

Definición de estándares utilizando la teoría seis sigma en el manejo del cultivo de la caña de azúcar.

Autotes.- M.A. Benjamín García Rosas¹, M.A. Bolívar Edgardo López Ortega², M.A. Jorge Ramírez Juárez², M.A. Adolfo Fernández Torres², Dr. Antonio Pérez Pacheco¹.

RESUMEN.

Apoyos económicos y tecnología; dos puntos fundamentales para el desarrollo de nuestros productores agrícolas, pero en que medida deberán de llegar y que indicadores me permitirán definir; el grado de recursos y la capacidad de las nuevas tecnologías, en función de la premisa. Manejo eficiente de los recursos en la producción agrícola. La presente investigación desarrolla la teoría seis sigma, como instrumento de gestión en función de parámetros que nos permitan tener una referencia de uso y manejo óptimo de recursos, así como proyectar un rango de mejora; el área de estudio corresponde al municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, tomando como referencia explotaciones de 10 a 5 hectáreas con cosecha manual tipo corte y carga.

Los parámetros estadísticos calculados fueron la media y la desviación estándar de la población, la variación se describió mediante un diagrama de Pareto, y se calcularon el número de desviaciones estándar que había a cada lado de la curva normal, para analizar el desplazamiento de la curva de acuerdo a niveles Cpk, se realizó un cálculo del área bajo la curva normal, considerando suficiente recorrer la curva una área de 1% en promedio, analizando de acuerdo a la fórmula Cpk el factor de variación en relación de la media para alcanzar niveles seis sigma.

Se obtuvieron estándares sobre los cuales hay que trabajar en un modelo de gestión para hacer más eficiente el manejo del cultivo, el desplazar 0.24σ la curva hacia la izquierda o hacia la derecha define un nivel de mejora dentro de la curva de 1%, se ha determinado que para obtener valores Cpk de 1.5, lo que significa, tener niveles de seis sigma la variabilidad debe ser 0.166666667 puntos de la media.

¹ Académico, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana Zona 3 Veracruz México

² Profesor Investigador, I.I.E.S.C.A. Universidad Veracruzana, Xalapa Veracruz Mexico.

INTRODUCCIÓN.

Seis Sigma, es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque de eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de eficiencia. Por ejemplo la reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, y algo muy importante, efectos significativos en el desempeño financiero de la organización.

El cambio en la utilización de Seis Sigma implica sustituir el modelo mecanicista en donde se asignan actividades, insumos y tecnología por un modelo de mejora continua en busca de la eficiencia en el manejo de los recursos fijando metas concretas llamadas niveles sigma.

Sigma (σ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos. Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio y; por tanto, fijados los límites de especificación por el cliente superior e inferior respecto al valor central objetivo. Cuanto menor sea sigma, menor será el número de valores fuera de especificaciones, y por tanto el número de defectos.

Uno de los principales objetivos del presente trabajo es medir las actividades productivas e insumos en el manejo del cultivo de caña de azúcar en el municipio de Amatlán de los Reyes, para definir los niveles sigma que sirvan como indicadores de eficiencia financiera y de parámetros de referencia para el desarrollo de nuevas tecnologías.

METODOLOGÍA.

ÁREA DE ESTUDIO.



Figura. Municipio de Amatlan de los Reyes.

Cuadro. Datos geograficos del municipio de Amatlan de los Reyes.

Cabecera municipal:	Amatlán de los Reyes
Región:	Las Grandes Montañas
Latitud norte:	18° 51'
Longitud oeste:	96° 55'
Altitud:	720.00
Superficie:	148.88 km ²
Porcentaje del total estatal:	0.0020%

Fuente: Oficina del programa de gobierno. 2002. Gobierno del estado de Veracruz Municipio de Amatlán de los Reyes.

DEFINIR.

Identificación de los procesos clave del manejo del cultivo de caña de azúcar; definición de los procesos productivos y valoración monetaria.

a) La muestra.

Se ha definido una muestra homogénea de parcelas de 10 a 5 hectáreas de temporal bajo el área de influencia del municipio de Amatlán de los reyes con cosecha manual tipo corte y carga de tal forma que el estudio sea tomado como el manejo mas simple del cultivo actualmente.

b) Diseño de encuestas.

Con una encuesta dirigida obtenemos información que nos permita conocer los procesos, esto es cada una de las actividades desarrolladas dentro de la explotación; tiempos, equipos, materiales, insumos, mano de obra, etc.

c) Aplicación de las encuestas.

Se realiza una encuesta por cada productor (cien en total), a contestar mediante una entrevista dirigida. La duración ronda en torno a las tres semanas.

d) Selección y validación de la muestra representativa.

El gran número de regiones que conforman el agro ecosistema cañero de la zona centro del estado de Veracruz hace que tengamos que seleccionar una muestra representativa de la población total, que se habrá de validar de acuerdo a los fines y alcances estimados para la aplicación de la metodología de gestión seis sigma, es decir tener en cuenta los elementos mas simples y de uso generalizado en el manejo del cultivo (op. cit).

CARACTERIZACIÓN.

Caracterizar el comportamiento del proceso mediante un diagrama de flujo, caracterización de las variables del proceso.

a) Gestión de la información con apoyo de software (Microsoft Excel[®]).

Todo el volumen de información obtenido con los cuestionarios deberá ser convenientemente analizado e interpretado. Para ello es conveniente agrupar las variables por campos y códigos previamente establecidos en los cuestionarios, de manera que permita su tratamiento e interpretación estadística con apoyo de algún software estadístico informático.

b) Identificación de las variables de mayor importancia en el proceso mediante el diagrama de Pareto.

Para el análisis de las causas de variabilidad se pueden emplear numerosas técnicas. Las más habituales son: análisis de flujo de procesos, estratificación de información, principio de Pareto, diagramas de afinidad y relaciones, histogramas, análisis de capacidades de procesos y otras técnicas estadísticas simples. Como resultado de la aplicación de estas técnicas, se identifican las causas clave sobre las que se debe actuar.

c) Retroalimentación.

Poco valor tendrán los logros conseguidos con la aplicación de nuestro modelo en beneficio de la orientación de nuestra formación, si creemos que con su valoración ya hemos conseguido el éxito, aún resta verificar teóricamente la veracidad de los contenidos (op. cit.).

OPTIMIZACIÓN.

Analizar estadísticamente los datos para establecer parámetros de mejora seis sigma, partiendo del hecho inherente que en todo proceso en donde se obtiene un producto tangible, existen variaciones en las características de los productos derivados del proceso de obtención de los mismos. En estos medios, el Origen de las variaciones se clasifican en dos; las causas de variación inherentes al proceso mismo o a causas comunes dentro del sistema y que solo pueden ser afectadas si se hacen cambios al sistema, por ejemplo selección de insumos, maquinaria, herramientas, cultura, tradiciones y por otro lado las causas especiales que se presentan como incidentes en ciertos momentos y bajo circunstancia, que dan como resultado una variabilidad significativa (op. cit.)

a) Cálculo de la media y la desviación estándar para crear la curva normal de cada una de las variables más significativas en el proceso productivo.

Creación de la curva normal para cada una de las variables de acuerdo a la fórmula

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

μ media	$\pi = 3,1415\dots$
σ desv. típica	$e = 2,7182\dots$
σ^2 varianza	X abscisa

b) Establecimiento de límites.

Con la fórmula:

$$A = m_0 \left(t_0^5 b_5 - t_0^4 b_4 + t_0^3 b_3 - t_0^2 b_2 + t_0 + b_1 \right)$$

Donde:

$$m_0 = 0.39894228 * 2.71828183^{-\frac{z^2}{2}} \quad t_0 = \frac{1}{1 + p_0 z}$$

$$p_0 = 0.23164190 \quad b_2 = 0.35656378 \quad b_4 = 1.82125598$$

$$b_1 = 0.31938153 \quad b_3 = 1.78147794 \quad b_5 = 1.33027443$$

INTEGRACIÓN.

