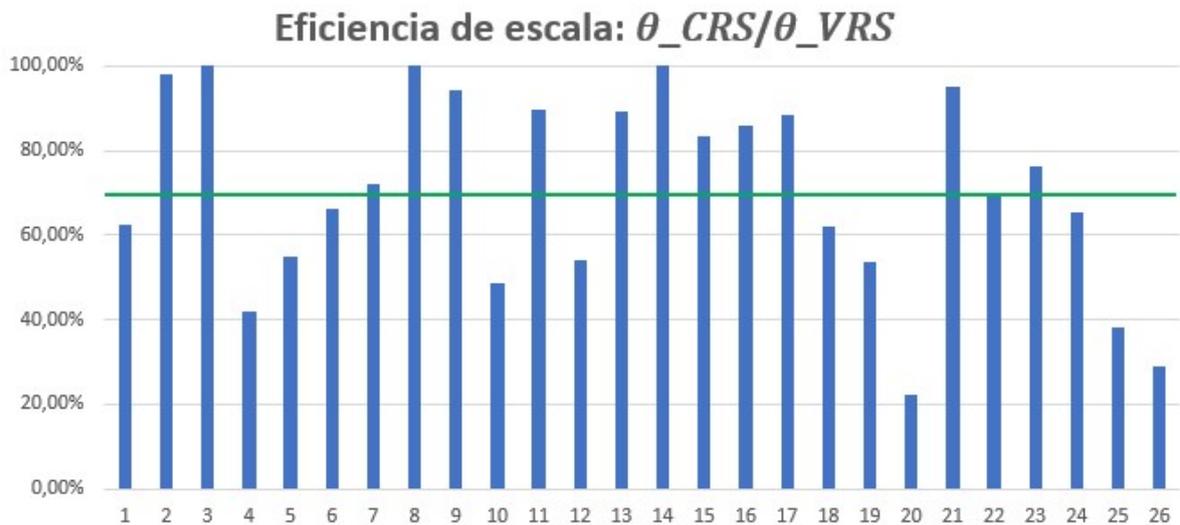


Figura 18. Estadística resultados eficiencia de escala.

Se observa que la eficiencia media de escala está lejos del 100%, lo que significa que los rendimientos de escala son variables. Analizando los datos, las unidades más productivas no son las que más recursos consumen, y viceversa.

Siendo la función de producción del hospital:

$F(PRES, PSF, PSNF) = Q$ , donde Q es la producción total (Peso Medio).

Si se considera una modificación  $k$  de la escala, los posibles rendimientos son:

1.  $F(k\ PRES, k\ PSF, k\ PSNF) > k\ F(PRES, PSF, PSNF) \rightarrow$  Rendimientos de escala crecientes.
2.  $F(k\ PRES, k\ PSF, k\ PSNF) < k\ F(PRES, PSF, PSNF) \rightarrow$  Rendimientos de escala decrecientes.
3.  $F(k\ PRES, k\ PSF, k\ PSNF) = k\ F(PRES, PSF, PSNF) \rightarrow$  Rendimientos de escala constantes.

Podría profundizarse en este apartado para averiguar si los rendimientos de escala del hospital son crecientes o decrecientes, pero al ser un servicio con unas propiedades tan características, no es posible hacer esta afirmación con total seguridad.

Existe tal variedad de factores que influyen en la producción del hospital, que no es posible saber si un aumento de los recursos está provocando un aumento menor de la producción debido a la propia economía de escala del hospital o a factores externos. Un ejemplo claro es el del aumento del personal sanitario, que como se ha visto anteriormente puede resultar incluso contraproducente en algunas unidades.

# CAPÍTULO 7. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.

## 7.1. Breve resumen. Conclusiones en base a la unión de resultados obtenidos y la experiencia en el hospital.

En este trabajo se ha extraído una gran cantidad de información correspondiente a la actividad de todas las áreas de servicio del hospital. Con estos datos, se hace un estudio previo de otros artículos académicos relacionados con la eficiencia en el sector para esclarecer cuáles son los indicadores más apropiados a tener en cuenta. Una vez revisada la bibliografía, son escogidos los que mejor representan la actividad diaria del hospital para estudiar el desempeño de la forma más fiel posible a la realidad.

