

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

E. A. P. DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

**Utilización del análisis envolvente de datos en la
seguridad ciudadana**

TESIS

para optar el título profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTORA

Karla Milagros Pérez Rodríguez

Lima-Perú

2009

UTILIZACIÓN DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS EN LA SEGURIDAD CIUDADANA

Tesis presentada a consideración del Cuerpo Docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, como parte de los requisitos para obtener el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

Aprobado por:

.....
Mg. Inés Gambini López de Chuquimuni
Presidenta

.....
Lic. Lucy Haydee De La Cruz Cuadros
Miembro

.....
Mg. Esther Berger Vidal
Miembro Asesor

Lima – Perú
Agosto – 2009

FICHA CATALOGRAFICA

PÉREZ RODRIGUEZ, KARLA MILAGROS

Utilización del Análisis Envolvente de Datos
en la Seguridad Ciudadana, (Lima) 2009.

X, 90 p., 29,7 cm., (UNMSM, Licenciada, Investigación Operativa, 2009)

Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Facultad de Ciencias Matemáticas 1. Investigación Operativa

- I. UNMSM7FdeCM Utilización de Análisis Envolvente
- II. de Datos en la Seguridad Ciudadana (Lima) 2009

DEDICATORIA

A mis padres, porque gracias a su gran apoyo y consejo he llegado a realizar una de las más grandes metas de mi vida. La cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir y decirles que mi logro es su logro.....Los quiero muchísimo.

A mis padres porque siempre confiaron y me apoyaron en el transcurso de mi etapa.

Dedicado a todas las personas que me apoyaron de manera incondicional durante mis estudios, a quienes confiaron en mí, a quienes me orientaron cuando tenía dudas, y de manera especial a mi familia, mi padre, mi madre y a mi hermana Gaby.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las oportunidades que pone en mi camino, a mis profesores en especial a la Mg. Esther Berger Vidal y al Ing. Eduardo Raffo Lecca por el apoyo incondicional y motivación para realizar esta investigación,, a mis amigos en especial a Arturo por toda la compañía, por el apoyo y alegrías, pero mi agradecimiento infinito son para mis padres y a mi hermana Gaby porque fueron en cada etapa de mi vida un apoyo incondicional, enseñándome a superar los obstáculos y brindándome su valiosa guía y confianza, y para un angelito que siempre me cuida gracias Kevin.

CONTENIDO

Presentación y Aprobación.....	(i)
Ficha Catalográfica.....	(ii)
Dedicatoria.....	(iii)
Agradecimientos.....	(iv)
Resumen.....	(v)
Abstract.....	(vi)
Introducción.....	(1)
Capítulo I	
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	
1.1 El Problema.....	(4)
1.1.1 Área del problema.....	(4)
1.1.2 Delimitación del problema.....	(8)
1.1.3 Planteamiento del problema.....	(9)
1.1.4 Formulación del problema.....	(10)
1.1.5 Justificación de la Investigación.....	(11)
1.1.6 Limitaciones de la Investigación.....	(11)
1.2 Objetivos.....	(12)
1.3 Hipótesis y Variables.....	(13)
1.4 Marco Teórico – Conceptual.....	(15)
1.4.1 Antecedentes de la Investigación.....	(15)
1.4.2 Bases Teóricas.....	(16)
1.4.2.1 Programación Fraccionaria.....	(16)

1.4.2.2	Programación Lineal.....	(19)
1.4.2.3	Teoría de la Dualidad.....	(24)
1.4.2.4	Principios del Benchmarking.....	(28)
1.4.2.5	Evaluación de la Eficiencia.....	(34)
1.4.2.6	Medición de los desempeños.....	(38)
1.4.2.7	Escala de retorno constante.....	(40)
1.4.2.8	Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	(42)
1.4.2.9	Cálculo del DEA.....	(46)
1.5	Metodología.....	(55)

Capítulo II

RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL MODELO

2.1	Generalidades.....	(57)
2.2	Recursos de la Gestión del Serenazgo.....	(58)
2.2.1	El Recurso Humano.....	(58)
2.2.2	Recursos Logísticos.....	(59)
2.3	DEA en los Serenazgos de Lima.....	(60)
2.3.1	Conceptos.....	(60)

Capítulo III

SOLUCIÓN COMPUTACIONAL AL MODELO

3.1	Análisis de los resultados.....	(63)
3.2	Detalles por unidad.....	(67)
3.2.1	Contribuciones Input/ Output.....	(75)
3.2.2	Reportes de las Unidades de Decisión (DMU's).....	(76)

Capítulo IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones..... (82)

4.2 Recomendaciones..... (83)

Bibliografía..... (87)

Anexos..... (89)

RESUMEN

Utilización del Análisis Envolvente de Datos en la Seguridad Ciudadana

KARLA MILAGROS PÉREZ RODRIGUEZ

AGOSTO – 2009

Orientador: Mg. Esther Berger Vidal

Título Obtenido: Licenciado en Investigación Operativa

El análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis), desarrollado por A. Charnes, W Cooper y E. Rhodes, es un método no paramétrico, basado en programación lineal y benchmarking, para medir la productividad y la eficiencia relativa de unidades de organización.

El objetivo fundamental de DEA es hallar una frontera de eficiencia, formada por aquellas combinaciones de recursos que optimizan la cantidad de productos fabricados minimizando los costos de producción, y a partir de esta frontera, evaluar la eficiencia relativa de las combinaciones de recursos que no pertenezcan a la misma.

En este trabajo se mostrará la eficiencia de la Seguridad Ciudadana de los distintos distritos de Lima Metropolitana utilizando DEA donde se utilizó el programa Frontier Analyst para el análisis correspondiente.

Palabras Clave:

Análisis envolvente de datos, eficiencia, frontera de eficiencia, Seguridad Ciudadana, Benchmarking.

ABSTRACT

Utilization of Data Envelopment Analysis in the Civil Security

KARLA MILAGROS PÉREZ RODRIGUEZ

AUGUST – 2009

Orientador: Mg. Esther Berger Vidal

Obtained Title: Licensed in Operative Research

Data Envelopment Analysis (DEA) developed for Charnes, W Cooper and Rhodes, is a method not paramétrico, based on linear programming, to measure the productivity and the relative efficiency of units of organization.

DEA's fundamental goal is to find a border of efficiency, formed by those combinations of resources that optimize the quantity of made products minimizing the costs of production, and from this border, to evaluate the relative efficiency of the combinations of resources that do not belong(concern) to the same one.

In this work there will appear the efficiency of the Civil Security of the different districts of Metropolitan Lima using DEA where I use the program Frontier Analyst for the corresponding analysis.

Key words:

Data Envelopment Analysis, Efficiency, Border of efficiency, Civil Security, Benchmarking.

Introducción

La organización tiene que controlar al inicio y salida del sistema, debe medir porque sino se mide con los indicadores apropiados no administra, no aplica una correcta administración, no hay mejora, continúa el desorden, los conflictos y aumenta la entropía. La organización obtendrá lo que mida y reconozca. Todo lo que hace una organización es importante dentro y fuera de ella, puede y debe medirse permanentemente.

Todos buscamos identificar lo mejor para incorporarlo a nuestro conocimiento o bien tener una buena referencia: a los empresarios y gerentes les interesa más que a nadie encontrar lo mejor y adaptarlo rápidamente a su organización ¿Pero entonces, donde están las dificultades para llevarlo a cabo en la organización?

En el sector público, como ocurre con el de seguridad ciudadana, se tiene una gran cantidad de datos sin hacer análisis y comparación entre serenos, unidades móviles, equipos de comunicación y de seguridad de distintos distritos de Lima Metropolitana. En los servicios de seguridad existe gran oportunidad de aprender y compartir tanta información como enseñanzas a través de las múltiples experiencias que se viven. Sin embargo, no existen mecanismos que permitan conocer prácticas de excelencia dentro del sistema de seguridad ciudadana. Perfectamente estas experiencias pueden ser compartidas con el objetivo de propiciar una sana competencia en la búsqueda para la mejor práctica.

Para dar solución al problema de seguridad ciudadana se decidió:

- 1.- Formular un modelo lineal utilizando el Análisis Envolvente de Datos para los distintos serenazgos de la Gran Lima donde se consideró los datos de siete distritos de Lima: Breña, Lince, Los Olivos, Surcos, Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores y San Martín de Porres de categorías B, C, D y E como lo apreciamos en la figura i.1 (fuente del INEI), por la problemática en común que tiene cada una de ellas tales como medios económicos, problemas sociales, entre otros.

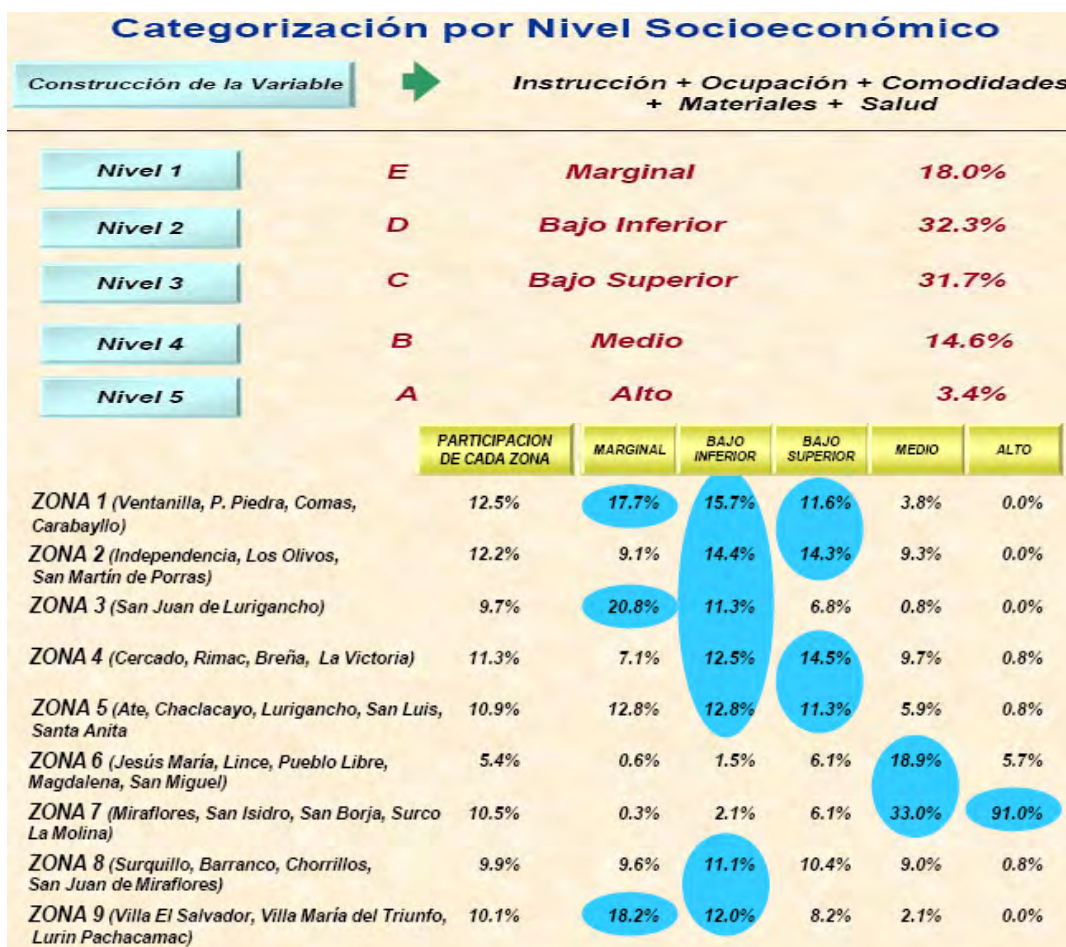


Figura i.1: Status Socioeconómicos (Fuente INEI: Informe Socioeconómico - Diciembre 2008)

2.- En el siguiente paso se utilizó el software Frontier Analyst siendo las entradas las variables: cantidad de serenos, unidades móviles, equipos de comunicación y equipos de seguridad, para obtener la eficiencia de cada Sub Gerencia de Seguridad Ciudadana utilizando el Análisis Envolvente de Datos o DEA.

A partir del análisis en mención es importante identificar los factores que explican el comportamiento en las Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana, mediante un análisis sistémico de los procesos de producción entrada / salida.

La presente tesis se ha organizado en los siguientes capítulos:

CAPITULO I: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. En el que se expone el problema, objetivos, hipótesis y variables, marco teórico y la metodología.

También se detalla cómo es el modelo de Programación Lineal, la formulación, los métodos de solución, la teoría de la dualidad y la escala de retorno constante.

CAPITULO II: RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL MODELO. En este capítulo se trata acerca de la información y los datos, su procesamiento y análisis para luego utilizar el análisis envolvente de datos.

CAPITULO III: SOLUCIÓN COMPUTACIONAL DEL MODELO. Se describe, cómo se ingresa los datos relacionados con el Análisis Envolvente de Datos al software Frontier Analyst utilizado para darle solución.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I

Metodología de la Investigación

Cinco, son los principios fundamentales que toda organización, independientemente del tamaño, la actividad y los recursos que posea; debe realizar en la práctica diaria, si el objetivo es crecer, ser competitivo y rentable, estos son:

- Medir
- Aprender
- Innovar
- Poner en marcha lo aprendido y
- Mejorar continuamente

1.1 El problema

1.1.1 Área del problema

El concepto de seguridad ciudadana como lo indica el Artículo 44 de la Constitución Política del Perú, se manifiesta que, son deberes primordiales del Estado defender la soberanía nacional, garantizar la plena vigencia de los derechos humanos, proteger a la población de las amenazas contra su seguridad y promover el bienestar general que se fundamenta en la justicia, en el desarrollo integral y equilibrado de la Nación, así como también la Ley N° 27972: Ley Orgánica de

Municipalidades y la Ley N° 27933: Ley del Sistema Nacional de Seguridad Ciudadana.

Hoy en día Seguridad Ciudadana es el estado de confianza existente en la sociedad, que se obtiene después de haber adoptado las medidas de protección que le permitan eliminar todo tipo de riesgos y amenazas que atentan contra la integridad física moral y bienes de las personas. Es por ello que las Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana de los distritos de Lima Metropolitana organizan patrullajes a fin de persuadir y/o combatir la delincuencia para garantizar el normal desarrollo de sus actividades y el total ejercicio de las libertades y derechos de los ciudadanos limeños, dentro del ordenamiento jurídico. La Seguridad Ciudadana implica la plena vigencia de los Derechos Humanos.

Es por ello que los serenazgos están realizando constantes patrullajes, capturando a delincuentes, y pandilleros que producen problemas callejeros y atendiendo a los distintos accidentes de tránsito que existen en la Gran Lima.

Actualmente están trabajando conjuntamente las comisarías de los distintos distritos, las cuales tienen conocimiento de la posible venta de productos químicos que se utilizan en la producción de drogas, siendo las comisarías el ente legal para realizar la captura de los mismos

y de esta manera disminuir hasta poder erradicar la venta de estos productos en los Distritos.

Funciones de la Subgerencia de Seguridad Ciudadana

En la mayoría de los distritos de la Gran Lima, su conducción está a cargo de la Sub Gerencia de Seguridad Ciudadana que está a cargo de un militar retirado, la cumple los siguientes funciones:

- Planificar, organizar supervisar y dirigir las acciones preventivas destinadas a la seguridad ciudadana, sobre hechos delictivos y cautelar el cumplimiento de las disposiciones municipales dentro de la política general del gobierno local.
- Formular el plan general de operaciones de seguridad ciudadana y planes anexos.
- Proponer el programa anual de seguridad ciudadana que deberá ejecutarse a favor de los vecinos.
- Tener conocimiento del límite o frontera de la demarcación de los lugares más importantes y críticos de la jurisdicción municipal.
- Presentar el cuadro de necesidades de recursos humanos y logísticos de la Sub Gerencia de Seguridad Ciudadana.
- Supervisar y evaluar permanentemente el desempeño del personal a su cargo.

- Supervisar el uso, mantenimiento y conservación de los vehículos, equipos y enseres encargados y/o asignados a la Subgerencia de Seguridad Ciudadana.
- Proponer procedimientos técnicos y administrativos que optimicen la seguridad ciudadana sobre la base de apreciaciones y estudios de seguridad.
- Programar y ejecutar operativos de hechos delictivos y de acción municipal en coordinación con el Ministerio Público y Policía Nacional del Perú, evaluando el desarrollo de los mismos antes, durante y después de los operativos.
- Formular planes de inteligencia y contra inteligencia sobre prevención del delito.
- Proponer normas que garanticen la eficiencia del servicio del serenazgo en su jurisdicción.
- Coordinar con la Policía Nacional del Perú de su jurisdicción, las acciones a seguir relacionadas con la preservación de la seguridad de la comunidad en el ámbito de su competencia.
- Sugerir la adquisición de equipos e implementos necesarios en el área de serenazgo.
- Asesorar a los miembros del Comité Distrital de Seguridad Ciudadana, en el planeamiento, formulación, ejecución y evaluación de los planes, programas, proyectos, directivas y disposiciones sobre Seguridad Ciudadana.

