

INTEGRACION DEL STATGRAPHICS *PLUS* EN UN PROGRAMA SEIS SIGMA

MANUGISTICS, INC.
2115 EAST JEFFERSON STREET
ROCKVILLE, MD 20876

INTEGRACION DEL STATGRAPHICS *PLUS* EN UN PROGRAMA SEIS SIGMA

Introducción

Este documento explica como integrando las herramientas estadísticas del STATGRAPHICS *Plus* en un programa Seis Sigma se pueden ofrecer beneficios constantes en toda una empresa. Empezando con una breve descripción de la filosofía Seis Sigma, para luego enfocarse en cómo las herramientas analíticas y reporteadoras del STATGRAPHICS *Plus* pueden ser usadas para implementar componentes básicos con el enfoque Seis Sigma.

En que consiste la filosofía Seis Sigma?

El concepto de calidad "Seis Sigma" se inició en los 80s por Motorola en respuesta ala creciente ola de competencia global. Después de un análisis detallado de sus operaciones comerciales, Motorola adoptó una serie de procesos encaminados a reducir el tiempo requerido para llevar un producto desde su concepción hasta su manufactura, reduciendo simultáneamente los defectos de los productos distribuido a sus clientes.

Desde entonces el enfoque Seis Sigma se ha vuelto una estrategia gerencial ampliamente usada para iniciar una revisión global de todos los procesos que lleva a cabo una empresa para crear, comercializar y dar soporte a sus productos. Una regla práctica es que un proceso promedio opera a un nivel de tres-sigmas; el mejor en su clase a seis sigmas. Generalmente, el objetivo principal es que los productos y procesos experimenten solo 3.4 defectos por cada millón de casos.

Los beneficios de un programa Seis Sigma exitoso son muchos: ahorro en los costos, mejor productividad, mejores tiempos en ciclos de producción, reducción en errores y eliminación de trabajo innecesario. Mejores procesos conllevan a un crecimiento óptimo, incremento en márgenes de operación y reducción de capital de trabajo y de gastos.

Implementando Seis Sigma

Desde la perspectiva del STATGRAPHICS *Plus*, implementar un programa Seis Sigma significa dar a los empleados de una compañía las herramientas estadísticas disponibles más poderosas para lograr sus metas. Estas herramientas deben servir como guía para mejorar procesos al identificar tendencias que se alejen de los estándares de calidad establecidos así como guardar información de los procesos para futuras referencias.

Una compañía comprometida a un programa de calidad Seis Sigma debe poner en práctica un programa intensivo de capacitación a su personal y ejecutivos. En retorno, esta gente aprende a (1) organizar y dirigir efectivamente el despliegue del programa, y (2) implementar y usar las herramientas estadísticas en sus esfuerzos para el mejoramiento del negocio.

Herramientas Estadísticas del STATGRAPHICS Plus

Uno de los objetivos de este documento es ilustrar el impacto que se puede tener dentro de una organización al usar el STATGRAPHICS Plus. La capacitación en Seis Sigma incluye enseñar a los empleados el cómo herramientas de estadística son combinadas y secuenciadas para formar procesos metódicos y repetitivos

que resuelvan problemas vitales de manufactura, ingeniería y administración. Estas herramientas deben ayudar a los usuarios a entender mejor la estadística descriptiva y la relación entre diferentes variables.

Desde su desarrollo a inicios de los 1980s, STATGRAPHICS *Plus* se ha concentrado en ofrecer herramientas estadísticas que puedan ser usadas tanto para (1) diseñar calidad en los productos y (2) asegurar que calidad aceptable se mantenga a través del proceso de producción. Este enfoque se ajusta perfectamente con el mandato global de Seis Sigma de entender a conciencia tanto su filosofía, así como la teoría, las técnicas, la estrategia y las herramientas de aplicación.

STATGRAPHICS *Plus* es una de las pocas aplicaciones de software que es lo suficientemente flexible para ofrecer su acceso a prácticamente todos los empleados de una compañía, pero, a su vez, asegurando que modelos estadísticos de alto nivel estén disponibles para resolver asuntos y cálculos complejos. Es un paquete de software estadístico que sirve a un rango de usuarios desde operadores de máquinas, y supervisores de piso hasta ingenieros industriales y de procesos.

Para poder ofrecer esta amplia funcionalidad, STATGRAPHICS *Plus* incorpora las siguientes características exclusivas:

StatWizard -- Herramienta que guía a usuarios nuevos o esporádicos desde el proceso de creación de un análisis, pasando por la manipulación de datos y hasta la selección de las diferentes opciones de análisis.

StatAdvisor -- Concepto que ofrece una explicación concreta y fácil de entender para poder interpretar los reportes y las gráficas generadas en un análisis estadístico.

StatFolios -- Es el mecanismo principal dentro del STATGRAPHICS *Plus* para guardar información acerca de los análisis y sus datos de referencia. Es una mejor alternativa que el lenguaje de macros, este menú se enfoca a permitir a los usuarios a guardar un análisis en particular o una combinación de análisis que pueden comprender cálculos de alta complejidad.

