

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A: Enrique Orozco Padilla

A S E S O R: Luis Antonio Moncayo Martínez

FORMATOS DE UN TRABAJO DE TITULACIÓN Enero-mayo 2022

Resumen

Este proyecto busca identificar y comparar la eficiencia de las distintas estrategias empleadas por los países del mundo para controlar la pandemia de Covid-19. Se utiliza la técnica del Análisis envolvente de datos. Ésta se aplica en investigación de operaciones y economía para la estimación de las fronteras de producción. Se utiliza para medir empíricamente la eficiencia productiva de las unidades de toma de decisiones (decision making units, DMUs). A diferencia de los métodos paramétricos que requieren la especificación a priori de una función de producción o costo, los enfoques no paramétricos comparan combinaciones factibles de entrada y salida basadas únicamente en los datos disponibles. DEA, como uno de los métodos no paramétricos más utilizados, debe su nombre a su propiedad envolvente de las DMU eficientes del conjunto de datos, donde las DMU empíricamente observadas y más eficientes constituyen la frontera de producción con la que se comparan todas las demás. La popularidad de DEA se deriva de su relativa falta de suposiciones, capacidad para comparar entradas y salidas multidimensionales, así como facilidad computacional debido a que es expresable como un programa lineal, a pesar de tener como objetivo calcular las relaciones de eficiencia.

**Palabras clave**: Investigación de Operaciones, DEA, Análisis envolvente de datos, Eficiencia, Covid-19

# ÍNDICE

[ÍNDICE 3](#__RefHeading___Toc796_2829905575)

[ÍNDICE DE FIGURAS 6](#__RefHeading___Toc798_2829905575)

[ÍNDICE DE Tablas 7](#__RefHeading___Toc800_2829905575)

[1. INTRODUCCIÓN 8](#__RefHeading___Toc802_2829905575)

[1.1. La Pandemia de COVID-19 8](#__RefHeading___Toc943_2829905575)

[1.2. Eficiencia y Análisis Envolvente de Datos (AED) 8](#__RefHeading___Toc945_2829905575)

[1.3. Metodología de solución 9](#__RefHeading___Toc947_2829905575)

[1.4. Aportaciones 9](#__RefHeading___Toc949_2829905575)

[1.5. Resumen de resultados y conclusiones 9](#__RefHeading___Toc951_2829905575)

[2. MARCO TEÓRICO 10](#__RefHeading___Toc953_2829905575)

[2.1. Definición de Eficiencia en AED 10](#__RefHeading___Toc955_2829905575)

[2.2. Modelos de Programación Matématica de AED 10](#__RefHeading___Toc957_2829905575)

[2.3. Revisión bibliográfica 10](#__RefHeading___Toc959_2829905575)

[3. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN 11](#__RefHeading___Toc961_2829905575)

[3.1. Manejo de la Base de Datos 11](#__RefHeading___Toc963_2829905575)

[3.2. Definir la Línea de Tiempo 11](#__RefHeading___Toc965_2829905575)

[3.3. Cálculo de la Eficiencia 11](#__RefHeading___Toc967_2829905575)

[3.4. Comparación de Eficiencias 11](#__RefHeading___Toc969_2829905575)

[4. RESULTADOS 12](#__RefHeading___Toc971_2829905575)

[4.1. Comparación de Eficiencia en diferentes periodos de tiempo 12](#__RefHeading___Toc973_2829905575)

[4.2. Comparación entre Países 12](#__RefHeading___Toc975_2829905575)

[5. CONCLUSIONES 13](#__RefHeading___Toc977_2829905575)

[5.1. Eficiencias de las Estrategias por Tiempo por País 13](#__RefHeading___Toc979_2829905575)

[5.2. Discusión 13](#__RefHeading___Toc981_2829905575)

[2. análisis del problema 14](#__RefHeading___Toc804_2829905575)

[3. Estilos definidos (Heading 1) 16](#__RefHeading___Toc806_2829905575)