1.1.2 Delimitación del problema

La ciudadanía está atemorizada, con la situación de inseguridad en que se vive y está dispuesta con frecuencia a aceptar las alternativas que se le planteen, si es que se orientan a resolver los problemas. Pero en este tema, como en cualquiera de las dificultades graves del país, no hay soluciones fáciles ni rápidas. El otorgar poder a los serenos municipales ayudaría a resolver los problemas de seguridad. Porque las funciones de los serenos son limitadas no tienen la misma prerrogativa que la Policía Nacional de Perú.

Es prioridad del estado la erradicación de la violencia y el fortalecimiento del civismo y la seguridad ciudadana. Desde este punto de vista, la Seguridad Ciudadana es la acción integrada que desarrolla el Estado, con la colaboración de la ciudadanía, destinada a asegurar su convivencia pacífica, la erradicación de la violencia y la utilización pacífica de las vías y el espacio público.

Para concluir con esto podemos decir que es el conjunto de medidas y previsiones que adopta el Estado a través de sus instituciones y de la comunidad organizada, dentro del marco de la ley y los derechos humanos, con la finalidad que las personas puedan desarrollar sus actividades libres de riesgos y amenazas generadas por la criminalidad y la delincuencia.

1.1.3 Planteamiento del problema

El Serenazgo es creado como una organización municipal mediante una ordenanza para apoyar las tareas de seguridad ciudadana cumpliendo un rol importante en el trípode: “policía nacional, gobiernos municipales y vecinos organizados, para prevenir el delito”.

El problema que se ha observado es que los municipios distritales de Lima Metropolitana desconocen el nivel de eficiencia respecto al servicio de seguridad ciudadana que brindan a la población. En consecuencia desconocen también las medidas que deben tomar para alcanzar un nivel óptimo de eficiencia, medidas tales como la asignación de recursos, la capacitación del personal, la adquisición de equipos y unidades móviles, entre otras.

En este sentido, un análisis de “mejor práctica”, reconoce las debilidades y fortalezas, en aras de alcanzar ventajas competitivas; y cumplir mejor su rol ante la sociedad.

En la actualidad, promueven la violencia en los siete distritos propuestos para este estudio, tres grupos principalmente: los pandilleros, los drogadictos y las bandas de asaltantes al paso. A ellos se suman “los secuestradores”, que son un grupo de criminales profesionales, que actúan cada cierto espacio de tiempo.

Es prioridad del estado la erradicación de la violencia y el fortalecimiento del civismo y la seguridad ciudadana. Visto así, entendemos que la Seguridad Ciudadana es la acción integrada que desarrolla el Estado, con la colaboración de la ciudadanía, destinada a asegurar su convivencia pacífica, la erradicación de la violencia y la utilización pacífica de las vías y el espacio público.

1.1.4 Formulación del Problema

- ¿Qué tan eficientes son las Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana de los diferentes distritos de Lima Metropolitana con los recursos humanos y logísticos que ellas poseen?
- ¿Qué, Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana en Lima Metropolitana, tiene la mejor práctica, y cuáles son sus ventajas competitivas?
- ¿Qué aprender de aquellas Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana en Lima Metropolitana, que se encuentran formando la frontera de eficiencia?

1.1.5 Justificación de la Investigación

El conocimiento del nivel de eficiencia servirá a los distritos para tomar decisiones respecto a sus recursos que les permite ofrecer los servicios de seguridad ciudadana a fin de lograr una mejora continua de estos servicios.

Por tanto al mejorar estos servicios la ciudadanía se encontrará mas protegida y se logrará la confianza que requiere la población para vivir en sus distritos.

1.1.6 Limitaciones de la Investigación

Se considera como una limitación la posibilidad de coordinar esfuerzos, para aplicar este análisis a todos los serenazgos de Lima Metropolitana, con la finalidad de conseguir mejores resultados en todo el sistema de Serenazgo. Esto debido a que cuando se realizó el presente trabajo, no fue posible contar con toda la disponibilidad de datos e información, debido al celo que ponen por la información que consideran confidencial, como es el caso de la cantidad de secuestros detectados por las Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana.

Otra limitación es en la precisión de los resultados que dependerán de la exactitud de las medidas de los Inputs y Outputs considerados. Los resultados pueden ser erróneos y conducir a que una

unidad aparezca, falsamente, como eficiente, es decir, la frontera puede cambiar de forma y/o posición y, consecuentemente, puede estar mostrando unidades ineficientes cuando realmente no lo son. Además, el Análisis Envolvente de Datos o DEA es sensible a la existencia de observaciones extremas y toda desviación respecto de la frontera es tratada como ineficiencia, lo que puede derivar en una observación de la misma.

1.2 Objetivos

El objetivo del presente trabajo, es realizar la evaluación de las eficiencias en la Seguridad Ciudadana, en la ciudad de Lima Metropolitana, tanto como instrumento de Benchmarking como las diversas posibilidades de aplicación que tiene el mismo, a fin de que las autoridades tomen las medidas de transformación de la ineficiencia en eficiencia.

El método de valoración utilizado es el análisis de datos ponderados (DEA), cuyos resultados suministrados, permiten identificar los factores que explican el comportamiento ineficiente en las Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana, mediante un análisis sistémico de los procesos de servicio entrada / salida.

1.3 Hipótesis

Haciendo uso del Análisis Envolvente de Datos así como del Benchmarking asociado al DEA será posible mejorar la eficiencia de una organización.

La mejor práctica, se denomina así al método o técnica que produce una mejora en la satisfacción de los clientes o en el desempeño general. Pero necesitamos ser cuidadosos, porque algunas prácticas son mejores debido a su impacto en tiempos de espera, otras sobresalen si se evalúan en base a los costos, confiabilidad, facilidad de uso o simplicidad. Quizás la razón más simple para aplicar la “mejor práctica” reconocida usando el Benchmarking, ya que no tiene sentido estar encerrado en un laboratorio intentando inventar un nuevo proceso que mejore el producto o reduzca el costo, cuando ese proceso ya existe.

A través del modelo DEA y del uso del benchmarking se hace posible la mejor práctica; y es usado para poder determinar indicadores de eficiencia para una *Unidad de Decisión* o *Decisión Making Units* o DMU (en nuestro caso sería distritos de Lima) con la misma problemática donde sólo tomaremos como muestra 7 distritos que son: Lince, Breña, San Juan de Miraflores, San Martín de Porres, Los Olivos, Villa María del Triunfo, Surco, de los status socioeconómicos B, C, D y E por la problemática en común que tienen entre ellos; donde para cada

una de los cuales, se han observado nueve variables entre input (variables de entrada) y output (variables de salida).

En este caso, las variables de entrada son los parámetros que se consideran relevantes a la hora de atención por parte de la Seguridad Ciudadana.

1. Número de serenos.
2. Número de unidades móviles (autos, motos, entre otros).
3. Número de equipos de comunicación (radios, celulares, entre otros)
4. Número de equipos de seguridad (garrotes, uniformes, entre otros).

Las variables de salida (output) serán cinco:

1. Número de robos detectados.
2. Número de pandillas detectadas.
3. Número de ebrios escandalosos y ruidos molestos detectados.
4. Número de drogadictos detectados.
5. Número de accidentes de Tránsito atendidos.
6. Numero de secuestros (en este estudio no se han considerado por falta de datos).

1.4 Marco teórico-conceptual

1.4.1 Antecedentes de la Investigación

La Seguridad Ciudadana se ha convertido en uno de los temas de mayor preocupación para quienes tienen a su cargo la gestión y la administración de las ciudades, así como la promoción del bienestar, la tolerancia y la buena convivencia entre los ciudadanos. El crecimiento poblacional y el progresivo desarrollo no necesariamente han estado acompañados de una distribución equitativa de los bienes, los servicios y los recursos económicos, lo que ha contribuido indudablemente al mantenimiento o surgimiento de la violencia.

Los gobiernos locales no siempre han tenido un programa político ni han contado con recursos económicos suficientes y sociales para actuar adecuadamente frente a estos fenómenos, para lo cual es necesario recrear o reinventar formas de reconstrucción del sentido de pertenencia a la comunidad, a fin de asegurar la seguridad ciudadana para todos, en vista de ello existen empresas que invierten fuertes cantidades de dinero en la adquisición de equipos y personal de seguridad, buscando la protección de sus bienes.

La herramienta DEA, en el medio, está empezando a ser utilizada; y a continuación mencionaremos algunos trabajos:

- “La eficiencia de las organizaciones de Salud, a través del Análisis Envolvente de Datos” [10].
- Indicadores de desempeño y capacidades de gestión. Análisis de la eficiencia del gasto municipal y de sus determinantes [4].

El análisis de datos ponderados o DEA, está recibiendo mayor importancia como una herramienta para la evaluación del desempeño en manufactura y operaciones de servicios. Este ha sido ampliamente aplicado en evaluación de desempeños y benchmarking en las escuelas, hospitales, bancos, plantas de producción, entre otros.

La aplicación del DEA, en la globalización, data desde los años 1990, donde se ha aplicado en el sector sanitario, por ejemplo aplicación y utilidad del análisis envolvente de datos de los equipos de atención primaria de Asturias en España, así como la eficiencia en los servicios de medicina preventiva hospitalarios en Andalucía, también el Análisis Envolvente de Datos se ha aplicado en empresas operadoras de energía eléctrica como es el caso en Colombia con el trabajo análisis del sector generador de energía eléctrica, y en el sector educación se está desarrollando ampliamente en distintos países tales como un estudio con Análisis Envolvente de Datos de la eficiencia de los centros de educación secundaria gallegos, eficiencia de los centros públicos de educación secundaria de la provincia de Alicante, entre otros, finalmente

se están desarrollando estudios en el Sistema Bancario como el Banco Mundial.

1.4.2 Bases Teóricas

1.4.2.1 Programación Fraccionaria

Consideremos un problema de la forma:

$$\min f(x) = \frac{N(x)}{D(x)} = \frac{p^t x + \alpha}{q^t x + \beta}$$

s.a.

$$Ax = b$$

$$x \geq b$$

donde :

$$p, q, x \in \mathbb{R}^n, \alpha, \beta \in \mathbb{R}, A \in \mathbb{R}^{n \times m}, b \in \mathbb{R}^m$$

Sea

$S =$ Conjunto de soluciones factibles

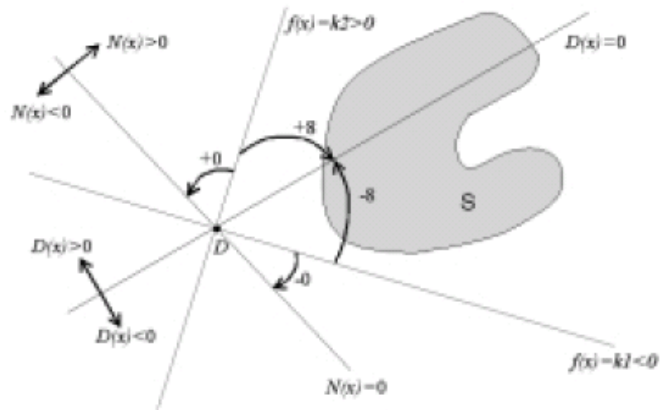
$$S = \{x / Ax = b, x \geq 0\}$$

Intuición geométrica

Sea

$$D = \{x \in \mathbb{R}^n / p^t x + \alpha = 0 \wedge q^t x + \beta = 0\}$$

Las curvas de nivel de $f(x)$ corresponden a rectas (hiperplanos) que rotan con respecto a D .



Método de Charnes y Cooper

Supongamos que:

$$D(x) = q^t x + \beta > 0, \quad \forall x \in S^2$$

Sean:

$$z = \frac{1}{q^t x + \beta} \quad y = zx$$

$$\Rightarrow y = \frac{x}{q^t x + \beta}$$

Entonces podemos construir un problema auxiliar:

$$(PA) \quad \min f(x) = p^t y + \alpha z$$

s.a.

$$Ay - bz = 0$$

$$q^t y + \beta z = 0$$

$$y, z \geq 0$$

De esta manera, para un problema fraccional podemos distinguir 3 casos:

1. Tenemos

$$q^t x + \beta = 0, \forall x \in S$$

Resolvemos

$$\begin{aligned} (PA) \quad \min f(x) &= p^t y + \alpha z \\ \text{s.a.} \\ Ay - bz &= 0 \\ q^t y + \beta z &= 0 \\ y, z &\geq 0 \end{aligned}$$

Teorema: Si (\bar{y}, \bar{z}) es solución óptima de (PA-1) entonces $\bar{x} = \frac{y}{z}$ es óptimo para (P).

2. Tenemos:

$$q^t x + \beta < 0, \forall x \in S$$

Resolvemos:

$$\begin{aligned} (PA - 2) \quad \min f(x) &= -p^t y - \alpha z \\ \text{s.a.} \\ Ay - bz &= 0 \\ -q^t y - \beta z &= 0 \\ y, z &\geq 0 \end{aligned}$$

Teorema: Si (\bar{y}, \bar{z}) es solución óptima de (PA-2) entonces

$$\bar{x} = \frac{y}{z} \text{ es óptimo para (P).}$$

3. Por último:

$$\exists x^1, x^2 \in S \text{ con } q^t x^1 + \beta < 0 \wedge q^t x^2 + \beta > 0$$

(recta $D(x) = 0$ pasa por S) El problema es no acotado.

1.4.2.2 Programación Lineal

Durante e inmediatamente después de la segunda guerra mundial, trabajos en planeación de acciones militares a gran escala, como la ruta de barcos entre los puertos, se precedieron de modo independiente, hasta que en 1947 se unificaron con la construcción del método computacional: *el algoritmo Simplex*, para formular tales problemas de modo explícito y determinar sus soluciones. Esta clase de problemas se conoce como problemas de Programación Lineal o PL.

- **Conceptos**

La Investigación de Operaciones es concerniente con la ciencia de la decisión y sus aplicaciones.

La construcción de un modelo en este contexto, está referida al proceso de unir símbolos que representan objetos de

acuerdo a determinadas reglas, formando una estructura denominada modelo de un sistema real. Uno de los modelos muy utilizados, son los lineales; siendo éste el campo de la programación lineal.

La programación lineal tiene el propósito de construir modelos a una amplia clase de problemas de decisión; siendo muy aplicados en la industria, el gobierno, la economía y la ingeniería.

La programación lineal, es concerniente con la descripción de las interrelaciones de las componentes de un sistema. Representando esta estructura en términos matemáticos, resulta un sistema de inecuaciones y ecuaciones lineales, llamado modelo de programación lineal.

- **Postulados básicos**

George B. Dantzig, es considerado como el padre de la programación lineal; y en su concepción, la trata como un sistema; formado por un conjunto de funciones elementales: las actividades. Una actividad es una caja negra en donde el flujo ingresa (hombres, materiales, equipos) y obtiene como salida un producto.

La Programación Lineal descansa en 4 supuestos, los que son: la *proporcionalidad*, la *aditividad*, *divisibilidad* y *las variables de decisión sean positivas*.

La solución a un PL es resultado de la manipulación de un sistema de ecuaciones lineales; por tanto, las unidades de las actividades pueden dividirse en niveles fraccionarios, de modo que pueden permitirse valores no enteros para las variables de decisión.

- **Estructura general de un modelo PL**

En los problemas de Programación Lineal nos encontraremos con:

- **Función Objetivo:** es la meta que se quiere alcanzar, y que será la función a optimizar.
- **Restricciones:** estas vendrán determinadas por las condiciones en las que nos encontramos a la hora de optimizar la función.
- **Linealidad:** tanto la función objetivo como las restricciones, son funciones lineales de las variables consideradas.

La Programación Lineal, en términos generales, va a consistir en:

Optimizar una función objetivo:

$$\text{Max } z = cx$$

s.a.

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

Sea x las variables de decisión:

$$x = (x_1 \quad x_2 \quad \cdots \quad x_{n-1} \quad x_n)$$

Donde el vector c también conocido como el vector costos, viene dado por:

$$c = (c_1 \quad c_2 \quad \cdots \quad c_{n-1} \quad c_n)$$

El vector de la mano derecha o b , viene dado por:

$$b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{m-1} \\ b_m \end{pmatrix}$$

Este es un vector columna, que representa los recursos de las m actividades. Es por lo tanto el elemento de la mano derecha de cada una de las m ecuaciones o inecuaciones.

Y la matriz **A** es el conjunto de valores tecnológicos que viene dado por la siguiente expresión:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n-1} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n-2} & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{m-11} & a_{m-12} & \ddots & \ddots & a_{m-1n} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn-1} & a_{mn} \end{pmatrix}$$

- **Métodos de solución en PL**

Existen por lo menos, dos modalidades para resolver un problema de programación lineal.

La primera modalidad es el llamado método gráfico, el cual es una forma didáctica de resolver pequeños programas lineales, mediante esta modalidad es fácil la realización del análisis de sensibilidad.

Y el método simplex que es un procedimiento iterativo que permite tender progresivamente hacia la solución óptima. Es un procedimiento sistemático y eficiente para encontrar y probar soluciones situadas en los vértices de la región convexa y encontrar la optimalidad. El método requiere que las restricciones sean ecuaciones en lugar de inecuaciones, lo cual se logra añadiendo

variables de holgura a cada inecuación del modelo, variables que siempre deben ser positivas y tienen coeficiente cero en la función objetivo.