StatGallery -- Una Herramienta especial para la generación y archivo de reportes. Hasta nueve cuadros de texto y gráficas pueden ser acomodados en una sola página. Una opción de sobreposición permite a los usuarios el crear gráficas compuestas. Esto es ideal para comparar datos de mes a mes o de año a año.

StatReporter -- Herramienta reporteadora accesible desde dentro de una sesión del STATGRAPHICS *Plus*. Los usuarios pueden combinar tablas, gráficos y sus propias notas en un reporte personalizado. Usando la opción Paste-Link, la información del StatReporter se actualiza cada vez que se actualiza el análisis ligado.

Estos conceptos, junto con otros, logran una nueva forma de pensar acerca de completar tareas rápida y eficientemente. Pudiendo ser una fuerza poderosa en la toma de decisiones o de motivación en los empleados.

Las siguientes secciones explican y muestran ejemplos de como diferentes análisis soportan los múltiples aspectos de los objetivos en la implementación de Seis Sigma: métodos de monitoreo, control y mejoramiento de un proceso mediante análisis estadísticos.

Midiendo el Proceso

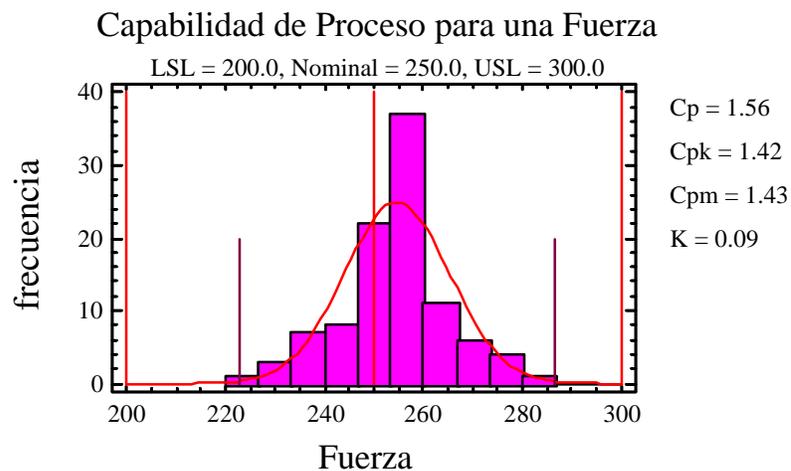
La mayoría de los productos fabricados hoy día son producidos usando límites de especificación establecidos, los cuales aseguran que el proceso esta produciendo un producto de calidad. El Análisis de Capacidad, basado en una muestra de datos, estima el porcentaje del producto que cumple los límites de especificación y calcula varios índices de capacidad que resumen lo comprendido en el *criterio de defectos por millón*.

Debido a que no todos los datos vienen de una distribución normal, STATGRAPHICS *Plus* incluye varias pruebas de normalidad. El análisis se puede basar en otras siete distribuciones poblacionales o puede calcular índices de capacidad no-normales usando una curva de Pearson.

Un Gráfico de Capacidad es la mejor manera de ilustrar el análisis, el cual se muestra en la figura abajo (ilustración de un proceso capábil). El Gráfico de Capacidad compara el comportamiento del producto observado con las especificaciones establecidas al ajustar una distribución a una muestra de datos y entonces estimar varios índices de capacidad. Los índices se etiquetan como Cp, Cpk, etc. o Pp, Ppk, etc. La distribución ajustada da estimados del porcentaje del producto que este fuera de especificaciones durante a través del tiempo.

Un estudio del proceso de capacidad usualmente mide parámetros funcionales en el producto y no en el proceso mismo. Cuando el proceso puede ser observado directamente, y la captura de datos controlada o monitoreada, el estudio es un estudio real de capacidad de proceso. Al controlar la captura de datos, y conociendo su secuencia, se pueden dar conclusiones acerca de la estabilidad del proceso a través del tiempo.

Otras herramientas para hacer un estudio de capacidad son los histogramas o gráficos de probabilidad, las gráficas de control y el diseño de experimentos, todos disponibles en el STATGRAPHICS *Plus*.



```

Data variable: strength

Distribution: Normal
  sample size = 100
  mean = 254.64
  standard deviation = 10.6823

6.0 Sigma Limits
  +3.0 sigma = 286.687
  mean = 254.64
  -3.0 sigma = 222.593
    
```

Specifications	Observed Beyond Spec.	Z-Score	Estimated Beyond Spec.	Defects Per Million
USL = 300.0	0.000000%	4.25	0.001087%	10.87
Nominal = 250.0				
LSL = 200.0	0.000000%	-5.12	0.000016%	0.16
Total	0.000000%		0.001103%	11.03

La tabla anterior muestra un proceso que opera de cierto modo por arriba del nivel Seis Sigma de 3.4 defectos por millón. Si el proceso puede ser re-centrado de tal forma que el valor superior del valor Z se incremente por arriba de 4.5, entonces el objetivo puede ser alcanzado.