[3.1. Segundo Nivel (Heading 2) 16](#__RefHeading___Toc808_2829905575)

[3.1.1. Tercer Nivel (Headding 3) 16](#__RefHeading___Toc810_2829905575)

[3.2. Figuras y Tablas (Figures\_Tables) 16](#__RefHeading___Toc812_2829905575)

[3.3. Referencias (References) 17](#__RefHeading___Toc814_2829905575)

[3.4. Enumeraciones (Enumeraciones) 17](#__RefHeading___Toc816_2829905575)

[4. Inicio del documento 18](#__RefHeading___Toc818_2829905575)

[4.1.1. Figuras y tablas 18](#__RefHeading___Toc820_2829905575)

[4.2.1. Lineamientos generales 19](#__RefHeading___Toc822_2829905575)

[4.3.1. Estilo de redacción 20](#__RefHeading___Toc824_2829905575)

[4.4.1. Índices 20](#__RefHeading___Toc826_2829905575)

[4.5.1. Numeración 20](#__RefHeading___Toc828_2829905575)

[4.6.1. Tablas, figuras y anexos 21](#__RefHeading___Toc830_2829905575)

[4.7.1. Citas, bibliografía y referencias 22](#__RefHeading___Toc832_2829905575)

[5. Referencia 24](#__RefHeading___Toc834_2829905575)

ÍNDICE DE FIGURAS

[Fig. 6‑1 Subtitulo de figuras (abajo): fig. 2-1 10](#_Toc93835884)

[Fig. 7‑1 Ejemplo de numeración de figuras 12](#_Toc93835885)

ÍNDICE DE Tablas

[Tabla 6‑1 Ejemplo de tabla 11](#_Toc93835895)

[Tabla 7‑1 Ejemplo de tabla 12](#_Toc93835896)

# INTRODUCCIÓN

Restricciones:

1. se cuenta con 6 meses para acabar,
2. se utiliza la base de datos de Our World In Data
3. se hace el análisis con R y Rstudio

Mejores prácticas: dar el peso relativo a cada entrada y salida de manera lógica y comparable con el resto. Revisar si las eficiencias a través del tiempo son realmente comparables. Corroborar en la literatura la conexión entre las variables y su posible causalidad.

Alcance: Probar que el Análisis envolvente de datos es una herramienta útil para comparar distintas políticas y que puede ser utilizado para aumentar la eficiencia, no solo en las empresas, sino también en el sector público.

Promover el uso de metodologías de análisis para evaluar la eficacia y eficiencia de las políticas frente a las crisis o situaciones de emergencia.

Plan de trabajo:

* 16/6/2023 entregar los capitulos 1 y 2
* 20/8/2023 finalizar el análisis y el programa
* 20/11/2023 escribir la tesina con la información obtenida
* 24/11/2023 revisión
* 14/12/2023 revisión final
* 28/2/2024 entregar poster y tesina con revisiones de sinodales.

## La Pandemia de COVID-19

La enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2.  
La mayoría de las personas infectadas con el virus experimentan enfermedades respiratorias de leves a moderadas y se recuperaran sin requerir tratamiento especial. Sin embargo, algunos se enferman gravemente y necesitan atención médica. Es más probable que las personas mayores y aquellas con afecciones médicas subyacentes como enfermedades cardiovasculares, diabetes, enfermedades respiratorias crónicas o cáncer puedan desarrollar enfermedades más graves. Cualquiera puede enfermarse de COVID-19 y enfermarse gravemente o morir a cualquier edad. [WHO, 2023]

Las consecuencias de la pandemia del covid-19 se han observado en prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas. Las medidas que se tomaron para disminuir los efectos a la salud mundial fueron variadas y en ocasiones contradictorias. Dada esta situación no se puede tener suposiciones a priori pues habría un sesgo en el análisis. Entonces, como muchos, este trabajo se pregunta: ¿qué medidas fueron realmente eficientes?