Estandarizar mediante la medida seis sigma los parámetros de calidad en el manejo del proceso productivo, Seis Sigma nos ayuda a conocer y comprender nuestros procesos, de tal manera que podamos modificarlos al punto de reducir el desperdicio generado en ellos. Esto se verá reflejado en la reducción de los costos de hacer las cosas, asegurándonos de la eficiencia en el manejo de los recursos sin tener que reducir nuestras ganancias o sin tener que reducir los costos de hacer bien las cosas, si no mediante la eliminación de los costos asociados con los errores o desperdicios o variación (op. cit.)

DEFINICIÓN DE VARIABLES.

Variables económicas que interfieren en el establecimiento del cultivo.

1. Subsuelo (X1) .- Variable independiente que representa la acción de aflojar la capa de suelo y crear una superficie propicia para la siembra.
2. Rastra (X2).- Variable independiente que representa la acción de homogenizar y desmenuzar la capa de suelo.
3. Surcado (X3).- Variable Independiente que representa la acción de elaborar una zanja propia para el acomodo de la semilla y de la alineación de la planta para su adecuado manejo, actividad económicamente importante que favorece el desarrollo de actividades encaminadas al manejo, eficiente y práctico de las actividades culturales.
4. Semilla (X4).- Variable Independiente la cual representa al material vegetal a utilizarse como detonador del desarrollo poblacional de individuos con características propias y adecuadas al agro ecosistema además de características agroindustriales favorables a los procesos y a rendimientos.

5. Mano de obra (X5).- Variable independiente que se refiere a la acción que se requiere del hombre para el desarrollo de las actividades.

Variables económicas que interfieren en el manejo en Soca.

6. Primera fertilización (X6).- Variable independiente que se representa la acción de aplicar nutrientes al cultivo con el objetivo de favorecer el desarrollo del planta.

7. Segunda fertilización (X7) .-

8. Destronque (X8) .- Variable independiente que representa la acción de recortar a ras de suelo la porción de caña que queda después de la cosecha.

9. Escarda (X9).- Variable independiente que representa la acción de crear un corte a la cepa después de la cosecha para alinear el hilo de plantación, arrancar fracciones dañadas de la cepa y favorecer el desarrollo radicular.

10. Aporque (X10).- Variable independiente que representa la acción de arrimar tierra a la cepa, favoreciendo la nutrición de la planta así como el agarre del sistema radicular.

Variables económicas que interfieren en manejo fitosanitario

11. Control manual de malezas (X11).- Variable independiente que representa la acción de evitar la competencia de material vegetal extraño al cultivo principal por medios físicos.

12. Control químico de malezas (X11) .- Variable independiente que representa la acción de evitar la competencia de material vegetal extraño al cultivo principal por medios químicos.

13. Control de plagas (X12) .- Variable independiente que representa la acción de eliminar o controlar organismos vivos que retardan o inhiben el desarrollo del cultivo o transmiten enfermedades.

14. Control de enfermedades (X13).- Variable independiente que representa la acción de eliminar o controlar organismos vivos (virus, hongos o bacterias) que retardan o inhiben el desarrollo del cultivo.

Variables económicas que interfieren la cosecha.

15. Cosecha manual (X14) .- Variable independiente que representa la acción de levantar el producto en el campo utilizando únicamente la fuerza humana.

16. Cosecha mecanizada (X14).- Variable independiente que representa la acción de levantar el producto en el campo utilizando equipo especializado para tal fin.

17. Cosecha semi-manual (X14) .- Variable independiente que representa la acción de levantar el producto en el campo utilizando la combinación de fuerza humana y equipo especializado.

18. Flete (X15).- Variable Independiente que se refiere al costo del transporte del producto del campo a la fábrica.

Variables económicas que interfieren costos fijos.

19. Riego (X16).- Variable independiente que representa la acción de incorporar agua al cultivo por medios no naturales.

20. Tipo de suelo (X17).- Variable independiente que representa el material base del sustento nutrimental y mecánico del cultivo.

21. Precio Renta terreno (X18).- Variable independiente que representa el costo de la tierra por el uso del espacio físico y de sus capacidades para el desarrollo del cultivo y su manejo.

22. Distancia a carretera federal (X19) .- Variable independiente que representa la ubicación estratégica con respecto a medios transitados de comunicación

Variable económica que expresa la eficiencia en el manejo del cultivo.

Rendimiento (Y).- Variable dependiente que representa el volumen de producción del cultivo en toneladas por hectárea.

Expresión.- $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{113}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19} \dots)$

CUESTIONARIO

Estudio Económico Explotación Tradicional de Caña de Azúcar

Encuesta a los productores y aplicación del Tratamiento-Sigema

Encuesta a productores

Preparación del Terreno									
Bjido		Maquinario (cantidad, tipo, uso, etc.)							
Sexo		Subarolo	Hombres/ha						3/ha
Edad		Rastras	Hombres/ha						3/ha
Superficie		Surcado	Hombres/ha						3/ha
Mazo de obra		Señilla	Toda/ha						3/Tod
Mazo de obra			Hombres/ha						3/ha
Fertilización		1ª							
Mazo de obra		1ª -	Hombres/ha			2ª -	Hombres/ha		
Cultivo									
Destroque		Productos	Hombres/ha			Productos	3/ha		
Escarda		Productos	Hombres/ha			Productos	3/ha		
Cultivo por que		Productos	Hombres/ha			Productos	3/ha		
Otro		Productos	Hombres/ha			Productos	3/ha		
Control Malezas Manual		Productos	Hombres/ha			Productos	Fecha		
Control Malezas Quím.		Litros	Hombres/ha			Litros	Fecha		
Mazo de obra		Productos	Hombres/ha			Productos	Fecha		
Riego		Tipo	Dosis			Fecha			
Mazo de obra		Hombres/ha							
Control de Plagas		Productos	Dosis			Fecha			
Mazo de obra		Hombres/ha							
Control de enfermedades		Productos	Dosis			Fecha			
Mazo de obra		Hombres/ha							
Colecta Manual		Hombres/ha							
Colecta Quím. Manual		Hombres/ha							
Colecta Mecanizada		Hombres/ha							
Costos	Flete	3000	Jornal	3000	Hrs/Ma	3000	3000		
Reembolso		Toda/ha							
Tipo de suelo .									
Costo Tierra .		3/ha.		Dis. Carr. Fed		lts			
Bacuno .									
Fecha .									

Abreviaturas. Ho - Hombre, Hr - Hora, Acc - Acomodación (acomodación sembrada)
 Ha - Hectárea, Maq - Maquina, L - Litros, Kg - Kilogramos
 Tod - Todelada, 3 - Peaca (MOL)

Observaciones

Figura. Forma de registro de encuesta.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

El manejo del cultivo de la caña de azúcar se ha centrado básicamente en cuatro procesos fundamentales; el control de malezas, la fertilización y el control de plagas y/o las enfermedades.

