

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Con estudios incorporados a la
Secretaría de Educación Pública

**“IMPACTO DE LA CALIDAD DE AZÚCAR EN LA CAPACIDAD
PRODUCTIVA DE EQUIPOS REFINADORES DE JARABE”**

C A S O P R Á C T I C O

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE OPERACIONES**

P R E S E N T A

ROSA MARÍA CAMPOS BELTRÁN

DIRECTOR DE CASO PRÁCTICO:

DR. ERNESTO LEÓNIDES RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

MÉXICO, D.F.

2013

ÍNDICE GENERAL

Índice de tablas	1
Índice de gráficos	2
Capítulo I. Introducción	3
Capítulo II. Marco teórico	6
a) Econometría y análisis estadístico	6
Capítulo III. Marco referencial de la organización	9
a) Diagnóstico de la situación actual	10
a.1) Delimitación del problema	11
b) Análisis estadístico	12
b.1) Análisis de volumen productivo contra Ingenio - Purificadora 1	12
b.2) Análisis de volumen productivo contra Ingenio - Purificadora 2	17
Capítulo IV. Conclusiones, propuesta de soluciones y recomendaciones	22
Anexos	26
Bibliografía	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Marcas de azúcar estudiadas	11
Tabla 2. Resumen estadístico de la Purificadora #1	13
Tabla 3. Resumen estadístico de la Purificadora #2	18
Tabla 4. Impacto de las mejoras implementadas	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variabilidad en capacidad de producción	4
Gráfico 2. Variabilidad en el costo de producción	4
Gráfica 3. Capacidad de producción Purificadora #1	13
Gráfica 4. Capacidad de producción Purificadora #2	18

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

La economía de un país depende en gran medida del desarrollo del sector productivo en el que las empresas juegan un papel relevante. De su desempeño depende que se genere crecimiento o estancamiento; por tal razón, la productividad y competitividad es el producto de las formas de realizar el trabajo, la creatividad e ingenio para formular estrategias que permitan a las organizaciones optimizar los recursos, mejorar los costos y posicionarse en el mercado.

Es por ello que las decisiones sobre la capacidad de producción son importantes:

- Satisfacer la demanda actual y futura oportunamente.
- Valor de la inversión en maquinaria.
- Competitividad

La capacidad de producción se debe señalar en la unidad específica de venta o comercialización de la empresa: por tipo de productos, kilogramos, unidades, m³, etc. Si se usan expresiones tales como sacos, latas, u otras, se debe señalar el peso y la cantidad de unidades (del sistema internacional de unidades), a efectos de simplificar y homogeneizar la base de cálculo.

Se analiza la escala de producción o las razones aducidas para la elección del tamaño de la planta, la capacidad de producción instalada presente y a la que se llegará después de ejecutado el proyecto, considerada como la capacidad máxima de producción en condiciones óptimas reales de operación.

En resumen, la capacidad de producción es fundamental para la gestión empresarial, ya que influye en las decisiones de inversión, por ejemplo, la adquisición de una máquina adicional. Para ello toma en cuenta, entre otros factores, el pronóstico de ventas para ajustar la programación de la producción a necesidades concretas (Amaya Amaya J., 2005).

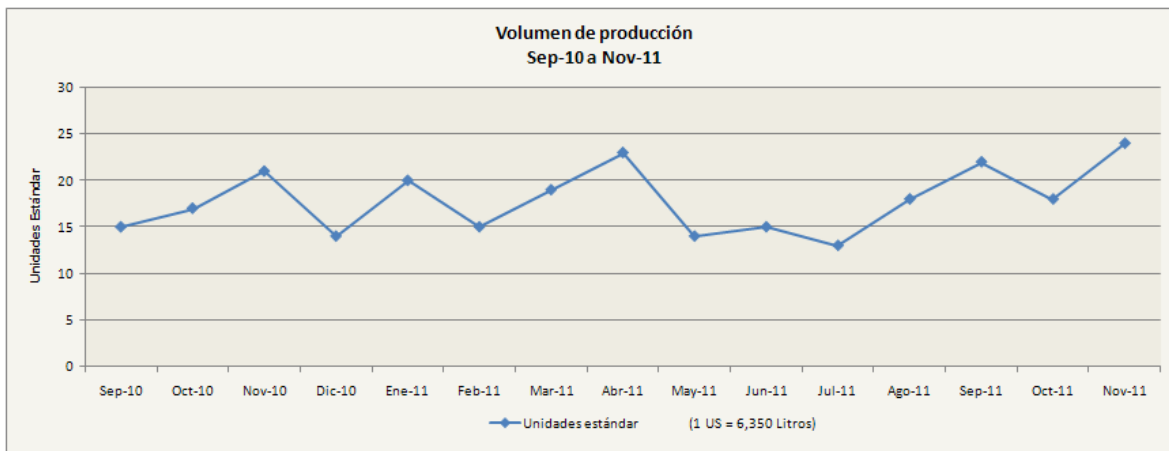
Otro factor que contribuye a la competitividad es el relacionado a los costos. Existen sistemas de costeo tradicional y moderno, como es el sistema de costos basado en actividades (Porter, M. E. 2007).

Ramírez Padilla (2008), en su libro Contabilidad Administrativa, dice: "Los sistemas tradicionales de costos consideran que su única misión es la de determinar correctamente el costo del producto o servicio, ignorando que actualmente, lo que demandan los usuarios de costos, es información para ver qué se puede hacer para reducirlos, es decir, se requiere un sistema de información que determine qué actividades agregan valor y cuáles no, con el fin de lograr el mejoramiento continuo. Esta herramienta tiene, entre otras, la ventaja de reducir al mínimo el prorrateo de los gastos indirectos de fabricación, así como realizar una identificación de los gastos de administración y venta entre los diferentes clientes, zonas, productos, etc., lo cual permite una correcta toma de decisiones".

Industria Mexicana de Jarabes S.A. de C.V. (en adelante INMEXJA), empresa mexicana perteneciente al sector de alimentos y bebidas, busca incrementar la capacidad de producción en su planta que le permita un mejor apalancamiento operativo y una reducción en costo de producción, como parte del plan estratégico 2011-2014.