## Eficiencia y Análisis Envolvente de Datos (AED)

Proponemos la metodología Análisis Envolvente de Datos (AED o DEA por sus siglas en inglés Data Envelopment Analysis) . El AED implica un principio alternativo para extraer información sobre una población de observaciones. A diferencia de los enfoques paramétricos cuyo objetivo es optimizar un único plano de regresión a través de los datos, el AED optimiza cada observación individual con el objetivo de calcular una frontera discreta por partes determinada por el conjunto de las Unidades de Toma de Decisiones (UTD o DMU por sus siglas en inglés Decision Making Units) Pareto eficientes. Tanto el enfoque paramétrico como el no paramétrico (programación matemática) utilizan toda la información contenida en los datos. En el análisis paramétrico, se supone que la ecuación de regresión optimizada única se aplica a cada UTD. El AED, por el contrario, optimiza la medida de rendimiento de cada UTD. Esto da como resultado una comprensión revelada sobre cada UTD en lugar de la representación de una UTD "promedio" teórica. En otras palabras, el enfoque de AED está en las observaciones individuales representadas por las n optimizaciones (una para cada observación) requeridas en el análisis AED, en contraste con el enfoque en los promedios y la estimación de parámetros que están asociados con estadísticas de optimización única.  
  
El enfoque paramétrico requiere la imposición de una forma funcional específica (por ejemplo, una ecuación de regresión, una función de producción, etc.) que relacione las variables independientes con las variables dependientes. La forma funcional seleccionada también requiere supuestos específicos sobre la distribución de los términos de error (por ejemplo, distribuidos de forma independiente e idéntica normalmente) y muchas otras restricciones, como los factores que generan el valor de su producto marginal. Por el contrario, la AED no requiere ninguna suposición sobre la forma funcional. La AED calcula una medida de rendimiento máximo para cada UTD en relación con todas las demás UTD en la población observada con el único requisito de que cada UTD se encuentre en o debajo de la frontera extrema. Cada UTD que no está en la frontera se escala con respecto a una combinación convexa de las UTD en la faceta de la frontera más cercana a ella. [Charnes, 1994 pp: 4-6]

## Metodología de solución

Utilizando la base de datos de Our World in Data [Our World In Data] se programa 1 modelo. En este, se proponen como entrada los casos y la población, mientras que las muertes como salida. Se utiliza el paquete de Benchmarking para el análisis.

### Aportaciones

## Resumen de resultados y conclusiones

# MARCO TEÓRICO

## Definición de Eficiencia en AED

Cuando se habla de la eficiencia de una empresa, normalmente se hace referencia a su capacidad de producir el mayor producto posible a partir de un conjunto determinado de insumos. Siempre que todas las entradas y salidas se midieran correctamente, este uso probablemente sería generalmente aceptado.

Desde las ideas de Farrell; Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, desarrollan el Análisis Envolvente de Datos. Para este enfoque, se identifican las muestras observadas que envuelven al resto, esto es la frontera de producción eficiente. Las firmas o muestras que están en la frontera son completamente eficientes. Entonces, en este caso, un país k utiliza m insumos o entradas para producir n salidas .

El conjunto factible de producción o de combinaciones de entradas – salidas disponibles T para k se da por:

1.

El enfoque más utilizado para medir el grado de eficiencia en un entorno general de múltiples entradas y múltiples salidas es la estrategia sugerida por Debreu y Farrell, generalmente denominada simplemente eficiencia de Farrell. La idea es preguntar si es posible reducir la entrada sin cambiar la salida. Buscando procesar múltiples entradas y salidas de forma sencilla, buscamos una reducción proporcional de todas las entradas. La eficiencia de Farrell basada en insumos o simplemente la eficiencia de insumos de un plan (x,y) respecto a un conjunto T se define como

2.

es decir, es la disminución proporcional máxima de todas las entradas x que nos permite producir y. Por lo tanto, si E = 0.8, indica que podríamos haber ahorrado un 20% en todos los insumos y aun así producir los mismos resultados.  
Asimismo, la eficiencia de Farrell basada en la salida o eficiencia de salida se define como

2.

es decir, la expansión proporcional máxima de todas las salidas y que es factible con las entradas x dadas. Por lo tanto, una puntuación de F D 1:3 sugiere que podríamos ampliar la producción en un 30% sin gastar recursos adicionales.