Límites de Tolerancia Estadísticos

A menudo es necesario usar información de un estudio de capacidad para definir las especificaciones de partes discretas o componentes que interactúan con otros componentes para formar el producto final. Los ingenieros quieren saber que tipo de límites pueden ser alcanzados dado una muestra de datos. Los límites de tolerancia estadísticos muestran el intervalo estimado dentro del cual cae un porcentaje especificado de productos. Comparando estos límites con los límites de especificación se indica la cantidad de mejoramiento que se necesita en el proceso.

```
Normal Tolerance Limits for strength

Normal distribution
  Sample size = 100
  Mean = 254.64
  Sigma = 10.6823

Specifications
  USL = 300.0
  Nominal = 250.0
  LSL = 200.0

95.0% tolerance interval for 99.9997% of the population
  Xbar +/- 5.13114 sigma
  Upper: 309.452
  Lower: 199.828
```

Gráficas de Control

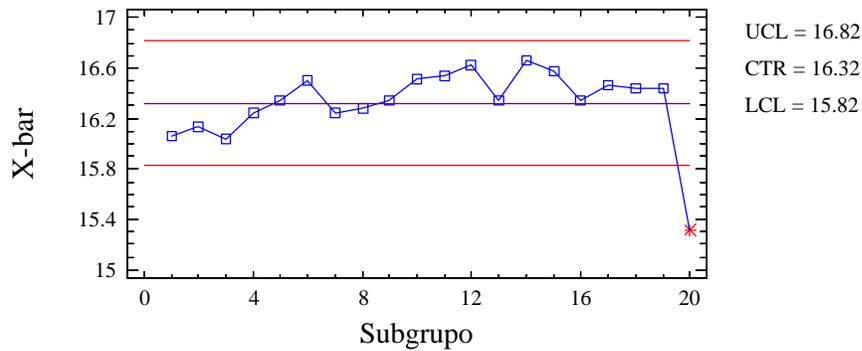
Los fabricantes saben que es imposible inspeccionar o analizar la calidad por dentro del producto; el producto debe ser hecho correctamente la primera vez. El proceso de manufactura debe ser estable y todos los individuos involucrados deben continuamente tratar de mejorar la operación del proceso y reducir su variabilidad. Las gráficas de control son la forma más sencilla y fácil de lograrlo.

Una gráfica de control típica es un gráfico de estadísticas calculadas de una muestra de datos tomadas de un proceso vs el tiempo. Una línea central y uno o dos límites de control se usan para señalar un comportamiento fuera de control. STATGRAPHICS *Plus* distingue entre dos escenarios: *estudio inicial* usado para determinar si el proceso está en control sin haber especificado algún valor óptimo para el proceso y *estudios de control vs standard* usado para determinar si el proceso es consistente con lo observado previamente o con un comportamiento deseado, al graficar los datos contra límites de control preestablecidos.

Gráficas de Control para Variables se usan para analizar datos de medición e incluir gráficos X-media y R, gráficos X-media y S, gráficos X-media y S-Cuadrada, y gráficos de valores individuales usados para analizar datos cuando solo un concepto es muestreado.

Gráficas de Control para Atributos se usan para analizar artículos clasificados de acuerdo a características que no pueden ser medidas e incluyen las gráficas p , np , u y c .

Gráfico X-bar para cereal



Para situaciones en el que el proceso varía solo un poco de su nivel normal, el STATGRAPHICS *Plus* ofrece *gráficas de control ponderadas por el tiempo* que toman en cuenta el pasado histórico del proceso cuando determinan si el proceso está fuera de control. Las gráficas de control ponderadas por el tiempo incluyen los siguientes gráficos Promedios Móviles, PMPE (EWMA), CuSum (Máscara V y H-K), así como gráficos de valores individuales para cada uno de ellos.

STATGRAPHICS *Plus* permite realizar mejoras a todas sus gráficas de control. Por ejemplo, se pueden agregar límites de advertencia como una señal de aviso que fluctuaciones están ocurriendo en un proceso, o suavizadores de promedios-móviles que se agregan para estimar tendencias fundamentales.

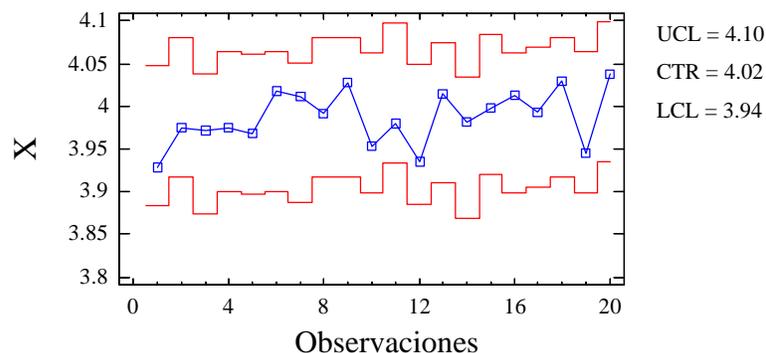
Gráficas de Control con Propósito Específico

Cuando las gráficas de control se usan para determinar la aceptación o el rechazo de un producto, tanto los límites de especificación y los límites de control modificados pueden necesitarse para mantener las medidas de calidad del fabricante y del consumidor.