Se ha utilizado una metodología de análisis frontera para evaluar la eficiencia de las distintas unidades, a la vez que para identificar zonas de mejora. Se analizan los posibles causantes de esta ineficiencia, deducidos de la experiencia en el campo de trabajo.

Analizando los resultados, se obtiene que las unidades del Hospital Virgen del Rocío operan con eficiencias medias del 36% para la tecnología CRS y del 48% para VRS. Esto significa que estas instituciones están trabajando un 64% y un 52% por debajo de la producción máxima.

De todos los modelos resueltos se puede sacar en común que hay un exceso de personal sanitario no facultativo, ya que es la entrada que más holguras suma repetidas veces. Aunque el razonamiento pueda ser de aumentar plantilla si aumenta el número de pacientes, el estudio ha demostrado que no tiene por qué ser así. Un exceso de personal no necesariamente garantiza cubrir el 100% de la demanda. Algunos hechos que ocurren frecuentemente y que pude comprobar durante mi estancia, pueden ser probablemente los motivos de esta holgura de personal:

- Instalaciones actuando de cuello de botella: Si todas las salas están ocupadas, no se podrá atender a más pacientes aunque haya exceso de personal. Como se ha visto anteriormente, las instalaciones son antiguas y en muchos casos provocan paradas de servicio o riesgos de seguridad que acaban en accidente, tanto para los trabajadores como para el paciente. Esa es la parte tangible, pero también hay pérdidas de eficiencia del personal sanitario debidas a la falta de espacio en las instalaciones, que provoca que no puedan moverse con total libertad y tengan que hacer las maniobras dentro de quirófano con mucho más cuidado, por miedo a tropezar o chocar con otro compañero o algún objeto. Son pérdidas casi imposibles de cuantificar, pero que deben ser consideradas. Entonces, ¿cómo es posible saber todas las pérdidas que provocan este tipo de problemas? La única solución es invertir en mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, y evaluar la posibilidad de adquirir nuevas instalaciones. La

mejora se hará visible a largo plazo, al comparar la producción de entonces con la que había en el pasado.

- Personal no sanitario actuando de cuello de botella: En este caso la parada de producción la produce un tipo de trabajador ajeno al servicio médico. Es una pérdida muy grave, ya que impacta directamente en la planificación de la producción sin previo aviso, aumentando en gran medida las colas de espera. Para el ejemplo del celador y el cirujano visto anteriormente, esta pérdida se puede cuantificar de forma exacta en costes de PSF y PSNF, costes de sala ocupada y costes de aumento de cola de espera (que a su vez llevan los costes de cama ocupada por pacientes en lista de espera, reclamaciones, etc.).
- Cualificación insuficiente del personal: Puede que por falta de conocimiento, en determinadas áreas se cuente con más personal del necesario para cubrir esas carencias. Esto provoca que existan pacientes atendidos indebidamente en algunos momentos porque el personal de enfermería encargado está ayudando a otros compañeros.
- Falta de coordinación entre turnos: Aunque un enfermero lleve a cabo una perfecta atención médica, de nada sirve si no existe coordinación con el siguiente turno. El extravío de informes médicos y la falta de comunicación entre áreas provoca que se tengan que repetir pruebas médicas, realizar diagnósticos, etc. Todo esto unido a los imprevisibles fallos humanos, manifiesta una clara necesidad de automatizar algunos de estos procesos y hacerlos de una forma más "industrial". La implantación de nuevas tecnologías *Paperless* pueden reducir en gran medida la parte de ineficiencia debida a estos casos. En algunos hospitales ya se trabaja con sistemas de gestión de la información más avanzados como tablets y tecnología RFID y los resultados son muy buenos<sup>6</sup>. Reduce a prácticamente 0 el extravío de información y a 0 completamente el gasto de papel en informes médicos.
- Carga de trabajo no evaluada correctamente: Habría que analizar los tiempos muertos de cada empleado, así como el tiempo de ejecución de sus tareas habituales para calcular una estimación que se ajuste adecuadamente a la realidad actual del servicio. Esta misma carga de trabajo puede ser de ayuda para redefinir las necesidades de algunos servicios auxiliares vistos anteriormente como la limpieza post-alta o el transporte de pacientes entre salas.