## Modelos de Programación Matématica de AED

## Revisión bibliográfica

El artículo “A Network Data Envelopment Analysis to Estimate Nations’ Efficiency in the Fight against SARS-CoV-2” [Pereira, Miguel Alves, et al 2022] analiza la importancia de medir la eficiencia de las respuestas de los distintos países a la pandemia de COVID-19. Los autores proponen utilizar un Análisis Envolvente de Datos (AED) en red para comparar los resultados de 55 países, entre ellos países miembros de la OCDE, futuros miembros de la OCDE, socios clave de la OCDE y otros países. El estudio pretende identificar a los países con una elevada eficiencia media del sistema y explorar los factores asociados a su éxito. Los autores subrayan la necesidad de una perspectiva social y una orientación hacia la minimización de insumos para mejorar las estrategias nacionales de COVID-19. El estudio encontró que Estonia, Islandia, Letonia, Luxemburgo, Países Bajos y Nueva Zelanda presentaban una mayor eficiencia media del sistema. Estos países deberían ser objeto de estudio, y sus estrategias nacionales con respecto al COVID-19 deberían adaptarse y ser utilizadas por los países con peores resultados. El estudio también descubrió que los países con grandes poblaciones presentan peores puntuaciones medias de eficiencia con significación estadística.  
  
Las medidas tradicionales del rendimiento de los sistemas sanitarios, como las tasas de letalidad y la capacidad de camas hospitalarias, son importantes, pero no ofrecen una visión completa de la respuesta de un país a una crisis sanitaria como la de COVID-19. El modelo EAD en red utilizado en el estudio considera múltiples entradas y salidas relacionadas con los costes sanitarios, los productos intermedios deseables e indeseables, y las salidas deseables e indeseables. Este enfoque permite una evaluación más matizada de la respuesta de un país a la pandemia.  
  
Por ejemplo, un país con una alta tasa de letalidad puede tener un sistema sanitario fuerte en términos de capacidad de camas hospitalarias, pero los resultados del estudio sugieren que esto por sí solo no es suficiente para medir la eficiencia de la respuesta del país a la COVID-19. Del mismo modo, un país con una tasa de letalidad baja puede tener un sistema sanitario con menos inversión, pero si ha aplicado medidas de salud pública eficaces y tiene un alto nivel de adhesión de la población a esas medidas, puede considerarse más eficiente en su respuesta a la pandemia.

El artículo "Assessing countries' performances against COVID-19 via WSIDEA and machine learning algorithms" [Aydin, Nezir y Gökhan Yurdakul 2020] evalúa el rendimiento de 142 países frente a COVID-19 utilizando un marco de tres etapas que combina el análisis envolvente de datos (DEA) y algoritmos de aprendizaje automático. El estudio agrupa a los países en tres grupos en función de sus niveles de eficiencia y examina los factores que afectan a su rendimiento. Los resultados muestran que 20 países son plenamente eficaces, mientras que el 36% lo son en un porcentaje del 90%. El estudio también concluye que el PIB, las tasas de tabaquismo y la tasa de pacientes diabéticos no afectan significativamente al nivel de eficacia de los países.