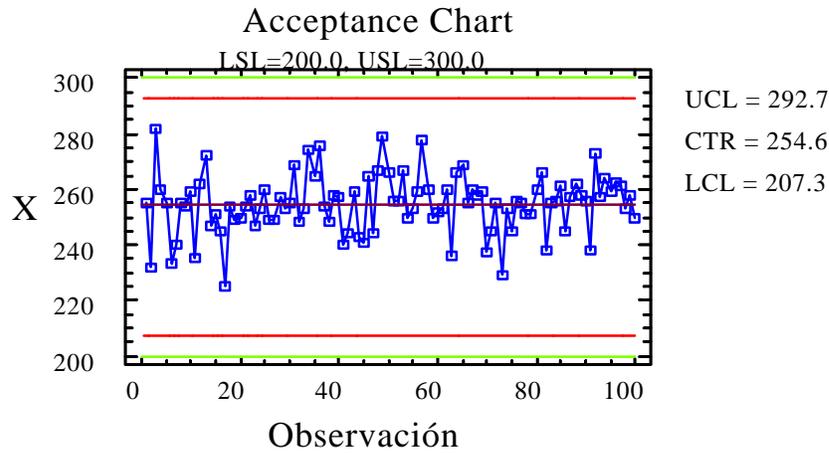
STATGRAPHICS *Plus* contiene tres gráficas de propósito específico: ARIMA, Toolwear y Gráficas de Aceptación. Están disponibles dos versiones para cada gráfica, una para situaciones que miden más de un parámetro a la vez y otra para datos individuales.

Por ejemplo, los límites de control móviles pueden auxiliar a el proceso en la dirección apropiada:

Gráfica ARIMA para componentes



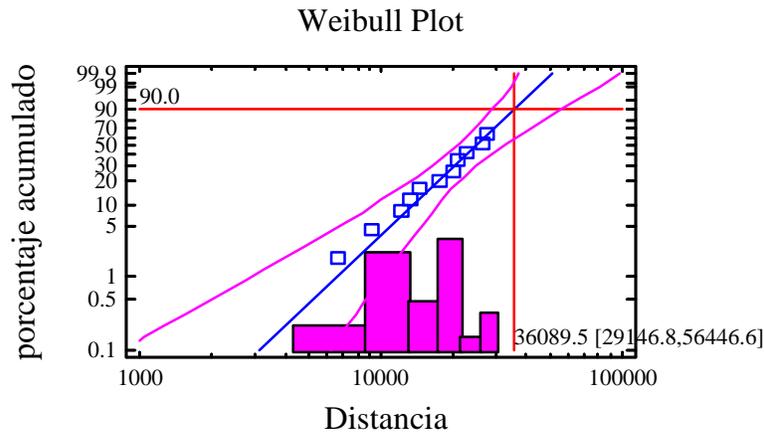
Cuando las gráficas de control se usan para determinar la aceptación o rechazo de un producto, tanto los límites de especificación y los límites de control modificados pueden necesitarse para mantener los riesgos tanto del consumidor como del fabricante:



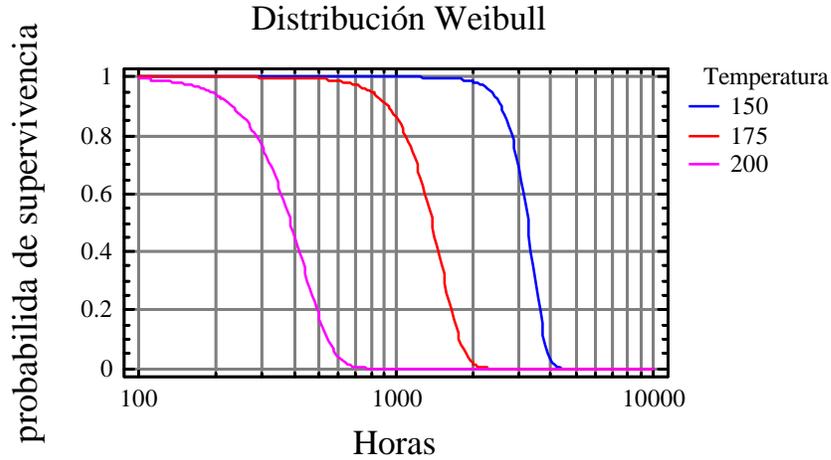
Confiabilidad del Producto

Un aspecto muy importante en la fabricación de un producto es su confiabilidad. Un elemento importante en los esfuerzos por el mejoramiento de calidad es estimar el tiempo promedio entre fallas así como la distribución del tiempo total de las fallas. STATGRAPHICS *Plus* tiene varias herramientas para datos tipo tiempo-falla, inclusive el poder ajustarlos a cualquiera de las 24 distribuciones para datos censurados.