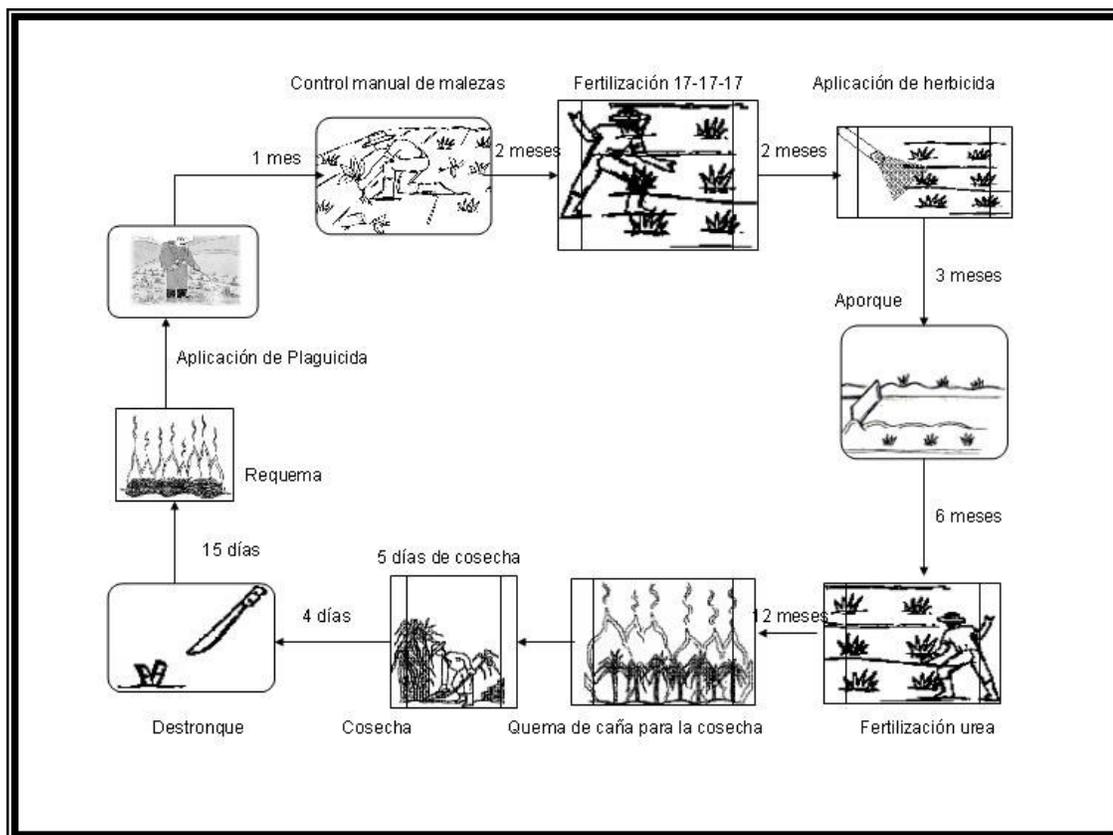


Figura. Diagrama de procesos en el manejo del cultivo de caña de azúcar

Se han dejado de realizar labores como el destronque y el deshierbe manual, que son las actividades que mayor demanda de mano de obra requieren figura 8.1.

El 85% del gasto lo acumulan las actividades de fertilización, cosecha, y fletes; otros gastos esta determinado mediante el porcentaje del costo de actividades que representan compromisos adquiridos ante el ingenio, además de cuotas de seguro y de apoyo a la agrupación campesina.

Cuadro. Costo promedio por hectárea y actividad.

Rubro	Costo promedio/ha.	% Participación	Acumulado
Fert. Triple 17	\$ 8,380.00	36.68%	36.68%
Cosecha	\$ 4,916.29	21.52%	58.20%
Otros Gastos	\$ 3,837.87	16.80%	75.00%
Flete	\$ 2,512.86	11.00%	85.99%
Fert. Urea	\$ 1,500.00	6.57%	92.56%
Herb. Hoja Angosta	\$ 490.80	2.15%	94.71%
Aplicación Herbicida	\$ 300.00	1.31%	96.02%
Aplicación plaguicida	\$ 300.00	1.31%	97.33%
Plaguicida	\$ 206.55	0.90%	98.24%
Fert. urea aplicación	\$ 150.00	0.66%	98.89%
Fert. triple 17 aplicación	\$ 148.00	0.65%	99.54%
Herb. Hoja Ancha	\$ 104.51	0.46%	100.00%
	\$ 22,846.88	100%	

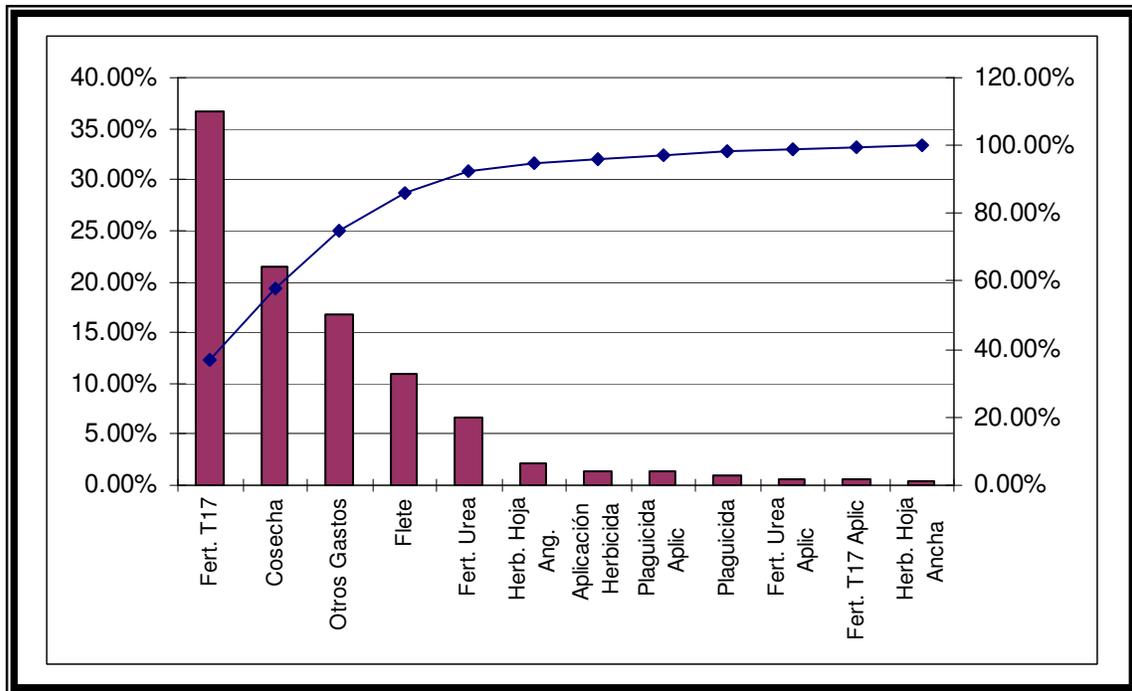


Figura. Diagrama de Pareto del costo promedio por hectárea y participación de cada actividad.

Las condiciones económicas y sociales, hacen el manejo del cultivo muy disperso, aunque se hayan elegido condiciones homogéneas, tal como se muestra en la cuadro 8.1 el 85% de la variación esta contenida en 2 rubros básicamente; fertilización y cosecha, todos los procesos están descentrados como lo demuestra el nivel de eficiencia Cpk que para el caso de un nivel de eficiencia este debe ser de 1.5; en el caso del la fertilización con triple 17, se observa una desviación estándar positiva muy alta, esto nos indica aplicaciones de dosis altas, lo contrario se observa el fertilizante urea cuadro 8.3, para el caso del nivel de eficiencia Cpk menor que 1 se están obteniendo 0.27 % de defectos.