El artículo “Cross-Country Comparison of Case Fatality Rates of COVID-19/SARS-COV-2.”[Khafaie, y Fakher, 2020] presenta un análisis internacional de la pandemia de COVID-19, centrado en las tasas de letalidad (CFR por sus siglas en inglés de Case Fatality Rate) y de recuperación (RR por sus siglas en inglés de Recovery Rate) de diversos países. Este artículo sirve como comparación entre la metodología AED y las más tradicionales.   
Los autores recuperaron datos de varias bases de datos, como Worldometer, la OMS y el Centro de Control y Prevención de Enfermedades, para calcular la CFR y la RR de cada país con más de 1.000 casos. Comprobaron que Italia presentaba la tasa de mortalidad infantil más elevada en ambos momentos (12 y 23 de marzo), con un 6,22% y un 9,26%, respectivamente. España y Francia también presentaron CFR elevados el 23 de marzo, con tasas del 6,16% y el 4,21%, respectivamente.  
Los autores observaron que China presentaba el RR más elevado, con valores del 76,12% y el 89,85% los días 12 y 23 de marzo, respectivamente. También observaron que el CFR y el RR variaban significativamente entre países, lo que pone de relieve la importancia de conocer la gravedad de la enfermedad en las distintas regiones.

El artículo “Nations Performance Evaluation during SARS- CoV-2 Outbreak Handling via Data Envelopment Analysis and Machine Learning Methods.” [Taherinezhad yAlireza, 2022] busca resolver el reto de que los datos de COVID-19 crecen y cambian rápidamente. Por lo tanto, la medición de la eficiencia es difícil en cualquier momento de la epidemia porque necesita volver a implementar los modelos AED. Para esto, dicen que, el aprendizaje automático (ML por sus siglas en inglés Machine Learning) puede ayudar, de manera que la predicción de las puntuaciones de eficiencia es factible con el aprendizaje supervisado sobre los resultados de AED, pero la predicción precisa en datos a pequeña escala es el siguiente reto. Este artículo investiga la integración de AED y ML (DEAML) para resolver los problemas. En primer lugar, se propone un modelo relacional de dos etapas con variables deseables e indeseables para medir la eficiencia de 50 naciones antes del 5 de diciembre de 2020. A continuación, se propone una red perceptrón multicapa (MLP) con un algoritmo de optimización BFGS de memoria limitada (L-BFGS) para predecir la eficiencia de las naciones en cualquier momento de la epidemia. Se analizan y discuten los resultados.

# METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

## Manejo de la Base de Datos

## Definir la Línea de Tiempo

## Cálculo de la Eficiencia

## Comparación de Eficiencias

# RESULTADOS

## Comparación de Eficiencia en diferentes periodos de tiempo

## Comparación entre Países

# CONCLUSIONES

## Eficiencias de las Estrategias por Tiempo por País

## Discusión

# Estilos definidos (Heading 1)

En lo siguente encuentran los estilos definidos en este documento para trabajar el documento de titualción.

## Segundo Nivel (Heading 2)

### Tercer Nivel (Headding 3)

#### Cuarto Nivel (Heading 4)

## Figuras y Tablas (Figures\_Tables)

Graphical user interface, text

Description automatically generated

Fig. 6‑1 Subtitulo de figuras (abajo): fig. 2-1

Tabla 6‑1 Ejemplo de tabla

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Capture** | **Capture 1** | **Capture 2** | **Capture 3** | **Capture 4** |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

## Referencias (References)

Aydin, Nezir y Gökhan Yurdakul. “Assessing Countries’ Performances against COVID-19 via WSIDEA and Machine Learning Algorithms.” *Applied Soft Computing* 97, no. 106792 (diciembre 2020): 106792. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106792>.

Bogetoft y Otto, *Benchmarking with DEA, SFA, and R*, *International Series in Operations Research & Management Science* (New York, NY: Springer New York, 2011), <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7961-2>.

Charnes, A. Abraham, et al. *Data Envelopment Analysis: Theory, methodology, and application*. 1st ed. New York,  New York: Kluwer Academic Publishers, 1994.

Farrell, M. J. “The Measurement of Productive Efficiency.” *Journal of the Royal Statistical Society. Series a (General)* 120, no. 3 (1957): 253–90. https://doi.org/10.2307/2343100.

Khafaie, Morteza Abdullatif, y Fakher Rahim. “Cross-Country Comparison of Case Fatality Rates of COVID-19/SARS-COV-2.” *Osong Public Health and Research Perspectives* 11, no. 2 (abril 30, 2020): 74–80. https://doi.org/10.24171/j.phrp.2020.11.2.03.