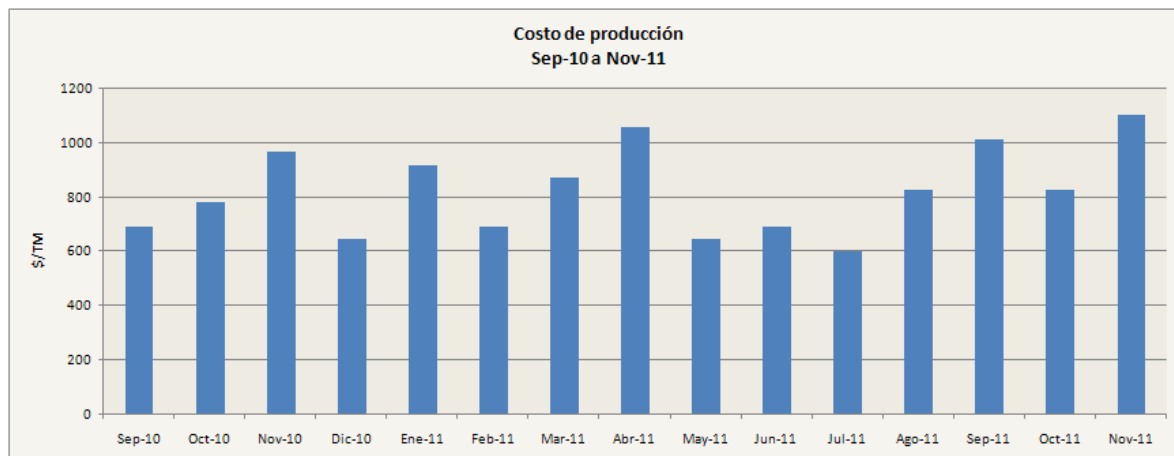
Por ello tiene la necesidad de determinar qué marcas de azúcar granular (ingenios) son aquellas que permiten a los equipos tener ciclos productivos más estables y prolongados; y como resultado de ello, lograr un aumento en la productividad de la fábrica. Consecuentemente, los ciclos de operación prolongados generan una baja en la demanda del volumen de agua para proceso, lo que ocasiona una disminución sensible en la descarga de efluentes al medio ambiente.

La siguiente gráfica muestra la capacidad productiva de los equipos refinadores, utilizando varias marcas de azúcar. Se observa una variación en el volumen producido (capacidad).



Gráfica 1 (Fuente propia). Variabilidad en capacidad de producción de los equipos, periodo Sep.10 a Nov.11

La gráfica 2 presenta los costos de producción, relativos al periodo Septiembre 2010 a Noviembre 2011, y se observa que la variabilidad en la capacidad de producción genera variabilidad también en el costo.



Gráfica 2 (Fuente propia). Variabilidad en el costo de producción, periodo Sep.10 a Nov.11

Lo anterior conduce a formular la siguiente pregunta de investigación:

- ¿La marca de azúcar tiene un impacto en la capacidad productiva (ciclos de refinación) de los equipos de la planta?

La respuesta a esta pregunta proporcionará información estratégica para varios fines. Entre los más relevantes están:

a) Evaluar a los proveedores y definir estrategias de compra con aquellos ingenios cuyas marcas de azúcar representen para los procesos de producción de INMEXJA mayor estabilidad.

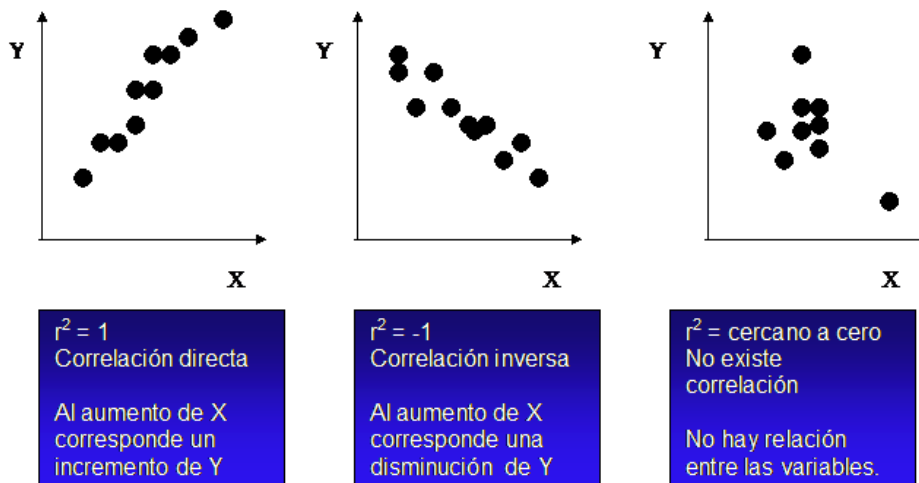
b) Tomar decisiones de rediseño de proceso, si fuera necesario.

c) Controlar la variación en el costo de producción al contar con un proceso estable y predecible.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

a) Econometría y análisis estadístico

La **Econometría** es la herramienta utilizada por economistas, sociólogos, mercadólogos e investigadores en general, para respaldar o comprobar modelos matemáticos teóricos que relacionan una variable dependiente o explicada (en la imagen la variable Y) por una o más variables independientes o explicativas (en la imagen la variable X).



En un sentido más técnico es una rama de la Teoría Económica que, mediante procedimientos estadísticos y matemáticos, relaciona series temporales de información o datos numéricos, con el objeto de determinar vínculos presentes entre variables, de manera que se determina las relaciones directas o inversas de las mismas, siempre basado en un modelo conceptual de teoría económica; por ejemplo, la relación inversa entre los precios y la demanda: a un mayor precio, una menor demanda y viceversa (Kendall M., 1977)

La principal utilidad de la econometría se encuentra por dos vías:

- Por un lado, se comprueban los supuestos teóricos-matemáticos de un modelo basado en una realidad.
- Y por otro, se genera la posibilidad de realizar proyecciones para eventos futuros y, por lo tanto, se tiene información adecuada para la toma de decisiones y diseño de políticas o acciones preventivas o correctivas, según sea el caso; siempre y cuando, el modelo posea validez estadística, probabilística y sobre todo, teórica.

Esta última vía es la que nos asistirá en el desarrollo de esta investigación.

La econometría según los programas informáticos

El desarrollo de los ordenadores ha permitido almacenar una gran cantidad de datos; a la vez que ha facilitado su manejo. Existe en la actualidad un amplio conjunto de paquetes para el análisis econométrico que realizan complejas operaciones mediante instrucciones sencillas. Si los datos están disponibles en papel, las hojas de cálculo, como EXCEL, son un instrumento práctico para introducir y preparar los datos y realizar las operaciones. Sin embargo, en general, es conveniente utilizar programas econométricos específicos que contribuyan a acelerar los procesos de investigación. Algunos de los más populares en los cursos de Econometría, son:

- Statgraphics: Se desarrolló a inicios de los ochenta y se ha concentrado en ofrecer herramientas estadísticas que puedan ser usadas tanto para (1) diseñar calidad en los productos y (2) asegurar que la calidad aceptable se mantenga a través del proceso de producción.
- EViews: Desarrollado por Quantitative Micro Software. Contiene una amplia gama de técnicas de análisis econométrico. Muchos manuales de Econometría contienen un CD, con ejemplos prácticos en Eviews. Su página web con la información del programa es www.eviews.com
- SHAZAM: Elaborado en la Universidad British of Columbia (Canadá). Incluye técnicas para estimar muchos tipos de modelos econométricos. Más información se puede obtener www.shazam.econ.ubc.can donde se puede ejecutar el programa remotamente.
- GRETL: Acrónimo de Gnu Regression, Econometric and Time Series (Biblioteca Gnu Regresión, Econometría y Series Temporales), elaborado por Allin Cottrell (Universidad Wake Forest). Es software libre, muy fácil de utilizar. También da acceso a bases de datos muy amplias, tanto de organismos públicos, como el Banco de España, como de ejemplos recogidos en textos de Econometría.
- RATS: Acrónimo de Regression Analysis of Time Series. Contiene una amplia gama de técnicas de análisis econométrico con especial dedicación al Análisis de Series Temporales. Su web es: www.estima.com
- R: Software libre para cómputo estadístico y gráficos. Consiste en un lenguaje, un entorno de ejecución, un *debugger* y la habilidad de correr programas guardados en archivos de tipo *script*. Su diseño fue influenciado por dos lenguajes existentes: S y Scheme. Página web: www.r-project.org

Éstos son los programas econométricos frecuentemente usados para la investigación científica relacionada con matemáticas y estadística, especialmente para el trabajo profesional en áreas macroeconómicas y, sin duda, en la investigación. Cualquiera de ellos podría ser elegible para el análisis de los datos de esta investigación. Sin embargo, INMEXJA cuenta con la licencia de Statgraphics, al ser uno de los programas que mejor resultados ha dado al departamento de Investigación y Desarrollo.

Statgraphics está diseñado para hacer análisis profundos de datos y su manejo es relativamente sencillo. Los procedimientos estadísticos que contiene van desde resúmenes de estadísticos hasta diseño de experimentos. El software está diseñado para ser utilizado a través de menús, y existen herramientas como StatWizard y StatAdvisor, que ayudan a usar el programa de forma más eficiente.

Los análisis estadísticos aplicados en este estudio son:

- Análisis de la varianza:
El análisis de varianza se utiliza para verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medias.
- Prueba de múltiples rangos: 95.0 por ciento LSD:
Se utiliza después que se rechaza la hipótesis H_0 en un análisis de varianza.
- Prueba del valor P:
El valor p nos muestra la probabilidad de haber obtenido el resultado que hemos obtenido si suponemos que la hipótesis nula es cierta.
- Resumen estadístico:
La media, mediana, moda, rango y desviación estándar de los datos estudiados.

Capítulo III. MARCO REFERENCIAL DE LA ORGANIZACIÓN

Industria Mexicana de Jarabes S.A. de C.V., es una empresa perteneciente al sector de alimentos y bebidas, establecida en Irapuato Guanajuato, en una planta de 40,000 pies cuadrados.

La empresa tiene como objetivo principal, proporcionar un producto de alta calidad que satisfaga plenamente las exigencias de sus clientes. Por lo que está comprometida a desarrollar edulcorantes que permitan a sus clientes mejorar sus procesos y prepararse para enfrentar con éxito la competencia global.

Su producto es un jarabe refinado de azúcar, puro e higiénico, que permite ahorrar en procesos y personal operativo; reduce mermas y tiempos de producción.



Figura 1. Planta INMEXJA, Irapuato Guanajuato

Su oficina matriz se encuentra ubicada en la Ciudad de México, en el edificio Corporativo Torre Arcos. Desde ella se controla la fabricación y venta de casi 150 mil toneladas anuales de jarabe refinado de azúcar, con una estructura de personal simplificada y eficiente, compuesta por personal con vasta experiencia en sus funciones y muy baja rotación.

a) Diagnóstico de la situación actual

Debido a la variabilidad en la capacidad de producción de los equipos y los incrementos en los costos de producción de jarabe refinado de azúcar, ocasionados por la multiplicidad de marcas de azúcar granular procesada, se tiene la necesidad de determinar qué marcas de azúcar granular (ingenios) son aquellas que permiten a los equipos tener ciclos productivos más estables y prolongados, y como consecuencia de ello, lograr un aumento en la productividad de la fábrica.

Así mismo, los ciclos prolongados de producción de los equipos reducen el volumen de agua para proceso, lo que ocasiona una disminución sensible en la descarga de efluentes al medio ambiente.

Lo anterior se explica debido a que una vez terminado el ciclo de producción se requiere lavar los equipos refinadores para que inicien un nuevo ciclo. Por ello, se busca prolongar cada ciclo de producción para bajar el consumo de agua al disminuir la frecuencia de los lavados.

Consecuentemente, se produce un efecto favorable en el costo de producción que se ve disminuido por la baja en el consumo de agua, permitiendo a la empresa reforzar su liderazgo en costos; estrategia que es indispensable para mantenerse en el desafiante mercado de edulcorantes frente su principal competidor, el jarabe de maíz de alta fructuosa.

Debido a que la elaboración de jarabe refinado de azúcar es un proceso de innovación tecnológica, recientemente patentado por la empresa Industria Mexicana de Jarabes de Azúcar, S.A. de C.V., no se encontraron estudios previos con el enfoque que tiene esta investigación; por ello, adicionalmente, se tiene la expectativa de ser un precedente para futuras investigaciones en lo referente a las marcas de azúcar granular y su impacto en la capacidad productiva de los equipos refinadores.



Figura 2. Patente del Proceso de INMEXJA

a.1) Delimitación del problema

Se realizaron pruebas piloto con los dos equipos refinadores en la fábrica (purificadora 1 y purificadora 2), durante el periodo septiembre 2010 a noviembre 2011.

Para estas corridas de producción se utilizaron mezclas de azúcar, en las cuales la marca de azúcar sujeta a estudio representó en la mezcla al menos el 70% de la composición del lote, ya que por razones comerciales y operativas en aquel periodo, los lotes de azúcar granular estaban integrados por diferentes marcas, siendo imposible someter a estudio el 100% de una sola marca de azúcar.

Las pruebas piloto incluyeron todas las marcas de azúcar (Ingenios) que se utilizan en el proceso, con el fin de tener un estudio de toda la población. Las marcas son las siguientes:

Marca	Atencingo	Casasano	San Miguelito	Progreso	Tala
	E. Zapata	Providencia	Lázaro Cárdenas	La Margarita	Benito Juárez

Tabla 1 (Fuente propia). Marcas de azúcar estudiadas

El volumen de producción utilizado está dado en unidades estándar. Una unidad estándar es el equivalente a 6350 litros de jarabe refinado de azúcar.

El promedio en el volumen efectivo de producción se encuentra en 14 unidades estándar (en adelante US), en ambos equipos: Purificadora 1 y Purificadora 2, por ello se eligieron para dicho análisis las corridas que tienen un volumen mayor o igual a éste y así garantizar que los equipos cubran de manera puntual el ciclo de producción establecido.

