



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

Tesis

Evaluación de funciones de producción en distintos procesos de manufactura y acondicionamiento de una planta farmacéutica mediante el modelo de Cobb-Douglas

Que para obtener el grado de:

Maestro en Administración Industrial

Presenta: Q.F.B Rafael De León Camacho

Tutor (Supervisor la Tesis): Dr. Raúl Valdivieso Martínez

México, D.F.

2007.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración
Facultad de Contaduría y Administración
Facultad de Química
Instituto de Investigaciones Sociales
Instituto de Investigaciones Jurídicas

Tesis

Evaluación de funciones de producción en distintos procesos de manufactura y acondicionamiento de una planta farmacéutica mediante el modelo de Cobb-Douglas

Que para obtener el grado de:

Maestro en Administración Industrial

Presenta: Q.F.B Rafael De León Camacho

Tutor (Supervisor de la Tesis): Dr. Raúl Valdivieso Martínez

México, D.F.

2007

A Dios:

Gracias por todas las bendiciones con las que día a día iluminas mi vida, gracias por ser mi guía, mi camino y por dejarme llegar a esta nueva etapa.



A mamita Susana:

Gracias por darme la vida, por compartir conmigo los momentos mas hermosos de ella, por enseñarme las cosas mas valiosas y por estar conmigo y bendecirme desde ahí, donde se toca una música muy bonita, este es un logro de los dos, resultado de todos los esfuerzos que hemos hecho y que seguimos haciendo juntos día con día.

A Nicté:

Gracias por tu paciencia y cariño, por ser esa gran mujer que está a mi lado, en los momentos buenos y malos y por darme ese equilibrio en mi vida para que día a día construyamos nuestra familia lo mejor posible, doy gracias por haberte conocido y compartir nuestras vidas

A Itzel y Ailinne:

Gracias por ser mis dos bendiciones mas grandes, ustedes son el impulso que me motiva a buscar ser mejor día a día, las quiero y las adoro hasta los números que no acaban y hasta los planetas que no acaban

A mi Familia:

Gracias por proporcionarme el entorno por el cual he desarrollado este deseo de mejorar en la vida

A todos y cada uno de mis compañeros de la escuela, del trabajo y de mi vida, a Silanes por apoyarme en la realización de este trabajo, a mi asesor, a mis maestros y a todos los que han compartido algo valioso conmigo GRACIAS

I.	INDICE GENERAL.	
I.	INDICE GENERAL.....	2
	I.1. INDICE DE TABLAS.....	4
	I.2. INDICE DE FIGURAS.....	5
II.	INTRODUCCION.....	6
III.	ANTECEDENTES:	8
IV.	MARCO TEORICO	10
	IV.1 Funciones de producción.	10
	IV.1.1 Modelo de Cobb-Douglas.....	11
	IV.1.2 Economías de escala.	13
	IV.2 Capacidad de planta.	13
	IV.2.1 Capacidad de diseño.	14
	IV.2.2 Capacidad efectiva.	14
	IV.2.3 Utilización	15
	IV.2.4 Eficiencia	15
	IV.3 Consideraciones regulatorias.	16
	IV.4 Modelo de regresión lineal	16
	IV.4.1. Modelo de regresión múltiple.....	19
	IV.4.2 Elaboración de un modelo teórico.	20
	IV.4.3 Registro de datos	21
	IV.4.4 Elección de la forma funcional.	21
	IV.4.5 Estimación e interpretación de resultados.	23
	IV.4.6 Análisis de los supuestos de la regresión.	23
	IV.4.6.1 Multicolinealidad.....	23
	IV.4.6.2 Heterocedasticidad.....	25
	IV.4.6.3 Bondad de ajuste.....	27
	IV.4.6.4 Independencia de los residuos.....	28
V.	DETERMINACIÓN EMPÍRICA DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN	29
	V.1 Objetivo.	29
	V.2 Metodología	29
	V.3 Definición de datos	30
	V.4 Definición de las variables.	31
	V.5 Determinación de las funciones de producción de acuerdo al modelo de Cobb-Douglas.	31
	V.6 Tratamiento de datos.....	32
	V.7 Definición de capacidad de planta	32
VI.	RESULTADOS.	34
	VI.1 Capacidad de planta.	34
	VI.1.1 Distribución de productos por vía de fabricación. 34	
	VI.1.2 Proyección de ventas.	35
	VI.1.3. Estimación de capacidad de planta.	35
	VI.1.3.1. Capacidad efectiva One Pot System-Gallay (Fabricación).....	35
	VI.1.3.1.1. Determinación de factores de producción.....	37
	VI.1.3.1.2. Cálculo de capacidad instalada del equipo.....	38
	VI.1.3.1.3. Porcentajes de saturación.....	38
	VI.1.3.2. Capacidad instalada del proceso de encapsulado.....	39
	VI.1.3.2.1. Determinación de factores de producción.....	39
	VI.1.3.2.2. Cálculo de capacidad instalada del equipo.....	40
	VI.1.3.2.3. Porcentaje de saturación.....	40

VI.1.3.3. Capacidad instalada del proceso de compresión.....	41
VI.1.3.3.1. Determinación de factores de producción.....	42
VI.1.3.3.2 Cálculo de capacidad instalada del equipo.....	43
VI.1.3.3.3 Porcentaje de saturación.....	43
VI.2. ANALISIS DE REGRESIÓN.....	44
VI.2.1. Los datos y sus regresiones.....	44
VI.2.2. Bondad de ajuste.....	49
VI.2.3. Análisis de varianza. Significancia total, prueba F.	49
VI.2.4. Heterocedasticidad.	50
VI.2.5. Multicolinealidad.....	52
VI.2.6 Normalidad.	52
VI.2.7. Independencia de los Residuos.	54
VI.2.8. Modelos obtenidos.	54
VII. ANALISIS DE RESULTADOS	59
VIII. CONCLUSIONES	63
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	65

I.1. INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición de centros de trabajo.....	30
Tabla 2. Elementos de factor maquinaria (M) para capacidad instalada.....	34
Tabla 3. Proyecciones de venta en KG por forma farmacéutica para OPS....	36
Tabla 4. Tiempo de proceso requerido y número de campañas requeridas para cubrir la proyección anual de ventas.....	37
Tabla 5. Cálculo de factores.....	38
Tabla 6. Capacidad instalada de OPS.....	38
Tabla 7 Porcentajes de saturación de equipos OPS de acuerdo a presupuesto.....	38
Tabla 8. Proyección de ventas para cápsulas.....	39
Tabla 9. Cálculo de factores para el proceso de encapsulado.....	40
Tabla 10. Capacidad instalada de encapsulado.....	40
Tabla 11. Porcentajes de saturación de equipos de encapsulado de acuerdo a presupuesto.....	40
Tabla 12. Presupuesto de ventas para forma farmacéutica tabletas.....	41
Tabla 13. Participación y contribución marginal de las unidades de acuerdo al formato donde se procesan.....	41
Tabla 14. Cálculo de factores en compresión.....	43
Tabla 15. Capacidad instalada del proceso de compresión.....	43
Tabla 16. Porcentajes de saturación de equipos de compresión de acuerdo a presupuesto.....	43
Tabla 17. Datos obtenidos de los distintos procesos de fabricación y acondicionamiento.....	44
Tabla 18. Regresión para determinación de coeficientes en factores de producción OPS.....	45
Tabla 19 Modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas para OPS...45	
Tabla 20. Regresión para determinación de coeficientes en factores de producción encapsulado.....	46
Tabla 21. Modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas para encapsulado.....	46
Tabla 22. Regresión para determinación de coeficientes en factores de producción para compresión.....	47
Tabla 23. Modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas para compresión.....	47
Tabla 24. Regresión para determinación de coeficientes en factores de producción para acondicionado.....	48
Tabla 25. Modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas para acondicionado.....	48
Tabla 26. Bondad de ajuste.....	49
Tabla 27. Análisis de varianza.....	50
Tabla 28. Diagnóstico de multicolinealidad.....	52
Tabla 29. Coeficientes de regresión obtenidos.....	56
Tabla 30. Factores de producción.....	59

Tabla 31. Porcentaje de ocupación de los equipos a un turno.....	60
Tabla 32. Porcentaje de ocupación de los equipos a 24 horas.....	61

I.2. ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1. Función de producción para un producto-dos factores de producción.....	12
Fig. 2. Dispersión de datos constante (Homocedasticidad) vs dispersión de datos difusa (Heterocedasticidad).....	26
Fig. 3. Visualización de homocedasticidad y heterocedasticidad bajo el principio de normalidad.....	26
Fig. 4. Resultados obtenidos mediante el uso del SPSS.....	51
Fig. 5. Análisis de los residuales.....	53

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas se desarrollan en un entorno en el que requieren implementar estrategias que les permitan continuar como una opción viable en el mercado, para esto, se necesitan innovaciones en el campo de la tecnología y de la administración de la cadena de manufactura, entre otros aspectos que den ventajas competitivas, y que les permitan mejorar la productividad.

La misión de una empresa farmacéutica de manera global, sin indicar con precisión las variables entre cada una de ellas, es la de contribuir en el diagnóstico y prevención de enfermedades, así como en la preservación de la salud, ofreciendo productos y servicios innovadores que se adapten a las necesidades del entorno¹

La visión es la de ser una empresa líder en el mercado que logre confianza, competitividad e innovación por medio del mejoramiento continuo y la optimización de procesos y costos, contribuyendo así al éxito de los clientes, accionistas, empleados y proveedores¹.

Lo anterior se desarrolla en el marco de una filosofía empresarial de cumplir con la distribución adecuada de los productos que la población requiere contemplando siempre los principios de calidad, servicio y precio.¹

El **problema de investigación** se enfoca en los obstáculos que se presentan para cumplir con la misión, visión y estrategias planteadas por la empresa (objeto de estudio), que se traduce en: balanceo de líneas inadecuado (algunas trabajan 24 horas), los negocios se establecen sin estar incorporados en el plan maestro, lo que modifica el plan de producción y de la operación; se tramitan y formalizan maquilas que en muchas ocasiones requieren de mas

1. <http://www.bayer.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf>;
<http://www.silanes.com.mx/html/perfil.html>;
http://www.schering-plough.com/schering_plough/about/building_sp.jsp
Laboratorios Silanes S.A de C.V. Políticas de calidad. México 2001

recursos humanos para conservar la calidad del producto, debido a que la capacidad instalada no puede ofrecer la cantidad negociada o bien porque no se permite tener una visión a mediano plazo que permita desarrollar líneas de trabajo flexibles, y por último, el aspecto regulatorio, delimitado por la norma oficial mexicana NOM059-SSA1-1993 sin la cual una empresa farmacéutica no puede operar.

Este problema lo enfrentan una gran diversidad de empresas, sin importar su tamaño u origen geográfico, por lo que la diferencia consistirá en que tan eficientemente realicen la administración de sus operaciones y que tan definida tengan su toma de decisiones en base a hechos e información, independientemente de que comprendan y trabajen por el logro de los objetivos de su misión, que es la razón de existir de la empresa, si una empresa no tiene definido el rumbo, difícilmente podrá analizar su entorno y tomar algún camino a seguir.

Para minimizar las probabilidades de una ocurrencia de las descritas en el párrafo anterior, existen múltiples técnicas y herramientas que se pueden aplicar por medio de la administración de operaciones, en donde se puede implantar una diferenciación de producto o servicio, como lo es en el diseño de bienes y servicios, calidad, diseño de procesos, selección de instalaciones, diseño de distribuciones de áreas, tiempo y movimientos, recursos humanos y diseño del trabajo, así como el ambiente de trabajo, administración de cadena de manufactura, Niveles de inventarios, planeación de la producción y mantenimiento. El análisis de sus debilidades, fortalezas, frente a un entorno en el cual se pueden aprovechar oportunidades y salvar amenazas mediante las fortalezas internas, es una herramienta de análisis que se puede utilizar para ubicar a la empresa y sus productos en el entorno industrial en el que se desarrollan.

En este estudio, el objetivo y campo de aplicación se desarrollan en la parte de producción del bien, como integrante de la administración de la cadena de manufactura, mediante la construcción y evaluación de funciones de producción que permitan elaborar un modelo predictivo acerca de la capacidad

efectiva y la combinación de factores de producción que se requieren para producirlos de una manera eficiente.

Para todo lo anterior, podemos auxiliarnos de las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo se puede organizar la gente para obtener un ambiente productivo?, ¿cómo se producen los bienes y servicios de manera eficiente?, ¿Qué combinación de factores de producción requiero para cubrir con una cantidad demandada? Para todo ello, se realiza el presente estudio, en donde se ha estructurado el trabajo presentado de la siguiente manera:

Una introducción con la descripción básica del alcance y objeto de estudio, así como una descripción breve del planteamiento del problema y preguntas de investigación que nos auxiliarán en la comprensión del objeto de estudio.

Una parte de antecedentes, en donde se plantean la información previa que justifique el presente estudio, el marco teórico con la conformación de los conocimientos disponibles sobre el tema de estudio, con el propósito de comprender las técnicas utilizadas en el estudio, los resultados obtenidos como consecuencia de la aplicación de las técnicas utilizadas, el análisis de los resultados obtenidos y la elaboración de las conclusiones.

I. ANTECEDENTES:

Una vez definido lo anterior, es entonces cuando se deben de conformar los elementos de una planeación de la producción que permitan conocer en el corto y mediano plazo qué producir y cómo producir, además de los tiempos en los que se necesita cumplir con los objetivos trazados por esta planeación, esto incluye aspectos como el de adquisición de tecnologías y aplicación de las herramientas administrativas y operacionales que permitan cumplir con los objetivos planeados.

En el proceso de administración de operaciones, se puede desarrollar una evaluación de la eficiencia de la producción de un bien mediante modelos establecidos de funciones de producción, como en el caso del modelo Cobb-Douglas, que nos permitirá obtener información acerca de las diversas combinaciones de factores de producción que se pueden utilizar para satisfacer la cantidad demandada de los productos ofertados, con el propósito de que funcionen como modelos predictivos al alcance y servicio de otras áreas como la de ventas y puedan tener información que les permita tomar decisiones acerca de la toma de contratos adicionales o plantear fechas de entregas acorde a la capacidad efectiva de la planta, con un adecuado manejo de los recursos disponibles por la empresa.