Our World In Data “Covid-19-Data/Public/Data at Master · Owid/Covid-19-Data.” n.d. GitHub. Accesado y actualizado automáticamente al momento de correr el programa. <https://covid.ourworldindata.org/>.

Pereira, Miguel Alves, et al. “A Network Data Envelopment Analysis to Estimate Nations’ Efficiency in the Fight against SARS-CoV-2.” *Expert Systems with Applications* 210, no. 118362 (diciembre 2022): 118362. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118362>.

Taherinezhad, Ali, y Alireza Alinezhad. “Nations Performance Evaluation during SARS- CoV-2 Outbreak Handling via Data Envelopment Analysis and Machine Learning Methods.” *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics* 10, no. 2011243 (enero 7, 2022): 1–18. https://doi.org/10.1080/23302674.2021.2022243.

W.H.O. (2023). “Coronavirus.” World Health Organization. Tomado el 26 de octubre de 2023. https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab\_1.

‌

## Enumeraciones (Enumeraciones)

* El tipo de letra debe ser “Times New Roman”, el tamaño debe ser de 12 puntos (aproximadamente 72 golpes por renglón).
* La escritura debe ser a doble espacio (24 renglones por página).
* Los márgenes deben tener las siguientes dimensiones: superior: 2.5 cm.; inferior: 2.5 cm.; izquierdo: 3.5 cm. y derecho: 2.5 cm.

# Inicio del documento

Al inicio del documento (antes del cuerpo mismo), se deben incluir las siguientes partes:

**Hoja carátula**, que incluye título, tipo de trabajo, nombre del autor, lugar y fecha de edición (fig. 2-1). El tamaño de letra es 14 puntos, excepto por las siglas “ITAM”, que se escriben a 40 puntos.

**Hoja resumen**, que sintetiza el trabajo (fig. 2-2), incluyendo título, nombre del autor, resumen y palabras clave.

### Figuras y tablas

Graphical user interface, text

Description automatically generated

Fig. 7‑2 Ejemplo de numeración de figuras

Tabla 7‑2 Ejemplo de tabla

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Capture** | **Capture 1** | **Capture 2** | **Capture 3** | **Capture 4** |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**Índice**, o tabla de contenido del documento (fig. 2-3).

**Índice figuras** (fig. 2-4).

**Índice de tablas** (fig. 2-5).

Adicionalmente, dependiendo del trabajo, podrán incluirse:

**Nomenclatura**, en el que se presentan, de manera alfabética, todas las variables y parámetros del documento, incluyendo su definición (fig. 2-6).

**Símbolos griegos**, en el que se muestran toda la notación en dicho idioma, así como la definición de su significado (fig. 2-7).

### Lineamientos generales

* El tipo de letra debe ser “Times New Roman”, el tamaño debe ser de 12 puntos (aproximadamente 72 golpes por renglón).
* La escritura debe ser a doble espacio (24 renglones por página).
* Los márgenes deben tener las siguientes dimensiones: superior: 2.5 cm.; inferior: 2.5 cm.; izquierdo: 3.5 cm. y derecho: 2.5 cm.
* La extensión máxima del documento no debe exceder de 100 cuartillas (en el caso de una tesis) o 50 cuartillas (en el caso de una tesina). Esta extensión máxima incluye anexos, tablas, figuras, etc.
* No se debe dejar sangría al inicio de cada párrafo.
* Todo capítulo debe iniciarse en hoja aparte de hoja correspondiente a un capítulo previo.
* Todos los títulos de los capítulos, las secciones y las subsecciones deberán estar alineados al márgen izquierdo del escrito.
* Todos los conceptos técnicos, las abreviaturas o símbolos deben definirse al menos la primera vez que se mencionen en el texto.
* En muchos casos es recomendable el uso de un glosario de términos técnicos.
* No se permiten notas al pie de página.

### Estilo de redacción

* La redacción debe realizarse en modo impersonal, utilizando el pronombre “se” y el verbo conjugado en 3a. persona del singular.
* Es altamente recomendable el uso exclusivo del tiempo presente.