Cuadro. Distribución de la desviación estándar del costo

Rubro	Desviación estándar	% Participación	% Acumulado
Fertilizante 17-17-17	\$ 4,047.15	45.70%	45.70%
Fertilizante Urea	\$ 2,435.01	27.50%	73.20%
Cosecha	\$ 629.69	7.11%	80.31%
Herbicida Hoja angosta	\$ 497.41	5.62%	85.93%
Otros gastos	\$ 491.57	5.55%	91.48%
Flete	\$ 321.85	3.63%	95.12%
Plaguicidas	\$ 155.33	1.75%	96.87%
Herbicida Hoja ancha	\$ 96.73	1.09%	97.96%
Herbicida mano de obra	\$ 60.03	0.68%	98.64%
Mano de obra plaguicidas	\$ 60.03	0.68%	99.32%
Mano de obra T17	\$ 31.40	0.35%	99.67%
Mano de obra Urea	\$ 29.06	0.33%	100.00%
	\$ 8,855.26		

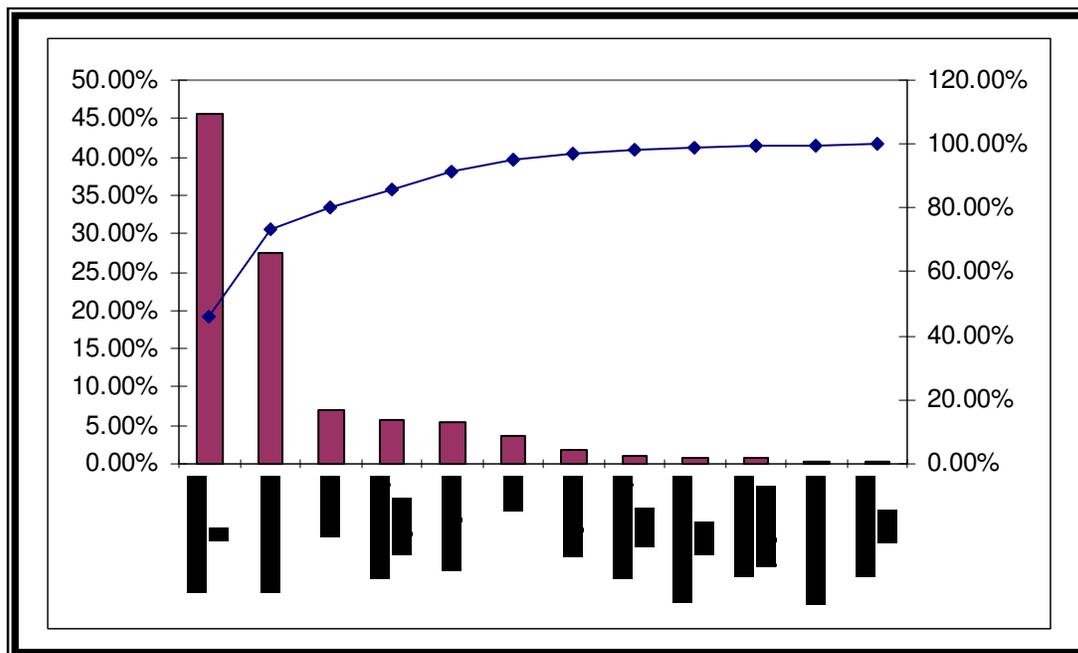


Figura. Diagrama de Pareto distribución porcentual de la desviación estándar.

Cuadro. Capacidad efectiva y desviaciones estándar a cada lado de la curva.

Rubro	Cpk	$-\sigma$	σ
Fertilizante triple 17	0.36	1.39	3.06
Fertilizante urea	0.07	2.67	1.44
Aplicación triple 17	0.51	1.66	7.90
Mano de obra urea	0.57	1.72	8.60
Herbicida hoja ancha	0.28	3.94	1.14
Herbicida hoja angosta	0.44	1.33	4.21
Aplicación Herbicida	0.56	1.67	8.33
Plaguicidas	0.16	2.85	2.17
Aplicación plaguicidas	0.56	1.67	8.33

AJUSTE DE LA VARIACIÓN PARA ALCANZAR NIVELES DE EFICIENCIA SIGMA.

Fertilización.

La fertilización con triple 17 para el cultivo de la caña de azúcar en la zona de estudio; presenta un costo promedio por hectárea de \$8,380.00, con una desviación estándar de \$4,047.15, dicha comportamiento se expresa en la figura 8.3. El limite inferior 1.39 y superior 3.06 denotan ineficiencia tal como lo indica el valor Cpk 0.36.

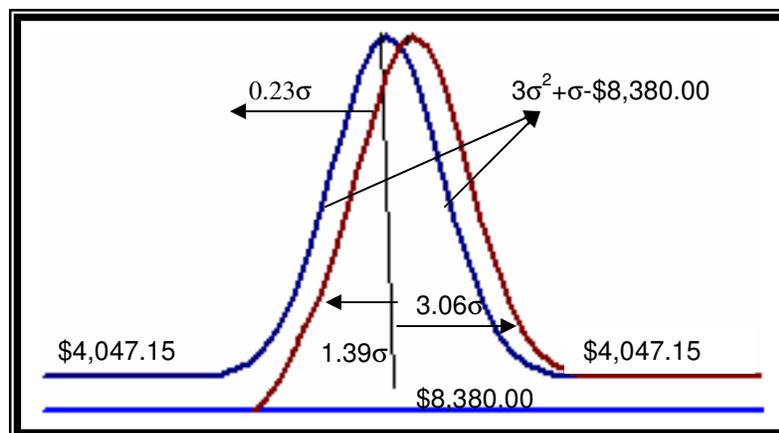


Figura. Comportamiento de la fertilización con triple 17.

Cuadro. Cálculo del área bajo la curva normal para el fertilizante triple 17.

p_0	z	t_0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.326132809	0.64984444	0.31938153	0.20754831	0.20754831
0.2316419	2.326132809	0.42229779	0.35656378	0.1505761	-0.1505761
0.2316419	2.326132809	0.27442787	1.78147794	0.4888872	0.4888872
0.2316419	2.326132809	0.17833543	1.82125598	0.32479446	-
					0.32479446
0.2316419	2.326132809	0.11589028	1.33027443	0.15416588	0.15416588
				Σ	0.37523083
m_0	0.026665479			Área	0.01000571

El área comprendida en el límite negativo, (cola izquierda) hacia donde deseamos desplazar la curva figura 8.1.1.2, para optimizar el proceso con el desarrollo de tecnología y/o la implementación de algún programa de mejora, representa un desplazamiento de 0.23σ , lo que en la curva significa un área de 1.00%, de acuerdo a la ecuación formulada $3\sigma^2 + \sigma - \$8,380.00$, para que el proceso este centrado de acuerdo a niveles seis sigma debe tener una variabilidad de 0.166666667 puntos de la media, así tenemos que para alcanzar niveles Cpk el proceso deberá tener una variabilidad de \$1,396.67.

La aplicación del fertilizante triple 17 presenta un costo promedio por hectárea de \$148.00, con una desviación estándar de \$31.40 figura.

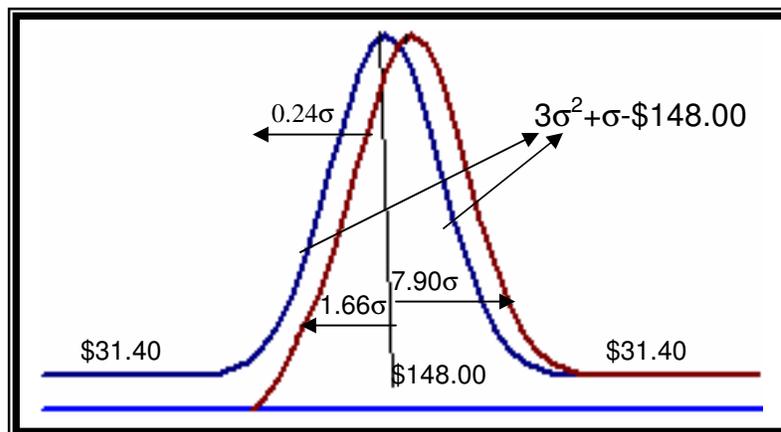


Figura. Comportamiento aplicación de fertilizante.