La censura ocurre frecuentemente cuando se prueba la vida útil de los productos, porque las pruebas suelen terminar antes de que el producto falle. En situaciones como esta, la distribución Weibull es usada para estimar las propiedades de manejo de los datos censurados. La distribución (figura abajo) se ha ajustado a un grupo de tiempos de falla y remoción para estimar el tiempo en el que el 90% de los productos habrían fallado. Los tiempos de falla son los puntos, a su vez que los tiempos de remoción censurados se muestran en el histograma. También se muestra el 90vo percentil con aproximadamente un 95% de límites de confianza.



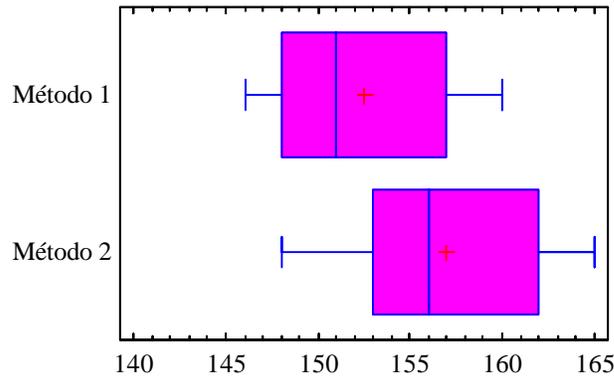
Si el producto está diseñado para durar un tiempo prolongado, la estimación de la distribución tiempo-falla puede no ser posible bajo condiciones normales de operación. A menudo variables como **temperatura** deben ser usadas para acelerar la tasa de las fallas. Los percentiles que resulten pueden ser extrapolados a condiciones normales de operación para estimar las distribuciones tiempo-falla que no pueden ser observadas directamente. El análisis de la Gráfica de Arrhenius es usado para la extrapolación.



Comparando Dos Poblaciones

Existen muchos casos en el que los datos son recolectados de dos diferentes poblaciones y se hace necesario determinar si existe una diferencia significativa entre los dos conjuntos de datos. Por ejemplo, las muestras pueden provenir de dos líneas de producción, dos diferentes turnos o de usar dos métodos de producción diferentes. Dibujos como las Gráficas de Caja y Cola y técnicas estadísticas como *pruebas-t* pueden ser usadas para determinar la significancia de una aparente diferencia.

Gráfica de Caja y Cola



```

Comparison of Means
-----
t test to compare means

Null hypothesis: mean1 = mean2
Alt. hypothesis: mean1 NE mean2
    assuming equal variances: t = -3.10895    P-value = 0.00315397

The StatAdvisor
-----
A t-test may also be used to test a specific hypothesis about the
difference between the means of the populations from which the two
samples come. In this case, the test has been constructed to
determine whether the difference between the two means equals 0.0
versus the alternative hypothesis that the difference does not equal
0.0. Since the computed P-value is less than 0.05, we can reject the
null hypothesis in favor of the alternative.

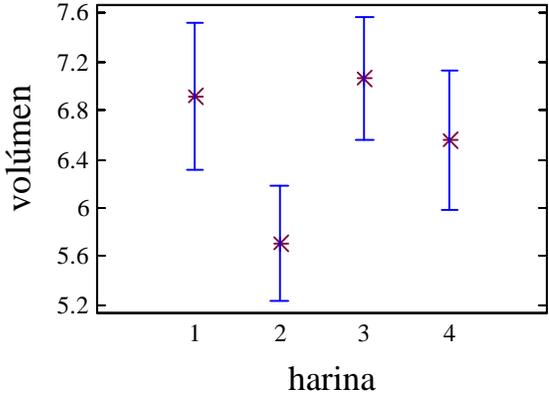
```

Exclusivo del STATGRAPHICS *Plus* es el *StatAdvisor*, el cuál como en la tabla anterior, proporciona una explicación sencilla de los resultados de cada análisis estadístico en el paquete para auxiliar al usuario en la interpretación apropiada de los mismos.

Análisis de Varianza

Cuando es necesario comparar varios grupos de datos, se usa el análisis de varianza (ANOVA), el cuál determina si existen diferencias significativas entre los grupos de datos, y en su caso, cuáles grupos son los que tienen diferencias significativas con los demás. La figura abajo muestra los resultados de una prueba de intervalos Tukey HSD, en donde las diferencias estadísticas significativas entre los grupos se determinan conforme los intervalos se sobrepongan.

Means and 95.0 Percent Tukey HSD Intervals



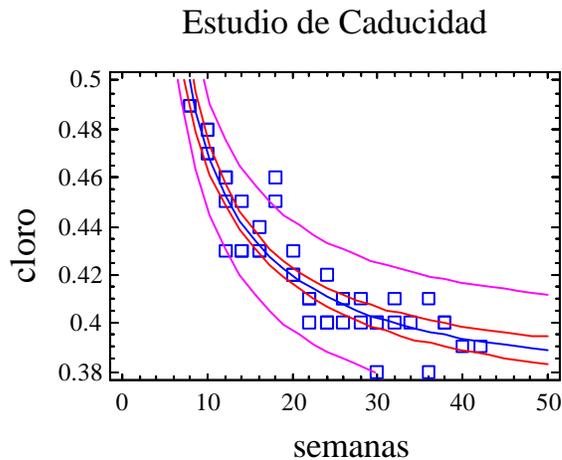
Atributos

Aunque la mayoría de las técnicas estadísticas pueden manejar variables o mediciones, muchos de los datos recolectados en el mejoramiento de calidad incluyen los atributos de un producto. Existen varios análisis en el STATGRAPHICS *Plus* concernientes a tasas y proporciones, tales como la gráfica de análisis de promedios para saber la proporción de defectuosos.