1.4.2.3 Teoría de la dualidad

Sea el PL en su forma canónica:

$$\begin{aligned} \text{Max } z &= cx \\ \text{s.a.} \quad & Ax \leq b \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

La matriz **A** o matriz tecnológica, está definida como una relación recurso por producto; es decir cuanto de recurso se requiere por cada producto; así a_{12} , significa la cantidad del recurso 1 utilizado en el producto 2:

$$\begin{array}{c} \text{recurso} \\ \left[\begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{array} \right] \\ \text{producto} \end{array}$$

El objetivo es maximizar la Función Objetivo, la suma de las contribuciones de todos los productos:

$$z = \sum_j c_j x_j$$

Siendo x_j , la cantidad de producción de j ($j=1,2,\dots,n$).

Cada restricción viene representada por la suma de todos los recursos utilizados para obtener el producto i ($i = 1,2,3,\dots,m$).

$$\sum_j a_{ij}x_j = b_i, \quad i = 1,2,\dots,m$$

siendo b_i el nivel del recurso para la actividad i .

Desde el punto de vista del análisis de las actividades: cada producto viene dado por un vector de componentes de cada uno de los recursos, es decir \mathbf{a}_j es el vector de componentes de todos los recursos para cada producto j ($j=1,2,\dots,n$).

$$\mathbf{a}_j = \begin{pmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \vdots \\ a_{mj} \end{pmatrix}$$

Suponga que un negocio, considera muy valioso a sus recursos. En el caso de que pueda dejar de producir; ya sea por algún accidente o alguna parada de su personal, dejará de obtener una ganancia. De donde se puede plantear lo siguiente:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Costo de los recursos utilizados} \\ \text{para producir un artículo} \end{array} \right) \geq (\text{Ganancia del producto})$$

Así :

Producto 1

$$a_{11}y_1 + a_{21}y_2 + \cdots + a_{m1}y_m \geq c_1$$

Producto 2

$$a_{12}y_1 + a_{22}y_2 + \cdots + a_{m2}y_m \geq c_2$$

Producto j

$$a_{1j}y_1 + a_{2j}y_2 + \cdots + a_{mj}y_m \geq c_j$$

vale decir que para el producto j , viene dada la expresión :

$$\sum_{i=1}^m y_i a_{ij} \geq c_j$$

$$(y_1 \quad y_2 \quad \cdots \quad y_m) \begin{pmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \vdots \\ a_{mj} \end{pmatrix} \geq c_j$$

$$yA \geq c$$

El costo total de los recursos a utilizar deberá ser mínimo:

$$\begin{aligned} w &= b_1u_1 + b_2u_2 + \dots + b_mu_m \\ &= \sum_{i=1}^m b_iu_i \\ &= yb \end{aligned}$$

luego el problema es :

$$\begin{aligned} \text{Max } w &= yb \\ \text{s.a.} \\ yA &\leq c \\ y &\geq 0 \end{aligned}$$

De la simetría de ambos problemas, se deduce:

- o El vector costos es en uno y en el otro, es el vector b que se ubica en la mano derecha.
- o El vector de la mano derecha, es el vector costos.
- o Las restricciones son transpuestas.

Ambos problemas de PL son duales, y para diferenciarlos, uno se denomina primal y el otro dual (ver el tablero 1.1 de dualidad).

		Dual				
		x_1	x_2	...	x_n	\leq
						Max
Primal	Y_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	b_1
	Y_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	b_2

	y_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	b_m
	Min	C_1	C_2	...	C_n	\geq

Tabla 1.1: Tablero de dualidad

$$\max z = \frac{\sum_{j=1}^n c_j x_j + c_0}{\sum_{j=1}^n d_j x_j + d_0}$$

sa :

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i, \quad (i = 1, \dots, m) \\ x_j &\geq 0, \quad (j = 1, \dots, n) \end{aligned}$$

Un programa lineal alternativo es:

$$\max z = \sum_{j=1}^n c_j x_j + c_0 y_0$$

sa :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} y_j - b_i y_0 \leq 0, \quad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^n d_j x_j + d_0 y_0 = 1,$$

$$y_j \geq 0, \quad (j = 0, 1, \dots, n)$$

1.4.2.4 Principios del Benchmarking

Cuando estamos hablando de los servicios en el sector público, el Benchmarking se basa en el intercambio de ideas y cooperación mutua entre instituciones. Los principios incluyen:

- **Reciprocidad:** Ganancia-ganancia (todos son ganadores)
- **Analogía:** los procesos a comparar deben ser similares
- **Medición:** comparación medida de la práctica entre instituciones
- **Validez:** los datos recolectados deben ser válidos para la comparación

Benchmarking implica análisis de datos para buscar mejores formas de proveer servicios o productos. Este es un elemento fundamental de la filosofía de garantía de calidad el cual la definimos como un método sistémico, planificado y, continuo para medir,

monitorear y mejorar la calidad a partir de los recursos existentes. Por lo tanto, Benchmarking es una herramienta importante en la búsqueda permanente de la mejor práctica o mejoramiento continuo:

- Es un componente integral y permanente de un sistema de Gestión de Calidad.
- Analiza los procesos utilizando datos.
- Identifica las brechas y factores facilitadores.
- Sugiere soluciones adaptadas de los líderes.

Existen cuatro formas de Benchmarking:

- 1. Interno:** la comparación se hace al interior de la organización. El Benchmarking interno puede ser iniciado fácilmente en el sector de la Seguridad Ciudadana porque todas las unidades están trabajando por la misma institución y con el mismo fin. Los datos son fáciles de recolectar porque no hay barreras, pero los datos son limitados dentro de la misma organización en el caso que trataremos, el sector público.
- 2. Competitivo:** comparando con la competencia. Este puede ser iniciado entre los sectores público y privado. Se permite una visión más amplia pero es más difícil porque la competencia no quiere compartir información. La limitante es que los datos son del mismo sector.

3. Funcional: comparando las diferentes funciones entre los competidores directos. Existe una gran posibilidad de identificar líderes de la industria para utilizarlos en el Benchmarking incluso si se encuentran en industrias disímiles.

4. Genérico: comparando procesos específicos.

Para iniciar el proceso de benchmarking es necesario preguntarse:

1. ¿Qué deberíamos evaluar?
2. ¿Con quién deberíamos compararnos?
3. ¿Cómo vamos a realizar el proceso?

Para garantizar el éxito del proceso hay prerequisites fundamentales que incluyen:

- Compromiso de la dirección.
- Voluntad y compromiso de los funcionarios.
- Concordancia con los objetivos de la institución.
- Propósito de convertirse en el mejor.
- Apertura de nuevas ideas.
- Comprensión de procesos existentes.
- Los procesos deben estar documentados.
- Habilidades para el análisis de los procesos.
- Habilidades de investigación, comunicación y trabajo en equipo.

Campos de aplicación

He aquí una lista exhaustiva, sobre la aplicación del Benchmarking:

- Observar mercados que han pasado por etapas, que el nuestro no ha pasado.
- Evaluar resultados de decisiones que se acaban de tomar, considerando empresas que ya las tomaron antes.
- Revisar modelos de organización para evaluar reestructuraciones.
- Medir el impacto de nuevas reglas de juego e indicadores.
- Establecer referencias de cantidad de gente en empresas e instituciones públicas y privadas.
- Revisar en forma cualitativa el resultado de tomar ciertas decisiones.
- Desarrollo de nuevos productos.
- Planificación estratégica.
- Integración / desintegración de negocios por compra / venta de nuevas empresas o actividades.
- Integración vertical / horizontal.
- Clima organizacional ante estímulos de conflicto

Hay que resaltar que estas técnicas no son una finalidad en sí mismas; sino que son un conjunto de herramientas que permiten usar la comparación como un driver o manejador, que convierte a la empresa u organización, privada o pública, en una organización con capacidad

permanente de aprendizaje. Sirve para anticipar problemas y sortear obstáculos identificando soluciones.

La decisión de benchmarking es una decisión de muy alto nivel que debe mantener la alineación con la estrategia, la visión, la misión y en general con el rumbo estratégico. Hay que alinear el desempeño y su medición con el criterio de tener como beneficiario final al cliente; pues si es sólo hacia adentro y no revela impacto sobre los clientes, es más sobre eficiencia que sobre eficacia.

La empresa u organización que lo aplica debe estar abierta a internarse en una cultura en la cual se sienta cómoda y confortable con la noción de ser comparado. Reconocer la posibilidad de la comparación, es para la gerencia, aceptar nuevos elementos de presión en cuanto a la evaluación de sus resultados. Se debe tener una cultura capaz de recibir en forma continua información fresca de cómo hacen las cosas en otras partes, y ser capaz de hacer algo con esa información. Sin duda las organizaciones capaces de hacerlo son maduras y terminan siendo muy resistentes a los embates de los malos tiempos; además de competir mejor.

Es recomendable que los niveles gerenciales de la empresa sean los promotores al principio y los sustentadores después. Ellos son los que deben encontrar las ventajas de practicarlo, y los responsables por

su calibración. No creo que deba ser el esfuerzo de una sola vez. Esto realmente paga cuando es un esfuerzo continuo que termina moldeando positivamente una empresa y llevándola al lugar en el cual están las organizaciones exitosas del futuro: donde el activo más importante es la capacidad de aprender de las experiencias de otros, así como de las que uno mismo ha ido desarrollando. Comparación contra otros y comparación de uno mismo.

Desde un punto de vista práctico, cuando una organización, adopta la comparación como una técnica gerencial permanente, es recomendable que se apoye en tecnología de información, de forma tal que pueda integrarla inteligentemente a su proceso de negocios. Se recomienda que se prepare una enciclopedia inteligente, apoyada por software capaz de almacenar y buscar las diferentes ideas y experiencias que se vayan incorporando como producto de la estrategia de comparación.

Finalmente, se sugiere trabajar en equipos pequeños y multidisciplinarios, con capacidad de moverse entre lo concreto y lo abstracto, manejando escenarios múltiples simultáneamente y con capacidad para actuar en diferentes dimensiones de paradigmas. Deben alinearse con el Norte Estratégico para asegurarse no desplazar objetivos estratégicos, aunque si lo hagan con los tácticos.

1.4.2.5 Evaluación de la eficiencia

En los últimos años se ha impulsado la realización de trabajos que utilizan técnicas de frontera en sus aplicaciones. La justificación de este tipo de trabajos radica en la posibilidad que exista la ineficiencia en el uso de los recursos logísticos o humanos, por lo que la omisión de estas variables en el estudio sobre la calidad del servicio puede sesgar los resultados obtenidos.

Para explicar el fundamento de estas técnicas, partimos de la definición de las funciones de producción y de costos. La función de producción proporciona la máxima cantidad de producto que es posible obtener para cada vector de cantidades empleadas de factores productivos. Por otro lado la función de costos proporciona el costo mínimo al cual es posible producir un determinado nivel de producto, dados los precios de los factores productivos. Un aspecto importante de estas funciones es que especifican el máximo o mínimo valor de la función que puede ser alcanzado en ciertas condiciones impuestas por la tecnología o los precios de los factores productivos; describiendo un límite que se presenta como frontera de producción o de costos.

La medición de la eficiencia técnica, se basa en los trabajos de Farrell, profesor e iniciador de la medición de la eficiencia) [11], de uso ampliamente generalizado y que permiten comparar los agentes económicos. Las técnicas de frontera ofrecen la posibilidad de obtener

medidas de eficiencia comparando los valores observados por cada unidad productiva con el óptimo definido por la frontera estimada.

Farell (1957) [11], propuso que la eficiencia de una unidad de decisión consiste de dos componentes: la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa. Ambas medidas se combinan para obtener la eficiencia económica.

Se diferencian dos tipos de eficiencia:

- **Eficiencia técnica.**- cuando una combinación de insumos genera la máxima producción alcanzable.
- **Eficiencia asignativa.**- cuando la combinación utilizada permite minimizar los costos de producción.

La primera aproximación cuantitativa al concepto de eficiencia se debe a Farell [3], [11], un pionero en este campo inspirado en los trabajos de Koopmans [3], [9], [11]; quien demostró que la eficiencia global, puede ser descompuesta en eficiencia técnica y eficiencia asignativa.

- **Eficiencia técnica o productiva.**-cuando a partir de una determinada tecnología de producción fija, se consigue alcanzar el máximo nivel de producción posible.

- **Eficiencia Asignativa.**- se define para aquella situación en que, conocidos los precios relativos de las diferentes entradas utilizadas en el proceso productivo y partiendo del mejor supuesto de que la tecnología de producción puede cambiar, si emplea la mejor combinación de entradas que permite alcanzar un determinado nivel de salida, con el menor costo. En definitiva, la eficiencia global viene referida al producto de la eficiencia técnica y de la asignativa.

En la figura 1.2, se observa que la salida es el producto de factores o entradas I1, I2, con la curva CC una salida isocuanta. La línea PP representa el plano del costo de minimización y la eficiencia global de unidades X es medida por el ratio OQ/OX. La eficiencia técnica (T), medida como la distancia radial de X que está al frente de la isocuanta y la eficiencia asignativa (A), medida como la distancia radial desde el plano de la minimización del costo; es decir:

$$T = \frac{OS}{OX} \quad \text{y} \quad A = \frac{OQ}{OS}$$

Se tiene entonces que la eficiencia global, puede ser computada desde A y T, como sigue:

$$E = \frac{OQ}{OX} = \frac{OQ}{OS} \times \frac{OS}{OX} = A \times T$$

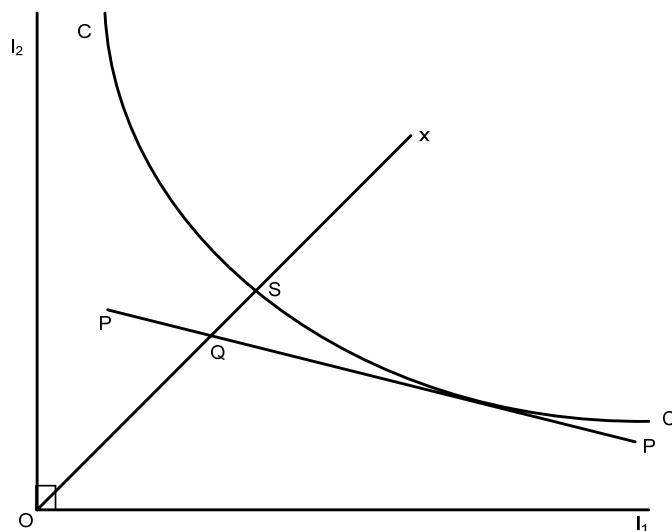


Figura 1.2

A partir del trabajo de Farrell [11], otros autores han propuesto conceptos alternativos. Los trabajos de *Forsund* y *Hjalmarsson* [11] descomponen la eficiencia en técnica, asignativa y de escala. La eficiencia de escala es relevante cuando la tecnología de producción presenta rendimientos de escala variables.

En cuanto a su medición, cabe señalar que la eficiencia es un concepto relativo, de forma que el resultado de una unidad económica debe ser comparado con un estándar. En este sentido, la medición de la eficiencia requiere de dos etapas. En primer lugar la determinación de una función de referencia estándar que indique, dada una tecnología de producción fija, el máximo nivel de salida alcanzable a partir de diferentes combinaciones de entradas.

La función de referencia o función frontera, puede ser tanto una función de producción como una función de costos, o incluso de beneficios. La segunda etapa consiste en comparar los resultados obtenidos por cada unidad de producción con la frontera estándar, de forma que las desviaciones existentes quedarán caracterizadas como comportamientos ineficientes.

1.4.2.6 Medición de los desempeños

Los gobiernos de todos los niveles: estado, región y local, se encuentran interesados en medir la actuación de sus instituciones.

La medición de los desempeños de datos son coleccionadas y reportadas, el siguiente paso es empezar a comparar y contrastar los desempeños, de los proveedores de los servicios en los gobiernos. Después de la comparación de los desempeños de los proveedores de servicio, se asume que la mejor práctica puede ser seleccionada y ser identificada y usada como benchmarks para el mejoramiento de la eficiencia, calidad y efectividad de los servicios de los proveedores.

Una potencial y útil herramienta de análisis para hacer comparaciones de performance entre los proveedores de servicio es el análisis de datos ponderados o DEA.

Típicamente, las comparaciones de actuaciones en los proveedores de servicio de un gobierno han sido el análisis de ratios o el análisis de regresión. El análisis de datos envuelve la computación de pares de datos, consistiendo en una variable de entrada y una variable de salida; y usando un ranking de ratios; establecer al mejor proveedor de servicios. La mayor crítica a este análisis radica en su inhabilidad para tratar simultáneamente con múltiples entrada y múltiples salidas.

Otro método para mejorar el análisis de ratios, es el uso de promedios ponderados (Gupta 1994[5]). En este propósito, cada uno de los ratios es ponderado con un peso relativo, debido a la importancia subjetiva asignada por el administrador. La tarea de asignar las ponderaciones constituye una de las tareas más difíciles y controversiales, que se enfrentan los administradores.