En este caso la curva se deberá desplazar en 0.24σ , representando un área en la curva de 0.92%, es decir en la innovación tecnológica y/o proceso, ésta tendrá una diferencia estadística significativa menor a 1%, de acuerdo a la expresión $3\sigma^2 + \sigma - \$148.00$, para obtener niveles seis sigma el proceso debe tener una variabilidad de 0.166666667 puntos de la media.

Cuadro. Cálculo del área bajo la curva normal, fertilización triple 17.

p_0	z	t_0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.356809109	0.64685742	0.31938153	0.20659431	0.20659431
0.2316419	2.356809109	0.41842452	0.35656378	0.14919503	-0.14919503
0.2316419	2.356809109	0.270661	1.78147794	0.48217661	0.48217661
0.2316419	2.356809109	0.17507908	1.82125598	0.31886382	-0.31886382
0.2316419	2.356809109	0.1132512	1.33027443	0.15065518	0.15065518
				Σ	0.37136725
m_0	0.024817329			Área	0.00921634

La fertilización con urea presenta un costo promedio por hectárea de \$1,500.00, con una desviación estándar de \$2,435.01, para el caso observamos una mayor concentración hacia la cola izquierda de la curva.

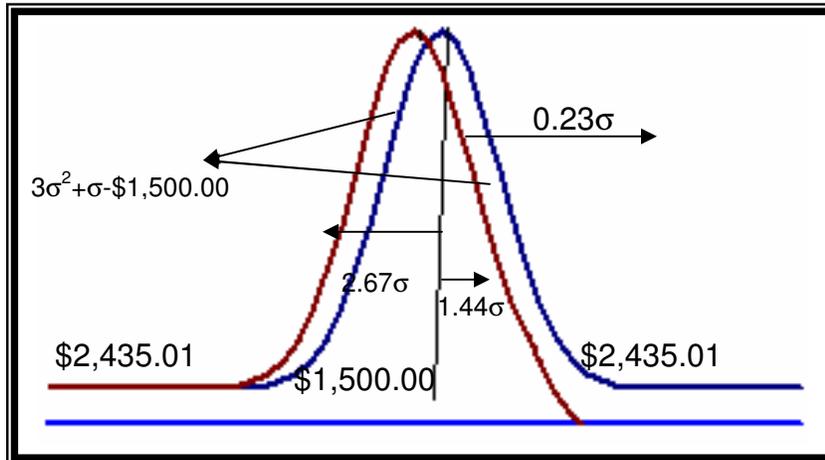


Figura. Comportamiento del fertilizante Urea.

Cuadro. Cálculo del área bajo la curva normal el fertilizante urea.

p_0	z	t_0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.328118079	0.64965029	0.31938153	0.2074863	0.2074863
0.2316419	2.328118079	0.4220455	0.35656378	0.15048614	-0.15048614
0.2316419	2.328118079	0.27418198	1.78147794	0.48844916	0.48844916
0.2316419	2.328118079	0.17812241	1.82125598	0.3244065	-0.3244065
0.2316419	2.328118079	0.11571727	1.33027443	0.15393573	0.15393573
				Σ	0.37497855
m_0	0.02654257			Área	0.00995289

Desplazar 0.23σ a la derecha significa el 1.00% del área en la curva pero en este caso; deberá ser en el sentido de promover el uso de las dosis recomendadas, o en su caso desarrollar una fuente mas económica pero que promueva su uso intensivo. De acuerdo a la expresión $3\sigma^2 + \sigma - \$1,500.00$ la variabilidad para obtener niveles seis sigma, debe ser en 0.166666667 puntos de la media.

La mano de obra en la aplicación de fertilizante urea en la caña de azúcar; presenta un costo promedio por hectárea de \$150.00, Con una desviación estándar de \$29.06 figura.

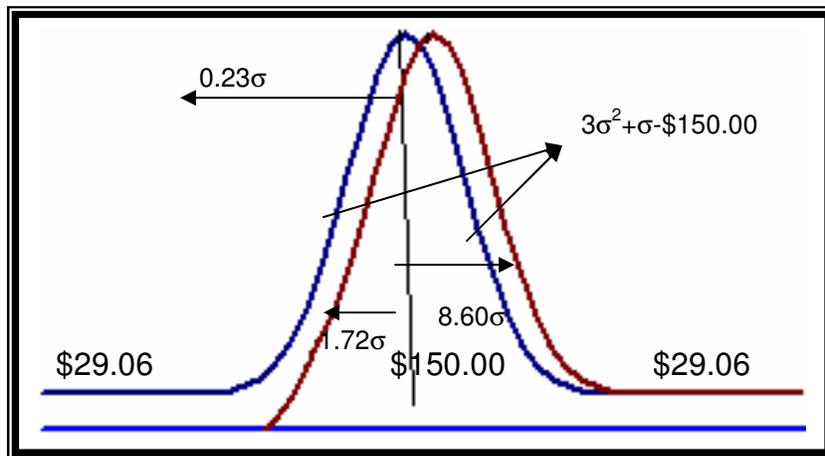


Figura. Comportamiento aplicación de fertilizante Urea.

Cuadro. Cálculo del área bajo la curva normal para la aplicación del fertilizante urea.

p_0	z	t_0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.343481721	0.64815175	0.31938153	0.2070077	0.2070077
0.2316419	2.343481721	0.4201007	0.35656378	0.14979269	-0.14979269
0.2316419	2.343481721	0.272289	1.78147794	0.48507685	0.48507685
0.2316419	2.343481721	0.1764846	1.82125598	0.32142362	-0.32142362
0.2316419	2.343481721	0.1143888	1.33027443	0.1521685	0.1521685
				Σ	0.37303673
m_0	0.025606941			Área	0.00955233

El área comprendida en el límite negativo (cola izquierda), hacia donde deseamos desplazar la curva, representa 0.23σ lo que en la curva significa un área de 0.96%, esto es en el manejo eficiente de los recursos, o en el desarrollo de una tecnología que sustituya la mano de obra con urea, ésta debe ser mas barata en 0.23σ y obtener diferencia estadística significativa en cuanto al costo del producto; de acuerdo a la expresión $3\sigma^2 + \sigma - \$150.00$, el nivel seis sigma se logra teniendo una variabilidad de 0.166666667 puntos de la media.

Malezas

El costo promedio por hectárea del control de malezas de hoja angosta en la zona de estudio; es de \$490.80, con una desviación estándar de \$497.41 dicho comportamiento se expresa en la figura.

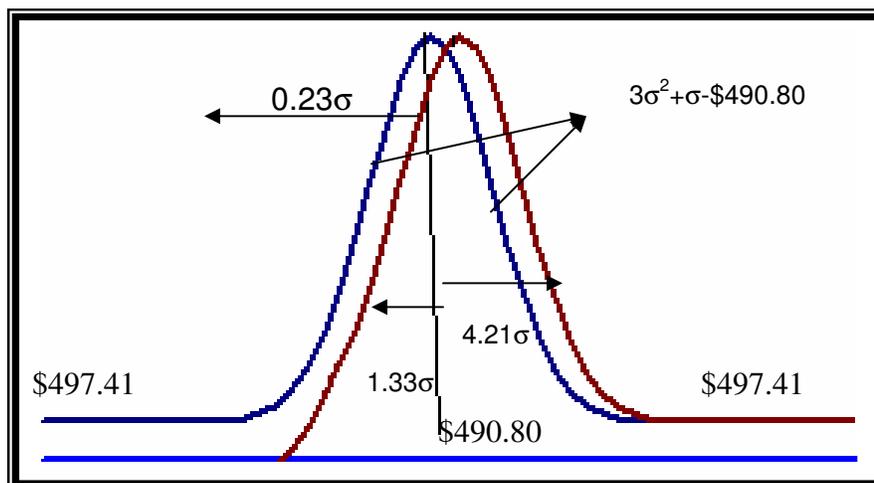


Figura. Comportamiento de herbicida para hoja angosta.