Análisis de Regresión y Ajuste de Curvas

Una vez que se identifica la lista de variables importantes que afectan a un proceso, se hace necesario el modelar la relación entre las variables influyentes y las características de calidad. Algunas técnicas estadísticas que ayudan a construir estos modelos son los modelos de calibración y los análisis de regresión como los disponibles en el STATGRAPHICS *Plus*: regresión múltiple, regresión por pasos, regresión logística y regresión polinomial.

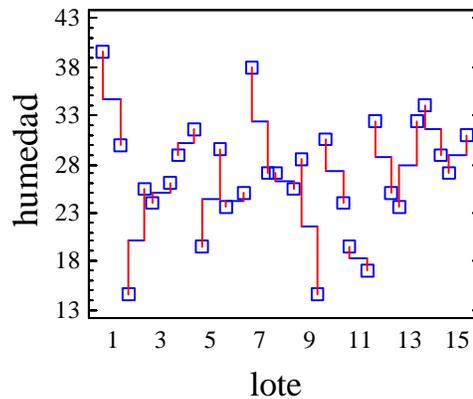
La figura abajo es un análisis de regresión que estima la relación matemática entre la variable de respuesta Y y una o más variables de predicción X.



Analizando la Variación de los Componentes

Un aspecto importante para entender en donde están ocurriendo las variaciones en la calidad del producto es determinando la variabilidad en los diferentes niveles del proceso. Los resultados se muestran en la gráfica de Componentes de Varianza.

Gráfica de Componentes de Varianza



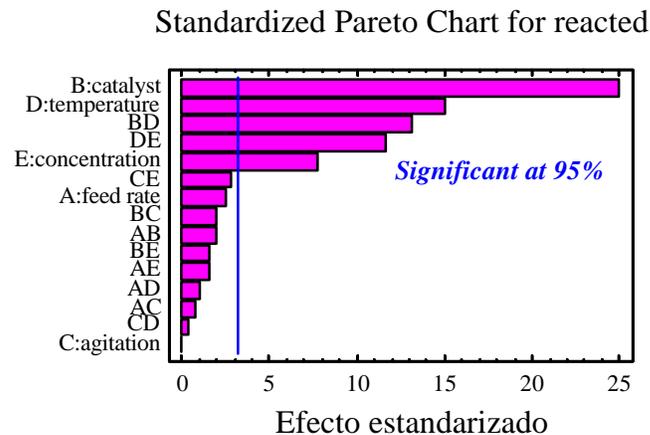
Diseño de Experimentos

Analistas e ingenieros deben encontrar zonas de operación en donde las características deseadas se puedan mantener a través del rigor de la producción día con día. Esto hace necesario el diseñar calidad en el producto mismo y no solamente tomar acciones correctivas cuando algo sale mal. Los experimentos estadísticamente diseñados pueden ofrecer una forma económica y consistente para entender un proceso, para que éste pueda ser conservado y mejorado en busca de la calidad del producto.

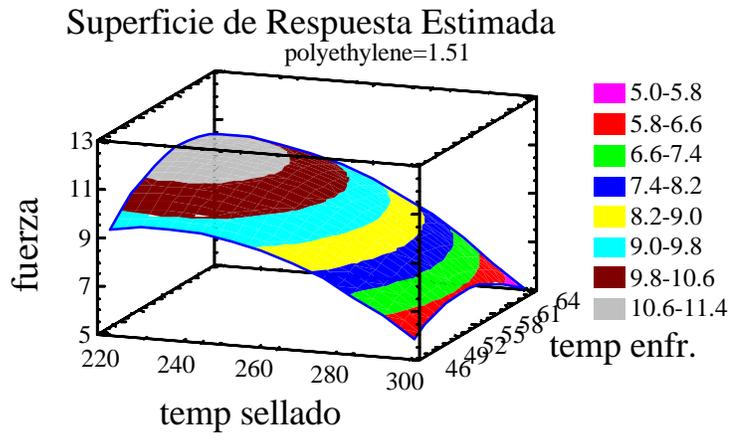
El Diseño de Experimentos en el STATGRAPHICS *Plus* se utiliza para crear varios diferentes tipos de diseños de experimentos, incluyendo la determinación de que variables tienen el mayor impacto en los parámetros de calidad, encontrar definiciones óptimas para los factores más importantes, determinar la mejor proporción de componentes a usar en una mezcla, descubrir las condiciones de operación más sólidas cuando un proceso es insensible a variaciones en factores de ruido incontrolables, comparar niveles de uno o más factores categóricos y estimar la importancia relativa de los diferentes componentes de varianza en la variabilidad global de un producto.