El análisis a realizar se considera horizontal, debido a que la misión, visión, administración y estrategias se transmiten en cascada en una línea vertical, lo que se va a realizar es el análisis de manufactura que permita cumplir con estas estrategias y ser congruente con la misión de la empresa en los tiempos establecidos, por lo que, utilizando estos elementos se proponen las opciones mas eficaces en cuanto a la operación de la empresa.

El modelo de Cobb-Douglas presenta la ventaja de poder obtener una ecuación que describa la función de producción para cada proceso en particular, de tal manera que se puede diseñar cada función de acuerdo a las

características y naturaleza propia de cada proceso y evaluar si representa una opción adecuada para su evaluación y uso.

I. MARCO TEORICO.

IV.1 Funciones de producción.¹

Las funciones de producción relacionan la cantidad de salidas del proceso con la cantidad de entradas o insumos necesarios para producirlas, las cuales se enfocan a la obtención de un producto terminado, a partir de mano de obra, materiales, maquinarias, materias primas, etc. y la transformación requerida para su obtención. Estas funciones tienen una relación muy estrecha con el concepto de eficiencia, ya que el objetivo en ambos casos es el de producir mas con lo mismo, producir lo mismo con menos o bien una combinación de factores para producir mas con menos, siendo la teoría o técnica a aplicar la que puede presentarse de diversas maneras siempre y cuando se cumpla con esta premisa central.

La primera cuestión a analizar de la actividad del productor es saber bajo qué condiciones es tecnológicamente posible producir en cantidades diversas uno o varios bienes. En términos generales, una función de producción es significativamente influenciada por la tecnología, que describe en términos físicos cual es la cantidad de insumos necesarios para producir una cantidad cualquiera de productos por unidad de tiempo.

Para simplificar el razonamiento económico de los diversos insumos o entradas de las funciones de producción, se han clasificado en dos categorías básicas: Trabajo (L) y Capital (K).

Dentro de las funciones de producción, se pueden producir diferentes niveles de salidas de bienes con diferentes combinaciones de entradas, cada compañía deberá de utilizar la combinación de factores de producción que le permita trabajar con la máxima

¹ H. Craig Petersen, W. Cris Lewis "Managerial economics". Ed. Prentice Hall. Fourth edition, New Jersey 1999. pp 183-265

Mendez Montaña, Saul. "El modelo de producción de Cobb-Douglas y su aplicación en la industria automotriz terminal de México 1970-1990". Tesis Licenciatura (Licenciado en Economía)- UNAM, Facultad de economía. México. 1996. pp 11-98.

eficiencia posible y por lo tanto, minimizar sus costos . Estas funciones pueden ser tan específicas como lo requiera el sector industrial o el tipo de empresa, existen diferentes modelos, siendo los mas conocidos; el de Cobb-Douglas y el de sustitución de elasticidad constante (CES), la principal diferencia es que mientras el modelo de Cobb-Douglas considera la elasticidad entre los factores igual a 1, el CES permite variar la elasticidad. Los factores de este último son:

$$q = A * [\alpha * (L^{-\rho}) + \beta * (K^{-\rho}) + \gamma * (M^{-\rho})]^{-\nu/\rho} = f(L,K,M).$$

donde L= mano de obra, K= capital y M= materiales y q= producto. El parámetro nu es un indicador de economía de escala, mientras que rho mide la elasticidad de la sustitución. $\sigma = 1/(1 + \rho)$.

IV.1.1 Modelo de Cobb-Douglas.²

Este modelo se caracteriza por aterrizar los conceptos de combinaciones de insumos para producir bienes minimizando los costos relacionados, es más sencillo de determinar que otros modelos y su aplicación es adecuada para determinar si se puede efficientar la operación de la empresa.

La figura 1 muestra una gráfica de las diferentes combinaciones de entradas que se pueden obtener en una función de producción determinada, en donde: Y = producto, el cual se mide en el eje vertical. Los factores de producción K = capital y L = mano de obra se representan en los ejes horizontales

² H. Craig Petersen, W. Cris Lewis "Managerial economics". Ed. Prentice Hall. Fourth edition, New Jersey 1999. pp 183-265.

<http://www.egwald.com/economics/productionfunctions.php>

Mendez Montaña, Saul. "El modelo de producción de Cobb-Douglas y su aplicación en la industria automotriz terminal de México 1970-1990". Tesis Licenciatura (Licenciado en Economía)- UNAM, Facultad de economía. México. 1996. pp 11-98.

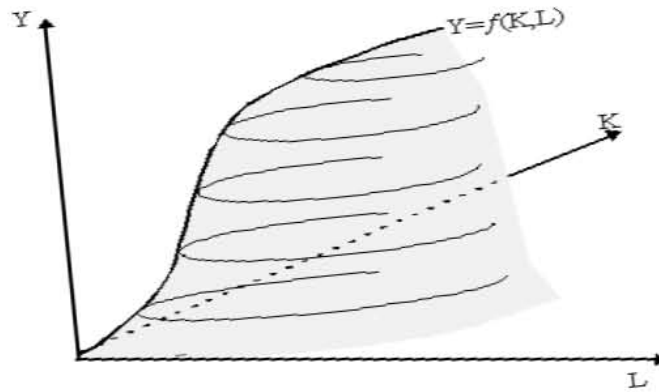


Figura 1 – Función de producción para un producto – dos factores de producción.

La función de producción representada no abarca toda el área mostrada bajo la curva, solamente representa los puntos que conforman su superficie, que es donde se llevan a cabo las posibles combinaciones de producto mediante los factores de producción. Es importante notar que a diversas combinaciones de K y L, se obtienen los máximos niveles de producción, de acuerdo a la función de producción representada.

El modelo de Cobb- Douglas presenta una función:

$$Q \text{ ó } (Y) = AK^\alpha L^\beta$$

- Donde:
- Q ó Y = Cantidad de producto obtenido
 - K = Cantidad de capital
 - L = Cantidad de mano de obra.
 - A, α , & β = Coeficientes de la ecuación.

IV.1.2 Economías de escala.³

El objetivo de la determinación de las economías de escala es conocer si se es más eficiente en la administración de los recursos de capital y mano de obra, básicamente se refiere a la disminución de costos cuando existe un aumento en los niveles de producción.

El aumento en el uso de los factores de producción tiene un impacto directo en la producción. El caso en el que el incremento marginal en el uso de la mano de obra disminuya el nivel de la producción, se conoce como diseconomía de escala. En el marco del modelo de Cobb-Douglas, una economía o diseconomía de escala estaría representada por la suma de los coeficientes alfa y beta, de acuerdo a las siguientes condiciones:

Si $\alpha + \beta > 1$ entonces existe una economía de escala y se es mas eficiente.

Si $\alpha + \beta = 1$ no hay variación, se tienen rendimientos constantes.

Si $\alpha + \beta < 1$ entonces tenemos rendimientos decrecientes o una diseconomía de escala.

IV.2 Capacidad de planta.⁴

El concepto de capacidad de planta es muy importante para poder estimar la cantidad de bienes o servicios que pueden ser ofertados, así como el tiempo necesario para cumplir con la entrega del bien o servicio prometido. Los conceptos relacionados son la capacidad de diseño, la capacidad efectiva, la utilización y la eficiencia, todos ellos relacionados entre sí para poder conocer la cantidad de productos elaborados en el tiempo.³

³ H. Craig Petersen, W. Cris Lewis "Managerial economics". Ed. Prentice Hall. Fourth edition, New Jersey 1999. pp 183-265.
Heizer, Jay. Render, Barry. Operations management Ed. Prentice Hall. 6a Edición. New Jersey. 2001.

IV.2.1 Capacidad de diseño.⁴

La capacidad de diseño es la máxima salida de un sistema en las condiciones determinadas, bajo un periodo de tiempo definido³, esto es, las unidades producidas expresadas en piezas, toneladas o litros por unidad de tiempo, por ejemplo, piezas por hora, toneladas por mes, etc..., algunas organizaciones pueden definir su capacidad de diseño como número de camas en un hospital por ejemplo, para definir el número máximo de pacientes que pueden atender, o incluso medir la capacidad de diseño por el número de horas disponibles totales en el periodo de tiempo.

IV.2.2 Capacidad efectiva⁵.

En la mayoría de los casos, la capacidad efectiva tiene que ser calculada debido a que no se puede operar consistentemente a la capacidad de diseño, esto es debido a que la operación se hace menos eficiente por desgaste de piezas mecánicas por ejemplo, inversión de mayor tiempo de mantenimiento y otras limitantes como los bienes procesados, los cuales se pueden volver inestables en el proceso, como un carro, que tiene una velocidad máxima de 200 Km/hr, sin embargo, si se utiliza el carro a esta velocidad constantemente, la vida útil disminuirá rápidamente, además de los riesgos inherentes de conducir a esta velocidad. Las organizaciones manejan aproximadamente un 90% de la capacidad de diseño para definir su capacidad efectiva, esto es mediante el cálculo de factores que intervienen en los procesos, como los tiempos de limpieza, los cambios de productos, y tiempos de paro por mantenimiento programado. Estos factores son calculados por medio de la relación de los tiempos de limpieza, mantenimiento, cambios de producto requeridos para producir el presupuesto de ventas dividido entre el tiempo disponible total para esta producción, finalmente, la capacidad efectiva es la multiplicación de la capacidad de diseño por cada uno de estos factores.

⁴ Heizer, Jay. Render, Barry. Operations management Ed. Prentice Hall. 6a Edición. New Jersey. 2001. Grupo GEA. Manual de operación del One Pot System Collette Ultima 600. 2004.

$$F = 1 - (T_f / T_t)$$

En donde:

F = Factor de limpieza, mantenimiento, otros.

T_f = Tiempo requerido para realizar la limpieza, mantenimiento, cambios de producto.

T_t = Tiempo requerido para cubrir el presupuesto de ventas.

IV.2.3 Utilización⁵

La utilización es definida por las salidas actuales del sistema en relación con la capacidad de diseño, expresada como un porcentaje de esta capacidad.

IV.2.4 Eficiencia⁶

La eficiencia es definida como las salidas del sistema en relación con la capacidad efectiva, expresado también como porcentaje de esta capacidad.

Con el conocimiento de la capacidad de diseño, la capacidad efectiva y la eficiencia, se puede determinar una producción anticipada, mediante el uso de una ecuación de la forma:

Producción anticipada = (Capacidad de diseño) (Capacidad efectiva)
(Eficiencia)

⁶ Heizer, Jay. Render Barry. "operations management". Ed. Prentice Hall 6a Edición. New Jersey 2001
NOM 059 SSA-2006 BUENAS PRACTICAS DE FABRICACIÓN PARA ESTABLECIMIENTOS
DEDICADOS A LA MANUFACTURA DE PRODUCTOS PARA LA SALUD.

IV.3 Consideraciones regulatorias.⁶

Estas consideraciones se enfocan principalmente a la validación de procesos de limpieza, en donde se ha establecido de acuerdo a los protocolos de validación de procesos de limpieza que el número máximo de lotes a procesar antes de realizar una limpieza profunda es de cinco, por lo que hay que considerar un tiempo de preparación y limpieza en cada tres lotes de producto procesado.

IV.4 Modelo de regresión lineal⁶

Es un modelo muy utilizado en estudios de economía como la estimación de la demanda y en otras ciencias para determinar la relación que existe entre las diferentes variables que afectan al sistema en estudio. Este modelo supone una función lineal para la relación entre las variables, en donde se explica su comportamiento mediante la ecuación de la forma:

$$Y = a + bX \quad 3.1$$

En donde Y es la variable dependiente, X es la variable independiente, a es la intersección y b es la pendiente.

La pendiente b puede ser obtenida mediante la diferencia entre los valores X e Y de dos puntos graficados (X_1, Y_1) y (X_2, Y_2) , de acuerdo con la fórmula:

$$b = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad 3.2$$

⁷. H. Craig Petersen, W. Cris Lewis "Managerial economics". Ed. Prentice Hall. Fourth edition, New Jersey 1999. pp 183-265.

Montgomery Douglas C, Peck Elizabeth, Vining G. Geoffrey. "Introducción al análisis de regresión lineal" Editorial CECSA. 3ª Edición. México, 2005 pp.3-111, 291-339

Adalid Diez de Urdanivia, Clara Martha. "Pruebas para la normalidad en un modelo de regresión lineal". Tesis Maestría (Maestría en estadística e investigación de operaciones) – UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los ciclos profesional y de Posgrado. México. 1997. pp-14-45

Este modelo tiene la limitante de utilizarse solo para verificar la variación de la variable dependiente por cada unidad que cambia la variable independiente, además de que no representa una herramienta adecuada para minimizar las variaciones de cada uno de los puntos con respecto a la línea que conforman la mayoría de los puntos.

El método de mínimos cuadrados es una la alternativa para minimizar el error de cada uno de los puntos alineándolos con la gráfica representada con la línea que forman los registros de cada uno de los puntos en conjunto, el método demuestra estadísticamente que la mejor estimación de los coeficientes de variación de una función lineal es ajustarlos mediante la suma de el cuadrado de las distancias verticales desde cada uno de los puntos hacia la línea en la gráfica.

Traduciendo los conceptos anteriores a una ecuación, la forma es la siguiente:

$$b = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad 3.3$$

Entonces, una vez que se los valores son tratados, se obtiene la pendiente b y se sustituye en la ecuación 3.1, donde cada una de las variables adquiere un valor numérico, convirtiéndose en la ecuación que describe el modelo de relación entre la variable dependiente e independiente.

El valor de b estima el cambio de la variable dependiente por cada unidad que cambie la variable independiente, y el valor de a estima el intercepto al origen, o bien el valor de Y cuando X=0.