Cuadro. Cálculo del área bajo la curva normal, herbicida de hoja angosta..

p_0	z	t_0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.326059495	0.64985161	0.31938153	0.2075506	0.2075506
0.2316419	2.326059495	0.42230711	0.35656378	0.15057942	-0.15057942
0.2316419	2.326059495	0.27443696	1.78147794	0.48890338	0.48890338
0.2316419	2.326059495	0.1783433	1.82125598	0.3248088	-0.3248088
0.2316419	2.326059495	0.11589668	1.33027443	0.15417439	0.15417439
				Σ	0.37524016
m_0	0.026670027			Área	0.01000767

Lo niveles de Cpk denotan un desplazamiento hacia lo cola izquierda de la curva; desplazar la curva 0.23σ en la curva representa el área del 1.00%, esto es en el manejo eficiente del recurso, o en el desarrollo de una tecnología que sustituya el control de malezas de hoja angosta, debe ser mas barata en 0.23σ ; lo que significara tener una diferencia estadística altamente significativa del costo del producto o actividad. De acuerdo a la ecuación $3\sigma^2 + \sigma - \$490.80$; para obtener niveles seis sigma, la variación debe ser 0.166666667 puntos de la media.

El costo promedio por hectárea del control de malezas de hoja ancha en la zona de estudio es de \$104.51; con una desviación estándar de \$96.73 dicho comportamiento se expresa en la figura.

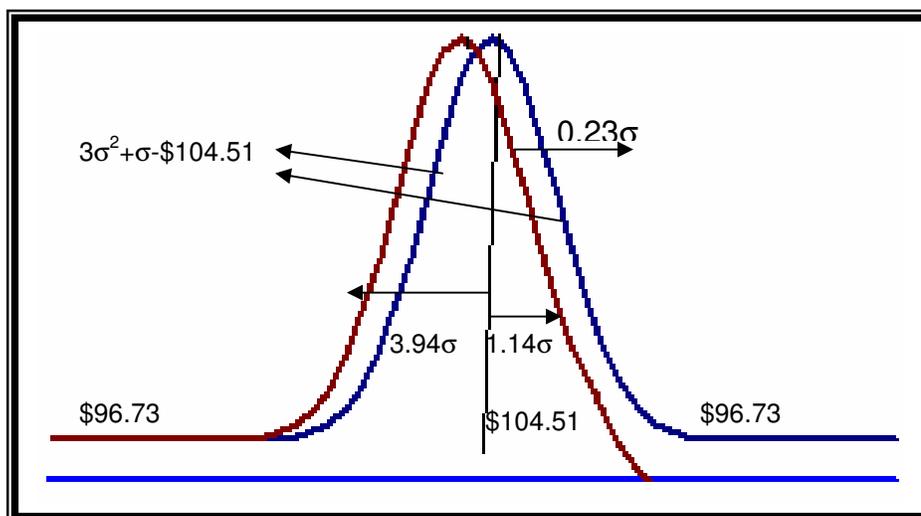


Figura. Comportamiento de herbicida hoja ancha.

Cuadro. Calculo del área bajo la curva normal herbicida de hoja ancha.

p_0	z	t_0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.326110647	0.6498466	0.31938153	0.207549	0.207549
0.2316419	2.326110647	0.42230061	0.35656378	0.1505771	-0.1505771
0.2316419	2.326110647	0.27443062	1.78147794	0.48889209	0.48889209
0.2316419	2.326110647	0.1783378	1.82125598	0.32479879	-0.32479879
0.2316419	2.326110647	0.11589222	1.33027443	0.15416845	0.15416845
				Σ	0.37523365
m_0	0.026666854			Área	0.0100063

Desplazar la curva 0.23σ ; representa desplazar la curva un área del 1.00%, esto es en el manejo eficiente del recurso, o en el desarrollo de una tecnología que sustituya el control de malezas de hoja ancha ésta debe ser mas barata en 0.23σ para obtener diferencia estadística significativa en cuanto al costo del producto. Los niveles seis sigma de acuerdo a la ecuación $3\sigma^2 + \sigma - \$104.51$, debe ser 0.166666667 puntos de la media.

El costo promedio por hectárea en la aplicación de herbicida en la zona de estudio es de \$300.00, con una desviación estándar de \$60.03, figura 8.9.

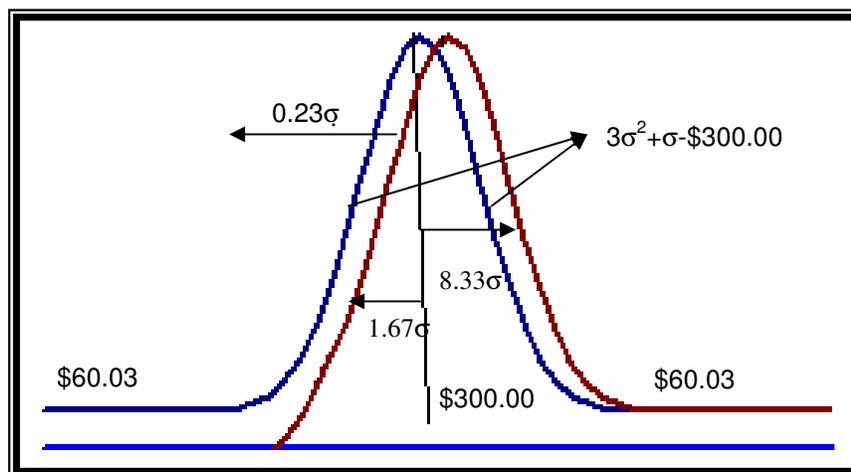


Figura. Comportamiento aplicación de herbicida.

Cuadro. Cálculo del área bajo la curva normal, aplicación de herbicida.

p0	z	t0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.348682366	0.64764606	0.31938153	0.20684619	0.20684619
0.2316419	2.348682366	0.41944542	0.35656378	0.14955904	-0.14955904
0.2316419	2.348682366	0.27165217	1.78147794	0.48394235	0.48394235
0.2316419	2.348682366	0.17593446	1.82125598	0.32042169	-0.32042169
0.2316419	2.348682366	0.11394326	1.33027443	0.1515758	0.1515758
				Σ	0.37238362
m_0	0.025296406			Área	0.00941997

El área comprendida en el límite negativo; hacia donde desplazaremos 0.23σ la curva, significa un área del 0.94%, esto es en el manejo eficiente de los recursos, o en el desarrollo de una tecnología que sustituya la mano de obra en el control de malezas, debe ser mas barata en 0.23σ , para obtener una diferencia estadística significativa en cuanto al costo de la mano de obra. De acuerdo a la expresión $3\sigma^2 + \sigma - \$300.00$, para obtener niveles seis sigma debe ser 0.16666667 puntos de la media

8.1.3 Plagas

El costo promedio por hectárea de uso de plaguicidas en la zona de estudio; es de \$206.55, con una desviación estándar de \$155.33, dicho comportamiento se expresa en la figura.