En análisis de regresión envuelve la computación de una función de producción promedio para cada uno de los proveedores de servicio; haciendo uso de una o más variables independientes: de entrada y una o más variables dependientes de salida. El orden del ranking de los proveedores se hace a

través de sus valores residuales. Proveedores con valores residuales positivos son considerados con desempeños promedio hacia arriba, y proveedores con valores residuales negativos tiene desempeño promedio hacia abajo. La mayor crítica a este análisis, es su inhabilidad a manejar simultáneamente múltiples variables de desempeño

1.4.2.7 Análisis Envoltente de Datos

El Análisis Envoltente de Datos o DEA, es un modelo de la programación matemática aplicando la programación lineal para acceder a los desempeños relativos de las unidades de decisiones, o DMU (Decisión Making Units). Una DMU puede ser cualquier tipo de proveedor de servicio, que reporta entradas y medidas de datos de desempeño de un tipo similar a otro proveedor de servicio.

DEA, está siendo utilizado por los proveedores de servicio para hacer comparaciones de colegios, programas de servicios humanos, y agencias de cuidados intensivos. El DEA se da a conocer con la publicación del trabajo realizado por Charnes, Cooper y Rodes (CCR) [11], donde se inscribe entre las técnicas no paramétricas dentro de los modelos frontera de evaluación de la eficiencia, y permite comparar el nivel de eficiencia productiva de distintas unidades.

El análisis envolvente de datos es capaz de transformar una situación productiva en la que diversos recursos generan múltiples productos en un único índice de eficiencia. Dicho índice se identifica con el valor que maximiza el cociente entre la suma ponderada de los outputs y la suma ponderada de los inputs de la entidad analizada, de forma que permite estimar el nivel de eficiencia relativa de una empresa o unidad de producción respecto al resto de unidades que se evalúan simultáneamente mostrando a aquellas unidades que realizan la mejor utilización de recursos en comparación al resto de las entidades de la muestra.

$$Eficiencia = \frac{\sum \text{ponderada de las salidas}}{\sum \text{ponderada de las entradas}}$$

Así se determina la eficiencia de cada unidad a partir de la estimación de la frontera de eficiencia constituida por las mejores unidades productivas de la muestra, objeto de estudio (las más eficientes) que se sitúan en lo que se denomina frontera eficiente o de producción (ver figura 1.2): esto es, la combinación idónea de inputs para un determinado nivel de producción o la combinación idónea de outputs para unos inputs dados. Las unidades ineficientes quedarán por debajo de la frontera eficiente, o por encima de la de costes, situándose “fuera de la frontera”, por lo que su nivel de ineficiencia se podrá medir por la distancia entre la situación real y la frontera de producción correspondiente.

Esta técnica produce una medida natural y muy intuitiva de la eficiencia con la que una unidad económica alcanza sus objetivos.

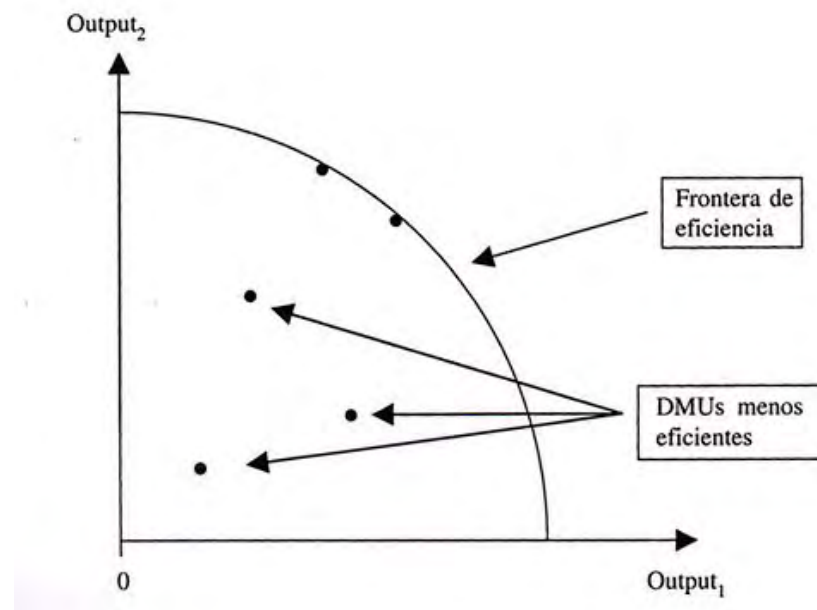


Figura 1.2: Frontera de Eficiencia

Para un caso particular, tomaremos una variable de entrada (input) y una variable de salida (output) donde se tiene que la frontera eficiente es una recta que pasa por el origen y tiene pendiente igual a la productividad de la DMU más productiva (ver figura 1.3). Esta figura ilustra el concepto, donde la DMU eficiente es representada por el punto de coordenada (X_{ef}, Y_{ef}) .

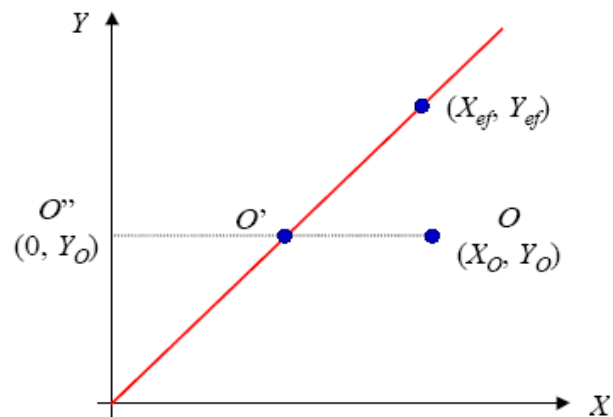


Figura 1.3: Un Input un output

Se tiene las siguientes conclusiones:

- La DMU O es una DMU ineficiente. El punto O'' es la proyección de O en el eje Y y el punto O' es la proyección de O en la frontera eficiente (asumiendo orientación a inputs).
- Como se tiene una proyección horizontal, el valor de la ordenada no se altera. Así, el punto O'' tiene por coordenadas a $(0, Y_O)$, una vez que está sobre el eje.
- Para calcular las coordenadas del punto O', basta observar que resulta de la intersección de la frontera eficiente con la recta horizontal que pasa por O.

Por nociones geométricas tenemos:

$$Y = Y_o$$

$$Y = \frac{Y_{ef}}{X_{ef}} X$$

Da las coordenadas que son.

$$X_o = \frac{Y_o X_{ef}}{Y_{ef}}$$

$$Y_o = Y_o$$

La productividad de la DMU eficiente es el cociente angular α de la recta, dado por:

$$\alpha = \frac{Y_{ef}}{X_{ef}}$$

Para calcular la eficiencia de O se usan las definiciones de la sección anterior, considerando la orientación a input. Así se tiene:

$$Ef = \frac{\overline{O'O''}}{\overline{O''O}}$$

donde el numerador es la abscisa de O', y el denominador es la abscisa de O.

Usando el valor de XO' calculado antes se tiene:

$$Ef = \frac{\overline{O'O''}}{\overline{O''O}} = \frac{Y_o X_{ef}}{X_o} = \frac{Y_o}{X_o} \frac{1}{\frac{Y_{ef}}{X_{ef}}} = \frac{P_o}{P_{ef}}$$

Así, se puede observar que en este modelo la eficiencia de una DMU es la razón entre su productividad (P_o) y la productividad de la DMU más eficiente (P_{ef}), lo que se constató con argumentos geométricos con un única entrada y una sola salida. A este modelo se le llama "envolvente".

Generalizando asumiremos la notación siguiente:

$k = 1, \dots, s$ $j = 1, \dots, m$ $i = 1, \dots, n$ $y_{ki} =$ cantidad de salida k producida por DMU i . $x_{ji} =$ cantidad de entrada j utilizada por DMU i . $v_k =$ peso o coeficientes de salida k , a determinar. $u_j =$ peso o coeficientes de entrada j , a determinar.

Se tiene el programa fraccional siguiente:

$$\max \frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{kp}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{jp}} = 1$$

s.a :

$$\frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{ki}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{ji}} \leq 1, \forall i$$

$$v_k, u_j \geq 0, \forall k, j$$

El programa fraccional, puede ser convertido a un programa lineal como:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{k=1}^s v_k y_{kp} \\ & \text{s.a :} \\ & \sum_{j=1}^m u_j x_{jp} = 1 \\ & \sum_{k=1}^s v_k y_{ki} - \sum_{j=1}^m u_j x_{ji} \leq 0, \forall i \\ & v_k, u_j \geq 0, \forall k, j \end{aligned}$$

Desde conceptos de dualidad, el test DMU, significa que la ineficiencia puede ser identificada cuando se utiliza menos entrada que el test DMU, mientras se mantiene al menos el mismo nivel de salida.

1.4.2.8 Escala de retorno constante

El aseguramiento del cumplimiento en el sector privado tales como los negocios y comercio, son ampliamente usados los ratios de cumplimiento. Los mejores ratios son los aplicados a finanzas y gestión de la producción; también han sido desarrollados en Marketing, Compras y Gestión de Personal. Los profesionales en Contabilidad y Consultoría hacen uso de esas medidas o métricas.

El sector público, caracterizado por proveer un amplio rango de servicios, se encuentra ausente el factor utilidad. En muchos casos como salud, servicios sociales, educación y defensa se está hablando acerca de la administración de vastas estructuras complejas alrededor de un número de localidades. En estas organizaciones se reconoce como los procesos de control y gestión como sus más importantes métricas o indicadores de salida de sus programas. Algunas de estas medidas de aseguramiento son:

1. Provisión de servicios.
2. Investigación y Desarrollo.
3. Provisión y Mantenimiento de Bienes Capitales.

Para definir el modelo DEA a utilizar en la evaluación de la eficiencia de los 7 distritos de Lima propondremos el modelo CCR (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978) donde buscamos minimizar los inputs (Min In: modelo Input orientado).

En la figura 1.4 se presenta la eficiencia entre un input: Costo Total y un output: Retorno Total (gráfica tomada del Libro de Michael Norma [11]). Se observa que la pendiente más alta es para la DMU Reading; y para conocer la eficiencia de la Ciudad Fulham, esta viene dada por los ratios AB/AC o DE/DB .

El punto C representa el desempeño deseado del DMU señalado, si su objetivo es alcanzar el mejor Retorno Total dado su nivel actual del Costo Total. Alternativamente el punto E representa la performance del DMU si su plan operar se encuentra en el más bajo Costo Total de su actual Retorno Total.

Estableciendo nociones elementales de geometría, estos ratios son iguales a: OE/OC . El significado del ratio AB/AC expresa el Retorno Total de la DMU señalado, como una proporción del Costo Total. Este desarrollo asume una escala de retornos constantes que implica que el Costo Total en una correspondencia a un incremento proporcional en el Retorno Total conocido como el método CCR (Charnes, Cooper y Rhodes).

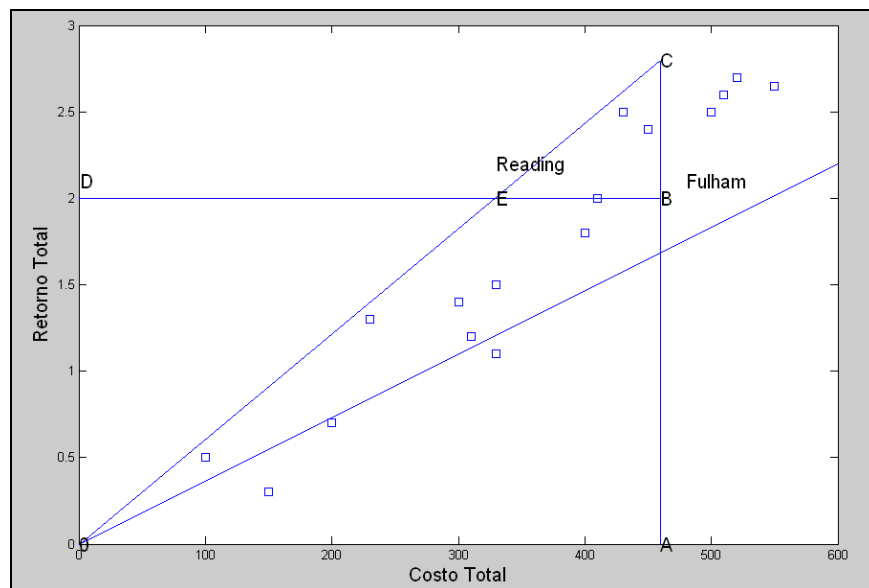


Figura 1.4: Eficiencia (Retorno versus Costos)

1.4.2.9 Cálculo del DEA

Para ilustrar la manera en que funciona el análisis DEA, tomaremos el ejemplo de una municipalidad, que se encuentra analizando la eficiencia de sus clínicas u hospitales. Considerar que hay tres clínicas; y desde el enfoque que cada clínica convierte dos insumos en tres productos o salidas. Los dos insumos son:

- W_1 : Capital, medido por la cantidad de camas de la clínica.
- W_2 : Mano de obra, medida en miles de horas de mano de obra utilizadas al mes.

Los productos que se obtienen son:

- t_1 : Cientos de días de paciente, durante un mes; para la categoría menores de edad.
- t_2 : Cientos de días de paciente, durante un mes; para la categoría adultos.
- t_3 : Cientos de días de paciente, durante un mes; para la categoría tercera edad.

Para determinar si un hospital es eficiente, se define t_r = precio o valor de unidad de producto r y w_s = costo de una unidad del insumos. La eficiencia del hospital i se define como:

$$\frac{\text{precio o valor de los productos del hospital } i}{\text{costo de los insumos del hospital } i}$$

Según los datos de la tabla 1.2, se observa que la eficiencia de cada clínica es como sigue:

$$Ef_1 = \frac{9t_1 + 4t_2 + 16t_3}{5w_1 + 14w_2}$$

$$Ef_2 = \frac{5t_1 + 7t_2 + 10t_3}{8w_1 + 15w_2}$$

$$Ef_3 = \frac{4t_1 + 9t_2 + 13t_3}{7w_1 + 12w_2}$$

Clínicas	Insumos (W)		Productos (t)		
	w ₁	w ₂	t ₁	t ₂	t ₃
1	5	14	9	4	16
2	8	15	5	7	10
3	7	12	4	9	13

Tabla 1.2: Datos de cada clínica

En el método DEA, se aplican las ideas siguientes para determinar si una clínica es eficiente.

1. Ninguna clínica puede ser más del 100% eficiente. El eficiencia de una clínica tiene que ser menor o igual que 100%. En consecuencia la eficiencia de la clínica 1 , es:

$$Ef_1 = \frac{9t_1 + 4t_2 + 16t_3}{5w_1 + 14w_2} \leq 1$$

Equivalente a

$$5w_1 + 14w_2 - 9t_1 - 4t_2 - 16t_3 \geq 0$$

2. Para evaluar la eficiencia del hospital i, se hace necesario conocer los precios de los productos (t_1, t_2, t_3) y los costos de los insumos (w_1, w_2) que minimizan la eficiencia. Si la eficiencia de la clínica i es igual a 1, entonces es eficiente; si la eficiencia es menor que 1, entonces es ineficiente.
3. Para simplificar los cálculos, podríamos colocar los precios de los productos de tal manera que el costo de los insumos del hospital i sea igual a 1. Por lo tanto a la clínica 2, se añade la restricción

$$8w_1 + 15w_2 = 1$$

4. Se debe contar con la certeza de que cada costo del insumo y precio del producto es rigurosamente positivo. Por ejemplo, si $t_i=0$, entonces DEA no podría detectar un producto i que

implicara ineficiencia; si $w_j = 0$, entonces DEA no podría identificar el insumo j que implicara ineficiencia.