Con los datos obtenidos de las corridas de producción, se realizaron los análisis estadísticos siguientes: Comparación estadísticas de las muestras, La prueba-F, Análisis de las varianzas, Pruebas de Rangos Múltiples, Sesgo y Curtosis estandarizada. Éstos fueron procesados y analizados mediante el programa Statgraphics, cuya función es gestionar y analizar valores estadísticos. Así mismo, se utilizaron hojas de Excel para las gráficas que aparecen en este Caso.

b) Análisis Estadístico

A continuación se presentan los resultados del análisis de los datos y la explicación de los métodos estadísticos.

La totalidad de las tablas se encuentra en el capítulo de Anexos.

b.1) Análisis de volumen productivo contra Ingenio - Purificadora 1

Comparación de Varias Muestras [Purificadora #1]
Muestra 1: A.Atencingo (Purif 1)
Muestra 2: A.E Zapata (Purif 1)
Muestra 3: A.Progreso (Purif 1)
Muestra 4: A.Casasano (Purif 1)
Muestra 5: A.Providencia (Purif 1)
Muestra 6: A.Margarita (Purif 1)
Muestra 7: San Miguelito (Purif 1)
Muestra 8: Lazaro Cardenas (Purif 1)
Volumen productivo
Muestra 1: 38 valores en el rango de 14.0 a 23.0
Muestra 2: 21 valores en el rango de 14.0 a 26.0
Muestra 3: 7 valores en el rango de 14.0 a 19.0
Muestra 4: 20 valores en el rango de 14.0 a 22.0
Muestra 5: 16 valores en el rango de 15.0 a 25.0
Muestra 6: 17 valores en el rango de 14.0 a 30.0
Muestra 7: 3 valores en el rango de 14.0 a 22.0
Muestra 8: 2 valores en el rango de 21.0 a 25.0

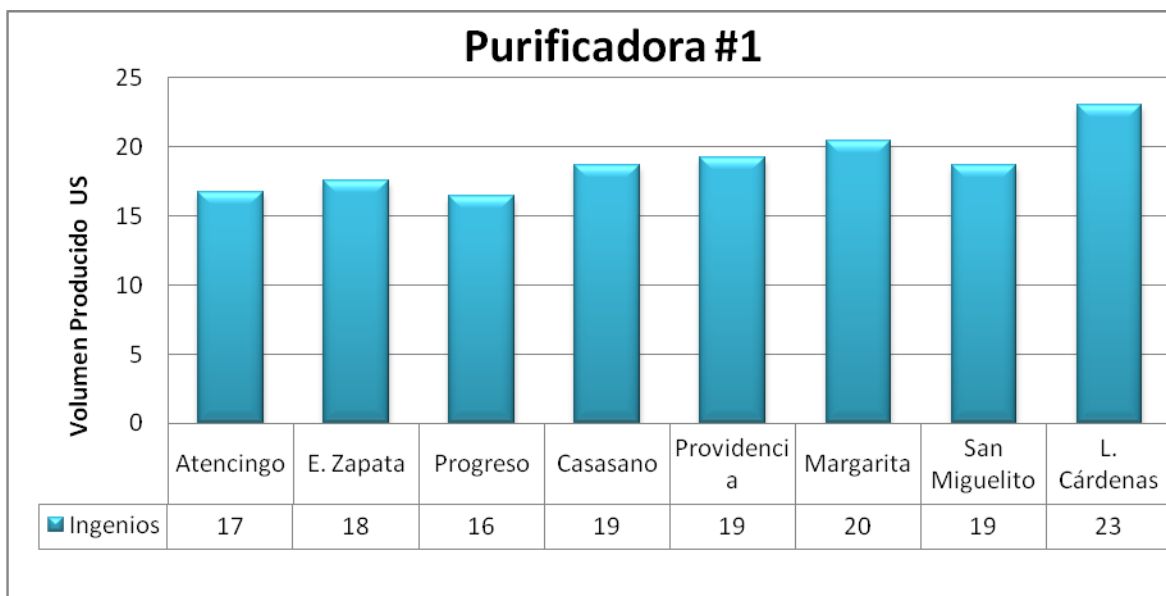
- Resumen Estadístico [Purificadora #1]

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las marcas de azúcar, con el fin de probar diferencias significativas entre las medias de los ciclos productivos.

Marca	Recuento	Volumen Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Atencingo	38	16.7632	2.28313	13.62%	14	23	9
E. Zapata	21	17.5238	3.32594	18.98%	14	26	12
Progreso	7	16.4286	1.51186	9.20%	14	19	5
Casasano	20	18.65	2.47673	13.28%	14	22	8
Providencia	16	19.25	3.04412	15.81%	15	25	10
Margarita	17	20.4118	5.38585	26.39%	14	30	16
San Miguelito	3	18.6667	4.16333	22.30%	14	22	8
Lázaro Cárdenas	2	23	2.82843	12.30%	21	25	4
Total	124	18.1452	3.4351	18.93%	14	30	16

Tabla 2 (Fuente propia). Resumen estadístico del estudio de la Purificadora #1

Con la información del Resumen Estadístico, se elaboran las gráficas de la capacidad productiva de los equipos Purificadora #1, según la calidad de azúcar:



Gráfica 3 (Fuente propia). Capacidad de producción Purificadora #1 según marca de azúcar

- Tabla ANOVA [Purificadora #1]

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre- Ingenios y un componente dentro- del mismo ingenio. La razón-F, que en este caso es igual a 3.63733, es el cociente entre el estimado entre-grupos (todos los ingenios) y el estimado dentro-de-grupos (dentro- del mismo Ingenio). Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los ciclos productivos de los 8 ingenios, con un nivel del 95.0% de confianza. Lo que significa que la distribución de los datos es normal y ello permite modelar respecto a la relación marca de azúcar y duración de los ciclos de producción.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	261.232	7	37.3189	3.64	0.0014
Intra grupos	1190.16	116	10.26		
Total (Corr.)	1451.39	123			

- Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0% [Purificadora #1]

Esta tabla muestra la media de los ciclos productivos de cada ingenio estudiado para la Purificadora 1. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces.

