
INGENIERIA DE CALIDAD

ROBUSTEZ DEL PROCESO DE URDIDO EN UNA PLANTA DE LIKRA POR EL METODO TAGUCHI

RAFAEL DAVID RINCON BERMUDEZ

INTRODUCCION

La Ingeniería de Calidad es una disciplina que consiste en una serie de técnicas cuantitativas para optimizar productos y procesos de manufactura, creando diseños consistentes o "robustos" al mínimo costo posible. Esto es, diseños afectados mínimamente por fuentes de variabilidad externas o ruido, el cual puede ser de tres tipos: Interno, por deterioro del producto; externo, causado por el medio ambiente o por factores humanos; y ruido entre productos o imperfecciones de manufactura.

El Dr. Genichi Taguchi es considerado el padre de esta técnica que ha mostrado ser una herramienta ingenieril de mucho éxito, la cual simplifica, y en algunos casos elimina, una gran parte de los esfuerzos de diseño estadístico; a la vez, es una forma de examinar simultáneamente muchos factores a bajo costo.

Taguchi recomienda el uso de arreglos ortogonales para tener matrices que contengan los factores de control y los factores de ruido en el diseño de experimentos. Dichos arreglos permiten evaluar la robustez de los diseños, tanto del proceso como del producto, con respecto a los factores de ruido.

Uno de los más importantes logros del Dr. Taguchi consiste en asociar el concepto de Función de Pérdida. Esta función permite determinar la pérdida financiera causada al consumidor cuando se presenta una desviación del objetivo, al incrementarse la variación por causa del ruido. Las actividades básicas de la Ingeniería de Calidad están orientadas a reducir las pérdidas causadas por la variación.

La función permite determinar la pérdida financiera causada al consumidor cuando se presenta una desviación del objetivo, al incrementarse la variación por causa del ruido.

Aplicada al proceso de manufactura, se conoce como Ingeniería de la Calidad en línea (Control y corrección de procesos, mantenimiento preventivo). Aquí se emplean las gráficas de control de procesos.

RAFAEL DAVID RINCON BERMUDEZ. Profesor universitario EAFIT. Estudiante Maestría en Sistemas y Calidad Instituto Tecnológico y de Estudios superiores de Monterrey. México.

Cuando se implementa en el proceso de diseño, se le denomina Ingeniería de la Calidad fuera de línea, encargada de la optimización del diseño de productos y de procesos, mediante el uso del Diseño de Experimentos.

Así, la Ingeniería de Calidad se convierte en una herramienta más poderosa que el Diseño Experimental tradicional, al integrar los resultados de éste con la Función de Pérdida, incorporando información relacionada con costos.

El propósito, entonces, es disminuir indirectamente las causas de variabilidad y no tratar de atacarlas, lo cual es sumamente costoso. En tal sentido el Dr. Taguchi dice que "...La razón por la cual algunos fabricantes de los países en desarrollo producen partes de calidad inferior, aún cuando tienen gran conocimiento sobre la literatura y uso de la tecnología importada de los países industrializados, es que sus ingenieros no experimentan. Ciegamente aceptan los parámetros o especificaciones descritas en la literatura..."

El caso que se presenta a continuación, corresponde a un proyecto realizado para el curso Ingeniería de Calidad, de la Maestría en Sistemas y Calidad, desarrollado conjuntamente con un equipo de trabajo compuesto por dos operarios, un supervisor, el ingeniero de la sección de urdido, de la empresa, Akra Nylon de México, y mi persona.

Los ingenieros de los países en desarrollo no experimentan, ciegamente aceptan los parámetros o especificaciones descritas en la literatura.

CASO DE ESTUDIO

Proyecto: Continuidad del proceso de urdido.

Empresa: Akra Nylon de México.

Producto: Fibra de Likra.