## 7.2. Gasto total anual. Revisión

A su vez, también se observa que la cantidad de dinero que se está gestionando incorrectamente es bastante alta en casi todas las unidades. De estos datos se concluye la necesidad de realizar una auditoría de cuentas, que permita identificar cuáles son los problemas de la mala gestión económica.

---

<sup>6</sup> [www.comunidad.madrid.com](http://www.comunidad.madrid.com), 18/09/19: El Hospital de Móstoles implanta WIFI para utilizar en la asistencia clínica.

A diferencia de los recursos humanos, donde no se tenía en cuenta ningún servicio auxiliar, en los presupuestos sí que entran los gastos de compra y reparación de maquinaria. Pese a no estar desglosados por tipo de gasto, es posible hacer una aproximación. Acudiendo a las cuentas de gasto públicas<sup>7</sup> podemos obtener el gasto total del hospital en los años más recientes.

	2013	2014	2015	2016
<b>GASTOS</b>	460.161.782	461.857.897	512.642.620	516.831.147

Tabla 7. Gastos anuales Hospital Virgen del Rocío

El gasto es notoriamente creciente, con una subida significativa entre los años 2014 y 2015. Aunque hay carencia de datos más concretos de años anteriores, en la memoria de 2016 sí que se incluye una distribución de gastos, que es la siguiente:



Figura 19. Distribución de gastos anuales 2016 HUVR

Fuente: [www.hospitaluvroci.es](http://www.hospitaluvroci.es)

Destacan los gastos de personal, productos farmacéuticos y fungibles, que alcanzan el 49,59%, el 17,72% y el 15,7% del global, suponiendo la mayoría del gasto del hospital. El concepto de fungibles engloba el material de consumo sanitario y no sanitario. Estos 3 campos suman prácticamente el 80% del dinero que se gasta anualmente en el hospital. Prestaciones (7,43%) está compuesto por los transportes en ambulancia y terapias a domicilio.

El último gasto que queda, pertenece a esos servicios auxiliares que tanto afectan a la eficiencia del centro, donde las cifras no llegan a alcanzar el 10% del total. En Consumos y Servicios (9,56%) se agrupan los gastos de limpieza, mantenimiento, suministro eléctrico, agua, etc.

<sup>7</sup> [www.mscbs.gob.es](http://www.mscbs.gob.es)

### 7.2.1. Mantenimiento del hospital

Es el factor más decisivo en el desempeño dentro de las actividades soporte, además del más complejo de definir. Es necesario obtener una aproximación de los valores admisibles en gastos de mantenimiento. La dificultad, además, es añadida debido a la antigüedad de las instalaciones y a la falta de datos en los informes del hospital.

#### 7.2.1.1. Antigüedad de las instalaciones

Para saber si este factor es importante, hay que tener una idea global del gasto medio de cualquier empresa en mantenimiento, además de tener en cuenta la antigüedad de las instalaciones del hospital, que es un problema que tienen en común la mayoría de hospitales españoles. Gran parte de ellos se construyeron durante las décadas de 1970-1980, lo que supone un gran desfase entre las necesidades actuales y las de entonces. En esa época la actividad asistencial era menor y la tecnología mucho menos avanzada. Las prestaciones que ofrece una instalación de la época son incompatibles con las necesidades que tiene la maquinaria actual, ya sea por suministro de agua, electricidad o simplemente falta de espacio.