Ingenio	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
Atencingo	38	16.7632	0.519614	16.0354	17.4909
E. Zapata	21	17.5238	0.698977	16.5449	18.5027
Progreso	7	16.4286	1.21066	14.733	18.1241
Casasano	20	18.65	0.716239	17.6469	19.6531
Providencia	16	19.25	0.800779	18.1285	20.3715
Margarita	17	20.4118	0.77687	19.3237	21.4998
San Miguelito	3	18.6667	1.84932	16.0767	21.2567
L. Cárdenas	2	23.0	2.26495	19.8279	26.1721
Total	124	18.1452			

- Pruebas de múltiples rangos: 95.0 porcentaje LSD [Purificadora #1]

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los ciclos productivos de la Purificadora 1 son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 8 pares de ingenios, indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza; ello es una evidencia de que la duración de los ciclos guarda una relación directa respecto de cada ingenio. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos, según la alineación de las X en columnas, y por lo tanto sí existen diferencias significativas, probando la relación existente entre la duración de los ciclos productivos y la marca de azúcar procesada.

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Análisis estadístico purificación 1. Progreso	7	16.4286	XX
Análisis estadístico purificación 1. Atencingo	38	16.7632	X
Análisis estadístico purificación 1. E Zapata	21	17.5238	XX
Análisis estadístico purificación 1. Casasano	20	18.65	XX
Análisis estadístico purificación 1. San Miguelito	3	18.6667	XXX
Análisis estadístico purificación 1. Providencia	16	19.25	XX
Análisis estadístico purificación 1. Margarita	17	20.4118	X
Análisis estadístico purificación 1. Lázaro Cárdenas	2	23.0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Análisis estadístico purificación 1. Atencingo - Análisis estadístico purificación 1. E Zapata		-0.760652	1.72505
Análisis estadístico purificación 1. Atencingo - Análisis estadístico purificación 1. Progreso		0.334586	2.60941
Análisis estadístico purificación 1. Atencingo - Análisis estadístico purificación 1. Casasano	*	-1.88684	1.7526
Análisis estadístico purificación 1. Atencingo - Análisis estadístico purificación 1. Providencia	*	-2.48684	1.89069
Análisis estadístico purificación 1. Atencingo - Análisis estadístico purificación 1. Margarita	*	-3.64861	1.85115
Análisis estadístico purificación 1. Atencingo - Análisis estadístico purificación 1. San Miguelito		-1.90351	3.80466
Análisis estadístico purificación 1. Atencingo - Análisis estadístico purificación 1. Lázaro Cárdenas	*	-6.23684	4.60256

1.Lazaro Cardenas			
Analisis stat purif 1.E Zapata - Análisis stat purif 1.Progreso		1.09524	2.76883
Analisis stat purif 1.E Zapata - Análisis stat purif 1.Casasano		-1.12619	1.98218
Analisis stat purif 1.E Zapata - Análisis stat purif 1.Providencia		-1.72619	2.10527
Analisis stat purif 1.E Zapata - Análisis stat purif 1.Margarita	*	-2.88796	2.06983
Analisis stat purif 1.E Zapata - Análisis stat purif 1.San Miguelito		-1.14286	3.91572
Analisis stat purif 1.E Zapata - Análisis stat purif 1.Lazaro Cardenas	*	-5.47619	4.69478
Analisis stat purif 1.Progreso - Análisis stat purif 1.Casasano		-2.22143	2.78608
Analisis stat purif 1.Progreso - Análisis stat purif 1.Providencia		-2.82143	2.87495
Analisis stat purif 1.Progreso - Análisis stat purif 1.Margarita	*	-3.98319	2.8491
Analisis stat purif 1.Progreso - Análisis stat purif 1.San Miguelito		-2.2381	4.37791
Analisis stat purif 1.Progreso - Análisis stat purif 1.Lazaro Cardenas	*	-6.57143	5.08667
Analisis stat purif 1.Casasano - Análisis stat purif 1.Providencia		-0.6	2.12791
Analisis stat purif 1.Casasano - Análisis stat purif 1.Margarita		-1.76176	2.09285
Analisis stat purif 1.Casasano - Análisis stat purif 1.San Miguelito		-0.0166667	3.92794
Analisis stat purif 1.Casasano - Análisis stat purif 1.Lazaro Cardenas		-4.35	4.70498
Analisis stat purif 1.Providencia - Análisis stat purif 1.Margarita		-1.16176	2.20978
Analisis stat purif 1.Providencia - Análisis stat purif 1.San Miguelito		0.583333	3.99146
Analisis stat purif 1.Providencia - Análisis stat purif 1.Lazaro Cardenas		-3.75	4.75814
Analisis stat purif 1.Margarita - Análisis stat purif 1.San Miguelito		1.7451	3.97289
Analisis stat purif 1.Margarita - Análisis stat purif 1.Lazaro Cardenas		-2.58824	4.74257
Analisis stat purif 1.San Miguelito - Análisis stat purif 1.Lazaro Cardenas		-4.33333	5.79143

* indica una diferencia significativa.

- Verificación de Varianza [Purificadora #1]

Los estadísticos mostrados en esta tabla evalúan la hipótesis nula de que las desviaciones estándar, dentro de cada una de las 8 columnas, son iguales. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza, probando que la marca de ingenio y la duración de los ciclos productivos tiene una relación directa.

Levene's	Prueba 2.30926	Valor-P 0.0306021
----------	-------------------	----------------------

b.2) Análisis de volumen productivo contra Ingenio - Purificadora 2

Este procedimiento compara los datos en 8 columnas, que es el número de marcas de azúcar sometidas a estudio. Realiza varias pruebas estadísticas para comparar las muestras de estas marcas de azúcar. La prueba-F, en la tabla ANOVA, determina si hay diferencias significativas entre las medias de los flujos productivos de la Purificadora 2. Si las hay, las pruebas de rangos múltiples indican cuáles medias de los ciclos productivos son significativamente diferentes de otras.

Comparación de Varias Muestras [Purificadora #2]

Muestra 1: B.Atencingo (Purif 2)

Muestra 2: B.E Zapata (Purif 2)

Muestra 3: B.Casasano (Purif 2)

Muestra 4: B.Providencia (Purif 2)

Muestra 5: B.Margarita (Purif 2)

Muestra 6: Tala (Purif 2)

Muestra 7: B.Progreso (Purif 2)

Muestra 8: Benito Juarez (Purif 2)