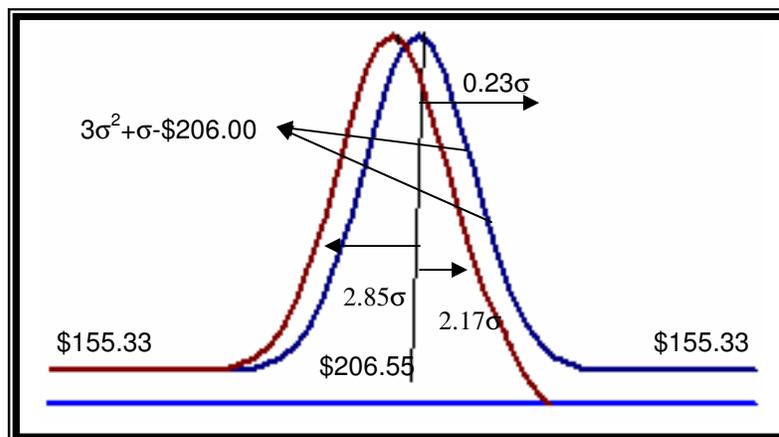


Figura. Comportamiento de plaguicida.

Cuadro. Calculo del área bajo la curva normal en el uso de plaguicidas.

p_0	z	t_0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.330584917	0.64940921	0.31938153	0.20740931	0.20740931
0.2316419	2.330584917	0.42173233	0.35656378	0.15037447	-0.15037447
0.2316419	2.330584917	0.27387686	1.78147794	0.48790559	0.48790559
0.2316419	2.330584917	0.17785816	1.82125598	0.32392523	-0.32392523
0.2316419	2.330584917	0.11550273	1.33027443	0.15365032	0.15365032
				Σ	0.37466551
m_0	0.02639049			Área	0.00988761

El área comprendida en el límite negativo de la curva hacia donde deseamos desplazar 0.23σ ; lo que en la curva significa un área del 0.99%, esto es en el manejo eficiente de los recursos, o en el desarrollo de una nueva tecnología debe ser 0.23σ por debajo de la media para así obtener diferencia estadística significativa. Para obtener niveles seis sigma de acuerdo a la expresión $3\sigma^2 + \sigma - \$206.55$, debe ser 0.166666667 puntos de la media,

El costo promedio por hectárea en la aplicación de plaguicidas en la zona de estudio es de \$300.00; con una desviación estándar de \$60.03 dicho comportamiento se expresa en la figura.

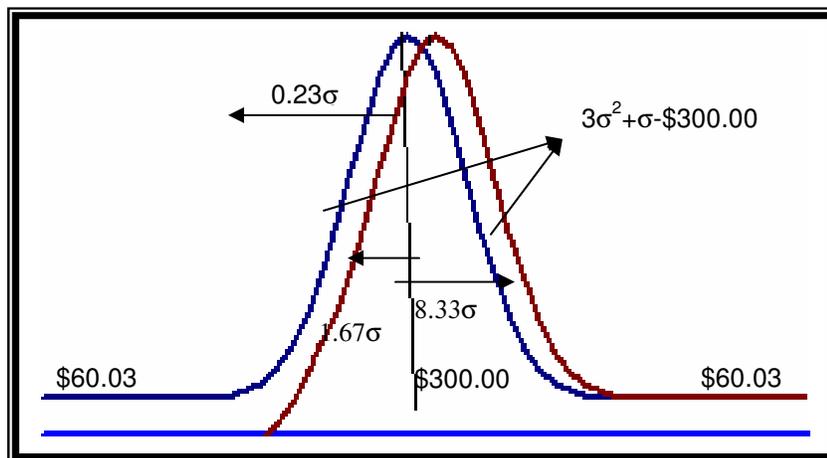


Figura. Comportamiento aplicación de plaguicida.

Cuadro. Calculo del área bajo la curva normal para la aplicación de plaguicida.

p_0	z	t_0	Constantes	Productos	
0.2316419	2.332025044	0.64926856	0.31938153	0.20736439	0.20736439
0.2316419	2.332025044	0.42154966	0.35656378	0.15030934	-0.15030934
0.2316419	2.332025044	0.27369894	1.78147794	0.48758862	0.48758862
0.2316419	2.332025044	0.17770412	1.82125598	0.32364468	-0.32364468
0.2316419	2.332025044	0.1153777	1.33027443	0.153484	0.153484
				Σ	0.37448298
m_0	0.026302036			Área	0.00984966

El área comprendida en el límite negativo, hacia donde desplazaremos la curva en 0.23σ , lo que en la curva representa un área del 0.98%, esto es en el manejo eficiente de los recursos, o en el desarrollo de una tecnología que sustituya la mano de obra en el control de malezas; debe ser mas barata en 0.23σ , para obtener una diferencia estadística significativa en cuanto al costo de la mano de obra. Para obtener niveles seis sigma de acuerdo a la expresión $3\sigma^2 + \sigma - \$300.00$, deben ser 0.166666667 puntos de la media

Costo total

El costo promedio es de \$22,723.51 por hectárea, con una desviación estándar de \$ 6,110.02 dicho comportamiento se expresa en la figura 8.12.

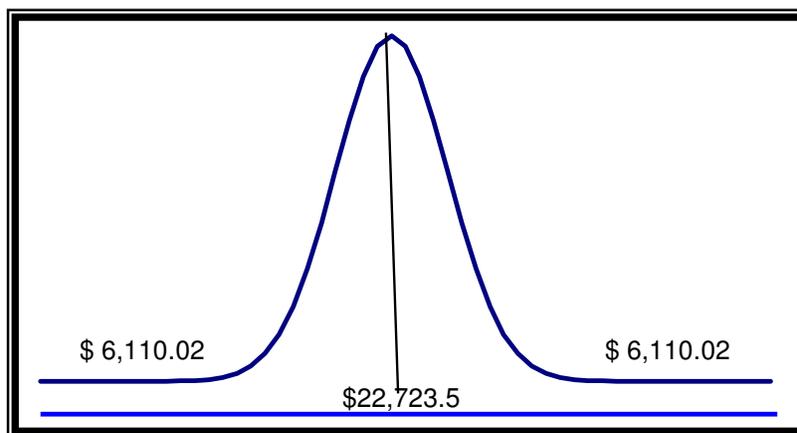


Figura. Comportamiento del costo total.

De acuerdo a la expresión; $3\sigma^2 + \sigma - \$29,522.05$ homogenizar el ingreso en 0.166666667 puntos de la media, para obtener cero sesgo, significara en tener niveles seis sigma .

Cuadro. Estandares obtenidos.

Rubro	Cpk	σ	p	Ecuación	Nivel 6σ
Fertilización T 17	0.36	0.23	0.01000571	$3\sigma^2 + \sigma - \$8,380.00$	0.166666667
Aplicación T 17	0.51	0.24	0.00921634	$3\sigma^2 + \sigma - \$148.00$	0.166666667
Fertilización Urea	0.07	0.23	0.00995289	$3\sigma^2 + \sigma - \$1500.00$	0.166666667
Aplicación Urea	0.57	0.23	0.00955233	$3\sigma^2 + \sigma - \$150.00$	0.166666667
Maleza Hoja Angosta	0.44	0.23	0.01000767	$3\sigma^2 + \sigma - \$490.80$	0.166666667
Maleza Hoja Ancha	0.28	0.23	0.0100063	$3\sigma^2 + \sigma - \$104.51$	0.166666667
Aplicación Herbicida	0.56	0.23	0.00941997	$3\sigma^2 + \sigma - \$300.00$	0.166666667
Plaguicida	0.16	0.23	0.00988761	$3\sigma^2 + \sigma - \$206.55$	0.166666667
Aplicación Plaguicida	0.56	0.23	0.00984966	$3\sigma^2 + \sigma - \$300.00$	0.166666667
Costo total		0.23	0.00997396	$3\sigma^2 + \sigma - \$22,723.5$	0.166666667
Rendimiento				$3\sigma^2 + \sigma - \$29,522.05$	0.166666667

IX CONCLUSIONES.