En el caso del Hospital Virgen del Rocío, la construcción comenzó en 1950 y finalizó 5 años más tarde, por lo que es previsible que el gasto anual sea cada vez mayor, a pesar de que la demanda de servicios sanitarios se mantiene estable en el tiempo. Está en constante reparación y modificación de instalaciones para adaptarlas a las necesidades actuales.

A pesar de no poder incluir el mantenimiento en el modelo DEA, sí que se puede obtener una orientación de hasta qué punto el hospital funciona en la barrera de lo admisible en cuanto a gastos de mantenimiento. Si se establece un valor medio de gasto en mantenimiento es posible obtener una idea del desempeño del hospital en este ámbito.

#### 7.2.1.2. Gasto máximo admisible

Para tratar de estudiar este aspecto, se realiza un nuevo estudio de bibliografía. Existen artículos científicos que utilizan técnicas predictivas como el método Delphi<sup>8</sup>, que ofrece resultados relativamente precisos a través de lo que se conoce como “panel de expertos”.

Mediante este método, se puede calcular una aproximación del gasto máximo admisible anual en mantenimiento. Es decir, el número a partir del cual es más conveniente invertir en nuevas instalaciones y dejar de mantener las existentes.

El objetivo es obtener los precios de toda la maquinaria que hay en el hospital junto con sus respectivas vidas útiles, pero es algo inalcanzable. Lo que sí es factible es seleccionar uno o varios equipos que sean los más representativos del hospital, como

---

<sup>8</sup> Li et al. (2020)

Njuangang et al. (2017)

pueden ser la máquina de rayos X o la incubadora, y tomarlos como media de todo el conjunto.

El coste de la máquina de rayos X es un dato objetivo que se obtiene tras preguntar al personal de Ingeniería, pero la vida útil es variable y cada persona tiene un punto de vista, por lo que se acude al método Delphi.

El precio de todo el conjunto que forma un equipo de rayos X es de 150.000€, incluyendo la instalación y puesta en marcha. El método de estimación de la vida útil ha sido mediante encuesta anónima a distintos profesionales que trabajan a diario con este tipo de maquinaria y cuya experiencia es de más de 15 años. Se encuestó a 10 personas y se hizo la media de las cifras que aportaron todos para cada valor, de ahí se obtiene que la vida útil del equipo es de 5 años aproximadamente sin mantenimiento, y de unos 16 años si se sigue el plan de mantenimiento preventivo establecido por el fabricante.

Con estos datos, el cálculo del gasto máximo admisible se realiza de la siguiente forma:

$M_{Max}$  = Coste máximo admisible anual de mantenimiento

$C_0$  = Coste inicial del equipo = 200.000€

$V_m$  = Vida útil con mantenimiento = 16 años

$V_{sm}$  = Vida útil sin mantenimiento = 5 años

$$M_{Max} = \left( \frac{C_0}{V_{sm}} \right) - \left( \frac{C_0}{V_m} \right)$$

$$M_{Max} = \left( \frac{200.000\text{€}}{5 \text{ años}} \right) - \left( \frac{200.000\text{€}}{16 \text{ años}} \right) = 27.500 \text{ €/año}$$

El coste máximo admisible anual de la máquina es de 27.500€, que supone un 13,75% de la inversión inicial. Para hablar de forma global y llegar a una aproximación del valor de esta cifra para todo el hospital, es necesaria una estimación de las máquinas existentes. La forma de hacerlo es la siguiente:

En las memorias del hospital se aprecia que a lo largo del año registró un total de 1,17M de consultas. En esta cifra entran todo tipo de servicios, desde una consulta de atención primaria por un empaste, que requiere de maquinaria poco compleja, hasta un tratamiento de quimioterapia, que requiere de la más avanzada tecnología. Se establece como “máquina media” el escáner mediante rayos X.

Para reducir toda la maquinaria a una sola que actúe de referencia, necesitamos conocer el número de estas máquinas que hay por persona. Para ello es necesario acudir a los informes del Ministerio de Sanidad<sup>9</sup>.