Volumen productivo

Muestra 1: 19 valores en el rango de 15.0 a 23.0

Muestra 2: 11 valores en el rango de 15.0 a 17.0

Muestra 3: 16 valores en el rango de 15.0 a 21.0

Muestra 4: 10 valores en el rango de 15.0 a 25.0

Muestra 5: 16 valores en el rango de 15.0 a 23.0

Muestra 6: 2 valores en el rango de 14.0 a 15.0

Muestra 7: 2 valores en el rango de 17.0 a 19.0

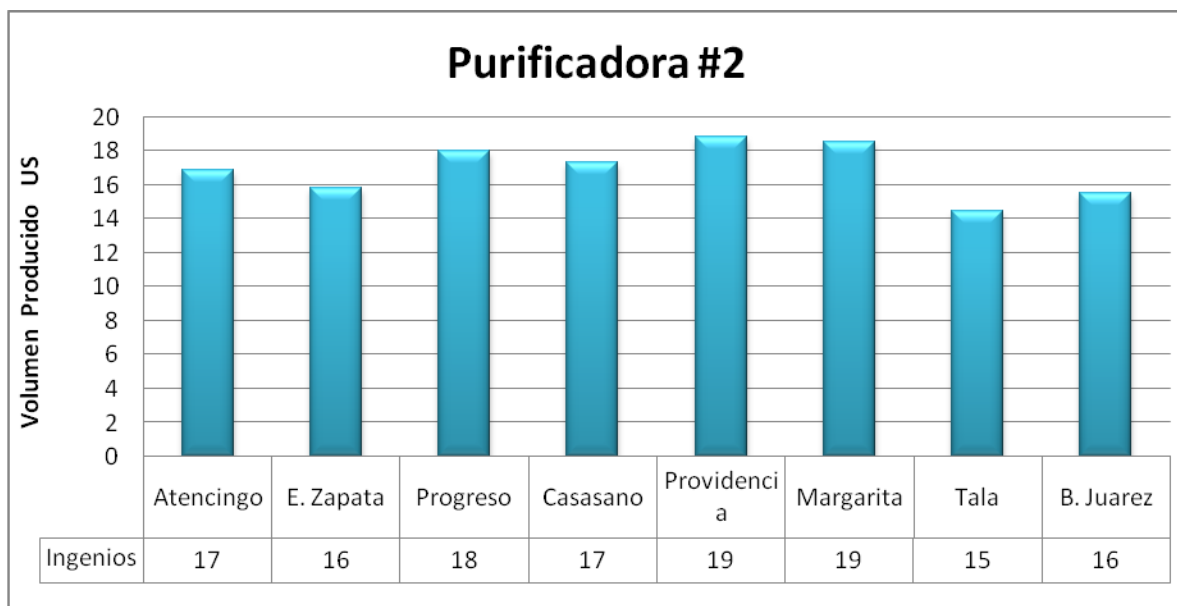
Muestra 8: 3 valores en el rango de 14.0 a 16.0

- Resumen Estadístico Purificadora #2

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las marcas de azúcar, con el fin de probar diferencias significativas entre las medias de los ciclos productivos.

Marca	Recuento	Volumen Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Atencingo	19	16.8	2.31572	13.75%	15	23	8
E. Zapata	11	15.8	0.98165	6.21%	15	17	2
Casasano	16	16.7	2.04939	12.24%	15	21	6
Providencia	10	18.8	3.19026	16.97%	15	25	10
Margarita	16	18.5	3.14113	16.98%	15	23	8
Tala	2	14.5	0.707107	4.88%	14	15	1
Progreso	2	18	1.41421	7.86%	17	19	2
Benito Juárez	3	15	1	6.67%	14	16	2
Total	79	17.1	2.58908	15.08%	14	25	11

Tabla 3 (Fuente propia). Resumen estadístico del estudio de la Purificadora #2



Gráfica 4 (Fuente propia). Capacidad de producción Purificadora #2 según marca de azúcar

- Tabla ANOVA [Purificadora #2]

La tabla ANOVA, descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre- ingenios; y un componente dentro- del mismo ingenio. La razón-F, que en este caso es igual a 2.69, es el cociente entre el estimado entre-grupos (todos los ingenios) y el estimado dentro-de-grupos (dentro del mismo ingenio). Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los ciclos productivos de los 8 ingenios, con un nivel del 95.0% de confianza. Lo que significa que la distribución de los datos es normal y ello permite modelar respecto a la relación marca de azúcar y duración de los ciclos de producción.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	109.598	7	15.6569	2.69	0.0157
Intra grupos	413.263	71	5.8206		
Total (Corr.)	522.861	78			

- Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0% [Purificadora #2]

Esta tabla muestra la media de los ciclos productivos de cada ingenio estudiado para la Purificado 2. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada, entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces.

<i>Ingenio</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est. (s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
Atencingo	19	16.8421	0.553487	16.0617	17.6225
E. Zapata	11	15.8182	0.727424	14.7926	16.8438
Casasano	16	16.75	0.603148	15.8996	17.6004
Providencia	10	18.8	0.762929	17.7243	19.8757
Margarita	16	18.5	0.603148	17.6496	19.3504
Tala	2	14.5	1.70596	12.0947	16.9053
Progreso	2	18.0	1.70596	15.5947	20.4053
B. Juárez	3	15.0	1.39291	13.0361	16.9639
Total	79	17.1646			

- Pruebas de múltiples rangos: 95.0 porcentaje LSD [Purificadora #2]

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los ciclos productivos de la Purificadora 2 son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 8 pares de ingenios, indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza; ello es una evidencia de que la duración de los ciclos guarda una relación directa, respecto de cada ingenio. En la parte inferior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas, y por lo tanto sí existen diferencias significativas probando la relación existente entre la duración de los ciclos productivos y la marca de azúcar procesada.

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Tala	2	14.5	XX
Benito Juarez	3	15.0	XX
E Zapata	11	15.8182	X
Atencingo	19	16.8421	XXX
Casasano	14	17.8571	XXX
Progreso	2	18.0	XXXX
Margarita	16	18.5	XX
Providencia	10	18.8	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Atencingo - E Zapata		1.02392	1.89552
Atencingo - Casasano		-1.01504	1.76221
Atencingo - Providencia	*	-1.95789	1.95462
Atencingo - Margarita		-1.65789	1.69761
Atencingo - Progreso		-1.15789	3.71928
Atencingo - Benito Juarez		1.84211	3.10824
Atencingo - Tala		2.34211	3.71928
E Zapata - Casasano	*	-2.03896	2.01581
E Zapata - Providencia	*	-2.98182	2.18602
E Zapata - Margarita	*	-2.68182	1.95959
E Zapata - Progreso		-2.18182	3.84593
E Zapata - Benito Juarez		0.818182	3.25873
E Zapata - Tala		1.31818	3.84593
Casasano - Providencia		-0.942857	2.07149
Casasano - Margarita		-0.642857	1.83095
Casasano - Progreso		-0.142857	3.782
Casasano - Benito Juarez		2.85714	3.18303
Casasano - Tala		3.35714	3.782
Providencia - Margarita		0.3	2.01682
Providencia - Progreso		0.8	3.8754

Providencia - Benito Juarez	*	3.8	3.29345
Providencia - Tala	*	4.3	3.8754
Margarita - Progreso		0.5	3.75234
Margarita - Benito Juarez	*	3.5	3.14773
Margarita - Tala	*	4.0	3.75234
Progreso - Benito Juarez		3.0	4.5672
Progreso - Tala		3.5	5.00312
Benito Juarez - Tala		0.5	4.5672

* indica una diferencia significativa.