STATGRAPHICS *Plus* ofrece tanto los diseños clásicos como los modernos, incluyendo factoriales enteros y fraccionales, compósitos centrales, Plackett-Burman, Box-Behnken, Cuadrado Latino, Bloques Incompletos Balanceados (BIB), así como D-óptima y diseños tipo Taguchi (Arreglos Dentro/Fuera).

STATGRAPHICS *Plus* analiza los resultados del experimento y los grafica usando los métodos estadísticos más apropiados; por ejemplo un Gráfico de Pareto Estandarizado.



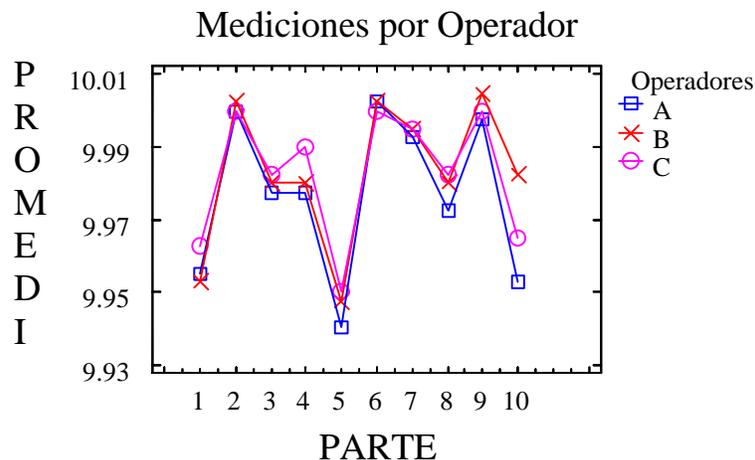
Adicionalmente a indicar que variables tienen un impacto estadístico significativo en las respuestas, otras gráficas están disponibles para mostrar las relaciones entre los factores experimentales y las variables de respuesta. Por ejemplo, una Superficie de Respuesta ilustra un modelo de ajuste estadístico.



También es posible localizar numéricamente las condiciones óptimas para una o más respuestas y luego desplegarlos en una Gráficos de Contorno, que conlleva a un mejor entendimiento de las relaciones fundamentales en el proceso y en el mejoramiento de su operación.

Estudios R&R en Equipos de Medición

Antes de intentar mejorar la calidad de un producto aplicando un método estadístico, es de suma importancia asegurarnos que los parámetros de calidad puedan ser medidos con la precisión necesaria para estimar el impacto de los cambios en el proceso. Un estudio R&R cuantifica el error de medición al estimar la repetibilidad y reproducibilidad de un proceso de medición. En un estudio típico, varios operadores miden cada uno, un grupo de artículos seleccionados más de una vez.



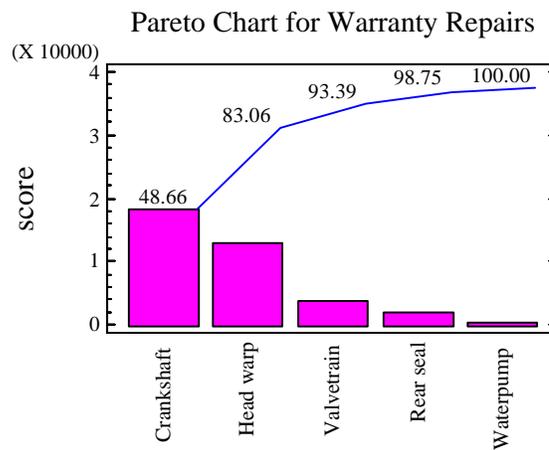
Información vital acerca de las diferencias entre los operadores así como la medición global del proceso se obtiene a través de este tipo de estudio. Un análisis R&R cuantifica la extensión del error de medición y lo compara a las tolerancias del producto.

La relación de precisión a tolerancia (P/T) en el reporte del instrumento, muestra la comparación del error de medición con el ancho de especificación. Un valor menor al 10 por ciento es muy bueno y muestra que el proceso de medición es capaz de distinguir entre los artículos buenos y malos.