Para determinar el grado en el que la ecuación representa los cambios o la relación entre la variable dependiente y las independientes, existe el uso de herramientas como la obtención del coeficiente de determinación, comúnmente representado como R^2 para explicar precisamente que tanto se ajusta el modelo a los cambios de la variable dependiente.

Básicamente, el uso del coeficiente de determinación es la suma del total de las variaciones de cada uno de los datos con respecto a la media calculada con la ecuación de la regresión, el modelo lo describe la siguiente ecuación:

$$\text{Variación total} = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

$$\text{Variación esperada} = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$R^2 = \text{variación esperada} / \text{Variación total} \quad 3.4$$

Otra herramienta poderosa para determinar que tanto explica la regresión la relación entre dos o más variables es la desviación estándar, cuyo cálculo se encuentra descrito mediante la ecuación de la forma:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n - 1)}{\sum (X_i - \bar{X})^2}} \quad 3.5$$

Existe otro caso en donde se pueden describir las relaciones entre dos o más variables que modifican el comportamiento de la variable dependiente, por lo que se tiene que conocer el impacto de cada una de las variables independientes sobre el objeto de estudio, para ello se hace uso de la regresión múltiple.

IV.4.1 Modelo de regresión múltiple⁷

Se llama regresión múltiple a la estimación de los parámetros de una ecuación con más de una variable independiente, básicamente el modelo es similar que el modelo de regresión lineal, sin embargo, los cálculos se vuelven complejos a medida que se incorporan cada vez más variables. Se puede describir el modelo con una ecuación del tipo:

$$Y = A + bX + cZ \quad 3.6$$

Donde:

Y = Variable dependiente.

A = Ordenada al origen o constante de regresión

X e Z = Variables independientes

b y c = Coeficientes de la regresión..

En este caso, los coeficientes indican el efecto sobre la variable dependiente por cada unidad que cambie cada variable independiente.

El análisis de regresión múltiple es una herramienta que se puede utilizar para describir las relaciones de cada una de las variables involucradas en la afectación del modelo de estudio, en el caso de las teorías de producción se utiliza para determinar el conjunto de variables que presentan un efecto sobre la cantidad producida de bienes o servicios.

Para el caso de una regresión multiplicativa, se requiere de la elaboración de un modelo que ayude a describir las relaciones involucradas

⁸ H. Craig Petersen, W. Cris Lewis "Managerial economics". Ed. Prentice Hall. Fourth edition, New Jersey 1999. pp 183-265
Montgomery Douglas C, Peck Elizabeth, Vining G. Geoffrey. "Introducción al análisis de regresión lineal" Editorial CECSA. 3ª Edition. México, 2005 pp.3-111, 291-339
James H. Stock and Mark W. Watson, "Introduction to Econometrics", 1st Ed, Addison Wesley, 2003, pp. 174-187.
Jan Kamenta, "Elements of Econometrics", 2a. Ed., Macmillan, New York, 1986, pp.431-461.

entre las distintas variables que afectan el objeto de estudio, esto se realiza a través de 4 pasos básicos que consisten en:

- 1) Descripción de un modelo teórico.
- 2) Recolección de datos.
- 3) Elección de una forma funcional para tratamiento de datos y
- 4) Estimación e interpretación de resultados, incluyendo habilidad para describir el comportamiento del objeto de estudio.

IV.4.2 Elaboración de un modelo teórico⁸.

Para la descripción de un modelo que permita obtener las interrelaciones de cada una de las variables involucradas que afectan el comportamiento del objeto de estudio, es necesario acotar el entorno del mismo, así como definir las variables que lo pueden afectar en dicho entorno, esto se tiene que transportar a un lenguaje matemático que permita un tratamiento de datos que nos expliquen el comportamiento del objeto de estudio, en este caso la ecuación que describe el modelo planteado es de la forma:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots) \quad 3.7$$

En donde: Y = demandadores la variable dependiente.

f = Función de:

X_i = Las variables independientes.

En el caso de la estimación de bienes producidos, se puede utilizar un modelo de producción que explique la influencia de variables como cantidad de mano de obra, precio de la mano de obra, educación y tecnología entre otros,

⁹ Montgomery Douglas C, Peck Elizabeth, Vining G. Geoffrey. "Introducción al análisis de regresión lineal" Editorial CECSA. 3ª Edition. México, 2005 pp.3-111, 291-339.

para poder describir como afectan a la cantidad de bienes o servicios producidos.

IV.4.3 Registro de datos.

Esta es otra de las partes más importantes para determinar un modelo confiable, pues se requiere identificar cuales son los registros realmente útiles, así como detectar las variables que afectan los resultados esperados.

La recolección de datos se puede realizar desde diferentes fuentes de información como bibliográficas, hemerográficas, líderes de opinión, de campo y experimentales, en el caso de las estimaciones de demanda son datos obtenidos a partir de encuestas y experimentaciones como percepción del cliente o consumidor final. En el caso de modelos de producción los datos deberán de ser registrados a partir de experimentaciones en campo. También se pueden considerar las series de tiempo para observar cambia la variable con respecto al tiempo, en el caso de estimaciones de demanda, hay que repetir los registros durante un periodo de tiempo definido, este periodo va a depender de la parte del universo que se quiera evaluar, cada una de las observaciones son parte de los datos que se integrarán en la regresión a utilizar.

IV.4.4 Elección de la forma funcional⁹.

Esta elección dependerá del comportamiento de los datos registrados, generalmente indican la relación entre la cantidad demandada o producida y los factores que los afectan.

⁹ Montgomery Douglas C, Peck Elizabeth, Vining G. Geoffrey. "Introducción al análisis de regresión lineal" Editorial CECSA. 3ª Edición. México, 2005 pp.3-111, 291-339.

La forma más sencilla es la regresión lineal, presenta la ventaja de que no requiere tratamiento adicional de los datos y la interpretación de cada uno de los coeficientes es sencilla, es decir, nos puede proporcionar información acerca de la influencia de cada una de las variables cuando se modifica en cada unidad siempre y cuando el resto de las variables permanezca constante. Una ecuación que describiría a la función 3.7 sería:

$$Y = A + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \dots\dots 3.8$$

Sin embargo, no es posible utilizar la regresión simple para todos los casos debido al comportamiento de las variables de estudio, cuando los datos presentan un comportamiento logarítmico se requiere del uso de la regresión multiplicativa, en este caso hay que realizar un tratamiento adicional a los datos. La ecuación general de la regresión multiplicativa es de la forma:

$$Y = AX_1^{b_1} X_2^{b_2} X_3^{b_3} \dots\dots\dots 3.9$$

Esta ecuación no puede ser estimada utilizando los mínimos cuadrados de la regresión simple debido a que no es lineal. Para poder hacerlo se requiere de un tratamiento especial: primero, se calculan los logaritmos de ambos lados de la ecuación:

$$\log Y = \log A + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2 + b_3 \log X_3 + \dots\dots 3.10$$

IV.4.5 Estimación e interpretación de resultados¹⁰.

Después de haber tratado los datos, tenemos los resultados esperados de nuestro modelo, aquí se pueden utilizar programas de computación que nos ayuden a obtener cada uno de los coeficientes, sin embargo, lo más importante es su interpretación, así, el coeficiente que modifique en gran medida el valor de la variable independiente será el que mas impacto tenga en cuanto a la afectación del comportamiento de la variable independiente (objeto de estudio),

¹⁰ Montgomery Douglas C, Peck Elizabeth, Vining G. Geoffrey. "Introducción al análisis de regresión lineal" Editorial CECSA. 3ª Edition. México, 2005 pp.3-111, 291-339

en cuanto a las funciones de producción, aquel coeficiente que presente el valor mas alto en cuanto a la cantidad producida será el mas representativo, se puede hacer uso de la t estadística para confirmar si es significativa o no desde el punto de vista estadístico.

IV.4.6 Análisis de los supuestos de la regresión.¹¹

IV.4.6.1 Multicolinealidad.

El término multicolinealidad se refiere a la situación en la que existe una fuerte correlación múltiple provocada por la existencia de intercorrelación entre las variables independientes, por ejemplo, si se determinará un modelo para determinar el grado de dominio de una materia, se podrían considerar factores como el número total de horas invertidas para estudiar, el número de páginas o de libros leídos sobre el tema y el grado de comprensión de los temas vistos en clase, sin embargo, en la ecuación resultante se tendrían problemas en el análisis de regresión debido a que las variables número de horas invertidas para estudiar y número de páginas o libros leídos presentarían multicolinealidad, es decir, generalmente un número mayor de horas invertidas traerá como consecuencia un número mayor de libros leídos, por lo que la influencia de cada una de estas variables será muy difícil de identificar, la solución para cuando se detectan casos de multicolinealidad es remover una de las variables fuertemente relacionadas de la ecuación.

La multicolinealidad es un problema de grado y no de clase. La distinción importante, no es entre la presencia y la ausencia de multicolinealidad, sino entre sus diferentes grados. Puesto que la multicolinealidad se refiere a la condición de las variables explicativas las cuales son no estocásticas por supuestos, ésta es una característica de la muestra y no de la población. Por consiguiente, no es necesario llevar a cabo pruebas sobre multicolinealidad,

¹¹ Covarrubias Zuñiga Miguel Angel. "El análisis de la multicolinealidad y de la heterocedasticidad en el modelo econométrico lineal" Tesis Licenciatura. (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México 1996. pp 5-102

Hernández Polo, María Yolanda. "Análisis Bayesiano de la suposición de normalidad en el modelo de regresión lineal". Tesis Licenciatura. (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México. 1988. pp 9-57.

pero se puede si se desea, medir su grado en cualquier muestra determinada¹². La tolerancia de una variable es utilizada generalmente para medirla.

La **tolerancia** de una variable i se define como $1 - R_i^2$, donde R_i^2 es el coeficiente de correlación múltiple cuando la i^{th} variable independiente es determinada a partir de otra variable independiente. Si la tolerancia de una variable i es pequeña, existe casi una combinación lineal de las otras variables independientes.

El **factor de inflación de la varianza** (VIF) está relacionado de forma muy cercana con la tolerancia. De hecho, está definido como el recíproco de ésta. Esto es:

$$VIF = \frac{1}{(1 - R_i^2)}$$

Este término se denomina factor de inflación de la varianza debido a que involucra el cálculo de la varianza del i^{th} coeficiente de regresión. Cuando el factor de inflación de la varianza se incrementa, también lo hace la varianza del coeficiente de regresión. Algunos autores afirman que mientras mayor es el valor de FIV mayor “problema” o colinealidad tiene la variable X_i ¿Pero, que tan grande debe ser el FIV antes de que un regresor se convierta en un problema? **Como regla práctica**, si el FIV de una variable es superior a 10 (esto sucederá si R_i excede 0.90), se dice que esta variable es altamente colineal. Por otro lado, si la tolerancia = 1, VIF, también lo es y como consecuencia X_i no está correlacionada con los otros regresores, mientras que si es cero está perfectamente relacionada con ellos.

El **índice de condición (IC)**, ayuda a diagnosticar la multicolinealidad y está definido como:

$$IC = \sqrt{\frac{\text{Máximo valor propio}}{\text{Mínimo valor propio}}} = \sqrt{k}$$

¹² Jan Kamenta, “Elements of Econometrics”, 2^a. Ed., *Macmillan*, New York, 1986, pp.431.

Se tiene esta **regla práctica**: Si k está entre 100 y 1000, existe una multicolinealidad que va desde moderada hasta fuerte, mientras que si excede a 1000, existe multicolinealidad severa. Alternativamente, si el IC está entre 10 y 30, existe multicolinealidad entre moderada y fuerte y si excede 30 existe una multicolinealidad severa.

IV.4.6.2 Heterocedasticidad¹³.

Este término se refiere básicamente a la dispersión de los datos obtenidos a lo largo de la muestra, esto quiere decir que la varianza no se mantiene constante, por lo tanto los contrastes de hipótesis y los intervalos de confianza no son correctos, por lo que se puede perder precisión en el tratamiento de los datos.

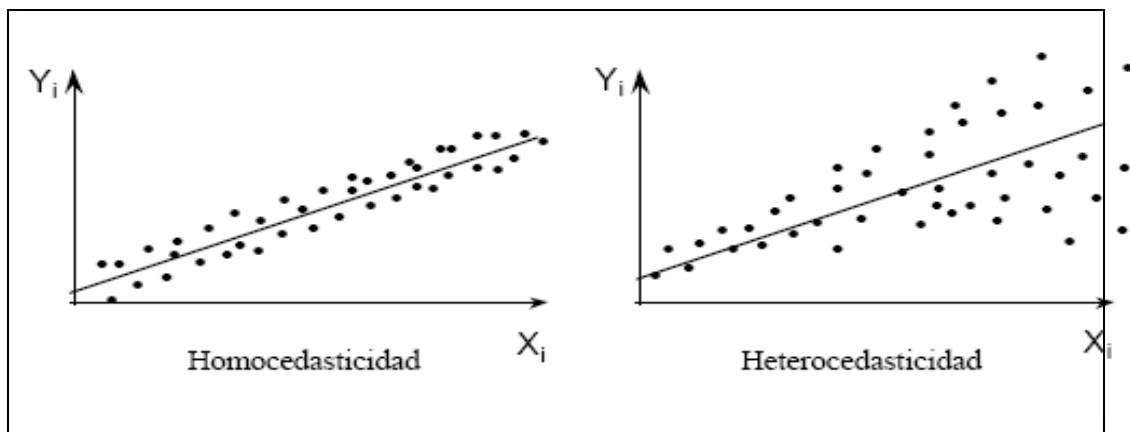


Figura 2. Dispersión de datos constante (Homocedasticidad) vs dispersión de datos difusa (Heterocedasticidad)

Esta prueba se basa en el principio de normalidad (Figura 3), en donde los modelos de regresión asumen una distribución normal para los residuos. Este supuesto permite al modelo deducir apropiadamente las pruebas F y t, así

¹³ Jan Kamenta, "Elements of Econometrics", 2a. Ed., Macmillan, New York, 1986, p.431.
www.uhu.es/45116/ficheros de datos/heterocedasticidad
Miranda Martín del campo, María de Lourdes. "Pruebas de bondad de ajuste para normalidad" Tesis Licenciatura (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México. 1980. pp 12-45
SPSS for Windows Base System, User Guide Release 6.0, 1993, United Estates of America, pp 325

que una violación sería a este supuesto impedirá que la prueba de significancia tenga validez. Para determinar si existe o no heterocedasticidad, se grafican los valores pronosticados estandarizados Vs los residuales de la regresión, actualmente existen programas de PC que realizan estos cálculos.