Se extrapola toda la actividad a una sola máquina, que actúa de representante del resto por tener un valor de complejidad medio, y se multiplica el número de máquinas por el coste máximo admisible de mantenimiento anual de las mismas. Los cálculos son los siguientes:

---

<sup>9</sup> Mscbs.gob.es: Informe Anual del Sistema Nacional de Salud

$N^{\circ}$  total de máquinas de rayos X = 14.500 máquinas

Población española = 46.600.000 personas

$$N^{\circ} \frac{\text{habitantes}}{\text{máquina}} = 3.282 \text{ hab/maq}$$

$N^{\circ}$  total de consultas = 1,17M personas

$$N^{\circ} \text{ total de máquinas en el hospital} = \text{Personas} : \frac{\text{Personas}}{\text{Máquina}} = \frac{\text{Máquinas}}{\text{Año}}$$

$$N^{\circ} \text{ total de máquinas en el hospital} = 1,17M : \frac{3.282}{1} = 357 \text{ máquinas}$$

$$\text{Gasto máximo admisible anual total} = 357 * 27.500\text{€} = 9.817.500\text{€}$$

Estos cálculos permiten tener un punto de partida con el que estudiar los datos que hay del hospital. El gasto total es del orden de 10M €, lo que supone una quinta parte de los 49M € que se emplearon en consumos y servicios. Aunque se elimine del total la parte correspondiente a consumo eléctrico y de agua, limpieza, lavandería y otros servicios, el dinero invertido en mantenimiento se prevé por encima del máximo calculado.

Los gastos en dichos servicios son:

Servicio	Gasto (€)
Limpieza	16.570.453
Lavandería	3.162.300
Consumo eléctrico	5.203.680
Consumo de agua	520.150
Seguridad	1.647.000
Reprografía	3.223.500
Dietas	3.195.510
Total	33.522.593

Tabla 8. Gastos anuales por tipo de servicio.

El gasto en mantenimiento de maquinaria/instalaciones es de 15.477.407, más de 5M € por encima del máximo admisible. Los números confirman una realidad conocida, y es que la antigüedad de las instalaciones está frenando la capacidad de servicio del hospital.

#### 7.2.2. Actividad asistencial y mantenimiento de instalaciones.

El estudio arroja un sobrante del input PSNF en la mayoría de las unidades. Ese mismo personal es el que en muchas ocasiones depende de una máquina para realizar su trabajo. Si el equipo no funciona debidamente, repercute en la producción de forma negativa, pero para la metodología DEA esta pérdida es invisible. Solo tiene en cuenta la relación Producción/PSNF de la unidad, por lo que, inevitablemente la culpa casi siempre será del PSNF debido a que son los que dependen directamente de estas

instalaciones. Mientras que un médico puede pasar consulta sin tener maquinaria, el enfermero solo puede atender a un paciente a medida que salen los resultados de las pruebas necesarias. Si estas pruebas no siguen un ritmo adecuado, el recurso PSNF contará con varios tiempos muertos a lo largo del día.

El recurso PSF sólo ve afectado su desempeño a la hora de hacer intervenciones, donde el uso de maquinaria es crítico. Esta criticidad hace que los equipos se cuiden con extrema cautela. Un fallo no sólo significa la pérdida de recursos por tiempo ocioso, sino que también tiene consecuencias directas para los pacientes y el hospital. En algunos casos, dependiendo de la gravedad de la situación se realizan investigaciones que pueden dar lugar a sanciones económicas e incluso penas de cárcel, tanto para la empresa externa como para el personal del hospital.

Por lo tanto, es razonable que 2 de las 3 unidades eficientes sean de cirugía, y además en zonas de intervención tan delicadas como el corazón y la cara. Si se examinan las demás unidades de cirugía se puede comprobar que dos de ellas están muy por encima de la media, alrededor del 70%, y hay otras dos unidades que están por debajo, alrededor del 20%. Al ver las zonas del cuerpo que operan, es posible establecer la conexión rápidamente: Las dos que están por encima son Pediátrica y Grandes quemados, mientras que las dos que están por debajo son Cirugía General y Ortopédica.