Análisis de Pareto

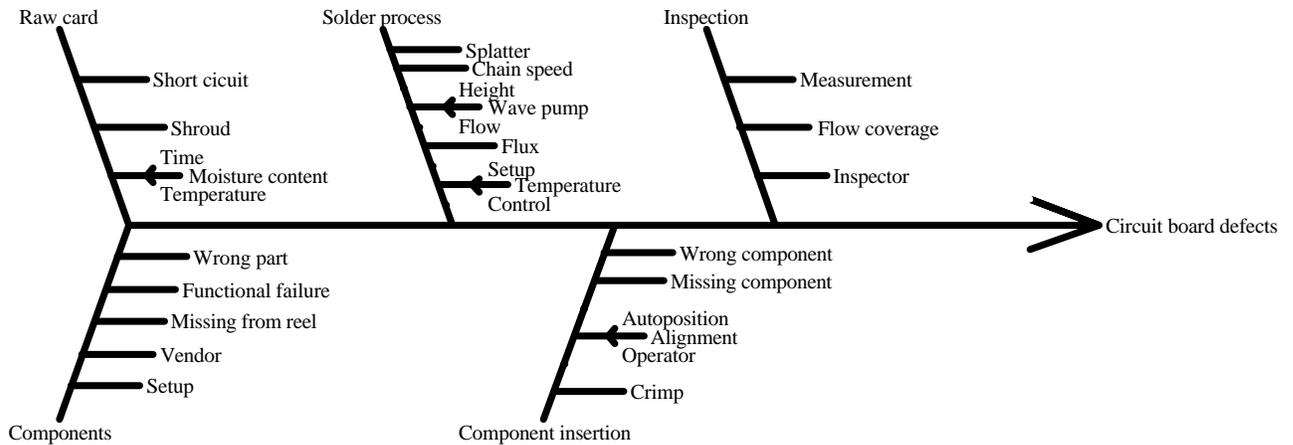
El principal objetivo del análisis del costo de calidad es identificar las oportunidades de mejoramiento en un proceso o concentrarse en las pocas áreas seleccionadas que con lleven al mayor beneficio. Un método clásico para determinar los "pocos vitales" es usando una Gráfica de Pareto.

En este análisis, los diferentes tipos de defectos se ordenan del más al menos frecuente. Los datos se grafican en forma de barras y una línea se dibuja por encima de ellas para mostrar el porcentaje acumulado. Las frecuencias también pueden ser ponderadas en base al costo o importancia y los resultados se tabulan.



Diagramas Causa-Efecto

Otra técnica útil para mejorar la calidad del proceso requiere que haya un entendimiento general de los diferentes mecanismos que pueden conllevar a tener problemas. Los diagramas Espina de Pescado son especialmente útiles para desplegar los resultados de sesiones de muchas ideas.

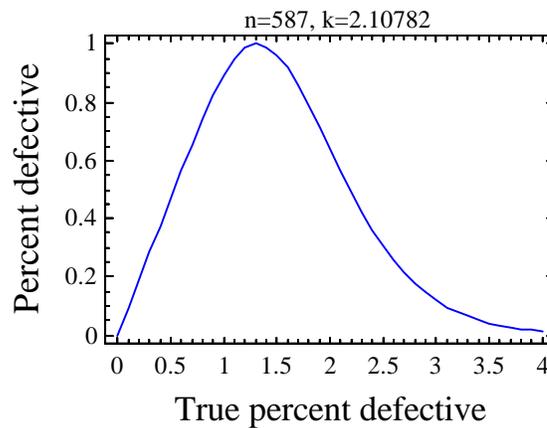


Muestreo de Aceptación

Cuando se inspeccionan grandes lotes con propósitos de aceptación o rechazo, los planes de muestreo son muy útiles para determinar el número de artículos que deben ser examinados. Los planes de muestreo de aceptación en el STATGRAPHICS *Plus* están disponibles tanto para variables como para atributos.

El límite de calidad promedio de salida (AOQL) en el plan de muestreo enseña el porcentaje máximo de artículos defectuosos permitidos por ese plan.

Average Outgoing Quality (AOQ) Curve



Estos tipos de muestreo estadístico ayudan a asegurarnos que el producto no vaya a ser aceptado a menos que cumpla los requerimientos de calidad establecidos con anterioridad.

Conclusiones

Para competir a nivel mundial, las compañías deben enfocarse a conseguir un nivel de operación Seis Sigma. Este artículo es una breve explicación de unas pocas de los cientos de herramientas estadísticas disponibles en el paquete STATGRAPHICS *Plus* que pueden ayudar a conseguir ese objetivo.

En la práctica, integrar el STATGRAPHICS *Plus* en un programa Seis Sigma debería traducirse en una reducción de costos e incremento de utilidades debido a que:

- Ayuda a definir límites de especificación y establecer tolerancias reales para las máquinas y las variables del proceso utilizando los índices de capacidad.
- Ayuda a las compañías establecer un plan de acción para procesos donde a menudo se dan condiciones de fuera de control y ayuda a establecer controles de mantenimiento preventivo para asegurar que los productos cumplen con las especificaciones requeridas.
- Ayuda ofreciendo planes de prevención durante la producción con técnicas que establecen y controlan los parámetros críticos de la maquinaria y de las características del producto.
- Ofrece técnicas que pueden reducir el establecimiento y variabilidad de un proceso y ayuda a estandarizar el uso de la metodología del CEP.
- Contiene metodologías para optimizar procesos; por ejemplo, el Diseño de Experimentos son técnicas que identifican y reducen las causas de variación y que mejoran la manufactura, el diseño, la calidad y funcionalidad de los productos y los procesos.

STATGRAPHICS *Plus* es sin duda alguna un componente indispensable para cualquier compañía que tenga un programa Seis Sigma. La combinación de textos e información gráfica accesadas por una interface muy fácil de usar es una manera de enfrentar cualquier impedimento de éxito para cualquier programa de Seis Sigma; las barreras de hacer partícipes a los empleados de la empresa y el mantenerlos involucrados en el proceso. STATGRAPHICS *Plus* ofrece análisis estadísticos Seis Sigma y reportes para todos.