- Verificación de Varianza [Purificadora #2]

Los estadísticos mostrados en esta tabla evalúan la hipótesis nula de que las desviaciones estándar, dentro de cada una de las 8 columnas, son iguales. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza, probando que la marca de ingenio y la duración de los ciclos productivos tiene una relación directa.

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	1.72289	0.0117416

Capítulo IV. CONCLUSIONES, PROPUESTA DE SOLUCIONES Y RECOMENDACIONES

➤ Las conclusiones obtenidas de esta investigación:

1. Los ingenios con mayores volúmenes promedio de producción, y que incrementan la capacidad de producción de los equipos, son:

Purificadora 1	
L. Cárdenas	23 US
Margarita	20 US
Providencia	19 US

Purificadora 2	
Providencia	19 US
Margarita	19 US
Progreso	18 US

Volúmenes de producción de todas las marcas de azúcar

Purificadora 1		Purificadora 2	
Ingenio	Capacidad productiva	Ingenio	Capacidad productiva
Atencingo	16.8	Atencingo	16.8
E. Zapata	17.5	E. Zapata	15.8
Progreso	16.4	Progreso	18.0
Casasano	18.6	Casasano	16.7
Providencia	19.3	Providencia	18.8
Margarita	20.4	Margarita	18.5
San Miguelito	18.7	Tala	14.5
L. Cárdenas	23.0	B. Juárez	15.0

2. Los ingenios con más bajo rendimiento son:

Ingenio	Capacidad productiva
Tala	14 US
B. Juárez	15 US
E. Zapata	16 US

3. El volumen efectivo de producción depende del ingenio; por tanto, la marca de azúcar (ingenio) sí tiene una implicación en la capacidad productiva de los equipos refinadores de la planta.

Este proyecto ha cambiado en gran medida los supuestos básicos que se tenían del proceso, como pensar que la variabilidad en los rendimientos de los equipos se debía más a circunstancias operativas, como errores humanos de los operadores, o por falta de coordinación entre el jefe de producción y el área responsable de programar el arranque-paro de los equipos refinadores.

4. Ahorro en consumos de agua

Debido a que los equipos refinadores requieren ser lavados al término de cada ciclo, resulta importante prolongar la duración de cada ciclo para reducir la frecuencia de los lavados y con ellos el consumo de agua requerida.

Producción anual (Tm)	Volumen productivo		Δ duración de ciclos productivos
	Histórico	Objetivo	
150,000	15 US	20 US	133%

Equivalencias		1 Unidad Estándar	15 Unidades Estándar	20 Unidades Estándar	Diferencia	
Jarabe	Tm	6.4	95.3	127	31.8	33%
Azúcar	Tm	4.3	63.8	85.1	21.3	33%
Agua	Tm	2.1	31.4	41.9	10.5	33%
Ciclos/año		35,257	2,350.50	1,762.80	587.6	25%
AHORROS						
Lavados por año			2,350	1,763	-588	-25%
m3/Lavado			20	20	0	0%
m3/año			47,244	35,433	-11,811	-25%
\$/m3			85	85	85	100%
\$/ año			4,015,748	3,011,811	-1,003,937	-25%
\$/Tm			27	20	-7	-25%

➤ **Propuesta de soluciones: mejoras implementadas**

El desarrollo de esta investigación ha propiciado que se implementen mejoras en las siguientes áreas:

- ✓ **Proceso:** Se realizaron cambios en las secuencias de operación, con base en la caracterización de la materia prima, según el estudio realizado; y no en relación al tiempo teórico de operación de los equipos.
- ✓ **Hidráulica del sistema:** El estudio ha permitido identificar qué marcas de azúcar aumentan la eficiencia de los equipos de producción; esto ha generado que se reduzca el número de lavados al año, como se muestra en la página anterior.
- ✓ **Equipo:** Se redefinieron los parámetros de operación de los equipos para controlar la nueva demanda de agua y el flujo de jarabe.

BENEFICIOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES			ORIGINAL	REDISEÑO	VARIACIÓN
Relación de efluente	Efluente generado en función del azúcar procesada	Ciclo/año	2,350	1,763	-25%
Relación de rechazo	Jarabe a reprocesar en función del total	Tm	0.69	0.17	-75%
Disponibilidad	Tiempo en producción contra tiempo total	h/Ciclo	0.55	0.81	47%
Eficiencia	Azúcar procesada por ciclo	Tm	19.63	22.57	15%
Costo total	Pesos mexicanos por TM de azúcar	\$/Tm	1100.12	650.54	-40%

Tabla 4 (Fuente propia). Impacto de las mejoras implementadas

Los gastos por pago de derechos de descarga de agua disminuyen al reducirse los saneamientos de las purificadoras, como consecuencia de ciclos productivos más prolongados y estables; y las sanciones por parte de las autoridades ambientales que regulan los volúmenes excesivos de las descargas de aguas residuales al drenaje municipal, pueden ser evitadas. En resumen, se ha logrado que el consumo de agua sea más eficiente.

➤ **Recomendación**

Adicionalmente a las mejoras implementadas derivadas de esta investigación, y que han generado los beneficios presentados en la Tabla 4, se recomienda comprar preferentemente azúcar de los tres primeros ingenios: Lázaro Cárdenas, Margarita y Providencia, por ser éstas las marcas que incrementan los ciclos productivos de los equipos.

Se sugiere establecer alguna alianza estratégica con estos proveedores, por medio de contratos de gran volumen, a cambio de un mejor precio; al mismo tiempo, INMEXJA aseguraría la materia prima suficiente y de la calidad necesaria para que los equipos refinadores sean más eficientes.