Los puntos del 1 al 4, generan los programas lineales para probar la eficiencia de las clínicas (ver las figuras 1.5 al 1.7 y los respectivas salidas de aplicar la programación lineal).

```

E:\PROJECT\DEA\CLINICA1.LTX
MAX 9T1 + 4T2 +16T3
ST
-9T1 -4T2 -16T3 +5W1 +14W2 >=0
-5T1 -7T2 -10T3 +8W1 +15W2 >=0
-4T1 -9T2 -13T3 +7W1 +12W2 >=0
                    5W1 +14W2 =1
T1                                >=0.0001
T2                                >=0.0001
T3                                >=0.0001
W1                                >=0.0001
W2 >=0.0001
END

```

Figura 1.5

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 5

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
T1	0.000100	0.000000
T2	0.000100	0.000000
T3	0.062419	0.000000
W1	0.000100	0.000000
W2	0.071393	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-1.000000
3)	0.446305	0.000000
4)	0.044671	0.000000
5)	0.000000	1.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000

8) 0.062319 0.000000
 9) 0.000000 0.000000
 10) 0.071293 0.000000

NO. ITERATIONS= 5

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
T1	9.000000	0.000000	INFINITY
T2	4.000000	0.000000	INFINITY
T3	16.000000	INFINITY	0.000000
W1	0.000000	0.000000	INFINITY
W2	0.000000	INFINITY	0.000000

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES		
	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	0.000000	0.997100	0.054979
3	0.000000	0.446305	INFINITY
4	0.000000	0.044671	INFINITY
5	1.000000	INFINITY	0.997100
6	0.000100	0.110789	0.000100
7	0.000100	0.007769	0.000100
8	0.000100	0.062319	INFINITY
9	0.000100	0.199620	0.000100
10	0.000100	0.071293	INFINITY

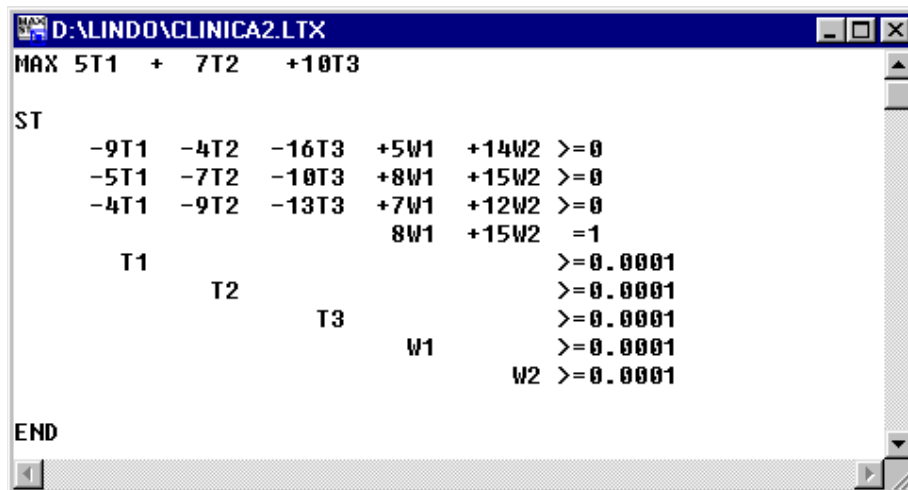


Figura 1.6

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **0.7730300**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
T1	0.079821	0.000000
T2	0.053275	0.000000
T3	0.000100	0.000000
W1	0.000100	0.000000
W2	0.066613	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.261538
3)	0.226970	0.000000
4)	0.000000	-0.661538
5)	0.000000	0.773333
6)	0.079721	0.000000
7)	0.053175	0.000000
8)	0.000000	-2.784615
9)	0.000000	-0.248205
10)	0.066513	0.000000

NO. ITERATIONS= 2

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
T1	5.000000	10.750000	0.655827
T2	7.000000	1.056769	3.415094
T3	10.000000	2.784615	INFINITY
W1	0.000000	0.248205	INFINITY
W2	0.000000	INFINITY	0.465385

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES		
	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	0.000000	0.575760	0.864098
3	0.000000	0.226970	INFINITY
4	0.000000	0.384044	0.343094
5	1.000000	INFINITY	0.996508
6	0.000100	0.079721	INFINITY
7	0.000100	0.053175	INFINITY
8	0.000100	0.056324	0.000100
9	0.000100	0.124712	0.000100
10	0.000100	0.066513	INFINITY

```

D:\LINDO\CLINICA3.LTX
MAX 4T1 + 9T2 +13T3
ST
-9T1 -4T2 -16T3 +5W1 +14W2 >=0
-5T1 -7T2 -10T3 +8W1 +15W2 >=0
-4T1 -9T2 -13T3 +7W1 +12W2 >=0
              7W1 +12W2 =1
T1              >=0.0001
T2              >=0.0001
T3              >=0.0001
W1              >=0.0001
W2 >=0.0001
END

```

Figura 1.7

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
T1	0.099815	0.000000
T2	0.066605	0.000000
T3	0.000100	0.000000
W1	0.000100	0.000000
W2	0.083275	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.283620	0.000000
4)	0.000000	-1.000000
5)	0.000000	1.000000
6)	0.099715	0.000000
7)	0.066505	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.083175	0.000000

NO. ITERATIONS= 0

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
T1	4.000000	16.250000	0.000000
T2	9.000000	0.000000	0.000000
T3	13.000000	0.000000	INFINITY
W1	0.000000	0.000000	INFINITY
W2	0.000000	INFINITY	0.000000

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES		
	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	RHS	INCREASE	DECREASE
2	0.000000	0.720161	1.080700
3	0.000000	0.283620	INFINITY
4	0.000000	0.480311	0.428727
5	1.000000	INFINITY	0.997146
6	0.000100	0.099715	INFINITY
7	0.000100	0.066505	INFINITY
8	0.000100	0.070451	0.000100
9	0.000100	0.142586	0.000100
10	0.000100	0.083175	INFINITY

Los resultados de ejecutar el programa LINDO para estos programas lineales, demuestran en la tabla 1.3. De acuerdo con los resultados se aprecia que la clínica 2 es ineficiente; y las clínicas 1 y 3 si son eficientes.

Clinica	Eficiencia
1	1
2	0.773
3	1

Tabla 1.3

Precios duales y DEA

Cuando se observa los resultados de los precios sombras en la ejecución del programa LINDO, para la clínica 2, se obtienen los resultados en la tabla 1.4.

Clinica	dual prices
C ₁	0.261538
C ₂	0
C ₃	0.661538

Tabla 1.4

Esta tabla, manifiesta que el costo de la eficiencia para cada uno de las restricciones en la clínica 2, cuesta igual al precio dual. Entonces en la idea de crear una clínica mezclada, por la combinación de 0.261538 (dual prices de C₁) referente al clínica 1 y 0.661538 (dual prices de C₃) para la clínica 3, el vector de los productos es el resultado de realizar la siguiente álgebra de vectores:

$$0.261538 \begin{pmatrix} 9 \\ 4 \\ 16 \end{pmatrix} + 0.661538 \begin{pmatrix} 4 \\ 9 \\ 13 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 7 \\ 12.785 \end{pmatrix}$$

Lo que indica, que la clínica 2, tiene 2.785 mas del producto 3 (t₃) como lo podemos verificar en el siguiente calculo $12.785 - 10 = 2.785$. Mientras que el vector de insumos promediados,

$$0.261538 \begin{pmatrix} 5 \\ 14 \end{pmatrix} + 0.661538 \begin{pmatrix} 7 \\ 12 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5.938 \\ 11.6 \end{pmatrix}$$

resulta que utiliza menos de cada insumo que la clínica 2 ya que esta posee 8 del insumo 1 (w_1) y 15 del insumo 2 (w_2). Ahora se aprecia, porque la clínica 2 es ineficiente.

1.5 Metodología

Las etapas de un análisis DEA: Planificar, recolección de datos, análisis, adaptación.

Planificar

- Formar Equipo
- Identificar enfoque (Calidad técnica y del cliente)
- Identificar el proceso para benchmarking (Atención médica, tiempos de espera, etc.)
- Definir métodos para la recolección de datos (encuestas, instrumentos técnicos / gerenciales)

Recolección de datos

- Identificar y solicitar participación de "contraparte"
- Acordar métodos y recolectar los datos

Análisis

- Consolidar los datos (de las encuestas)
- Plantear el problema de programación fraccionaria, que debe ser resuelto para cada una de las DMUs
- Transformar el problema fraccional a un problema de programación lineal.
- Comparar los datos usando el método dual
- Identificar las mejores prácticas utilizando el Benchmarking.

Adaptación

- Socializar los resultados (comprometernos a cambiar)
- Desarrollar e implementar el plan de acción
- Monitorear los resultados

Capítulo II

Recolección de Datos para el modelo

3.1 Generalidades

La Institución del Serenazgo llegó al Perú desde España junto con los cabildos Municipales, para cumplir una importante función en el cuidado del vecindario, el mantenimiento del orden la solución de pleitos vecinales, el suministro de agua potable y el anuncio a viva voz del discurrir de las horas nocturnas.

El Serenazgo es creado como una organización municipal para apoyar las tareas de seguridad ciudadana que cumple un rol importante en el trípode: "policía nacional, gobiernos municipales y vecinos organizados, para prevenir el delito.

El Serenazgo desde su creación ha ido aportando mucho a la seguridad en los distritos, y ha cumplido un papel importante con el patrullaje de las calles y avenidas, así como en dar la voz de alarma cuando el delito ha querido imponerse.

En la actualidad no solo el personal del Serenazgo es útil sino también sus vehículos, motocicletas y equipos de comunicación han

pasado a formar parte de la logística de las comisarías para las labores de vigilancia y patrullaje de las calles.

3.2 Recursos en la Gestión del Serenazgo

La Sub Gerencia de Seguridad Ciudadana se encuentra en la búsqueda de un nuevo modelo organizativo que permita el uso eficiente de los escasos recursos y una mejor focalización hacia la población más necesitada otorgando prioridad a la atención primaria.

Donde consideraremos los recursos que más necesita un serenazgo para poder protegernos:

2.2.1 El recurso humano

El recurso humano constituye, en la actualidad, el activo más valioso con que cuenta una organización. La tecnología, los materiales, hasta el capital financiero, todos ellos recursos organizacionales, no son importantes por sí mismos sin la intervención humana. Sin embargo en seguridad ciudadana pareciera no resultar tan valioso, a decir por el énfasis de las inversiones y reformas ocurridas en las últimas décadas. En efecto, son evidentes los problemas relativos a los recursos humanos en seguridad ciudadana: no hay suficientes profesionales que brinden atención primaria, y en cambio existen demasiados especialistas; el personal se concentra en las zonas de estatus A y se ha descuidado la seguridad ciudadana de los estatus mas bajos y medios (B, C, D y E).

Las actuales inversiones en Seguridad Ciudadana resultarán ineficientes y de poco impacto, si no consideran la implementación de una política de desarrollo de recursos humanos, que solucione estos problemas. Ver figura 2.1.

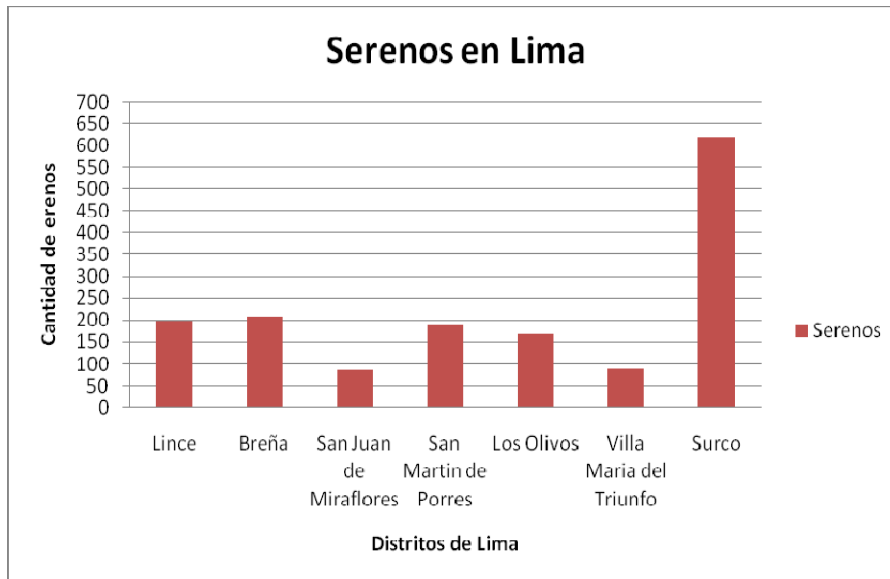


Figura 2.1: Serenos por Distrito de Lima

2.2.2 Recursos logísticos

Los recursos Logísticos que se han propuesto en este proyecto son los que tienen que ver con unidades móviles, equipos de comunicación y equipos de seguridad.

Los serenos tienen que usar estos recursos para poder ser eficientes y dar solución a estos problemas. Ver figura 2.2

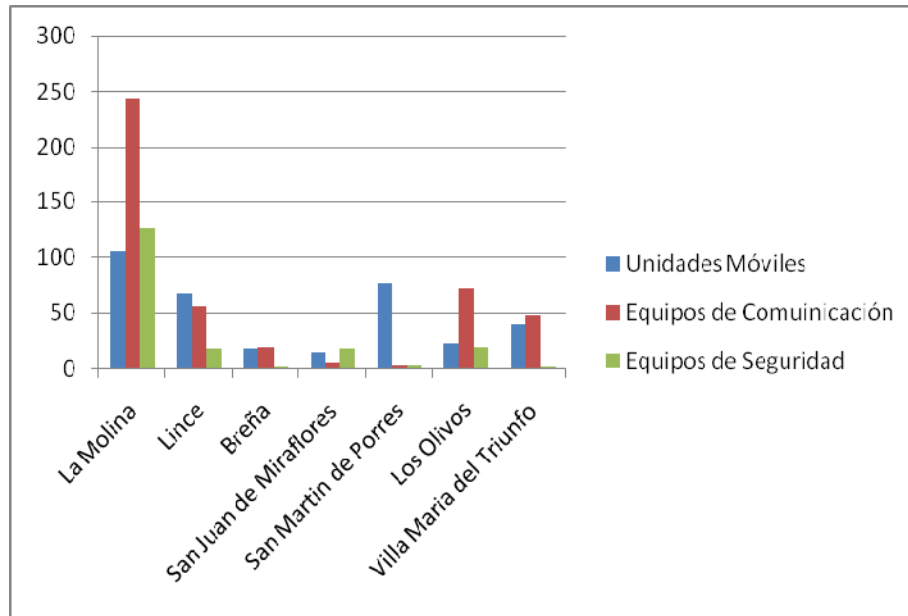


Figura 2.2: Recursos Logísticos

2.3 DEA en los Serenazgos de Lima

El análisis ponderado o envolvente de datos, es una importante herramienta para evaluación y performance en las operaciones de manufactura y servicio.

2.3.1 Conceptos

Data Envelopment Analysis o DEA es una poderosa herramienta que permite comparar la gestión relativa de un grupo de unidades de producción de bienes y/o servicios que utilizan el mismo tipo de recursos (insumos) para producir un mismo grupo de productos (salidas). La metodología identifica fronteras eficientes y permite hallar indicadores de gestión relativos a cada unidad con relación a aquellas que están en la

frontera eficiente. Además, permite identificar y cuantificar las ineficiencias con relación a los recursos de entrada y los productos de salida dando así pautas para el mejoramiento de las distintas unidades analizadas. Esta metodología basada en Programación Lineal, ha tenido un auge tremendo tanto en el sector público como en el privado en una multitud de aplicaciones relacionadas con competitividad, productividad y eficiencia en una gran diversidad de campos de la Ingeniería, de la Administración y de la Economía (Bancos, Salud, Servicios en general, Comercio, Producción, Regulación, etc.)

Esta metodología no es de carácter paramétrico y, a diferencia de metodologías basadas en entradas o variables independientes con salidas o variables dependientes, no asume que todas las observaciones definen la frontera eficiente, supuesto que esta implícito en la mayoría de los modelos econométricos.

A continuación mostramos la tabla 2.1, donde se encuentran los salidas u outputs de cada unidad de decisión o DMU.

Distritos	Robos detectados	Pandillaje detectados	Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	Drogadictos detectados	Accidentes de Tránsito atendidos
Lince	249	3277	8902	3116	968
Breña	334	19	192	76	334
San Juan de Miraflores	2002	426	3761	2149	124
San Martin de Porres	2191	1599	4777	21	356
Los Olivos	725	425	980	339	404
Villa Maria del Triunfo	1874	385	368	256	986
Surco	1800	2092	15576	653	3004

Tabla 2.1: Valores de salida de los DMU

A continuación mostramos la tabla 2.2 donde se encuentran los entradas o input de cada unidad de decisión o DMU.

Distritos	Población*	Serenos	Unidades Móviles	Equipos de Comunicación	Equipos de Seguridad
Lince	60471	200	68	56	10
Breña	88219	210	42	120	3
San Juan de Miraflores	313446	88	15	6	18
San Martín de Porres	404291	190	44	75	6
Los Olivos	270142	170	51	112	20
Villa María del Triunfo	287677	90	40	48	2
Surco	219970	620	97	318	88

Tabla 2.2: valores de entrada de los DMU

* Fuente del INEI (Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamentos, provincias y distritos 1995-2000)

Capítulo III

Solución computacional el modelo

3.1 Análisis de los resultados

Procederemos a realizar el análisis utilizando el programa Frontier Analyst. En la tabla 3.1, se presentan las entradas y salidas para aplicar el modelo.

Distritos	Serenos	Unidades Móviles	Equipos de Comunicación	Equipos de Seguridad	Robos detectados	Pandillaje detectados	Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	Drogadictos detectados	Accidentes de Tránsito atendidos
Lince	200	68	56	10	249	3277	8902	3116	968
Breña	210	42	120	3	334	19	192	76	334
San Juan de Miraflores	88	15	6	18	2002	426	3761	2149	124
San Martín de Porres	190	44	75	6	2191	1599	4777	21	356
Los Olivos	170	51	112	20	725	425	980	339	404
Villa María del Triunfo	90	40	48	2	1874	385	368	256	986
Surco	620	97	318	88	1800	2092	15576	653	3004

Tabla 3.1: Datos para el modelo

De acuerdo al modelo DEA - CCR, con orientación al Input, sólo 5 de las 7 unidades de decisión, llamados serenazgos de los distritos de la Gran Lima, son técnicamente eficientes: Lince, San Juan de Miraflores, San Martín de Porres, Villa María del Triunfo y Surco, siendo éstas las que determinan la frontera de eficiencia. Ver tabla 3.2.