La metodología seis sigma ha basado su aplicación en el área industrial donde los procesos pueden ser calibrados, donde la variación es más pequeña, en el caso que nos ocupó el proceso de producción esta sujeto a mayor variación ya que la producción en un agro ecosistema interactúan un sin número de factores poco controlables, por lo que el desarrollo de los cálculos del área bajo la curva normal no se utilizó la curva normal estándar, sino que para cada caso se calculó el área propia de cada curva.

Se ha definido como un nivel de eficiencia o de desempeño sigma en el manejo de los recursos de 0.24σ es; decir en un proceso productivo para que el desempeño sea significativo en función de costo, éste debe ser menor al gasto ejercido en 0.24 desviaciones estándar o mayor.

Por otra parte se observó que para establecer niveles sigma; la variación promedio que debe existir en relación a la media, debe ser en 0.166666667 puntos de ésta.

En el caso del ingreso por concepto de la producción por hectárea; este presenta el mismo nivel de eficiencia en 0.24σ , por lo tanto cualquier mejora o tecnología incluida en el proceso productivo, ésta debe mejorar el ingreso en 0.24 veces su desviación estándar.

La metodología marca pautas para el desarrollo de nuevas tecnologías; para el caso que se presenta, no basta incorporar una nueva tecnología al proceso productivo, si no que debe tener niveles de eficiencia sigma; en cuanto al ahorro de recursos o en la generación de estos.

XI BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, D.A. 1997. La azada hace el azúcar. Revista cañaveral, vol. 2 No. 1 Enero – Marzo. La Habana. pp. 16 – 21.
2. Álvarez, D.A. 1999. Plantas indeseables: el segundo gran daño a los rendimientos agrícolas. Rev. cañaveral, vol. 5 No. 3. La Habana, Cuba. pp. 2 – 8.
3. Academia nacional de ciencias 1993. Plantas nocivas y como combatirlas, 2da. Edición revisada y ampliada. Vol. Editora Limusa. México. pp. 93 – 106.
4. Cariño G.R. 2002. Seis Sigma y la capacidad del proceso en proyectos, Tendencias tecnológicas. Boletín IIE México.
5. Castro, G.M. et. al. 2001. Producción Vegetal, Caña de azúcar, Tecnológico de Monterrey campus Querétaro.

<http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CCanalIndicedecultivo.htm#Ca%F1adeazucar>
6. Chinea, M.A. Rodríguez, L. E. Enfermedades de la Caña de azúcar 100 p.
7. Cock, M.J. 1995. Control biológico de malezas. FAO Roma. pp. 164 – 172.
8. Crespo, L.R. 1998. Manejo integral de los agrosistemas de la caña de azúcar. Folleto. Notas de la maestría en caña de azúcar. FCBA – UV. Córdoba, Veracruz. 151 p.
9. Cuéllar, A. I. A., R. Villegas, M. E. De León y H. Pérez., 2001. Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Ed. PUBLINICA, La Habana. 127 p.

10. Cuéllar, I.A., León, O.M.E., Gómez, R.A., Piñón, G.O., Villegas, D.R. y Santana, A.I., 2003. Caña de azúcar, paradigma de sostenibilidad. Ed. PUBLINICA. La Habana. 175 p.
11. Chowdhury, Subir. 2003. Six Sigma is evolving as the U.S. automotive industry's mantra to win the customer's heart on quality. Action LINE The Magazine of the Automotive Industry Action Group Jan/Feb 2003
12. De Jesús M., A. 1997. Avances en la Selección de Variedades en Ingenios del CAZE. Resumen de la ponencia presentada en la XX Convención Nacional de la ATAM. Veracruz, Ver.
13. ECC Año 1 No.13 Noviembre, 2001. El Poder de Seis Sigma. Ejecutivos en Consultoría y Capacitación®
14. Ferreiro O. 2003 Metodologías para el Control y Mejoramiento de Procesos. Universidad Alberto Hurtado, Santiago, Chile.

<http://www.dictuc.cl/ucyc/AulaVirtual/DGC09/Modulo11OF/M%C3%A9todos%20para%20el%20Control%20y%20Mejoramiento%20de%20Procesos.doc>
15. Flores, C.S. 1995 Agricultura Cañera. CNIAA. Propuesta de trabajo. Cytcaña México. 31 p.
16. García, ch. L.R. 1997. La agroindustria azucarera de México frente a la apertura comercial. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 7 – 27.
17. Garza, K.; Acosta E. 2004 despliegue de seis sigma para fortalecer la implementación de la norma internacional iso 9001.
<http://6sigma.mty.itesm.mx/Publicaciones/ISO6S.pdf>.

18. INEGI. 1996. Carta topográfica 1:50000. Córdoba E 14857. Aguascaliente, Ags. México.
19. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de azúcar (INICA). Ciudad de la Habana, Cuba, 1994.
20. IMPA. (1982). Informe técnico de la caña de azúcar. Región Balsas, México. pp. 27 – 42.
21. León, M. 2004. Seis sigma - hacia un nuevo paradigma en gestión. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/parrasiglefco.htm>.
22. Lopez G. 2002. Metodología 6 sigma calidad industrial. Universidad Autónoma de Baja California, México.
23. Márquez, G. Octubre 25 , 2001. El cambio: Mejora de la Productividad. Ejecutivos en Consultoría y Capacitación ®.
24. Martín, O.J.R.; G. Gálvez; R. De Armas; E. Espinoza; R. Vigoa y A. León. 1987. La caña de azúcar en Cuba. Ed. Científico-Técnica, La Habana. 612 p.
25. Mercado, R. E. y R. M. Marín 2000. El cultivo de caña de azúcar en los estados de Veracruz y Tabasco, situación actual y perspectivas. Foro SIGOLFO- PRODUCE Formulación de Proyectos Integrales para el Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola
26. Milanés, R. N. , Gómez, J. I., Castillo, M.A. Y Aguilar, R.N., 2003. Estimados, calidad y uso de los derivados de la caña de azúcar. FCBA-UV. Maestría caña de azúcar. Folleto 58 p.
27. Milanés, R. N. , Gómez, J. I., Castillo, M.A. Y Aguilar, R.N., 2003. Estimados, calidad y uso de los derivados de la caña de azúcar. FCBA-UV. Maestría caña de azúcar. Folleto 58 p.

28. Morales, M.D. (1983). Malas hierbas y su combate. IMPA, México. pp. 9 – 25.
29. Oficina del Programa de Gobierno. 2002 . Gobierno del Estado de Veracruz - municipio de Amatlán de los Reyes. <http://www.amatlandelosreyes.gob.mx/>.
30. Ordoñez, B.P. 2000. Estudio de las malezas en diferentes ambientes de la caña de azúcar (saccharum spp) en el Ingenio San Miguelito, Veracruz, México. Tesis que para obtener el grado de maestro en ciencias. FCBA – UV. Córdoba, Veracruz. 123 p.
31. Reyes, A. P. 2002. Manufactura delgada (lean) y seis sigma en empresas mexicanas: Experiencias y reflexiones. Revista contaduría y administración N°. 205, abril - junio 2002.
- <http://www.ejournal.unam.mx/rca/205/RCA20505.pdf>.
32. Shenk, M.D. 1979. Weed. Control program progress report . Oregon state University /CATIE Turrialba Costa Rica. 127 p.
33. Steding, P. E. Calidad mediante diseño. Action line the magazine of the automotive industry. Action Group Mayo 1998.
34. Xavier Tort-Martorell Llabrés. 2003. Seis sigma: Un modelo que basa las decisiones en datos. 27 congreso nacional de estadística en investigación operativa. Lleida 8 – 11 de abril 2003. España.
35. Zaragoza, c. 1999. Comité de prevención de resistencia a herbicidas. Servicio de protección vegetal. Alcalde Rovira. Madrid, España.