### Índices

* El índice (fig. 2-3), deben indicar el título de cada capítulo o sección y la página en la que éstas se inician.
* Los índices de tablas y figuras (figs. 2-4 y 2-5) enlistan todas las figuras y tablas del documento, así como su paginación.

### Numeración

* Todas las hojas del cuerpo del texto (excepto carátula, resumen e índices) deben numerarse consecutivamente, colocando el número en la parte inferior derecha de cada página (la numeración incluye páginas de anexos y referencias).
* Todos los capítulos del escrito deberán estar numerados con arábigos y en mayúsculas negritas (ejemplo: **1. INTRODUCCIÓN**).
* Las secciones de un capítulo se deberán identificar con los números correspondientes al capítulo y la sección, en minúsculas negritas (ejemplo: **1.1 Antecedentes y Problemática**).
* Se recomienda no usar más de dos niveles en la numeración de capítulos/secciones. En caso de ser estrictamente necesario, se incluirán subsecciones, cuya numeración tendrá un máximo de dos subniveles (ejemplo: 1.1.1): El primer dígito indica al capítulo, el segundo a la sección y el tercero, al consecutivo de la subsección. En el muy extremo caso de requerir tres niveles, el tercero ya no se numera, solamente se indica con negritas.

### Tablas, figuras y anexos

* Todas las figuras y tablas, incluyendo el número correspondiente, deben estar indicadas en el texto (ejemplo: “... en la tabla 2-4 se muestra ...”). No se deben usar expresiones del tipo: “...como se muestra a continuación...”, “... como se presenta en la siguiente figura...”.
* Todas las figuras y tablas deben estar numeradas con arábigos.
* Para la numeración de tablas y figuras, el primer dígito corresponde al capítulo y el segundo a un consecutivo dentro del capítulo (ejemplo: Figura 2-3 se refiere a la figura tres del capítulo 2).
* Todas las figuras y tablas deben tener un título. El título de las figuras debe estar ubicado en la parte central inferior. El título de las tablas, en su parte central superior. En caso de ser tablas o figuras tomadas o basadas en algún documento o fuente externa, debe indicarse la fuente.
* La numeración y el título de las figuras y tablas se hará con negritas (*bold*).
* Todos los anexos deben estar numerados, con título y referidos en el texto.

#### Ecuaciones

* Todas las ecuaciones deben estar numeradas a su extrema derecha, considerando el capítulo y el número de ecuación. (ejemplo: 2-3 se refiere al capítulo dos ecuación tres).
* Las ecuaciones deberán escribirse usando un editor de ecuaciones.

### Citas, bibliografía y referencias

El formato adoptado para la presentación de citas, bibliografía y referencias es el denominado Estilo de Chicago, usual en documentos y publicaciones de las ciencias físicas y naturales e ingenierías (consultar <www.chicagomanualofstyle.org/>.

En el documento: “Formatos de información bibliográfica (citas y referencias)” se presentan los lineamientos básicos del Estilo de Chicago que se utilizarán en la edición de todo trabajo de titulación.

Algunos lineamientos adicionales para las citas y referencias son:

* La bibliografía debe estar al final del escrito y las referencias estar ordenadas alfabéticamente. Independientemente del tipo de referencia (libro, artículo, documentos electrónico), todas las referencias se deben incluir en una misma lista.
* No deben incluirse referencias no citadas en el texto y toda referencia indicada en el texto debe incluirse en la bibliografía.
* Para identificar las referencias en el texto, éstas se presentarán en el texto encerradas en paréntesis rectangulares. Por ejemplo: [Nahmias, 1997].
* En el caso de hacerse una cita textual, es necesario incluir la página de donde se tomó, esto se hará de la siguiente manera: [Nahmias, 1997, p. 698]. La cita textual deberá ir entre comillas en el texto. Por ejemplo: "Actualmente, la capacidad es insuficiente" [Guerrero, 2000, p. 323]. La notación p.7 se utiliza para citar una sóla página y pp.7-14 para citar un rango de páginas.
* En el caso de una referencia con autor corporativo, podrán utilizarse las siglas de la organización, por ejemplo: [ONU, 1999].
* Cuando existan dos autores para una misma referencia, en el texto del documento se escibren los apellidos de los dos [Copeland y Weston, 1989].
* Cuando existan tres o más autores, solamente se escribe el apellido del primero, seguido de et al. [Tompkins, et al., 1997].
* Las referencias tomadas de una página electrónica se ajustarán a los mismos criterios anteriores, puesto que corresponden a un documento.