El resto de entidades son calificadas como ineficientes técnicamente, al obtener una puntuación de eficiencia inferior a la unidad (o 100%): Breña (32.2%), Los Olivos (36,70%). Estos resultados indican

que por ejemplo, Breña es ineficiente; podría seguir obteniendo la misma cantidad de salidas u output (Robos, Pandillaje, Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos, Drogadicción y Accidentes de Tránsito) empleando para ello sólo el 32,20% de Serenos, Unidades Móviles, Equipos de Seguridad y Equipos de Comunicación (Input) actual, es decir, el serenzago de Breña podría reducir, como mínimo, los serenos, unidades móviles, equipos de seguridad y equipos de comunicación en un 67,80% dado su volumen de Robos, Pandillaje, Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos, Drogadicción y Accidentes de Tránsito (Output producido). Comentarios similares serían extensibles para el serenzago de Los Olivos.

En la tabla 3.3, se presentan los DMU con eficiencia de 100%; y en la tabla 3.4, los DMU, que se encuentran con eficiencia menor que 100%.








Units	Comparison 1		
	Score	Efficient	Condition
Breña	32.2%		
Lince	100.0%	✓	
Los Olivos	36.7%		
San Juan de Miraflores	100.0%	✓	
San Martin de Porres	100.0%	✓	
Surco	100.0%	✓	
Villa Maria del Triunfo	100.0%	✓	

Tabla 3.2: Resultados de eficiencia

Units		Comparison 1		
Unit name	Score	Efficient	Condition	
Lince	100.0%	✓	●	
San Juan de Miraflores	100.0%	✓	●	
San Martin de Porres	100.0%	✓	●	
Surco	100.0%	✓	●	
Villa Maria del Triunfo	100.0%	✓	●	

Tabla 3.3: Eficiencia 100%

Units		Comparison 1		
Unit name	Score	Efficient	Condition	
Breña	32.2%		●	
Los Olivos	36.7%		●	

Tabla 3.4: Eficiencia <100%

En la figura 3.1, se presenta el diagrama de sectores, donde se observa, por ejemplo, que el mejoramiento potencial total en Robos es del 5.92%; y el de Pandillaje es 44.35%. En la variable Sereno, se observa que existe un exceso de 10.31%.

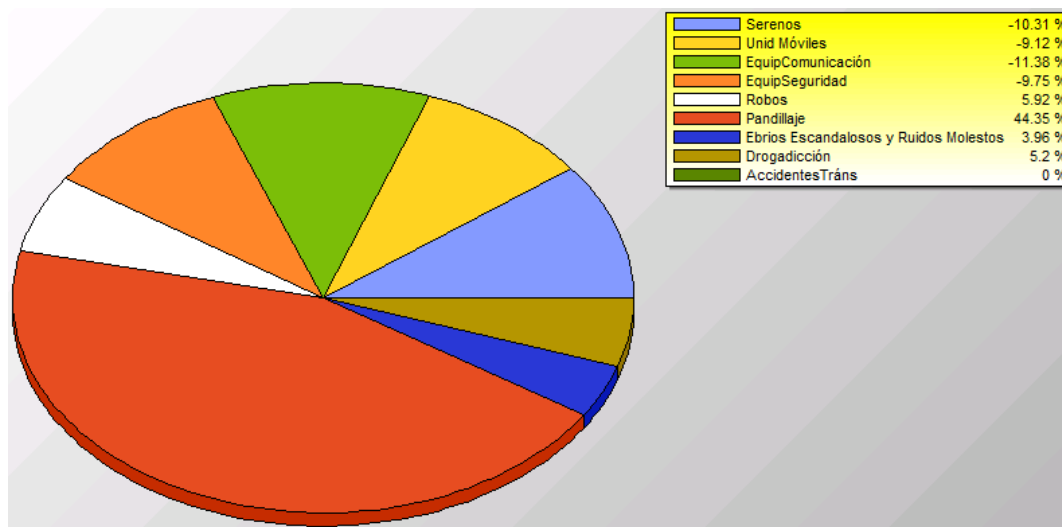


Figura 3.1: Mejoramiento potencial total

También se puede representar gráficamente la distribución de las puntuaciones de eficiencia obtenidas por el conjunto de Unidades sometidas a análisis, mostrando un histograma de las puntuaciones de eficiencia, como aparece en la figura 3.2.

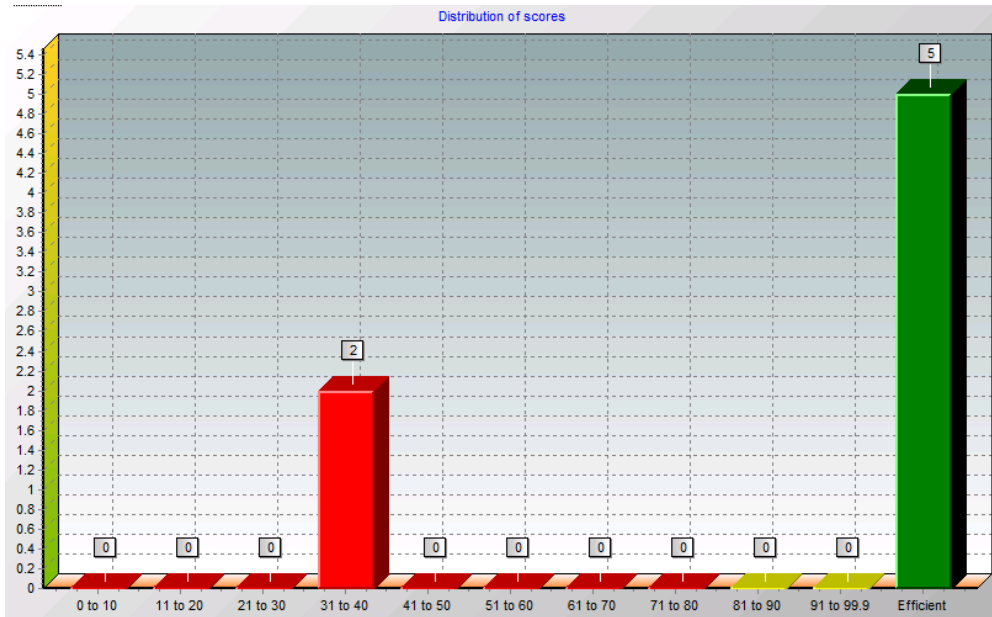


Figura 3.2: Distribución de resultados sobre la eficiencia

En la distribución de resultados, se han situado las puntuaciones de eficiencia, agrupadas en intervalos de 10 puntos porcentuales de amplitud (excepto el último intervalo) y la categoría Efficient (Eficiente) para las Unidades con puntuación igual a 100% o a la unidad, y sobre cada uno de éstos se ha construido un rectángulo de base igual a la amplitud del intervalo y área proporcional a la frecuencia absoluta ordinaria que representa el número de Unidades, sobre cada uno de los rectángulos dibujados aparece un número, que indica cuántas

Unidades presentan una puntuación de eficiencia comprendida en cada intervalo.

La interpretación de la distribución de las puntuaciones de eficiencia es la siguiente: 7 distritos de la Gran Lima sólo 5 son técnicamente eficientes. Respecto a las restantes 2 Unidades calificadas como ineficientes, la puntuación de cada una de ellas se sitúa entre el 31-40%.

3.2 Detalles por Unidad

La mejora potencial en porcentaje, reducción Input y/o incremento Output, que debería experimentar una Unidad ineficiente para convertirse en eficiente (proyección de dicha Unidad sobre la frontera) es mostrada, por defecto, mediante un diagrama de barras.

En la comparación con el distrito de Breña, se observa las variaciones, que la hacen no eficiente (ver figura 3.3).

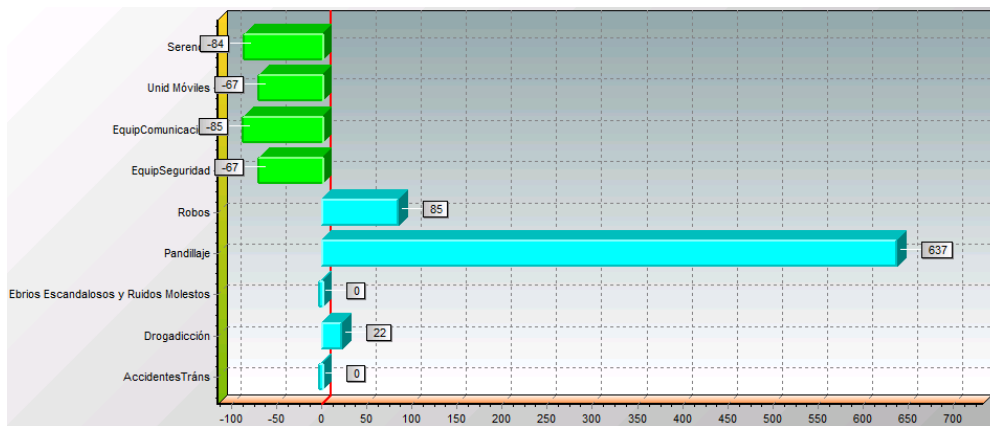


Figura 3.3: Mejoramiento Potencial de Breña

También es posible visualizar dicha información en una tabla como se refleja en la tabla 3.5.

Comparison	Input / output name	Value	Target	Potential Improvement
Comparison 1	Serenos	210	31.89	-84.82%
Comparison 1	Unid Móviles	42	13.53	-67.78%
Comparison 1	EquipComunicación	120	16.85	-85.96%
Comparison 1	EquipSeguridad	3	0.97	-67.78%
Comparison 1	Robos	334	618.24	85.10%
Comparison 1	Pandillaje	19	140.09	637.33%
Comparison 1	Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	192	192.00	0.00%
Comparison 1	Drogadicción	76	92.86	22.18%
Comparison 1	AccidentesTráns	334	334.00	0.00%

Tabla 3.5: Mejoramiento Potencial de Breña

La mejora potencial en formato tabla consta de cuatro columnas. En la primera se listan las variables Input/Output, en la segunda y tercera columna aparecen los valores observados (Actual) y objetivo (Target), consecuencia de la reducción radial y/o movimiento holgura, para cada variable. En la última columna se refleja la cantidad porcentual en que debería reducirse los Inputs o incrementarse los Outputs.

En el caso de Breña, y dada la cantidad de Output producida por esta Unidad, para convertirse en eficiente debería utilizar sólo el 32.22% de Unidades Móviles disponibles, es decir, en principio debería reducirse este Input un 67.78%; de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Reducción Input: } \frac{\text{Valor objetivo}}{\text{Valor observado}} \cdot 100$$

En pandillaje, tiene que mejorarse un 637.33%.

Ahora compararemos las cantidades de Inputs y Outputs de una Unidad ineficiente (Breña) con las de aquellas eficientes que constituyen su conjunto de referencia. Tal comparación, a objeto de facilitar su interpretación, es ilustrada mediante un diagrama de barras agrupadas (figura 3.4).

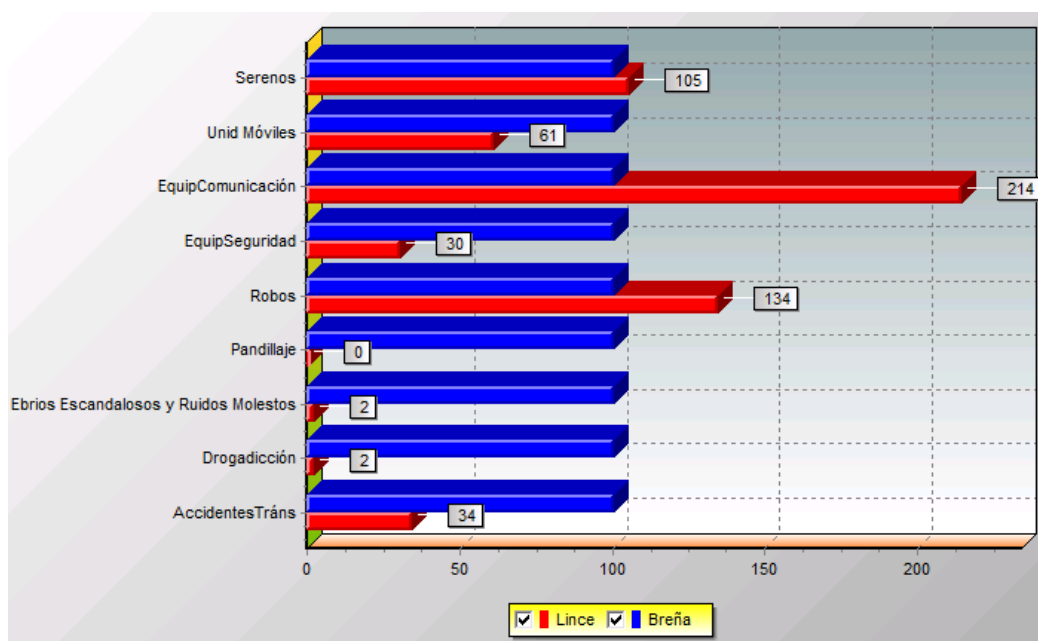


Figura 3.4: Lince como Unidad de Referencia

En dicho diagrama de barras, los Inputs y Outputs de la Unidad ineficiente son representados mediante barras de color azul, siendo además sus valores fijados en el 100%. Debajo de cada una de éstas se representan, mediante barras de color rojo, los Inputs y Outputs de la Unidad eficiente seleccionada del conjunto de referencia. Obsérvese cómo a la derecha de cada barra roja figura un valor. Su significado es el

siguiente: el serenazgo de Lince, con un 5% más de Serenos, con un 39% menos de unidades Móviles, con un 114% de equipos de comunicación y con un 70% menos de equipos de seguridad que el distrito de Breña obtiene un 34% más de Robos, 100% menos de Pandillaje, 98% menos de Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos, 98% menos de Drogadicción y 66% menos de accidentes de Tránsito.

Ahora analizaremos con la unidad eficiente Surco del conjunto de referencia de Breña como mostramos en la figura 3.5.

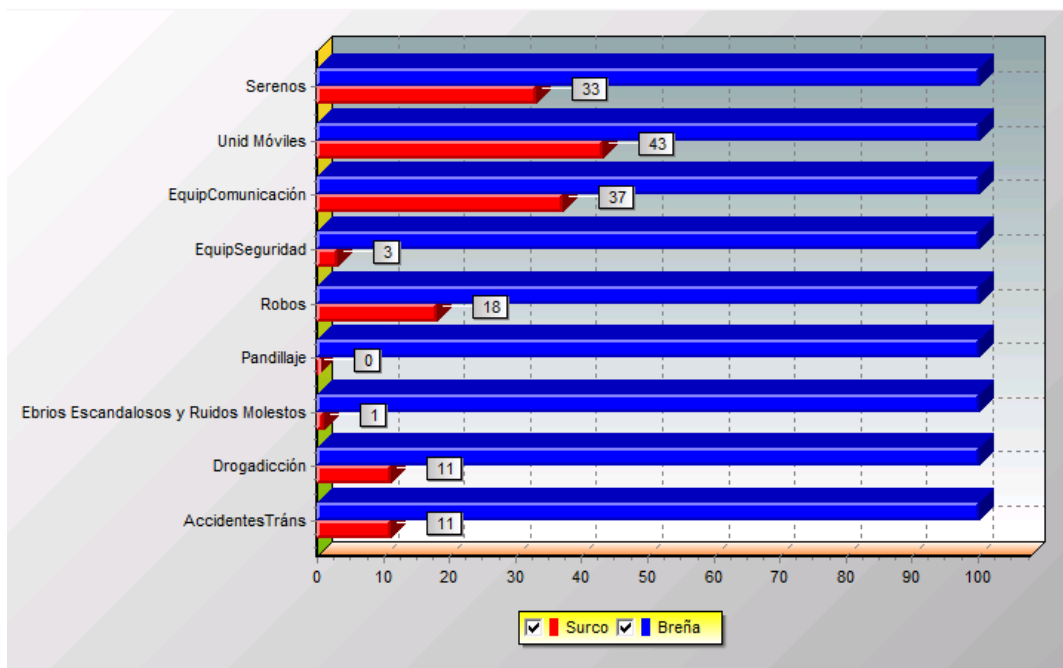


Figura 3.5: Surco como Unidad de Referencia

Su significado es el siguiente: el serenazgo de Surco, con un 66% menos de Serenos, con un 57% menos de unidades Móviles, con un 63% menos de equipos de comunicación y con un 97% menos de

equipos de seguridad que el distrito de Breña obtiene un 82% menos de Robos, 100% menos de Pandillaje, 99% menos de Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos, 89% menos de Drogadicción y 89% menos de accidentes de Tránsito.

Finalmente analizaremos con la unidad eficiente de Villa Maria de Triunfo del conjunto de referencia de Breña como mostramos en la figura 3.6.