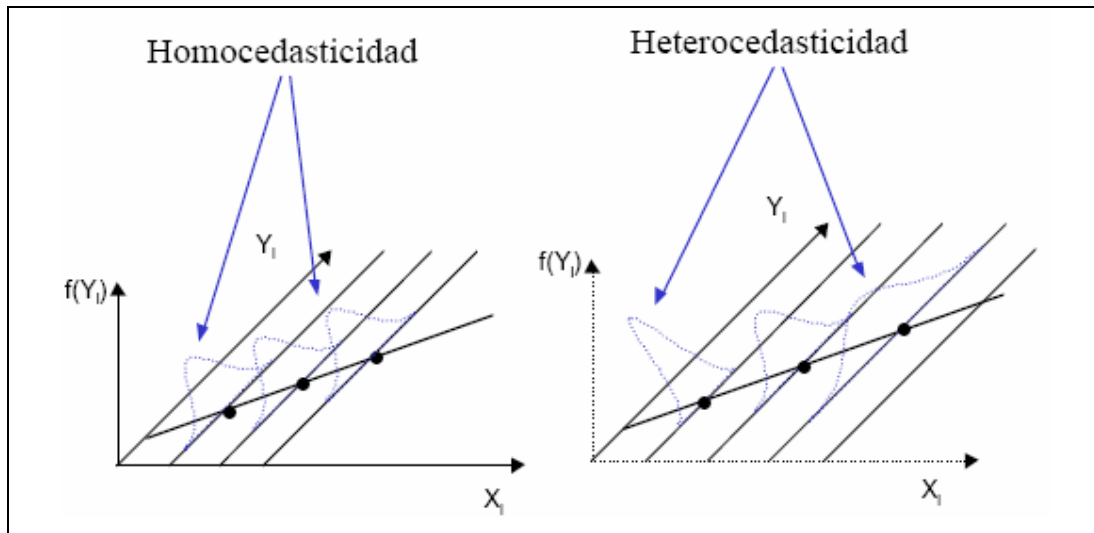


Figura 3. Visualización de homocedasticidad y heterocedasticidad bajo el principio de normalidad.

Algunos métodos apropiados para la corrección de la heterocedasticidad que no requieren hipótesis concretas para su implementación son, por ejemplo:

1. Tomar logaritmos neperianos en las variables que intervienen en la regresión.
2. Aplicar la transformación consistente de White (1980) de la matriz de varianzas-covarianzas para garantizar la eficiencia asintótica de los estimadores.
3. Aplicar la transformación de Aitken (1935) que es equivalente a obtener los estimadores de mínimos cuadrados generalizados con la matriz desconocida.

VI.4.6.3 Bondad de ajuste¹⁴.

Una parte de cualquier procedimiento estadístico al construir modelos a partir de datos, es el determinar que tan bien se ajusta el modelo a los datos reales, o su bondad de ajuste. Esto incluye la detección de posibles violaciones a los supuestos en que se basa la regresión. Una forma de medir la bondad de ajuste de un modelo lineal es calcular R^2 o coeficiente de determinación¹⁵. Este último mide la correlación que existe entre la variable dependiente Y y una estimación de la misma variable basada en múltiples variables independientes.

Cuando se calcula el coeficiente de determinación tomando en cuenta el número de variables independientes presentes en el problema (grados de libertad) se conoce como **R^2 ajustado**. Este hecho hace que al incrementarse el número de variables la R^2 ajustada no se incremente, de ahí que este coeficiente sea utilizado para determinar la bondad de ajuste del modelo.

IV.4.6.4 Independencia de los residuos¹⁶

La estadística D de Durbin-Watson que prueba la independencia de los residuos, es decir, que valores observados en una variable para un individuo no deben verse influenciados por los valores de la variable en otros individuos, proporciona valores que pueden fluctuar entre 0 y 4. Un valor cercano a cero indicará autocorrelación positiva, en tanto que uno cercano a 4, autocorrelación negativa. El valor 2 indica ausencia de autocorrelación; que es lo esperado en un modelo de Regresión.

Además de la independencia de los residuos, para ayudar a determinar la validez del modelo, interesa conocer si los residuos tienen distribución normal con media cero y, determinar la homogeneidad de las varianzas.¹⁷

¹⁴ Jan Kamenta, "Elements of Econometrics", 2^a. Ed., *Macmillan*, New York, 1986, p.431.
Miranda Martín del campo, María de Lourdes. "Pruebas de bondad de ajuste para normalidad"
Tesis Licenciatura (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México. 1980. pp 12-45

¹⁵ James H. Stock and Mark W. Watson, "Introduction to Econometrics", 1st Ed, Addison Wesley, 2003, p. 174.

¹⁶ WWW.INEI.GOB.PE/BIBLIOINEIPUB/BANCOPUB/Est/Lib0385/anex15.HTM

¹⁷ Montgomery Douglas C, Peck Elizabeth, Vining G. Geoffrey. "Introducción al análisis de regresión lineal"
Editorial CECSA. 3ª Edición. México, 2005 pp.3-111, 291-339

I. DETERMINACIÓN EMPÍRICA DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

V.1 Objetivo:

El objetivo de este análisis es el cuantificar la variación en la cantidad producida de un bien cuando la mano de obra y el capital varían.

En otras palabras se evalúan las hipótesis:

Ho₁: La mano de obra y el capital determinan la cantidad producida.

Ha₁: La mano de obra y el capital no determinan la cantidad producida

Ho₂: La función de Cobb – Douglas es aplicable en los procesos analizados.

Ha₂: La función de Cobb – Douglas no es aplicable en los procesos analizados.

Ho₃: Los procesos analizados presentan economías de escala

Ho₃: Los procesos analizados no presentan economías de escala

V.2 Metodología:

Se utilizará el análisis de regresión múltiple por el método de mínimos cuadrados con la ayuda del paquete SPSS V.12.

Fuentes de información:

Secundarias:

- Libros relacionados con el tema.
- Tesis.
- Internet

Directas:

- Entrevistas con mandos intermedios y altos.
- Evaluaciones de campo.
- Información técnica de proveedores de tecnología

Métodos de recolección de datos:

Por fuentes secundarias:

- Recolección de información a través de bibliografía especializada.
- Búsqueda de problemas relacionados o información del marco de referencia por Internet.
- Consulta y adquisición de datos de manuales de maquinaria y tecnología asociada.

V.3 Definición de datos

Para la parte metodológica, se definirán los centros de trabajo de One Pot System (OPS) que es donde se lleva a cabo el proceso de granulaciones y

mezclados, el centro de trabajo compresión y el centro de trabajo encapsulado, todos ellos correspondientes al departamento de Sólidos Orales, mientras que para el proceso de acondicionado se eligió el área de acondicionados manuales, esto para observar si puede existir una diferencia marcada entre procesos manuales y automatizados.

Tabla 1. Definición de centros de trabajo.

Área	Proceso
Producción	OPS
	Compresión
	Encapsulado
Acondicionamiento	Acondicionamiento manual.

Una vez determinados, se procederá a realizar 14 corridas de producción de cada centro de trabajo, con las diversas combinaciones de capital y mano de obra posibles, para poder iniciar con el tratamiento de los datos obtenidos.

V.4 Definición de las variables.

La variable dependiente es Q que es igual a la cantidad producida y las variables independientes la mano de obra (L) y el capital (K). Estas variables son métricas e incluye 14 observaciones para cada uno de los procesos incluidos en el estudio.

V.5 Determinación de las funciones de producción de acuerdo al modelo de Cobb-Douglas.

Como se estableció anteriormente, Cobb y Douglas establecen que la cantidad producida (Q) de una empresa está en función de los factores: mano de obra (L) y capital (K), es decir, se trata de una influencia multivariada.

$$Q = f(K,L)$$

Aunque esta función es de la forma multiplicativa: $Q = AK^\beta L^\alpha$, los datos serán transformados mediante el uso de logaritmos a una función lineal de la forma siguiente:

$$\ln Q = \ln A + \beta \ln K + \alpha \ln L$$

En este análisis se hará uso del programa de computación conocido por SPSS en su versión 12.0. El método utilizado es el conocido como forward stepwise regression, el cual ayuda a determinar y eliminar aquellas variables que no tienen gran peso en la correlación.

V.6 Tratamiento de datos.

Para verificar la correlación entre variables, así como la confiabilidad de los datos presentados en el análisis, se determinará la bondad de ajuste para explicar en qué porcentaje se explica la producción como función de la mano de obra y el capital.

Posteriormente se aplicará un análisis de varianza para probar la hipótesis que establece que no existe relación lineal entre la variable dependiente y los regresores utilizados en el análisis. Una vez efectuado el análisis de varianza, se tiene que determinar si el modelo presenta homocedasticidad o heterocedasticidad, bajo el supuesto de normalidad, para lo cual se analizarán los valores medios de los residuales, los cuales se tienen que localizar dentro del intervalo de confianza.

Otra de las pruebas a realizar es la multicolinealidad para garantizar que las variables analizadas no están fuertemente correlacionadas. Adicionalmente se analizará el factor de inflación de la varianza (VIF), para asegurar que no existe multicolinealidad y darle validez a la significancia, ya que al incrementarse el factor de inflación de la varianza, se incrementa la varianza del coeficiente de regresión.

Se aplicará la prueba de independencia de los residuos para verificar también la validez de F y t, para esto, se aplicará la prueba de Durban-Watson, para probar la hipótesis de que no existe autocorrelación en los residuales.

V.7 Definición de capacidad de planta.

Se calcula para verificar la concordancia de las funciones de producción obtenidas por medio del modelo de Cobb-Douglas, se basa en la capacidad de diseño de cada uno de los equipos involucrados y básicamente nos sitúa en un punto de la curva de expansión para distintos niveles de producción.

Posteriormente se calcularán los factores de limpieza, los de mantenimiento y los de eficiencia del equipo, en donde se considera la calificación de desempeño de los equipos para determinar las velocidades reales de operación obtenidas a partir de los procesos de los distintos productos que son procesados en los centros de trabajo descritos.

Una vez obtenidos los factores requeridos, se obtendrá la capacidad efectiva de los equipos para definir la capacidad real y estimar el porcentaje de saturación de los mismos de acuerdo a la proyección de ventas anualizada, este resultado proviene de la asignación de unidades de cada forma farmacéutica distribuida en cada uno de los centros de trabajo descritos en el análisis.

I. RESULTADOS.

VI.1 Capacidad de planta.

VI.1.1 Distribución de productos por vía de fabricación.

Como primera etapa, se determinará la capacidad instalada (Q) para estimar la función de producción inicial sobre la cual se calculan los factores de producción necesarios para obtener el máximo beneficio. Se inició el presente estudio con las proyecciones de ventas a largo plazo (5 próximos años) y considerando como factor máquina (M) los siguientes elementos.

Tabla 2. Elementos de factor maquinaria (M) para capacidad instalada.

Producción		
Máquina	Formato	Capacidad de diseño
Tableteadora	ECM 31	210,000
	ECM 38	270,000
	ECM 46	330,000
One Pot System (OPS)	N/A	400 Kg / ciclo
Encapsulado	0,1,2,3	40,000 cáps/hr
Acondicionamiento		
Bandas de Acondicionado manual	N/A	Funciones de producción

En base a las unidades anteriores, se estima la distribución de los productos que componen la proyección a los diversos centros de trabajo por donde requieren pasar antes de transformarse a productos terminados, para lo cual se realizó una primera distribución en bloques, como fabricación vía húmeda pasando por el centro de trabajo OPS.

VI.1.2 Proyección de ventas.

La proyección de ventas se estimó a un periodo de un año, con la participación en unidades y para cada producto, esta proyección es la que se tomó de base para el desarrollo de los conceptos de capacidad de planta, así como de las estimaciones de las funciones de producción.

VI.1.3. Estimación de capacidad de planta.

VI.1.3.1 Capacidad efectiva One Pot System-Gallay (fabricación).

Como primera etapa, se definen las capacidades de producción para el centro de trabajo OPS.

Para la consideración de la capacidad de planta se presentan algunas restricciones:

- El número máximo de lotes procesados antes de realizar limpieza de áreas y equipos, en este caso, es de 3 lotes.
- Las proyecciones en unidades por centro de trabajo para estimar los lotes necesarios para cubrir la demanda.
- El número de lotes por campaña y
- El tiempo necesario de proceso para concluir con la proyección, así como los tiempos de limpieza necesarios.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de las proyecciones de venta para OPS, en donde se estiman:

-
1. La cantidad de kilogramos y lotes a producir = número de Kilogramos a producir / 400 Kg, que es el peso estándar para el equipo OPS y que servirá de base para el inicio de las capacidades de planta, la diferencia en lotes corresponde a redondeos de lotes enteros procesados.

De lo anterior estimamos las cantidades a fabricar en Kg para las proyecciones, cuyos totales son:

Tabla 3: Proyecciones de venta en Kg por forma farmacéutica para OPS.

Forma farmacéutica proceso OPS	Proyección.	Número de lotes a producir
Cápsulas	26,354 Kg	70
Tabletas recubiertas	90,669 Kg	226
Tabletas	53,497 Kg	135
TOTAL	170,520 Kg	431 lotes.

La capacidad de diseño del OPS está considerada para procesar 200 Kg, en un ciclo de 3 horas, lo que equivale a 400 Kg por 6 horas de proceso, en este equipo no existen diversos formatos para la fabricación de productos, por lo que se toma como constante la capacidad de producción e independiente del producto a fabricar.