# Referencia

Acosta-Mejia, C.A. (1999). “Improved p charts to monitor process quality”. IIE Transactions. V. 31, N. 6, pp. 509-516.

Askin, R. G y J. B. Goldberg (2002). Design and Analysis of Lean Production Systems. New York: Wiley.

Chicago. (2006). The Chicago Manual of Style Online, 15/e. The University of Chicago. <www.chicagomanualofstyle.org/> [Consulta: Enero 6, 2007].

Georgia Tech. (2004, a). Ph. D. Program, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology. <http://www.isye.gatech.edu/academics/graduate/phd.php>. [Consulta: 5 enero, 2007].

Georgia Tech (2004, b). Masters Program. School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology. <http://www.isye.gatech.edu/academics/graduate/masters.php>. [Consulta: 5 enero, 2007].

González R. (2004). “Cierra dólar menudeo en 11.50 pesos”. Reforma, Sección Negocios, p. 2, agosto 4, 2004.

Hlatky, M. A., D. Boothroyd, et al. (2002). “Quality of-life and depressive symptoms in postmenopausal women after receiving hormone therapy: Results from the Heart and Estrogen/Progrestin Replacement Study (HERS) trial”. Journal of the American Medical Association. V. 287, N. 5, February. <http://jama.ama-assn.org/issues/v287n5/rfull/joc10108.html#aainfo> [Consulta: 7 enero, 2004].

Kurland, P. B. y R. Lerner, eds. (1987). The Founders’ Constitution. Chicago: University of Chicago Press. <http://press-pubs.uchicago.edu/founders/> [Consulta: 27 de junio, 2006].

Machado, F. M. (1982). “La guerrilla tecnológica”. Compilado en: Pérez Lizaur, Marisol; Castaños, Arturo y Esteva, José Antonio. (1982). Articulación Tecnológica y Productiva. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 115-126.

Martínez, R. (2004). Director General de ABC, S.A. Comunicación personal.

Muñoz, D. y A. L. Castillo (2004). “Decision support system to schedule operations in water heater manufacturing”. Proceedings, Industrial Engineering Research Conference, Institute of Industrial Engineers, Houston, Mayo, 2004.

Nahmias, S. (2001), Production and Operations Analysis, 3/e, Nueva York: McGraw-Hill. Prism (2006), “More Light, Less Energy”.

Prism, American Society for Engineering Education. September, 2006. p. 19. Reforma (2004). “Aumentan pedidos de fábricas en E.U.”, Reforma, Sección Negocios, p. 3.

Romero O., D. Muñoz y S. Romero (2006). Introducción a la Ingeniería. Un enfoque industrial, México: Thomson.

Salvendy, G, ed. (2001). Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management. New York: McGraw-Hill.

Shewhart W (1931). Economic Control of Quality Manufactured Product, citado en: W. J. Kolarik, Creating Quality. Process Design for Results, New York: McGraw-Hill, 1999.

Sierra, M. J. y R. Sordo (2006). Atlas histórico de México. México: ITAM.

Turner, W.C., et al. (1993). Introduction to Industrial and Systems Engineering, 3/e. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Wells, B. y N. Spinks. (1995). Researching and Reporting for Business Decisions. Houston: Dame Publications, Inc.

Zaid, G. (2004). “Ventanillas y colas”. Reforma, 26 diciembre 2004.