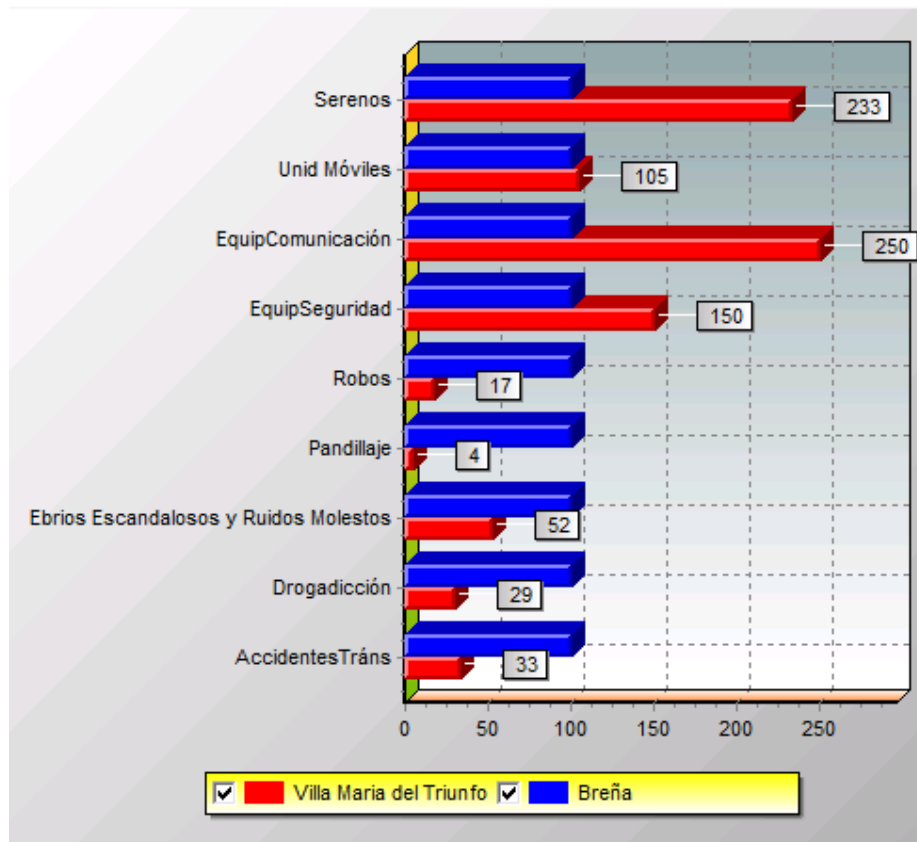


Figura 3.6: Villa Maria del Triunfo como Unidad de Referencia

Su significado es el siguiente: el serenazgo de Villa María del Triunfo, con un 133% más de Serenos, con un 5% más de unidades

Móviles, con un 150% más de equipos de comunicación y con un 50% más de equipos de seguridad que el distrito de Breña obtiene un 87% menos de Robos, 96% menos de Pandillaje, 48% menos de Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos, 71% menos de Drogadicción y 67% menos de accidentes de Tránsito.

Peer Contributions		
Lince	AccidentesTráns	0.66 %
Lince	Drogadicción	7.68 %
Lince	Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	10.62 %
Lince	EquipComunicación	0.76 %
Lince	EquipSeguridad	2.37 %
Lince	Pandillaje	5.36 %
Lince	Robos	0.09 %
Lince	Serenos	1.44 %
Lince	Unid Móviles	1.15 %
Surco	AccidentesTráns	2.97 %
Surco	Drogadicción	2.32 %
Surco	Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	26.82 %
Surco	EquipComunicación	6.24 %
Surco	EquipSeguridad	30.10 %
Surco	Pandillaje	4.94 %
Surco	Robos	0.96 %
Surco	Serenos	6.43 %
Surco	Unid Móviles	2.37 %
Villa Maria del Triunfo	AccidentesTráns	96.36 %
Villa Maria del Triunfo	Drogadicción	89.99 %
Villa Maria del Triunfo	Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	62.56 %
Villa Maria del Triunfo	EquipComunicación	93.00 %
Villa Maria del Triunfo	EquipSeguridad	67.54 %
Villa Maria del Triunfo	Pandillaje	89.71 %
Villa Maria del Triunfo	Robos	98.95 %
Villa Maria del Triunfo	Serenos	92.14 %
Villa Maria del Triunfo	Unid Móviles	96.48 %

Figura 3.7: DMU's contribuyentes para Breña

Desde la opción Report (figura 3.7), entrega las contribuciones de los DMU's para Breña, por ejemplo para la variable serenos: Lince

contribuye con 1.44%, Surco con 6.43% y Villa María del Triunfo con 92.14%.

Unit name	Co	Actual Serenos	Actual Unid Móviles	Actual EquipComunica	Actual EquipSeguridad
Lince	0	200.00	68.00	56.00	10.00
Breña	0	210.00	42.00	120.00	3.00
Los Olivos	0	170.00	51.00	112.00	20.00
Surco	0	620.00	97.00	318.00	88.00
Villa Maria del Triunfo	0	90.00	40.00	48.00	2.00
San Juan de Miraflores	0	88.00	15.00	6.00	18.00
San Martin de Porres	0	190.00	44.00	75.00	6.00

Tabla 3.6: Unidades del Proyecto

Unit name	Co	Lambda Serer	Lambda Unid M	Lambda EquipC	Lambda EquipSe	L-Peer Serenos	L-Peer Unid Móviles	L-Peer EquipCor	L-Peer EquipSegu
Breña	0	0.2	32.6	0.3		Lince	Villa Maria del Triu	Surco	
Lince	0	100.0				Lince			
Los Olivos	0	7.0	10.2	24.1	2.9	Lince	San Juan de Miraflo	Villa Maria del Triu	Surco
San Juan de Miraflores	0	100.0				San Juan de Miraflo			
San Martin de Porres	0	100.0				San Martin de Porres			
Surco	0	100.0				Surco			
Villa Maria del Triunfo	0	100.0				Villa Maria del Triu			

Tabla 3.7: Unidades del Proyecto (Lamda)

La proyección de Breña sobre la frontera de eficiencia (valor objetivo de la Unidad ineficiente) se corresponderá con la combinación lineal dada por:

$$0.2\text{Lince} + 32.6\text{VMT} + 0.3\text{Surco}$$

(Estos datos son tomados de la tabla 4.6; y los cálculos que aparecen a continuación, se referencian desde la tabla 4.7).

Lince (0.2)

$$\text{Serenos: } 0.2(200) / (0.2(200) + 32.6(90) + 0.3(620)) = 1.27\%$$

VMT (32.6)

$$\text{Serenos: } 32.6(90)/(0.2(200) + 32.6(90) + 0.3(620)) = 92.85\%$$

Surco (0.3)

$$\text{Serenos: } 0.3(620) / (0.2(200) + 32.6(90) + 0.3(620)) = 5.89\%$$

Los valores calculados, se aproximan a los reportados por el programa Frontier; el error es debido al redondeo en los decimales (1 decimal), pero igual la suma de los valores es de 100%. En la figura 3.8 se representan estos valores, denominados Contribución del conjunto de referencia.

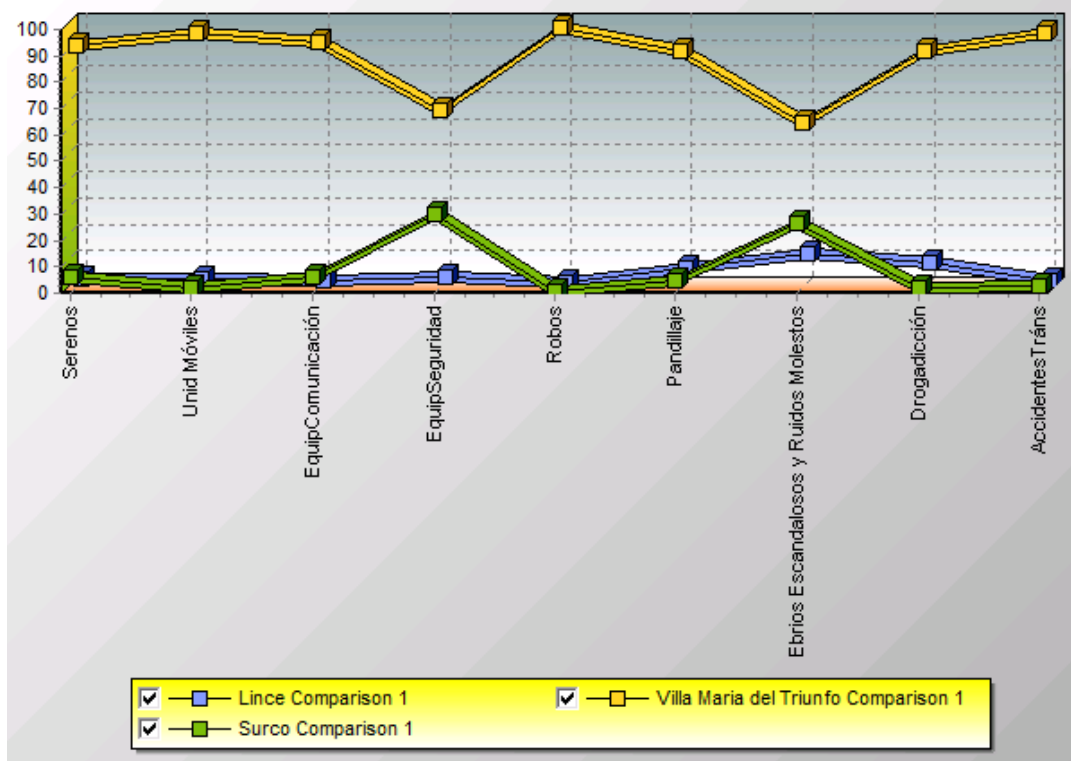


Figura 3.8: DMU's contribuyentes para Breña

Para ello, en el eje de abscisas se han situado las diferentes categorías de las variables Input/Output (Serenos, Unidades Móviles, Equipos de Comunicación, Equipos de Seguridad, Robos, Pandillaje, Ebríos Escandalosos y Ruidos Molestos, Drogadicción y Accidentes de Tránsito) y en el eje de ordenadas los porcentajes con los que cada Unidad eficiente del conjunto de referencia contribuye a los valores objetivo de la Unidad ineficiente considerada.

Lince contribuye en un 1.44% al valor objetivo Input de Breña, en tanto que Surco lo hace en un 6,43% y Villa María del Triunfo con 92.14%. Por lo que respecta a los Outputs, la contribución de Lince al valor objetivo Robos, Pandillaje, Ebríos y Ruidos Molestos, Drogadicción y Accidentes de Tránsito se sitúa en un 0.09%, 5.36%, 10.62%, 2.32% y un 0.66%, respectivamente; la de Surco en el 0.96%, 4.94%, 26.82%, 2.32% y 2.97% en cada caso y por ultimo Villa María de Triunfo 98.95%, 89.71, 62.56%, 89.99% y 96.36% respectivamente.

3.2.1 Contribuciones Input/Output

La información del énfasis, con la que cada variable Input/Output ha sido utilizada a la hora de evaluar cada una de las Unidades activas del proyecto, se presenta en la gráfica de Contribución Input/Output (ver figura 3.9, para el DMU Breña).

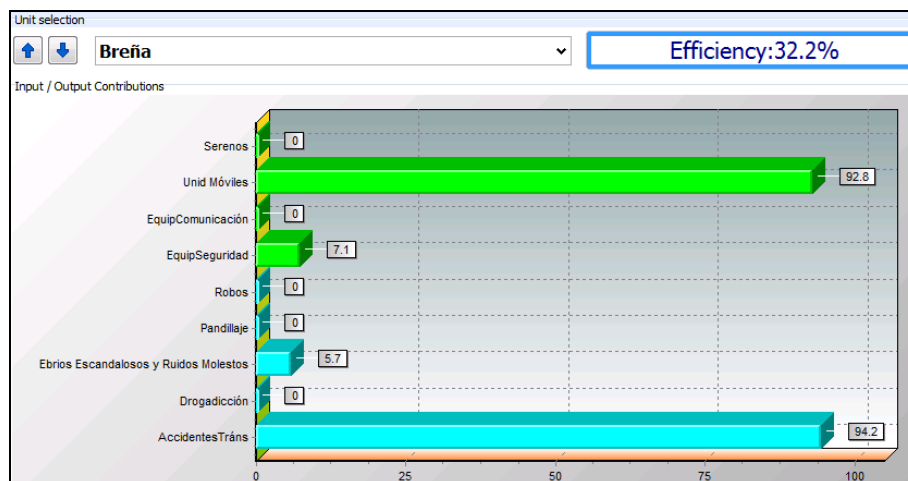


Figura 3.9: Contribuyentes Input/Output

Variables Input/Output	Valores Observ.(1)	Pesos o coeficientes (2)	Input/Output Virtual (3)=(1)(2)	Contribución Input/Output (%)
Sereno	210	0	0	0
Unidad M3v.	42	0.02211	0.92862	92.86
Equip. Com.	120	0	0	0
Equip. Seg.	3	0.02379	0.07137	7.14
Robos	334	0	0	0
Pandillaje	19	0	0	0
Ebrios	192	0.00009676	0.01857792	5.74
Drogadicci3n	76	0	0	0
Acc. Tr3nsito	334	0.00090911	0.30364274	94.26

Tabla 3.8: Contribuyentes Input/Output

En el Anexo I, se presenta el programa LINGO, para el an3lisis DEA, para el DMU Breña. De la misma forma, en Anexo II, se presenta la soluci3n del programa, utilizando el formato de EXCEL. De 3ste 3ltimo, se ha tomado la soluci3n, para los pesos de las ecuaciones de la programaci3n fraccional (valores que aparecen en la columna 3, de la tabla 3.8. Se observa que mediante 3ste c3lculo se obtienen los valores, los que Frontier Analysis, utiliza en la figura 3.9.

3.2.2 Reportes de las Unidades de Decisi3n (DMU's)

A continuaci3n detallaremos lo estudiado pero para las dem3s DMU's como reportes respectivamente.

100.00% Lince

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Accidentes Tránsito	968.00	968.00	0.00 %
Drogadicción	3116.00	3116.00	0.00 %
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	8902.00	8902.00	0.00 %
Equipos Comunicación	56.00	56.00	0.00 %
Equipos Seguridad	10.00	10.00	0.00 %
Pandillaje	3277.00	3277.00	0.00 %
Robos	249.00	249.00	0.00 %
Serenos	200.00	200.00	0.00 %
Unid Móviles	68.00	68.00	0.00 %

Peer Contributions

Lince	Accidentes Tránsito	100.00 %
Lince	Drogadicción	100.00 %
Lince	Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	100.00 %
Lince	Equipos Comunicación	100.00 %
Lince	Equipos Seguridad	100.00 %
Lince	Pandillaje	100.00 %
Lince	Robos	100.00 %
Lince	Serenos	100.00 %
Lince	Unid Móviles	100.00 %

Input / Output Contributions

Equipos Comunicación	0.00 %	Input
Equipos Seguridad	29.70 %	Input
Serenos	0.00 %	Input
Unidades Móviles	70.30 %	Input
Accidentes Tránsito	0.00 %	Output
Drogadicción	100.00 %	Output
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	0.00 %	Output
Pandillaje	0.00 %	Output
Robos	0.00 %	Output

Peers

Lince

32.22% Breña

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Accidentes Tránsito	334.00	334.00	0.00 %
Drogadicción	76.00	92.86	22.18 %
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	192.00	192.00	0.00 %

Equipos Comunicación	120.00	16.85	-85.96 %
Equipos Seguridad	3.00	0.97	-67.78 %
Pandillaje	19.00	140.09	637.33 %
Robos	334.00	618.24	85.10 %
Serenos	210.00	31.89	-84.82 %
Unidades Móviles	42.00	13.53	-67.78 %

Peer Contributions

Lince	Accidentes Tránsito	0.66 %
Lince	Drogadicción	7.68 %
Lince	Ebrios Escandalosos Ruidos Molestos	10.62 %
Lince	Equipos Comunicación	0.76 %
Lince	Equipos Seguridad	2.37 %
Lince	Pandillaje	5.36 %
Lince	Robos	0.09 %
Lince	Serenos	1.44 %
Lince	Unid Móviles	1.15 %
Surco	Accidentes Tránsito	2.97 %
Surco	Drogadicción	2.32 %
Surco	Ebrios Escandalosos Ruidos Molestos	26.82 %
Surco	Equipos Comunicación	6.24 %
Surco	Equipos Seguridad	30.10 %
Surco	Pandillaje	4.94 %
Surco	Robos	0.96 %
Surco	Serenos	6.43 %
Surco	Unidades Móviles	2.37 %
Villa Maria del Triunfo	Accidentes Tránsito	96.36 %
Villa Maria del Triunfo	Drogadicción	89.99 %
Villa Maria del Triunfo	Ebrios Escandalosos Ruidos Molestos	62.56 %
Villa Maria del Triunfo	Equipos Comunicación	93.00 %
Villa Maria del Triunfo	Equipos Seguridad	67.54 %
Villa Maria del Triunfo	Pandillaje	89.71 %
Villa Maria del Triunfo	Robos	98.95 %
Villa Maria del Triunfo	Serenos	92.14 %
Villa Maria del Triunfo	Unidades Móviles	96.48 %

Input / Output Contributions

Equipos Comunicación	0.00 %	Input
Equipos Seguridad	7.14 %	Input
Serenos	0.00 %	Input
Unidades Móviles	92.86 %	Input
Accidentes Tránsito	94.23 %	Output
Drogadicción	0.00 %	Output
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	5.77 %	Output
Pandillaje	0.00 %	Output
Robos	0.00 %	Output

Peers

Lince

Surco
Villa Maria del Triunfo

100.00% San Juan de Miraflores

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Accidentes Tránsito	124.00	124.00	0.00 %
Drogadicción	2149.00	2149.00	0.00 %
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	3761.00	3761.00	0.00 %
Equipos Comunicación	6.00	6.00	0.00 %
Equipos Seguridad	18.00	18.00	0.00 %
Pandillaje	426.00	426.00	0.00 %
Robos	2002.00	2002.00	0.00 %
Serenos	88.00	88.00	0.00 %
Unidades Móviles	15.00	15.00	0.00 %