La segunda consideración es la de los turnos de trabajo, los cuales están considerados de 9.1 horas, obtenidas de una jornada de 48 hrs menos media hora para comida al día, lo que da un total de $48 - (0.5 \times 5) = 45.5$ hrs/semana (1 semana / 5 días) = 9.1 hrs / día.

La tercera consideración es la regulatoria, hay que realizar despejes de áreas y limpiezas entre lotes y distintos productos, por lo que los productos se clasifican por campañas para minimizar las limpiezas de los equipos, estas campañas pueden ser desde 1 hasta 3 lotes por producto.

Con los datos anteriores, se calcularon las campañas de producto necesarias para cumplir con la proyección de ventas y se estimaron los tiempos de proceso y de limpieza necesarios para el cumplimiento de la manufactura de los lotes requeridos por la proyección de ventas, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Tiempo de proceso requerido y número de campañas requeridas para cubrir la proyección anual de ventas

Forma farmacéutica proceso OPS	Tiempo de proceso requerido (hrs)	Número de campañas necesarias.
Cápsulas	395	22
Tabletas recubiertas	1359	76
Tabletas	802	45
TOTAL	2556	143

El total de tiempo estimado se encuentra expresado en horas máquina, que referenciado al modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas, lo nombraremos como K, por lo que se requieren 2,556 unidades de K para cubrir el presupuesto máximo, sin considerar los factores de producción.

VI.1.3.1.1.- Determinación de factores de producción.

Para obtener la capacidad instalada, es necesario obtener los factores de limpieza, y de mantenimiento entre otros.

Tabla 5. Cálculo de factores

Consideración:	Cálculo:	Resultado:
Tiempo total disponible:	220 días *9.1 hrs/día	2002 hrs.
Tiempo requerido de limpieza por campaña: 3 hrs.	143 campañas *3 hrs/campaña	429 hrs
Factor de limpieza = 1-(429/2002) = 1- .214 = 0.79		
Tiempo requerido para mantenimientos de equipos.	9 horas cada 300 horas de trabajo / 2002 horas disponibles totales	60.1 horas requeridas.
Factor de mantenimiento = 1-(60.1/2002) = 1- 0.03 = 0.97		
Factor de eficiencia del equipo: 0.95		

VI.1.3.1.2.- Cálculo de capacidad instalada del equipo¹⁹

$$66.7 \text{ Kg/ hr} * 0.79 * 0.97 * 0.95 = 48.55 \text{ Kg / hr.}$$

Tabla 6. Capacidad instalada de OPS

Valor unitario por hora = 48.55 Kg.
220 días X 9.1 hrs.X 48.55 Kg/hr = 97,197 kg
Con dos turnos de 24 horas = 220*22*48.55 kg/hr = 256,344 Kg

VI.1.3.1.3.- Porcentajes de saturación.

Presupuesto: 170,520 Kg

Tabla 7. Porcentajes de saturación de equipos OPS de acuerdo al presupuesto.

	Un equipo	Dos equipos.
Un turno 9.1 hr	170,520 Kg / 97,197 Kg = 175.4 %	170,520 Kg / (97,197x2) Kg= 87.7 %
Dos turnos 22 hr	170,520 Kg / 256,344 Kg = 66.5 %	170,520 Kg / (256,344*2) Kg = 33.2 %

VI.1.3.2.- Capacidad instalada proceso de encapsulado.

La proyección de unidades en cápsulas por procesar es la siguiente:

Tabla 8. Proyección de ventas para cápsulas.

Cápsulas proyectadas	Velocidad de diseño del equipo	Lotes por producir	Campañas por realizar
68,652,055 cápsulas.	40,000 cáps / hr en formatos 0,1,2 y 3	60 lotes	23

La capacidad de diseño del equipo es de 40,000 cápsulas / hr, y los formatos que se tienen trabajan a esta velocidad, por lo que no se considera la contribución marginal de velocidad de producción para cada producto.

La segunda consideración es la de los turnos de trabajo, los cuales están considerados para 9.1 horas de trabajo, obtenidas de una jornada de 48 hrs menos media hora para comida al día, lo que da un total de $48 - (0.5 * 5) = 45.5$ hrs / semana (1 semana / 5 días) = 9.1 hrs / día.

La tercera consideración es la regulatoria, hay que realizar despejes de áreas y limpiezas entre lotes y entre distintos productos, por lo que los productos se clasifican por campañas para minimizar las limpiezas de los equipos, estas campañas pueden ser desde 1 hasta 3 lotes por producto.

El factor de eficiencia del equipo está dado por la velocidad máxima de acuerdo al PQ, que es la calificación de desempeño, en este caso corresponde a 40,000 cáps/hr * 0.92 = 36,800 cáps / hr.

VI.1.3.2.1.- Determinación de factores de producción

Para obtener la capacidad instalada, es necesario obtener los factores de limpieza, de mantenimiento y otros factores.

Tabla 9: Cálculo de factores para el proceso de encapsulado

Consideración:	Cálculo:	Resultado:
Tiempo total disponible:	220 días * 9.1 hrs/día	2002 hrs.
Tiempo requerido de limpieza	23 campañas * 5 hrs/campaña	115 hrs

por campaña: 5 hrs.

$$\text{Factor de limpieza} = 1 - (115/2002) = 1 - .057 = 0.94$$

Tiempo requerido para 15 horas cada 200 horas de trabajo / 2002 150 horas requeridas.
mantenimientos de equipos. horas disponibles totales

$$\text{Factor de mantenimiento} = 1 - (150/2002) = 1 - 0.075 = 0.925$$

Factor de eficiencia del equipo: 0.92

VI.1.3.2.2.- Cálculo de capacidad instalada del equipo

$$40,000 \text{ cápsulas/hr} * 0.94 * 0.925 * 0.92 = 31,997 \text{ cáps/hr.}$$

Tabla 10. Capacidad instalada de encapsulado

Producción por hora = 31,997 cáps.

220 días X 9.1 hrs. X 31,997 cáps/hr = 64,057,994 cápsulas/ año

Con dos turnos de 12 horas = 220*22*31,997 cáps/hr = 154,865,480 cápsulas/hr.

VI.1.3.2.3.- Porcentajes de saturación.

Presupuesto: 68,652,055 cápsulas.

Tabla 11. Porcentajes de saturación de equipos de encapsulado de acuerdo a presupuesto.

	Un equipo	Dos equipos.
Un turno 9.1 hr	68,652,055 cáps/64,057,994 cáps = 107.2 %	68,652,055 cáps/(64,057,994x2) cáps= 53.6 %
Dos turnos 22 hr	68,652,055 cáps/154,865,480 cáps = 44.3 %	68,652,055 cáps/(154,865,480 x2) cáps = 22.2 %

VI.1.3.3.- Capacidad instalada del proceso de compresión

La proyección de ventas en unidades de comprimidos por procesar es la siguiente:

Tabla 12. Presupuesto de ventas para forma farmacéutica tabletas

Formato	Unidades (Tabletas)	Número de lotes por producir	Número de campañas por producir
ECM 46	503,501,956	152	59

ECM 38	76,894,180	84	33
ECM 31	75,509,448	194	73
TOTAL	655,905,584	430	165

Aquí se consideran las cargas de trabajo de compresión para todas las formas farmacéuticas Tabletas, independientemente de su proceso de fabricación.

Como primera etapa, se definen las capacidades de producción para los centros de trabajo de compresión, considerando que los equipos tienen torretas intercambiables de 31, 38 y 46 estaciones, con capacidades de diseño de 223,000, 274,000 y 331,000 tabletas/hr. En esta parte se tiene que considerar la contribución marginal de las unidades que ocupan cada uno de los formatos establecidos, pues la velocidad de producción es distinta para cada uno de ellos.

Tabla 13. Participación y contribución marginal de las unidades de acuerdo al formato en donde se procesan.

Formato	Velocidad de diseño (Tabs/hr)	Porcentaje de participación en unidades / formato (%)	Velocidad de producción.
ECM 46	331,000	76.76	254,075
ECM 38	274,000	11.72	32,112
ECM 31	223,000	11.52	25,689
TOTAL		100	311,876

Para la consideración de la capacidad de planta se presentan de igual manera que en fabricación, algunas restricciones, como el número máximo de lotes procesados antes de realizar limpieza de áreas y equipos, en este caso, el número máximo de lotes es de 3, también se consideraron las proyecciones en comprimidos para estimar el número de lotes necesarios para cubrir la demanda, el número de lotes por campaña como ya se mencionó y el tiempo necesario de proceso para concluir con la proyección, así como los tiempos de limpieza necesarios, para el caso de compresión, se requieren de 5 horas de limpieza entre cada campaña.

La segunda consideración es la de los turnos de trabajo, los cuales están considerados para 9.1 horas de trabajo, obtenidas de una jornada de 48 hrs menos

media hora para comida al día, lo que da un total de 48- (0.5*5) = 45.5 hrs / semana (1 semana / 5 días) = 9.1 hrs / día. En el caso de dos turnos, estos se consideran como 12 horas por turno = 24 horas / día – 2 horas por comida = 22 horas al día.

En el caso de compresión, el cálculo del factor de eficiencia del equipo se refiere de igual manera a la calificación de desempeño de acuerdo a cada uno de los productos que se procesan en cualquiera de los formatos establecidos para compresión, por lo que si la velocidad de diseño ponderada para los 3 formatos es de 311,876 tabs/hr, la capacidad efectiva es 311,876*.90 = 280,688 tabs/hr.

VI.1.3.3.1.- Determinación de factores de producción

Para obtener la capacidad instalada, es necesario obtener los factores de limpieza, de mantenimiento y otros factores.

Tabla 14. Cálculo de factores en compresión.

Consideración:	Cálculo:	Resultado:
Tiempo total disponible:	220 días *9.1 hrs/día	2002 hr.
Tiempo requerido de limpieza por campaña: 4 hrs.	165 campañas * 4 hrs/campaña en compresión	660 hr.
Factor de limpieza = 1-(660/2002) = 1- .33 = 0.67		
Tiempo requerido para mantenimientos de equipos.	12 horas cada / 2002 horas disponibles totales	60.1 horas requeridas/equipo/año
Factor de mantenimiento = 1-(60.1/2002) = 1- 0.03 = 0.97		
Factor de eficiencia del equipo: 0.90		

VI.1.3.3.2. Cálculo de capacidad instalada del equipo

311,876 comprimidos/hr *0.67*0.97*0.90 = **182,419** tabs/hr.

Tabla 15. Capacidad instalada del proceso de compresión.

Valor por hora = 182,419 tabs.
220 días X 9.1 hrs.X 182,419 tabs/hr = 365,202,838 comprimidos/año
Con dos turnos de 12 horas = 220*22*182,419 tabs/hr = 882,907,960 comprimidos/año

VI.1.3.3.3. Porcentaje de saturación.

Presupuesto: **655,905,584** comprimidos.

Tabla 16. Porcentajes de saturación de equipos de compresión de acuerdo al presupuesto.

	Un equipo	Dos equipos.	Tres equipos
Un turno 9.1 hr	655,905,584 tabs / 365,202,838 tabs = 179.6%	655,905,584 tabs / (365,202,838x2) tabs = 89.8 %	655,905,584 tabs / (365,202,838x3) tabs = 59.8 %
Dos turnos 22 hr	655,905,584 tabs / 882,907,960 tabs = 74.3 %	655,905,584 tabs / (882,907,960x2) tabs = 37.1 %	655,905,584 tabs / (882,907,960x3)tabs = 24.8 %

VI.2. Análisis de regresión

VI.2.1 Los datos y sus regresiones.

Los datos utilizados en este documento se presentan a continuación e incluyen los cuatro procesos a ser analizados. Cabe recalcar aquí, que al ser la función de Cobb-Douglas multiplicativa los datos que se introducen al SPSS, se obtienen mediante el logaritmo natural de los datos que a continuación se enlistan.

Tabla 17. Datos obtenidos de los distintos procesos de fabricación y acondicionamiento

Período	Acondicionamiento			OPS			Compresión			Encapsulado		
	Q	K	L	Q (kg)	K	L	Q (tabletas)	K	L	Q (cápsulas)	K	L
1	3795	4.8	7.0	250	6.0	2.0	698,000	4.0	1.0	120,571	4.0	1.0
2	7430	9.0	6.8	500	12.0	2.0	1,380,000	8.0	1.0	240,385	8.0	1.0
3	12009	11.8	6.9	750	18.0	2.0	2,575,000	16.0	1.0	474,492	16.0	1.0
4	8494	8.7	8.0	300	6.0	3.0	4,058,000	24.0	1.0	714,973	24.0	1.0
5	16262	9.3	10.0	600	12.0	3.0	1,200,000	6.0	2.0	178,082	6.0	2.0
6	12385	11.8	6.4	1000	26.0	2.0	1,598,000	8.0	2.0	235,625	8.0	2.0
7	6644	5.2	6.8	900	18.0	3.0	2,400,000	12.0	2.0	358,613	12.0	2.0
8	6224	3.9	10.0	1200	24.0	3.0	3,201,000	16.0	2.0	465,096	16.0	2.0
9	13887	9.8	8.3	1800	36.0	3.0	3,994,000	20.0	2.0	585,370	20.0	2.0
10	11545	7.8	9.1	450	8.0	5.0	4,780,000	24.0	2.0	621,567	24.0	2.0
11	18237	12.2	10.0	600	12.0	4.0	2,378,000	12.0	3.0	358,613	12.0	3.0
12	7517	6.8	8.0	1200	24.0	4.0	3,601,000	18.0	3.0	540,364	18.0	3.0
13	13047	11.8	8.0	2400	48.0	3.0	4,795,000	24.0	3.0	714,978	24.0	3.0
14	7359	3.7	10.5	650	12.0	5.0	2,412,000	12.0	4.0	358,613	12.0	4.0

Tabla 18. Regresión para determinación de coeficientes en factores de producción OPS

Resumen

<u>Estadísticas de la regresión</u>	
Coefficiente de	0.99798983
Coefficiente de	0.99598371
R ² ajustado	0.99525348
Error típico	0.04338845
Observaciones	14