ANEXOS

a) Tabla de datos de la Purificadora 1

CORRIDA	Vol. Prod. (US)	Ingenio	CORRIDA	Vol. Prod. (US)	Ingenio
01030015P	14	Atencingo	01030097P	21	Casasano
01030016P	17	Atencingo	01030118P	22	Casasano
01030057P	15	Atencingo	01030119P	18	Casasano
01030060P	19	Atencingo	01030120P	20	Casasano
01030085P	18	Atencingo	01030121P	22	Casasano
01030086P	20	Atencingo	01030122P	18	Casasano
01030089P	19	Atencingo	01030123P	15	Casasano
01030090P	18	Atencingo	01030124P	19	Casasano
01030091P	15	Atencingo	01030125P	19	Casasano
01030093P	15	Atencingo	01030126P	17	Casasano
01030094P	15	Atencingo	01030127P	22	Casasano
01030096P	15	Atencingo	01030128P	21	Casasano
01030101P	14	Atencingo	01030135P	14	Casasano
01030104P	17	Atencingo	01030136P	17	Casasano
01030108P	18	Atencingo	01030143P	22	Casasano
01030110P	14	Atencingo	01030150P	18	Casasano
01030129P	20	Atencingo	01030156P	18	Casasano
01030130P	18	Atencingo	01030006P	18	Casasano
01030131P	15	Atencingo	01030007P	17	Casasano
01030132P	16	Atencingo	01030008P	15	Casasano
01030133P	23	Atencingo	01030026P	18	Providencia
01030139P	14	Atencingo	01030038P	21	Providencia
01030140P	20	Atencingo	01030040P	16	Providencia
01030141P	14	Atencingo	01030042P	20	Providencia
01030146P	18	Atencingo	01030043P	15	Providencia
01030148P	17	Atencingo	01030046P	19	Providencia
01030151P	14	Atencingo	01030047P	23	Providencia
01030152P	19	Atencingo	01030048P	19	Providencia
01030153P	16	Atencingo	01030049P	15	Providencia
01030154P	20	Atencingo	01030051P	18	Providencia
01030155P	17	Atencingo	01030053P	18	Providencia
01030157P	17	Atencingo	01030058P	22	Providencia
01030160P	14	Atencingo	01030068P	18	Providencia
01030161P	19	Atencingo	01030069P	24	Providencia
01030162P	15	Atencingo	01030072P	25	Providencia
01030163P	18	Atencingo	01030088P	17	Providencia
01030011P	15	Atencingo	01010019P	15	San Cristóbal
01030013P	15	Atencingo	01010020P	20	San Cristóbal
01030018P	14	E. Zapata	01030024P	19	San Cristóbal

01030036P	16	E. Zapata	01030025P	20	San Cristóbal
01030037P	14	E. Zapata	01030164P	15	Margarita
01030039P	18	E. Zapata	01030165P	30	Margarita
01030055P	18	E. Zapata	01030166P	24	Margarita
01030071P	16	E. Zapata	01030167P	28	Margarita
01030074P	23	E. Zapata	01030168P	19	Margarita
01030075P	18	E. Zapata	01030169P	14	Margarita
01030076P	17	E. Zapata	01030001P	29	Margarita
01030078P	24	E. Zapata	01030002P	17	Margarita
01030079P	26	E. Zapata	01030003P	15	Margarita
01030080P	15	E. Zapata	01030004P	28	Margarita
01030082P	15	E. Zapata	01030005P	18	Margarita
01030111P	17	E. Zapata	01030014P	18	Margarita
01030112P	15	E. Zapata	01030015P	16	Margarita
01030113P	17	E. Zapata	01030026P	16	Margarita
01030114P	14	E. Zapata	01030028P	21	Margarita
01030115P	17	E. Zapata	01030029P	21	Margarita
01030116P	16	E. Zapata	01030030P	18	Margarita
01030144P	21	E. Zapata	01030031P	14	San Miguelito
01030027P	17	E. Zapata	01030067P	22	San Miguelito
01030137P	16	Progreso	01030070P	20	San Miguelito
01030142P	16	Progreso	01030083P	21	L. Cárdenas
01030009P	19	Progreso	01030087P	25	L. Cárdenas
01030010P	17	Progreso	01030003P	19	Colombiana
01030011P	17	Progreso	01030005P	14	Colombiana
01030008P	16	Progreso	01030067P	22	San Miguelito
01030009P	14	Progreso	01030087P	25	L. Cárdenas

b) Tabla de datos Purificadora 2

Corrida	Vol. Prod. (US)	Ingenio	Corrida	Vol. Prod. (US)	Ingenio
01040001P	15	Atencingo	01040124P	15	Casasano
01040002P	16	Atencingo	01040139P	20	Casasano
01040003P	16	Atencingo	01040140P	18	Casasano
01040058P	18	Atencingo	01040141P	21	Casasano
01040060P	21	Atencingo	01040151P	20	Casasano
01040062P	18	Atencingo	01040041P	18	Providencia
01040080P	15	Atencingo	01040042P	15	Providencia
01040081P	15	Atencingo	01040048P	19	Providencia
01040082P	15	Atencingo	01040051P	18	Providencia
01040084P	16	Atencingo	01040056P	22	Providencia
01040085P	23	Atencingo	01040064P	21	Providencia
01040125P	20	Atencingo	01040065P	15	Providencia
01040126P	18	Atencingo	01040067P	19	Providencia
01040127P	16	Atencingo	01040068P	16	Providencia
01040129P	15	Atencingo	01040083P	25	Providencia
01040130P	17	Atencingo	01040022P	15	San Cristóbal
01040142P	15	Atencingo	01040024P	15	San Cristóbal
01040146P	16	Atencingo	01040025P	24	San Cristóbal
01040147P	15	Atencingo	01040158P	15	Margarita
01040069P	15	E. Zapata	01040159P	15	Margarita
01040073P	15	E. Zapata	01040161P	16	Margarita
01040077P	16	E. Zapata	01040163P	23	Margarita
01040079P	17	E. Zapata	01040164P	19	Margarita
01040107P	17	E. Zapata	01040001P	23	Margarita
01040111P	15	E. Zapata	01040002P	23	Margarita
01040136P	17	E. Zapata	01040003P	21	Margarita
01040137P	17	E. Zapata	01040004P	21	Margarita
01040138P	15	E. Zapata	01040007P	17	Margarita
01040025P	15	E. Zapata	01040014P	15	Margarita
01040026P	15	E. Zapata	01040028P	16	Margarita
01040092P	14	Casasano	01040029P	17	Margarita
01040113P	15	Casasano	01040030P	17	Margarita
01040114P	15	Casasano	01040031P	22	Margarita
01040116P	19	Casasano	01040032P	16	Margarita
01040117P	21	Casasano	01040007P	14	Tala
01040118P	16	Casasano	01040010P	15	Tala
01040121P	21	Casasano	01040132P	19	Progreso

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Amaya Amaya J. (2005). "**Gerencia, Planeación & Estrategia**"
Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.
- 2) Porter, M. E. (2007). "**Estrategia Competitiva. México**". Grupo Editorial Patria.
- 3) Ramirez Padilla, D. N. (2008). "**Contabilidad Administrativa**". México, D.F. Mc Graw Hill.
- 4) Kendall, M. (1977) "**The Advanced Theory of Statistics**" Charles Griffin Company Limited, London High Wycombe, Vols. I-II.
- 5) Geary R.C, (1938) "**Test of Normality**" Journal Royal Statistics Society.
- 6) Geary R.C, (1935) "**Extension of A Theorem by Harald Cramer on the Frecuency Distribution of Quotient of Two Variables**" Journal Royal Statistics Society, 107,56.
- 7) Bowmann, K.O., (1973) "**Power of The Kurtosis Statistic, B2 In Test of Departure from Normality**" Biometrika, Vol. 60, p.p. 623-28.