Con estos datos, es posible sacar conclusiones en cuanto al grado de exhaustividad en el mantenimiento/dinero invertido según la criticidad de las operaciones que realiza la unidad. Y no sólo eso, sino que abre la puerta a establecer la relación directa en el cálculo de la eficiencia en cuanto a tareas de soporte y tareas de asistencia sanitaria.

Como conclusión final, el estudio manifiesta la ineficiencia presente en la actividad sanitaria pública de Sevilla. Son datos que dejan en evidencia la gestión de la actividad en su globalidad, incluyendo todos los servicios necesarios para llevarla a cabo cumpliendo con los objetivos de coste, tiempo y calidad.

Puede que con los medios actuales que posee el hospital, los pesos (complejidad) que se asignan a cada operación no reflejen la realidad que se vive en el día a día, la cuál es difícil de evaluar considerando solo números y dejando a un lado el factor humano.

### 7.3. Respuesta a los objetivos fijados

En respuesta al objetivo principal, se ha obtenido una comparativa real, cuantitativa y objetiva de todas las unidades asistenciales del hospital.

Se ha comprobado que el uso que se da a los recursos tanto humanos como materiales, no se desarrolla en el marco de la eficiencia.

El trabajo ha permitido desarrollar un procedimiento válido de uso de la metodología DEA para unidades hospitalarias, que permite comparar la eficiencia entre ellas, y que podría servir de herramienta en la toma de decisiones a la hora de afrontar proyectos que impliquen la búsqueda de equilibrio en la asignación de recursos. Si bien el análisis

ha sido para un solo hospital y sólo para la actividad sanitaria, una ampliación del campo de estudio hacia otros hospitales e incluyendo varios períodos de tiempo, a la vez que cuantificando y evaluando la actividad de todas las áreas soporte, permitiría identificar aquellos hospitales que servirían como referentes (benchmarks) a la hora de gestionar su actividad de forma global.

## 8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Alfonso, P. (2010): "Eficiencia en el sector sanitario". Revista AMC, vol. 14 núm. 5.

Brown, H.S. (2003): "Managed care and technical efficiency". Health Economics, vol. 12, pág. 149-58.

Código sanitario:

[www.boe.es/legislacion/codigos/codigo.php?id=084\\_Codigo\\_sanitario&modo=1](http://www.boe.es/legislacion/codigos/codigo.php?id=084_Codigo_sanitario&modo=1)

Coelli, T.; Prasada Rao, D. y Battese, G. (2005): "An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis". Springer, 2ª ed., pág. 210-223.

Conil S., Jesús B. (2009): "Eficiencia y justicia en la empresa sanitaria". Veritas: Revista de filosofía y teología, vol. I, núm. 15, pág. 209-222.

Cordero J., Nuño-Solinís, R., Orueta, J., Polo, C., del Río-Cámara, M. y Alonso-Morán, E. (2016): "Evaluación de la eficiencia técnica de la atención primaria pública en el País Vasco". Gaceta Sanitaria, vol. 30, núm. 2, pág. 104-109.

Dawson, P. (1999): "Efficiency measurement of health care: A review of nonparametric methods and applications". Health Care Management Science, vol. 2, pág. 161–172.

Domínguez A., Jiménez, V., (2017): "Situación actual de la pediatría de atención primaria". Revista Pediatría Atención Primaria, vol. 20, núm. 79.

Fontalvo, T. y De la Hoz, G. (2011): "Eficiencia de los hospitales de Bolívar-Colombia por medio del análisis envolvente de datos". Revista Facultad de Ciencias Económicas, XXVII (1), pág. 43-56.

Gavira, L. y Carmona, G. (2012): "Concepto de eficiencia en el sector sanitario". Informe anual Servicio Andaluz de Salud.