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media Cuadrado	F	Valor crítico de F
Regresión	2	5.1353281	2.56766405	1363.92325	6.6227E-14
Residuos	11	0.02070813	0.00188256		
Total	13	5.15603623			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	3.49708985	0.06985534	50.0618801	2.4821E-14	3.34333928	3.65084043	3.34333928	3.65084043
Variable X 1	0.99721122	0.01923812	51.8351663	1.695E-14	0.9548684	1.03955404	0.9548684	1.03955404
Variable X 2	0.36234584	0.03748763	9.66574409	1.0373E-06	0.27983612	0.44485555	0.27983612	0.44485555

antilog intercepción
33.019

Tabla 19. Modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas para OPS

alfa beta A
0.997 0.362 33.02

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
26	850	1093	1265	1404	1522	1626	1720	1805	1883	1957	2025	2090	2151	2210	2266	2319	2371	2420
24	785	1009	1168	1297	1406	1501	1588	1666	1739	1806	1870	1930	1986	2040	2092	2142	2189	2235
22	720	925	1071	1189	1289	1377	1456	1528	1594	1656	1715	1769	1821	1871	1918	1964	2007	2049
20	654	841	974	1081	1172	1252	1324	1389	1450	1506	1559	1609	1656	1701	1744	1786	1825	1863
18	589	757	877	973	1055	1127	1192	1251	1305	1356	1404	1449	1491	1532	1570	1608	1643	1678
16	524	673	780	865	938	1002	1060	1112	1161	1206	1248	1288	1326	1362	1396	1429	1461	1492
14	459	589	683	758	821	877	928	974	1016	1055	1093	1128	1161	1192	1222	1251	1279	1306
12	393	505	585	650	704	752	795	835	871	905	937	967	995	1022	1048	1073	1097	1120
10	328	421	488	542	587	627	663	696	726	755	781	806	830	852	874	895	915	934
9	295	379	439	488	529	565	597	627	654	679	703	726	747	767	787	805	823	841
8	263	337	391	434	470	502	531	557	582	604	625	645	664	682	700	716	732	747
7	230	295	342	380	411	440	465	488	509	529	547	565	582	597	612	627	641	654
6	197	253	293	325	353	377	399	418	437	454	469	484	499	512	525	538	550	561
5	164	211	245	271	294	314	332	349	364	378	391	404	416	427	438	448	458	468
4	132	169	196	217	236	252	266	279	291	303	313	323	333	342	351	359	367	374
3	99	127	147	163	177	189	200	210	219	227	235	243	250	257	263	269	275	281
2	66	85	98	109	118	126	133	140	146	152	157	162	167	171	176	180	184	188
1	33	42	49	55	59	63	67	70	73	76	79	81	84	86	88	90	92	94

Tabla 20. Regresión para determinación de coeficientes en factores de producción encapsulado

Resumen

<u>Estadísticas de la regresión</u>	
Coefficiente de	0.99796565
Coefficiente de	0.99593543
R ² ajustado	0.99519642
Error típico	0.0374196
Observaciones	14

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media Cuadrado	F	Valor crítico de F
Regresión	2	3.77404839	1.8870242	1347.65634	7.0726E-14
Residuos	11	0.01540249	0.00140023		
Total	13	3.78945088			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	10.3562711	0.0489606	211.522536	3.3081E-21	10.2485095	10.4640326	10.2485095	10.4640326
Variable X 1	0.97265346	0.01941038	50.1099682	2.4561E-14	0.92993151	1.01537542	0.92993151	1.01537542
Variable X 2	0.00434173	0.02297322	0.18899083	0.85354182	-0.04622199	0.05490545	-0.04622199	0.05490545

antilog intercepción:
31453.6739

Tabla 21. Modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas para encapsulado

alfa 0.973
beta 0.004
A 31453

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	L
26	748913	750992	752211	753077	753749	754299	754765	755168	755524	755842	756130	756394	756636	756860	757069	757265	757448	757621	
24	692800	694723	695851	696652	697274	697783	698213	698586	698915	699210	699477	699720	699944	700152	700345	700526	700696	700856	
22	636560	638327	639363	640100	640671	641139	641534	641877	642179	642450	642695	642919	643125	643315	643493	643659	643815	643962	
20	580182	581793	582737	583408	583929	584355	584716	585028	585304	585550	585774	585978	586165	586339	586501	586652	586795	586929	
18	523651	525105	525958	526563	527033	527418	527743	528025	528274	528497	528698	528882	529052	529208	529354	529491	529620	529741	
16	466950	468247	469007	469547	469966	470309	470599	470851	471073	471271	471451	471615	471766	471906	472036	472158	472272	472380	
14	410057	411196	411863	412338	412706	413007	413262	413482	413677	413852	414009	414154	414286	414409	414523	414630	414731	414826	
12	352944	353924	354498	354906	355223	355482	355702	355892	356059	356209	356345	356469	356583	356689	356788	356880	356966	357048	
10	295571	296392	296873	297215	297480	297697	297881	298040	298180	298306	298420	298524	298619	298708	298790	298867	298940	299008	
9	266772	267513	267947	268255	268495	268691	268856	269000	269127	269240	269343	269437	269523	269603	269677	269747	269812	269874	
8	237886	238546	238934	239209	239422	239597	239745	239873	239986	240087	240179	240262	240339	240410	240477	240539	240597	240652	
7	208902	209482	209822	210064	210251	210405	210534	210647	210746	210835	210915	210989	211056	211119	211177	211232	211283	211331	
6	179806	180305	180597	180805	180967	181099	181211	181307	181393	181469	181539	181602	181660	181714	181764	181811	181855	181896	
5	150577	150996	151241	151415	151550	151661	151754	151835	151907	151971	152029	152082	152130	152175	152217	152257	152294	152328	
4	121190	121526	121724	121864	121973	122062	122137	122202	122260	122311	122358	122400	122440	122476	122510	122541	122571	122599	
3	91601	91856	92005	92111	92193	92260	92317	92366	92410	92449	92484	92516	92546	92573	92599	92623	92645	92666	
2	61740	61911	62012	62083	62138	62184	62222	62255	62285	62311	62335	62356	62376	62395	62412	62428	62443	62458	
1	31453	31540	31592	31628	31656	31679	31699	31716	31731	31744	31756	31767	31777	31787	31796	31804	31811	31819	

Tabla 22. Regresión para determinación de coeficientes en factores de producción para compresión.

Resumen

<u>Estadísticas de la regresión</u>	
Coefficiente de	0.99767249
Coefficiente de	0.9953504
R ² ajustado	0.99450501
Error típico	0.04219971
Observaciones	14

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media Cuadrática	F	Valor crítico de F
Regresión	2	4.19345155	2.09672578	1177.39647	1.4818E-13
Residuos	11	0.01958897	0.00178082		
Total	13	4.21304052			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	12.0982992	0.055215	219.112552	2.2449E-21	11.9767718	12.2198266	11.9767718	12.2198266
Variable X 1	0.98537556	0.02188993	45.0150233	7.9465E-14	0.93719616	1.03355497	0.93719616	1.03355497
Variable X 2	0.15276701	0.0259079	5.89654181	0.00010364	0.09574411	0.20978992	0.09574411	0.20978992

antilog intercepción
179566.196

Tabla 23. Modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas para compresión

alfa beta A
0.985 0.153 179566

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
26	4446035	4943453	5259838	5496523	5687420	5848305	5987877	6111469	6222601	6323723	6416614	6502608	6582732	6657795	6728447	6795215	6858538	6918780
24	4108963	4568670	4861068	5079809	5256233	5404921	5533911	5648133	5750840	5844296	5930144	6009619	6083668	6153040	6218335	6280042	6338564	6394239
22	3771468	4193417	4461799	4662573	4824506	4960981	5079377	5184218	5278488	5364268	5443065	5516012	5583979	5647653	5707585	5764223	5817939	5869041
20	3433513	3817651	4061984	4244767	4392189	4516435	4624222	4719668	4805491	4883584	4955320	5021730	5083607	5141576	5196137	5247700	5296602	5343125
18	3095049	3441320	3661568	3826332	3959223	4071221	4168382	4254419	4331782	4402177	4466842	4526706	4582483	4634737	4683920	4730400	4774481	4816419
16	2756020	3064361	3260482	3407199	3525532	3625262	3711781	3788393	3857282	3919966	3977547	4030854	4080521	4127051	4170847	4212236	4251488	4288832
14	2416352	2686692	2858642	2987276	3091026	3178464	3254320	3321490	3381889	3436847	3487332	3534068	3577615	3618410	3656808	3693096	3727511	3760252
12	2075954	2308210	2455937	2566450	2655584	2730705	2795874	2853582	2905472	2952689	2996061	3036214	3073626	3108674	3141663	3172839	3202405	3230534
10	1734699	1928776	2052219	2144565	2219047	2281819	2336276	2384498	2427858	2467312	2503555	2537107	2568369	2597656	2625222	2651273	2675980	2699484
9	1563698	1738644	1849918	1933162	2000301	2056886	2105974	2149442	2188528	2224093	2256764	2287008	2315188	2341588	2366437	2389920	2412191	2433379
8	1392412	1548194	1647280	1721404	1781190	1831576	1875287	1913994	1948798	1980468	2009559	2036491	2061584	2085093	2107219	2128130	2147961	2166828
7	1220803	1357386	1444259	1509249	1561666	1605842	1644166	1678102	1708617	1736384	1761890	1785502	1807503	1828114	1847514	1865847	1883234	1899776
6	1048825	1166167	1240802	1296637	1341669	1379622	1412548	1441703	1467919	1491774	1513687	1533973	1552875	1570582	1587249	1603000	1617938	1632149
5	876415	974467	1036834	1083490	1121120	1152834	1180347	1204709	1226616	1246550	1264861	1281812	1297606	1312403	1326330	1339491	1351974	1363849
4	703482	782187	832248	869698	899903	925359	947443	966999	984583	1000583	1015281	1028888	1041565	1053442	1064621	1075186	1085205	1094737
3	529893	589177	626885	655094	677846	697021	713655	728386	741631	753683	764754	775003	784552	793499	801919	809877	817424	824604
2	355417	395181	420473	439394	454654	467515	478673	488553	497437	505520	512946	519820	526226	532226	537874	543212	548274	553089
1	179566	199566	212434	221993	229703	236201	241838	246829	251318	255402	259154	262627	265863	268894	271748	274444	277002	279435

Tabla 24. Regresión para determinación de coeficientes en factores de producción para acondicionado.

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de	0.93915063
Coeficiente de	0.88200391
R ² ajustado	0.86055008
Error típico	0.16256995
Observaciones	14

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media Cuadrado	F	Valor crítico de F
Regresión	2	2.17308206	1.08654103	41.1117147	7.8573E-06
Residuos	11	0.29071887	0.02642899		
Total	13	2.46380093			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4.31005278	0.67747546	6.36193199	5.3555E-05	2.8189386	5.80116696	2.8189386	5.80116696
Variable X 1	0.97077886	0.11205533	8.66338859	3.0389E-06	0.72414662	1.2174111	0.72414662	1.2174111
Variable X 2	1.36712855	0.27427945	4.98443659	0.00041254	0.76344323	1.97081386	0.76344323	1.97081386

antilog

74.444418

Tabla 25. Modelo de funciones de producción de Cobb-Douglas para acondicionado.

alfa beta A
0.9707 1.3671 74.44

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	L
18	1231	3176	5528	8192	11114	14260	17605	21131	24822	28668	32658	36783	41037	45412	49904	54507	59217	64030	
17	1165	3004	5230	7750	10514	13490	16655	19990	23483	27121	30895	34798	38822	42961	47210	51565	56021	60574	
16	1098	2833	4931	7307	9913	12719	15703	18848	22141	25571	29130	32809	36603	40506	44512	48618	52819	57112	
15	1031	2661	4631	6863	9311	11947	14749	17703	20796	24018	27361	30817	34380	38046	41809	45666	49612	53644	
14	965	2488	4331	6418	8708	11173	13794	16556	19449	22462	25588	28821	32153	35582	39101	42708	46398	50169	
13	898	2316	4031	5973	8104	10397	12836	15407	18099	20903	23812	26820	29921	33112	36387	39743	43178	46687	
12	831	2142	3729	5526	7498	9620	11877	14255	16746	19340	22032	24815	27685	30637	33667	36772	39950	43197	
11	763	1969	3427	5079	6890	8841	10915	13101	15390	17774	20248	22805	25442	28155	30940	33794	36714	39698	
10	696	1795	3124	4630	6282	8060	9950	11943	14030	16203	18458	20790	23194	25667	28206	30808	33470	36190	
9	628	1620	2821	4180	5671	7276	8983	10782	12666	14628	16664	18769	20939	23172	25464	27813	30216	32672	
8	560	1445	2516	3728	5058	6490	8013	9617	11297	13048	14864	16741	18677	20668	22713	24808	26951	29142	
7	492	1270	2210	3275	4443	5701	7038	8448	9924	11462	13057	14706	16406	18156	19952	21792	23675	25599	
6	424	1093	1903	2820	3826	4909	6060	7274	8545	9869	11242	12662	14126	15633	17179	18763	20385	22041	
5	355	916	1594	2363	3205	4113	5077	6094	7159	8268	9419	10608	11835	13097	14392	15720	17078	18466	
4	286	738	1284	1902	2581	3312	4088	4907	5765	6658	7584	8542	9530	10546	11589	12658	13752	14870	
3	216	558	971	1439	1952	2505	3092	3712	4360	5036	5736	6461	7208	7977	8766	9574	10401	11247	
2	146	376	655	971	1317	1690	2086	2504	2941	3397	3870	4359	4863	5381	5914	6459	7017	7588	
1	74	192	334	495	672	862	1064	1278	1501	1733	1975	2224	2481	2746	3017	3296	3581	3872	

VI.2.2. Bondad de ajuste.