Peer Contributions

San Juan de Miraflores	Accidentes Tránsito	100.00 %
San Juan de Miraflores	Drogadicción	100.00 %
San Juan de Miraflores	Ebrios EscandalosoRuidos Molestos	100.00 %
San Juan de Miraflores	Equipos Comunicación	100.00 %
San Juan de Miraflores	Equipos Seguridad	100.00 %
San Juan de Miraflores	Pandillaje	100.00 %
San Juan de Miraflores	Robos	100.00 %
San Juan de Miraflores	Serenos	100.00 %
San Juan de Miraflores	Unidades Móviles	100.00 %

Input / Output Contributions

Equipos de Comunicación	4.21 %	Input
Equipos de Seguridad	95.79 %	Input
Serenos	0.00 %	Input
Unidades Móviles	0.00 %	Input
Accidentes Tránsito	0.00 %	Output
Drogadicción	60.37 %	Output
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	0.00 %	Output
Pandillaje	0.00 %	Output
Robos	39.63 %	Output

Peers

San Juan de Miraflores

100.00% San Martin de Porres

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Accidentes Tránsito	356.00	356.00	0.00 %
Drogadicción	21.00	21.00	0.00 %

Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	4777.00	4777.00	0.00 %
Equipos de Comunicación	75.00	75.00	0.00 %
Equipos de Seguridad	6.00	6.00	0.00 %
Pandillaje	1599.00	1599.00	0.00 %
Robos	2191.00	2191.00	0.00 %
Serenos	190.00	190.00	0.00 %
Unidades Móviles	44.00	44.00	0.00 %

Peer Contributions

San Martin de Porres	Accidentes Tránsito	100.00 %
San Martin de Porres	Drogadicción	100.00 %
San Martin de Porres	Ebrios EscandalosoRuidos Molestos	100.00 %
San Martin de Porres	Equipos de Comunicación	100.00 %
San Martin de Porres	Equipos de Seguridad	100.00 %
San Martin de Porres	Pandillaje	100.00 %
San Martin de Porres	Robos	100.00 %
San Martin de Porres	Serenos	100.00 %
San Martin de Porres	Unidades Móviles	100.00 %

Input / Output Contributions

Equipos de Comunicación	79.62 %	Input
Equipos de Seguridad	20.38 %	Input
Serenos	0.00 %	Input
Unidades Móviles	0.00 %	Input
Accidentes Tránsito	0.00 %	Output
Drogadicción	0.00 %	Output
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	7.78 %	Output
Pandillaje	35.35 %	Output
Robos	56.87 %	Output

Peers

San Martin de Porres

36.67% Los Olivos

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Accidentes Tránsito	404.00	404.00	0.00 %
Drogadicción	339.00	516.96	52.50 %
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	980.00	1537.96	56.94 %
Equipos de Comunicación	112.00	25.18	-77.52 %
Equipos de Seguridad	20.00	5.52	-72.38 %
Pandillaje	425.00	425.00	0.00 %
Robos	725.00	725.00	0.00 %
Serenos	170.00	62.34	-63.33 %
Unidades Móviles	51.00	18.70	-63.33 %

Peer Contributions

Lince	Accidentes de Tránsito	16.75 %
Lince	Drogadicción	42.13 %
Lince	Ebrios Escandalosos Ruidos Molestos	40.45 %
Lince	Equipos de Comunicación	15.54 %
Lince	Equipos de Seguridad	12.65 %
Lince	Pandillaje	53.89 %
Lince	Robos	2.40 %
Lince	Serenos	22.42 %
Lince	Unidades Móviles	25.41 %
San Juan de Miraflores	Accidentes Tránsito	3.12 %
San Juan de Miraflores	Drogadicción	42.32 %
San Juan de Miraflores	Ebrios Escandalosos Ruidos Molestos	24.89 %
San Juan de Miraflores	Equipos de Comunicación	2.43 %
San Juan de Miraflores	Equipos de Seguridad	33.17 %
San Juan de Miraflores	Pandillaje	10.20 %
San Juan de Miraflores	Robos	28.11 %
San Juan de Miraflores	Serenos	14.37 %
San Juan de Miraflores	Unidades Móviles	8.16 %
Surco	Accidentes Tránsito	21.20 %
Surco	Drogadicción	3.60 %
Surco	Ebrios Escandalosos Ruidos Molestos	28.88 %
Surco	Equipos de Comunicación	36.01 %
Surco	Equipos de Seguridad	45.43 %
Surco	Pandillaje	14.03 %
Surco	Robos	7.08 %
Surco	Serenos	28.35 %
Surco	Unidades Móviles	14.79 %
Villa Maria del Triunfo	Accidentes Tránsito	58.93 %
Villa Maria del Triunfo	Drogadicción	11.96 %
Villa Maria del Triunfo	Ebrios Escandalosos Ruidos Molestos	5.78 %
Villa Maria del Triunfo	Equipos de Comunicación	46.03 %
Villa Maria del Triunfo	Equipos de Seguridad	8.74 %
Villa Maria del Triunfo	Pandillaje	21.87 %
Villa Maria del Triunfo	Robos	62.41 %
Villa Maria del Triunfo	Serenos	34.86 %
Villa Maria del Triunfo	Unidades Móviles	51.64 %

Input / Output Contributions

Equipos de Comunicación	0.00 %	Input
Equipos de Seguridad	0.00 %	Input
Serenos	15.64 %	Input
Unidades Móviles	84.36 %	Input
Accidentes Tránsito	55.69 %	Output
Drogadicción	0.00 %	Output
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	0.00 %	Output
Pandillaje	28.26 %	Output
Robos	16.05 %	Output

Peers

Lince
San Juan de Miraflores
Surco
Villa Maria del Triunfo

100.00% Villa Maria del Triunfo

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Accidentes Tránsito	986.00	986.00	0.00 %
Drogadicción	256.00	256.00	0.00 %
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	368.00	368.00	0.00 %
Equipos de Comunicación	48.00	48.00	0.00 %
Equipos de Seguridad	2.00	2.00	0.00 %
Pandillaje	385.00	385.00	0.00 %
Robos	1874.00	1874.00	0.00 %
Serenos	90.00	90.00	0.00 %
Unidades Móviles	40.00	40.00	0.00 %

Peer Contributions

Villa Maria del Triunfo	Accidentes Tránsito	100.00 %
Villa Maria del Triunfo	Drogadicción	100.00 %
Villa Maria del Triunfo	Ebrios EscandalososRuidos Molestos	100.00 %
Villa Maria del Triunfo	Equipos de Comunicación	100.00 %
Villa Maria del Triunfo	Equipos de Seguridad	100.00 %
Villa Maria del Triunfo	Pandillaje	100.00 %
Villa Maria del Triunfo	Robos	100.00 %
Villa Maria del Triunfo	Serenos	100.00 %
Villa Maria del Triunfo	Unidades Móviles	100.00 %

Input / Output Contributions

Equipos de Comunicación	99.70 %	Input
Equipos de Seguridad	0.00 %	Input
Serenos	0.00 %	Input
Unidades Móviles	0.30 %	Input
Accidentes Tránsito	100.00 %	Output
Drogadicción	0.00 %	Output
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	0.00 %	Output
Pandillaje	0.00 %	Output
Robos	0.00 %	Output

Peers

Villa Maria del Triunfo

100.00% Surco

Potential Improvements

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Accidentes de Tránsito	3004.00	3004.00	0.00 %
Drogadicción	653.00	653.00	0.00 %
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	15576.00	15576.00	0.00 %
Equipos de Comunicación	318.00	318.00	0.00 %
Equipos de Seguridad	88.00	88.00	0.00 %
Pandillaje	2092.00	2092.00	0.00 %
Robos	1800.00	1800.00	0.00 %
Serenos	620.00	620.00	0.00 %
Unidades Móviles	97.00	97.00	0.00 %

Peer Contributions

Surco	Accidentes de Tránsito	100.00 %
Surco	Drogadicción	100.00 %
Surco	Ebrios Escandalosos Ruidos Molestos	100.00 %
Surco	Equipos de Comunicación	100.00 %
Surco	Equipos de Seguridad	100.00 %
Surco	Pandillaje	100.00 %
Surco	Robos	100.00 %
Surco	Serenos	100.00 %
Surco	Unidades Móviles	100.00 %

Input / Output Contributions

Equipos de Comunicación	36.86 %	Input
Equipos de Seguridad	0.00 %	Input
Serenos	29.36 %	Input
Unidades Móviles	33.78 %	Input
Accidentes de Tránsito	70.23 %	Output
Drogadicción	0.00 %	Output
Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	29.77 %	Output
Pandillaje	0.00 %	Output
Robos	0.00 %	Output

Peers

Surco

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

El objetivo del presente trabajo, es presentar la evaluación de las eficiencias en la Seguridad Ciudadana, en algunos distritos de la ciudad de Lima, tanto como instrumento de Benchmarking como las diversas posibilidades de aplicaciones que tiene el mismo.

El método de valoración utilizado es el análisis de datos ponderados (DEA), cuyos resultados suministrados, permiten identificar los factores que explican el comportamiento ineficiente en las Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana, mediante un análisis sistemático de los procesos de producción entrada / salida.

Las gestiones del Serenazgo, tienen por finalidad, la erradicación de la violencia y el fortalecimiento del civismo y la seguridad ciudadana. Visto así, entendemos que la seguridad ciudadana es la acción integrada que desarrolla el Estado, con la colaboración de la ciudadanía, destinada a asegurar su convivencia pacífica, la erradicación de la violencia y la utilización pacífica de las vías y el espacio público.

4.1 Conclusiones

1. Utilizando un análisis de modelo de frontera no paramétrico, se pone de manifiesto que el uso de DEA, es una buena herramienta útil, para medir la eficiencia en estudios que analicen la gestión de Seguridad Ciudadana.
2. El modelo del Serenazgo del presente y del futuro, debe adoptar como punto de partida la competitividad, sin lo cual se convertiría en un ente percedero, como cualquier empresa.
3. La búsqueda por parte de las Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana, de un nuevo modelo organizativo que permita el uso eficiente de los escasos recursos y una mejor focalización hacia la población más necesitada otorgando prioridad a la atención primaria, es ahora resuelta con la política de la mejor práctica. Toda vez que DEA ofrece la cuantificación del Benchmarking.
4. En los análisis de los capítulos precedentes, se observa como variar las entradas de cada DMU (distrito) no eficiente, para conseguir la eficiencia, de aquellos municipios, eficientes.
5. Se observa en presente trabajo, que los distritos: Breña y Los Olivos son no eficientes.

6. En el distrito de Breña, se observa que tiene exceso en el recurso de unidades Móviles; y deben mejorar en las otras entradas de recursos; de igual forma en sus resultados, deben mejorar en todos, excepto en Ebrios escandalosos y Ruidos molestos.
7. En el distrito de Los Olivos, se observa que tienen exceso en todas las entradas de recursos; de igual forma en sus resultados, deben mejorar en Drogadicción y Ebrios escandalosos y Ruidos molestos.
8. La comparación entre el serenazgo de Villa María del Triunfo y Breña es el siguiente: que Villa Maria con un 133% más de Serenos, con un 5% más de unidades Móviles, con un 150% más de equipos de comunicación y con un 50% más de equipos de seguridad que el distrito de Breña obtiene un 87% menos de Robos, 96% menos de Pandillaje, 48% menos de Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos, 71% menos de Drogadicción y 67% menos de accidentes de Tránsito.
9. La comparación entre el serenazgo de Surco y Breña es el siguiente: que el serenazgo de Surco, con un 66% menos de Serenos, con un 57% menos de unidades Móviles, con un 63% menos de equipos de comunicación y con un 97% menos de equipos de seguridad que el distrito de Breña obtiene un 82% menos de Robos, 100% menos de Pandillaje, 99% menos de Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos, 89% menos de Drogadicción y 89% menos de accidentes de Tránsito.

4.2 Recomendaciones

1. Extender el estudio a todos los serenazgos de la Gran Lima; estratificando los distritos, debido en algunos de ellos, poseen problemáticas muy particulares.
2. Coordinar esfuerzos, para aplicar este análisis a Lima Metropolitana, en la finalidad de conseguir mejoras totales en todo el sistema de Serenazgo.
3. Hacer efectivo el cumplimiento de la ley de Transparencia de Información, con la finalidad de contar con los datos adecuados y oportunos.
4. Aplicar el modelo cada año, con la finalidad de perfilar cómo las Sub Gerencias de Seguridad Ciudadana, están implementando mejoras en sus recursos, para cumplir mejor sus fines.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRADLEY, S.P., Y FREY, S.C., Fractional Programming with Homogeneous Functions, Operations Research, 22, No. 2, March-April 1974.
2. CALLEN, J. Data Envelopment Analysis: Practical Survey and Managerial Accounting Applications, Journal of Management Account Research 3, 1991.
3. CHARNES, A., Y COPER W. W., Programming with Linear Fractional Functionals, Naval Research Logistics quarterly, 9, 1962.
4. FRANCKE Ballve, Pedro, Herrera Catalán, Pedro, CIES, PUCP 2008.
5. GUPTA, D.K. 1994, Decisions by the numbers: An introduction to quantitative techniques for public policy analysis and management. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall.
6. JOHNSTON, B., y B. Morris: "Monitoring Control in Service Operations", International Journal of Operations and Production Management", vol. 5, no. 1, 1985, pp. 33-38.
7. KOOPSMANS T.C. "Optimum utilization of the transportation System",
8. KOOPSMANS, T.C. AND S. REITER, 1951-1 "A model of transportation", John Wiley and Sons, New York, 1951, pp. 664-665.
9. LEVITT, Theodore: "Production-Line Approach to Service", Harvard Business Review, September-October 1976, pp. 63-74.
10. LIGARDA Juan, Naccha Manuel: Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. ISSN 1025-5583.

11. NORMAN Michael: "Envelopment Analysis: The Assessment of Performance", Joh Wiley & Sons, 1991.
12. SCHRAGE, Linus: "Optimization Modeling with LINGO", Lindo System Inc., Fifth edition 2002.

ANEXOS I

Para comprobar los valores que utiliza el Frontier Analyst usamos el Software

Lingo donde se programo por objetos como detallamos a continuación:

```
!   MODELO DEA PARA SERENAZGO   ;
!   EN LIMA METROPOLITANA      ;
!   SERENAZGO                   ;
SETS:
  DMU;
  ENTRADA : X;
  SALIDA  : Y;
  MATRIZ1(DMU,ENTRADA): INPUT;
  MATRIZ2(DMU,SALIDA):  OUTPUT;
ENDSETS

DATA:
  ENTRADA =@OLE('C:\SERENAZGO1.XLS');
  SALIDA  =@OLE('C:\SERENAZGO1.XLS');

  DMU     =@OLE('C:\SERENAZGO1.XLS');
  INPUT   =@OLE('C:\SERENAZGO1.XLS');
  OUTPUT  =@OLE('C:\SERENAZGO1.XLS');

ENDDATA

! FUNCION OBJETIVO;

Min=OPTIMO;
OPTIMO=@SUM(SALIDA(J):Y(J)*OUTPUT(2,J));

! RESTRICCIONES DE EFICIENCIA <= 1;
@FOR(DMU(i):
  @SUM(SALIDA(J):Y(J)*OUTPUT(I,J)) / @SUM(ENTRADA(J):X(J)*INPUT(I,J)) <= 1;
);

! RESTRICCIONES INPUT IGUAL A 1;
@SUM(ENTRADA(J):X(J)*INPUT(2,J)) <= 1;

! RESTRICCIONES X POSITIVO;
@FOR(ENTRADA(J):
  X(J) > 0;
);
! RESTRICCIONES Y POSITIVO;
@FOR(SALIDA(J):
  Y(J) > 0;
);

DATA:
  @OLE('C:\SERENAZGO1.XLS')=OPTIMO;
  @OLE('C:\SERENAZGO1.XLS')=X;
  @OLE('C:\SERENAZGO1.XLS')=Y;
ENDDATA
```

ANEXOS II

El desarrollo en el Software Lingo donde muestra los resultados en una tabla de Excel.

Distritos	Serenos	Unidades Móviles	Equipos de Comunicación	Equipos de Seguridad
Lince	200	68	56	10
Breña	210	42	120	3
San Juan de Miraflores	88	15	6	18
San Martin de Porres	190	44	75	6
Los Olivos	170	51	112	20
Villa Maria del Triunfo	90	40	48	2
Surco	620	97	318	88

Valores de Input	0	0,022110315	0	0,023788918
-------------------------	---	-------------	---	-------------

Distritos	Robos	Pandillaje	Ebrios Escandalosos y Ruidos Molestos	Drogadicción	Accidentes de Tránsito
Lince	249	3277	8902	3116	968
Breña	334	19	192	76	334
San Juan de Miraflores	2002	426	3761	2149	124
San Martin de Porres	2191	1599	4777	21	356
Los Olivos	725	425	980	339	404
Villa Maria del Triunfo	1874	385	368	256	986
Surco	1800	2092	15576	653	3004

Valores de Output	0	0	9,67617E-05	0	0,00090911
--------------------------	---	---	-------------	---	------------

El valor optimo:

OPTIMO 0,322220878