González, M.A, Escalante, A., Romero, S. y La Calle, M. (2012): "Análisis de eficiencia UGC intercentro. Caso comparativo unidades obstetricia HUVR-HUVM". XIX Congreso nacional de hospitales y gestión sanitaria.

Herrero, L. y Martín, J. (2015): "Eficiencia técnica de los hospitales públicos y de las empresas públicas hospitalarias de Andalucía". Gaceta Sanitaria, vol.29 núm.4.

Historia DEA:

[idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/41103/Tesis%20Sr.%20Diego%20Inicio%20Alvarado.pdf?sequence=1](http://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/41103/Tesis%20Sr.%20Diego%20Inicio%20Alvarado.pdf?sequence=1)

Jiménez, R. E. (2004): "Indicadores de calidad y eficiencia de los servicios hospitalarios". Revista Cubana Salud Pública, vol. 30, núm. 1.

Li, Y., Cao, L., Han, Y., Wei, J., (2020): "Development of a Conceptual Benchmarking Framework for Healthcare Facilities Management: Case Study of Shanghai Municipal Hospitals". *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 146, núm 1.

López, C. y Castellanos, L. (2004): "La calidad del gasto y la mejora de la eficiencia en el sector público". XI Encuentro de Economía Pública: los retos de la descentralización fiscal ante la globalización.

Luft, H. y Hunt, S. (1986): "Evaluating individual hospital quality through outcome statistics". *Journal of American Medical Association*, vol. 255, pág. 2780-2784.

Martín, J. y López, M. (2007): "Innovaciones organizativas y de gestión en el Sistema Nacional de Salud". *Gestión Hospitalaria*, 4ª ed., pág. 567-580.

Martín, J. y López, M. (2007): "La medida de la eficiencia en las organizaciones sanitarias". Instituto de estudios fiscales. *Presupuesto y Gasto Público*, vol. 49, pág. 139-161.

Njuangang, S., Liyanage, C., Akintoye, A. (2017): "Application of the Delphi technique in healthcare maintenance". *International Journal of Health Care Quality Assurance*, vol. 30, pág. 16-29.

Normativa sanitaria personal facultativo:

[www.consejogeneralenfermeria.org/servicios-juridicos/legislacion/send/11-normativa-sanitaria/247-orden26abril19730](http://www.consejogeneralenfermeria.org/servicios-juridicos/legislacion/send/11-normativa-sanitaria/247-orden26abril19730)

OMS (2010): "Informe sobre la salud en el mundo": [www.who.int › whr › 2010/es/](http://www.who.int/whr/2010/es/)

Othman, M., Foo, L., Karim, M. y Aziz, Y. (2010): "Total factor productivity efficiency changes in a malaysian hotel chain". *Journal of Revenue Management*, vol. 4, pág. 327-343.

Plan estratégico de Salud Mental de la Comunidad de Madrid 2018-2020. Oficina Regional de Coordinación de Salud Mental.

Recio, A. (2015): "La atención al parto en España: Citas para reflexionar sobre un problema". *Revista Dilemata*, núm. 18, pág. 13-26.

Salinas, J., Pedraja, F. y Smith, P.C. (2003): "Evaluating the introduction of a cuasimarket in community care: assessment of a Malmquist index approach", *Socioeconomic Planning Sciences*, vol. 37, pág. 1-13.

Seijas, A. e Iglesias, G. (2008): "Medida de la eficiencia técnica en los hospitales públicos gallegos". *Journal of Medical Systems*, vol. 32, pág. 191-199.

Simón, P. (2002): "Ética de las organizaciones sanitarias: El segundo estadio de la bioética". *Revista de Calidad Asistencial*, vol. 17 núm 4, pág. 247-259.

Villa, G. (2016): "Apuntes de clase - Métodos de Optimización". Universidad de Sevilla.

Villareal, F. y Tohmé, F. (2017): "Análisis envolvente de datos. Un caso de estudio para una universidad argentina.". Revista Estudios Gerenciales, vol. 33, núm. 144, pág. 302-308.