Los resultados obtenidos al procesar los datos con el SPSS se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 26. Bondad de ajuste

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
Acondicionamiento	.939	.882	.861	.16257	1.336
OPS	.998	.995	.994	.04836	2.244
Compresión	.998	.995	.995	.04220	.863
Encapsulado	.998	.996	.996	.03588	2.141

VI.2.3. Análisis de varianza. Significancia total, prueba F^1 .

Este análisis se efectúa con el fin de probar la **hipótesis que establece que no existe relación lineal** entre la variable dependiente y los regresores utilizados en el análisis, es decir:

$$H_0: R^2 \text{ es cero}$$

En otras palabras el valor de F **proporciona una prueba de hipótesis nula de que los verdaderos coeficientes de pendiente son simultáneamente cero.**

Si el valor de F calculado excede el valor de F crítico al nivel de significancia α , **se rechaza H_0** , de otra forma **no se rechaza. Alternativamente**, si el valor de p del F observado es suficientemente bajo, se puede rechazar H_0 .

Así la prueba F , mide la significancia global de la regresión estimada, es también una prueba de la significancia de R^2 .

¹ James H. Stock and Mark W. Watson, "Introduction to Econometrics", 1st Ed, Addison Wesley, 2003, p. 167.

Tabla 27. Análisis de varianza

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Acondicionamiento	Regression	2.173	2	1.087	41.112	.000(a)
	Residual	.291	11	.026		
	Total	2.464	13			
OPS	Regression	5.243	2	2.622	1120.739	.000(a)
	Residual	.026	11	.002		
	Total	5.269	13			
Compresión	Regression	4.193	2	2.097	1177.397	.000(a)
	Residual	.020	11	.002		
	Total	4.213	13			
Encapsulado	Regression	3.774	1	3.774	2930.786	.000(a)
	Residual	.015	12	.001		
	Total	3.789	13			

Para el presente estudio se utilizó un nivel de significancia del 0.05

VI.2.4. Heterocedasticidad².

Uno de los supuestos importantes del modelo clásico de regresión lineal es que la varianza de cada término de perturbación μ_i , condicional a los valores seleccionados de las variables explicativas, es algún número constante igual a σ^2 . **Este es el supuesto de homocedasticidad (igual dispersión).** Para poder determinar si el modelo obtenido presenta homocedasticidad, el SPSS grafica los valores pronosticado estandarizados Vs los residuales de la regresión. Esta prueba se basa en el supuesto de normalidad y se aplica de la siguiente manera:

² James H. Stock and Mark W. Watson, "Introduction to Econometrics", 1st Ed, Addison Wesley, 2003, p. 124

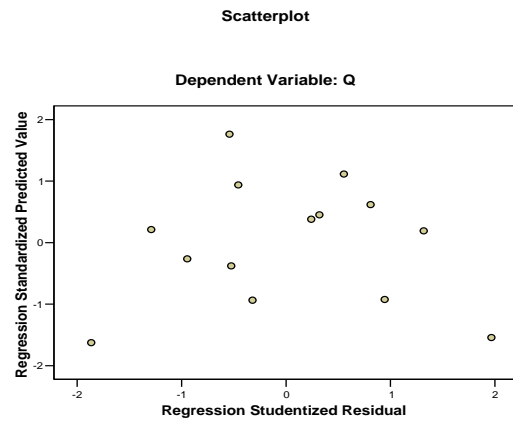
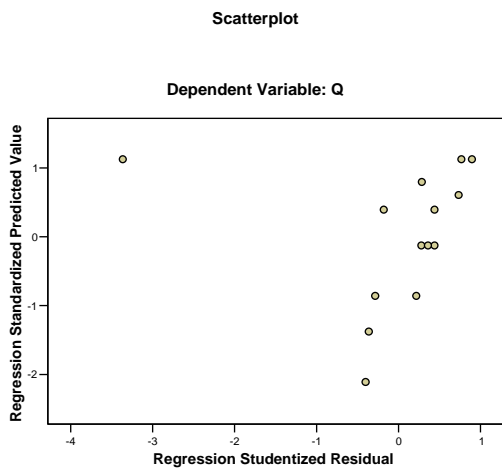
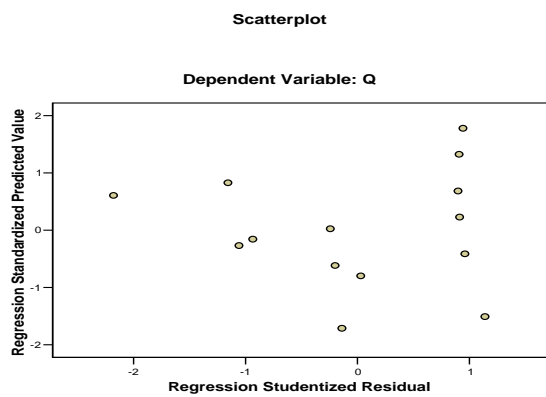
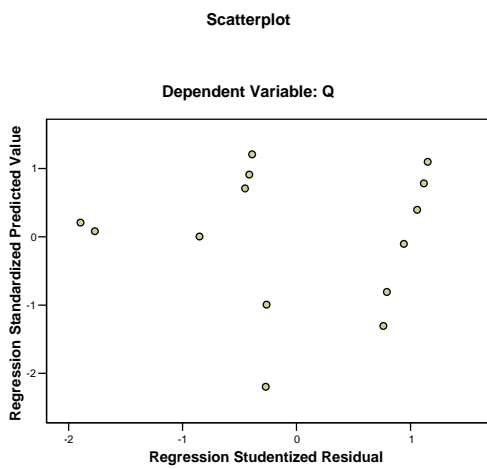


Figura 4.

Las gráficas presentan los resultados obtenidos mediante el uso del SPSS.



VI.2.5. Multicolinealidad:³

La tabla 28 presenta los resultados obtenidos para **índice de condición** para cada una de las acciones analizadas. Como se puede observar, solo en tres de los casos los valores obtenidos se encuentran por arriba del valor de 10.

Tabla 28. Diagnóstico de multicolinealidad

h	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions		
				(Constant)	K	P
Acondicionamiento	1	2.968	1.000	.00	.00	.00
	2	.030	9.987	.01	.76	.05
	3	.002	35.079	.99	.23	.95
OPS	1	2.916	1.000	.00	.01	.01
	2	.066	6.635	.01	.28	.65
	3	.018	12.796	.99	.72	.34
Compresión	1	2.749	1.000	.01	.00	.04
	2	.230	3.457	.03	.02	.95
	3	.021	11.497	.96	.97	.02
Encapsulado	1	1.979	1.000	.01	.01	
	2	.021	9.682	.99	.99	

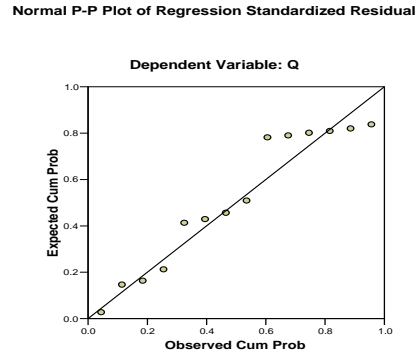
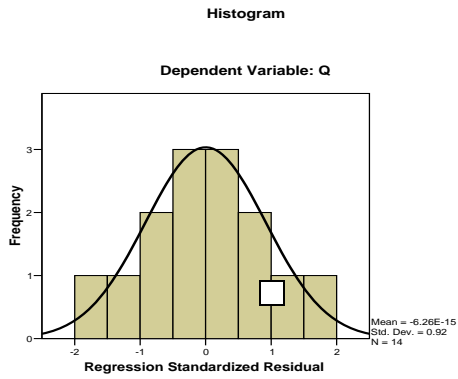
a Dependent Variable: Q

VI.2.6. Normalidad.²²

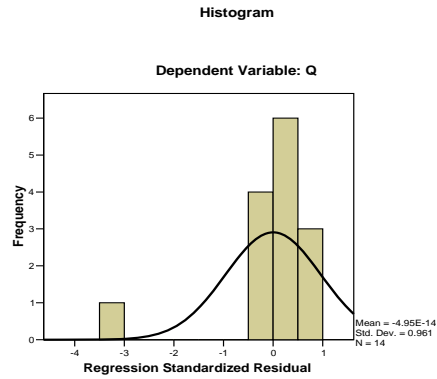
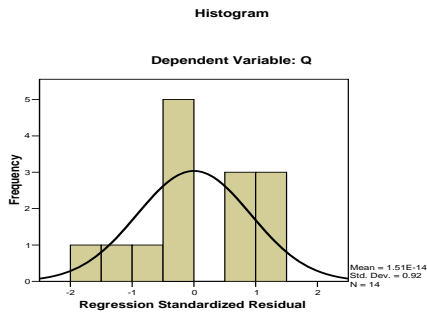
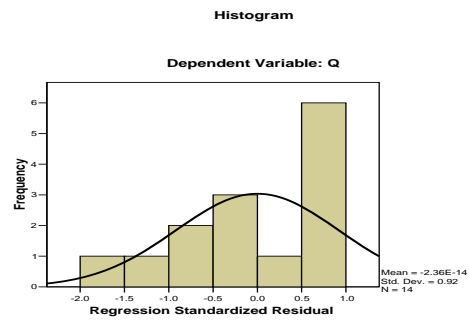
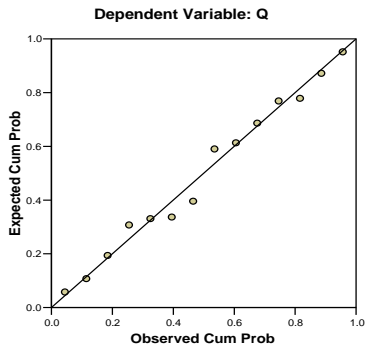
Los modelos de regresión asumen una distribución normal para los residuos. Las siguientes gráficas (**Figura 5**) muestran la distribución normal de los datos presentados en el análisis.

3 Covarrubias Zuñiga Miguel Angel. "El análisis de la multicolinealidad y de la heterocedasticidad en el modelo econométrico lineal" Tesis Licenciatura. (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México 1996. pp. 5-102.

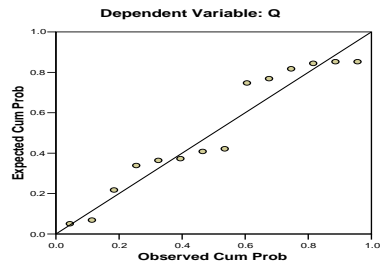
Hernandez Polo, María Yolanda. "Análisis Bayesiano de la suposición de normalidad en el modelo de regresión lineal".Tesis Licenciatura. (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México. 1988. pp 9-57.



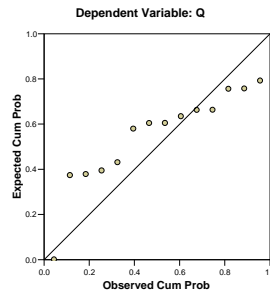
Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Como se puede observar en las gráficas, el proceso de encapsulado se aleja de la normalidad, debido, fundamentalmente al tamaño de la muestra, sin embargo como se mencionó renglones arriba podemos continuar con el análisis.

VI.2.7. Independencia de los Residuos⁴.

La “Independencia de los residuos” está también directamente relacionada con la validez de las pruebas F y t . Si los residuos no son independientes, estas pruebas pierden validez. Para este análisis se utilizó la prueba de Durbin-Watson, este estadístico prueba la hipótesis de que no existe autocorrelación en los residuales.

El valor de DW calculado mediante el uso del SPSS (ver tabla 26) para estos procesos dos de ellos están alejados del valor de 2, por lo que se puede concluir que **están autocorrelacionados**. No obstante lo anterior, este resultado puede ser ignorado ya que si el número de residuales es grande comparado con el número de variables independientes, **la independencia entre los residuales puede ser omitida por razones prácticas⁵**.

VI.2.8. Modelos obtenidos.

La tabla 24 presenta los coeficientes de los modelos obtenidos mediante el análisis de regresión, además de de las t estadísticas y el diagnóstico de colinealidad. Las t 's estimadas y su significancia nos ayudan a probar las hipótesis:

Ho: $a, \beta_0, \beta_1 = 0$

Ha: $a, \beta_0, \beta_1 \neq 0,$

En otras palabras estamos probando las hipótesis:

⁴ Bock, R., “Multivariate Statistical Methods in Behavioral Research”, 1st Ed., McGraw Hill, 1970 p. 55

⁵ SPSS for Windows Base System, User Guide Release 6.0, 1993, United States of America, pp 325

Ho₁: La mano de obra y el capital determinan la cantidad producida.

Ha₁: La mano de obra y el capital no determinan la cantidad producida

Y

Ho₂: La función de Cobb – Douglas es aplicable en los procesos analizados.

Ha₂: La función de Cobb – Douglas no es aplicable en los procesos analizados.

La regla decisión en este caso se puede resumir de la siguiente forma⁶:

Si $t_{calculada} > 1.96$ se rechaza la hipótesis nula y/o

Si la significancia < 0.05 se rechaza la hipótesis nula

Como se puede observar en la tabla 4, las t's para cada uno de los coeficientes determinados son superiores a 1.96, así como la significancia < 0.05 . Estos resultados nos llevan a rechazar la hipótesis nula ($\alpha, \beta_0, \beta_1 = 0$), por lo que podemos afirmar con suficiente evidencia estadística que los coeficientes son diferentes de cero, y que la mano de obra y el capital determinan la cantidad producida. Por otro lado, Cobb y Douglas establecen que la cantidad producida de un bien o servicio depende de la mano de obra y el capital, esto no se cumple para el encapsulado ya que en ella quien determina el nivel de producción es el capital, de ahí que en este caso la hipótesis Ho₂ se acepta, no así para los demás procesos.

⁶ James H. Stock and Mark W. Watson, "Introduction to Econometrics", 1st Ed, Addison Wesley, 2003, p. 119.

Tabla 29. Coeficientes de regresión obtenidos.

Model		Unstandardized Coefficients		t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error			Tolerance	VIF
Acondicionamiento	(Constant)	4.310	.677	6.362	.000		
	K	.971	.112	8.663	.000	.922	1.084
	P	1.367	.274	4.984	.000	.922	1.084
OPS	(Constant)	3.505	.078	44.887	.000		
	K	1.005	.021	47.166	.000	.994	1.006
	P	.319	.042	7.628	.000	.994	1.006
Compresión	(Constant)	12.098	.055	219.113	.000		
	K	.985	.022	45.015	.000	.933	1.071
	P	.153	.026	5.897	.000	.933	1.071
Encapsulado	(Constant)	10.357	.047	220.713	.000		
	K	.974	.018	54.137	.000	1.000	1.000

Como refuerzo a la afirmación presentada renglones arriba, analizaremos las tablas de Cobb y Douglas para algunos de los procesos, iniciando con el acondicionamiento.

Para que se considere que un proceso presenta economías de escala al momento de duplicar el uso de los factores de producción la producción deberá crecer a una proporción mayor (por ejemplo, si el uso de los factores se incrementa en 20%, y la producción crece en 22%, se dice que el proceso presenta economías de escala, en caso contrario presenta deseconomías de escala, y si la relación es 1 a 1 rendimientos constantes). Observemos la celda 1,1 de la función de producción, en ella se muestra el nivel de producción alcanzado por este proceso bajo esta combinación de factores de producción, 74 unidades, notemos que al duplicar el uso de factores (celda 2,2) la producción crece a 376 unidades producidas, es decir, más del doble (408 %) de lo anteriormente producido, por lo que se puede afirmar que este proceso presenta economías de escala.

K	12	2222	4356	6458	8539	10605	12659	14703	16738	18766	20788	22804	24814
	11	1973	3868	5734	7582	9416	11239	13054	14861	16662	18457	20246	22031
	10	1732	3395	5033	6655	8266	9866	11459	13046	14627	16202	17773	19340
	9	1500	2940	4358	5763	7157	8543	9922	11296	12665	14029	15389	16746
	8	1277	2503	3710	4906	6093	7272	8447	9616	10781	11943	13101	14255
	7	1064	2085	3091	4087	5076	6059	7037	8012	8982	9950	10915	11877
	6	862	1689	2504	3311	4112	4908	5700	6489	7276	8059	8841	9620
	5	672	1316	1951	2580	3205	3825	4443	5058	5671	6282	6891	7498
	4	495	970	1438	1902	2362	2820	3275	3728	4180	4630	5079	5527
	3	334	655	971	1284	1594	1903	2210	2516	2821	3125	3428	3730
	2	192	376	558	737	916	1093	1270	1445	1621	1795	1969	2143
	1	74	146	216	286	355	424	492	560	628	696	763	831
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

En el caso de OPS, la situación es similar, la celda 1,1 muestra una producción de 33 unidades en este proceso, al duplicar el uso de factores nos ubicamos en la celda 2,2 en la que observamos que la producción se ha incrementado en 158%, lo que demuestra la existencia de economías de escala.

K	10	328	421	488	542	587	627	663	696
	9	295	379	439	488	529	565	597	627
	8	263	337	391	434	470	502	531	557
	7	230	295	342	380	411	440	465	488
	6	197	253	293	325	353	377	399	418
	5	164	211	245	271	294	314	332	349
	4	132	169	196	217	236	252	266	279
	3	99	127	147	163	177	189	200	210
	2	66	85	98	109	118	126	133	140
	1	33	42	49	55	59	63	67	70
		1	2	3	4	5	6	7	8

L

De acuerdo con estos resultados obtenidos se presenta a continuación las funciones de Cobb-Douglas para cada uno de los procesos analizados el presente estudio.

Acondicionamiento:

$$Q = 74.4 K^{0.971} L^{1.367}$$

OPS:

$$Q = 33.0 K^{0.997} L^{0.362}$$

COMPRESIÓN:

$$Q = 179566.0 K^{0.985} L^{0.153}$$

ENCAPSULADO:

$$Q = 31453.0 K^{0.973}$$

II. ANALISIS DE RESULTADOS

- Dentro de los análisis de resultados, tenemos una diferencia entre los números de lotes procesados en cada centro de trabajo y el número de campañas, esto se puede explicar debido a que se difiere un poco en relación a la división exacta del número de lotes entre tres, en otras palabras, el número de lotes no es un múltiplo de 3, por ejemplo en 7 lotes de producto el número de campañas necesarias es de 3, no importando que la última campaña se realice con un solo lote.
- Factores de producción
 - Son muy necesarios para determinar la capacidad real de los equipos que se utilizan durante el proceso de manufactura y acondicionado, en el caso de los procesos de acondicionado, no se involucran estos factores por ser de naturaleza manual, es decir que la capacidad del proceso se puede evaluar por medio de las funciones de producción y dependen de la variación de la mano de obra, como lo demuestran los resultados obtenidos, es por ello que no se considera un tiempo de limpieza, este tiempo es considerado como parte del proceso por no utilizar tiempos prolongados de limpieza, así como los factores de mantenimiento, que no aplican a procesos manuales. La tabla de factores quedó de la siguiente forma:

Tabla 30. Factores de producción

Proceso	Factor de limpieza	Factor de mantenimiento.	Factor de eficiencia.
OPS	0.79	0.97	0.95
Compresión	0.67	0.97	0.90
Encapsulado	0.94	0.925	0.92
Acondicionamiento manual.	N/A	N/A	f() de producción.

De la tabla anterior podemos notar que los factores de limpieza de OPS y de compresión son relativamente bajos en comparación con el factor de

limpieza de encapsulado, esto se debe básicamente a que el número de campañas por procesar en el centro de trabajo encapsulado son solamente 23, en comparación con las 143 campañas del centro de trabajo OPS y las 165 campañas del centro de trabajo compresión, de aquí se aprecia que el tiempo invertido para las limpiezas de los equipos entre lotes y lotes aumenta considerablemente.

- La capacidad real del centro de trabajo OPS fue de 48.55 Kg / hr, mientras que para el centro de trabajo encapsulado fue de 31,997 cápsulas / hora y para el centro de trabajo compresión fue de 182,419 tabletas / hora, que es congruente con la producción calculada en la tabla de datos presentada al inicio de la sección de resultados, con lo que se comprueba la capacidad real y la modificación de esta capacidad conforme se varían los elementos de mano de obra y capital.
- Este análisis no se puede comparar con el del centro de trabajo Acondicionamiento debido a que depende en gran medida del factor mano de obra.
- Los porcentajes de saturación evidencian una planta programada para trabajar en un solo turno, esto con la finalidad de poder extender el mercado en un futuro, así como el ahorro de la carga social representada por una plantilla asignada a un segundo y tercer turno.

Tabla 31. Porcentaje de ocupación de los equipos a un turno.

	1	2	3
OPS	175.4%	87.7%	N/A
Compresión	179.6%	89.8%	59.8%
Encapsulado	107.2%	53.6%	N/A
Acondicionamiento	N/A	N/A	N/A

Tabla 32. Porcentaje de ocupación de los equipos a 24 horas.

	1	2	3
OPS	66.5%	33.2%	N/A
Compresión	74.3%	37.1%	24.8%

Encapsulado	44.3%	22.2%	N/A
Acondicionamiento	N/A	N/A	N/A

- Parámetros estadísticos.
 - Bondad de ajuste: Se puede observar que los valores obtenidos para los coeficientes de regresión R varían entre 0.861 y 0.996, es decir podemos efectuar inferencia estadística a partir de ellos, concluir que los modelos obtenidos presentan una buena bondad de ajuste y que como mínimo se explica el 86.1% de la producción mediante la mano de obra y el capital.
 - Análisis de varianza: Se utilizó un nivel de significancia de 0.05 y como se puede observar, la significancia de la prueba es 0.000 y menor a la deseada, lo que indica que las F calculadas son significativas y por lo tanto, se puede rechazar la hipótesis nula y **establecer que si existe correlación lineal en los modelos obtenidos.**
 - Heterocedasticidad: las gráficas realizadas mediante el uso del programa SPSS demuestran que para los procesos analizados los valores medios de los residuales se encuentran dentro del intervalo de confianza, por lo tanto, **se puede afirmar que no existe heterocedasticidad en los modelos obtenidos.**
 - Multicolinealidad: En pocos de los casos los valores obtenidos se encuentran por arriba del valor de 10. Esto indica que para estos procesos existe colinealidad en los modelos obtenidos.

Sin embargo, para poder sostener esta información es necesario estudiar las columnas correspondientes a la **tolerancia** y al valor de la **VIF** que muestran valores se encuentran para estos casos generalmente alrededor del 1.00, que como se estableció renglones arriba son muestra inequívoca **que no existe colinealidad (correlación) entre las variables independientes.**

- Normalidad: El supuesto de que todos los modelos de regresión asumen una distribución normal permite al modelo deducir apropiadamente las pruebas F y t , así que una violación sería a este supuesto impedirá que la prueba de significancia tenga validez. Sin embargo, esta es el supuesto más violado de la regresión y esto se debe a que el tamaño de muestra es pequeño, y a que en problemas de la vida real (como en este caso) no se encuentra con el tamaño de muestra lo suficientemente grande como para poder satisfacer este supuesto. Por otro lado, el análisis de regresión es lo suficientemente robusto para poder funcionar de manera adecuada a pesar del su incumplimiento.

VIII. CONCLUSIONES

1. El análisis de regresión nos lleva a **satisfacer las dos primeras hipótesis nulas**, concluyendo con suficiente evidencia estadística que en los procesos analizados exceptuando el encapsulado, **la mano de obra como el capital influyen sobre la cantidad producida** y que la función de Cobb_Douglas **es aplicable** para dichos procesos. En el caso del encapsulado se demuestra que únicamente la variación del capital determina el nivel de la cantidad producida (99.6%) y que de acuerdo con esto la función de Cobb-Douglas **no es aplicable**.
2. Para la tercera hipótesis nula (Economías de escala) la regla de decisión indica que la suma de α y β determina si existe o no economía de escala para cada uno de los procesos analizados, estos exponentes se obtienen también del análisis de regresión, de ahí que:

Proceso	α	β	Total	Conclusión
Acondicionamiento	1.367	0.971	2.338	Economías de Escala
OPS	0.997	0.362	1.359	Economías de Escala
Compresión	0.985	0.153	1.138	Economías de Escala
Encapsulado		0.973	0.973	Deseconomías de escala

De acuerdo al cálculo presentado en el cuadro anterior, podemos afirmar que en tres de los procesos analizados –Acondicionamiento, OPS, y Compresión-, se acepta la hipótesis nula, es decir, presentan economías de escala, cosa que no sucede con el encapsulado.

3. El proceso de acondicionamiento manual depende en mayor proporción del factor de producción L que representa las unidades de mano de

obra, mientras que por los procesos OPS y compresión depende en mayor proporción del factor K que representa el capital, esto debido a que en estos dos últimos centros de trabajo, el proceso es automatizado y depende en gran medida de la velocidad de la máquina, mientras que en un proceso manual depende de la habilidad de los operadores y del estudio de economías de escala.

IX.- Bibliografía.

1. Adalid Diez de Urdanivia, Clara Martha. “Pruebas para la normalidad en un modelo de regresión lineal”. Tesis Maestría (Maestría en estadística e investigación de operaciones) – UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los ciclos profesional y de Posgrado. México. 1997. pp. 14-45.
2. Bock, R., “Multivariate Statistical Methods in Behavioral Research”, 1st Ed., McGraw Hill, 1970 p. 55
3. Covarrubias Zuñiga Miguel Angel. “El análisis de la multicolinealidad y de la heterocedasticidad en el modelo econométrico lineal” Tesis Licenciatura. (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México 1996. pp. 5-102.
4. Grupo GEA. Manual de operación del One Pot System Collette Ultima 600. 2004.
5. H. Craig Petersen, W. Cris Lewis “Managerial economics”. Ed. Prentice Hall. Fourth edition, New Jersey 1999. pp 183-265.
6. Heizer, Jay. Render, Barry. Operations management Ed. Prentice Hall. 6a Edición. New Jersey. 2001
7. Hernández Polo, María Yolanda. “Análisis Bayesiano de la suposición de normalidad en el modelo de regresión lineal”.Tesis Licenciatura. (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México. 1988. pp 9-57.
8. <http://www.bayer.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf>
9. <http://www.egwald.com/economics/productionfunctions.php>

-
10. <http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0385/anex15.HTM>
 11. http://www.schering-plough.com/schering_plough/about/building_sp.jsp
 12. <http://www.silanes.com.mx/html/perfil.html>
 13. [http://www.uhu.es/45116/ficheros de datos/heterocedasticidad](http://www.uhu.es/45116/ficheros%20de%20datos/heterocedasticidad)
 14. James H. Stock and Mark W. Watson, "Introduction to Econometrics", 1st Ed, Addison Wesley, 2003, pp. 174-187.
 15. Jan Kamenta, "Elements of Econometrics", 2a. Ed., Macmillan, New York, 1986, pp.431-461.
 16. Laboratorios Silanes S.A de C.V. Políticas de calidad. México 2001
 17. Méndez Montaña, Saúl. "El modelo de producción de Cobb-Douglas y su aplicación en la industria automotriz terminal de México 1970-1990". Tesis Licenciatura (Licenciado en Economía)- UNAM, Facultad de economía. México. 1996. pp 11-98.
 18. Miranda Martín del campo, María de Lourdes. "Pruebas de bondad de ajuste para normalidad" Tesis Licenciatura (Actuario) – UNAM, Facultad de ciencias. México. 1980. pp 12-45
 19. Montgomery Douglas C, Peck Elizabeth, Vining G. Geoffrey. "Introducción al análisis de regresión lineal" Editorial CECSA. 3ª Edición. México, 2005 pp.3-111, 291-339
 20. NOM 059 SSA-2006 BUENAS PRACTICAS DE FABRICACIÓN PARA ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A LA MANUFACTURA DE PRODUCTOS PARA LA SALUD.

21. SPSS for Windows Base System, User Guide Release 6.0, 1993, United States of America, pp 325