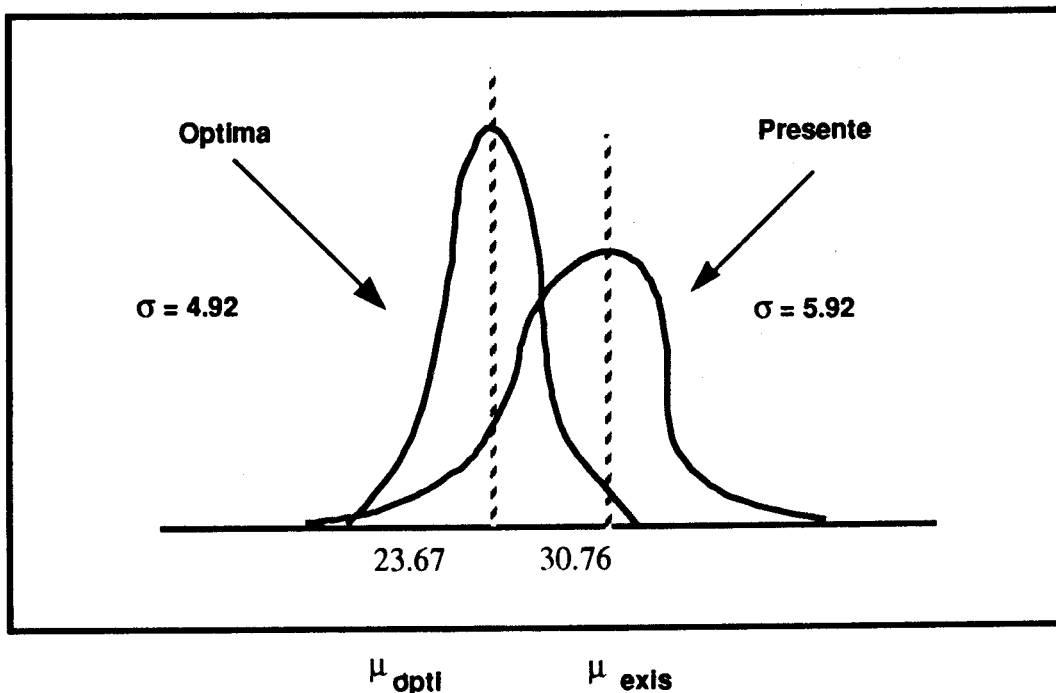
Objetivo: Robustecer el proceso de urdido, reduciendo tiempos de paro.

Tipo de estudio: Arreglo Ortogonal L27.

Resultados:

- Reducción del tiempo promedio de urdido, de 30.76 horas a 23.67 horas.
- Reducción de la variabilidad del proceso, de $\sigma_{\text{exist}} = 5.92$ a $\sigma_{\text{óptima}} = 4.92$
- Reducción de la pérdida por variabilidad en un 60%.

GRAFICO DE LA SITUACION



ANTECEDENTES

La empresa Akra Nylon de México, única en su género en el país, produce fibra de likra para satisfacer las necesidades de tres frentes de comercialización, ventas, circular y urdido.

La fibra urdida es enviada en julios (carretes grandes) a los clientes, quienes la utilizan en la fabricación de sus tejidos. El urdido es una de las áreas más conflictivas, puesto que la calidad de la fibra y del proceso mismo afecta directamente la calidad de lo producido por el cliente: Telas que pueden clasificarse como de primera calidad, de segunda (con rallas o "llovía"), o de deshecho.

EL PROCESO DE URDIDO

La fibra extruida, de diferente calibre o detex, 44, 155 y 310, es embobinada en quesos (carretes pequeños). Una vez liberada para ser urdida y de acuerdo con el programa establecido de producción, se carga la estación; desde aquí se lleva el hilo a través de las guías y los peines hasta el julio. En esta etapa recibe un pre-estirado, controlado por una serie de bobinas y luego un estiramiento del 40% (con respecto a su longitud original), por medio de un mecanismo instalado en el urdidor, que tiene una leva indicadora del porcentaje de estiramiento aplicado a la fibra.

Esta etapa se considera la más crítica del proceso de urdido, ya que si un filamento se rompe, el hilo recupera su longitud original, ocasionando puntas perdidas en el julio. Estas, que no pueden ser más de cuatro (por julio), constituyen el principal factor de calidad del urdido, debido a que al cliente le

ocasionan dificultades durante el proceso de tejido, baja calidad de las telas producidas y defectos en las mismas.

Es deseable que la estación esté cargada con quesos, no sólo de igual longitud, sino también con las mismas características de calidad de la fibra, circunferencia de los quesos, y que toda la carga de la estación esté afectada por las mismas condiciones mecánicas del urdidor.

El laboratorio periódicamente está tomando muestras de diferentes quesos y corridas de producción, para probar ciertas características físicas y químicas de la fibra. Estas pruebas son únicamente condiciones necesarias, más no suficientes, para el urdido. Es decir, la fibra puede pasar todas las pruebas de laboratorio en forma excelente y sin embargo no ser apta para urdirse, debido, por ejemplo, a que se depositan geles en ella, lo que ocasiona dificultad en el desenvolvimiento de la fibra durante el urdido.

La empresa ha recibido de algunos clientes, quejas y devoluciones de juegos, lo que se traduce en costos de reproceso, pérdida de confianza y de participación en el mercado y pérdida financiera en muchos casos.

La calidad y costo final de un producto manufacturado son determinados, en gran medida por el diseño de ingeniería del producto y un proceso de manufactura.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCION

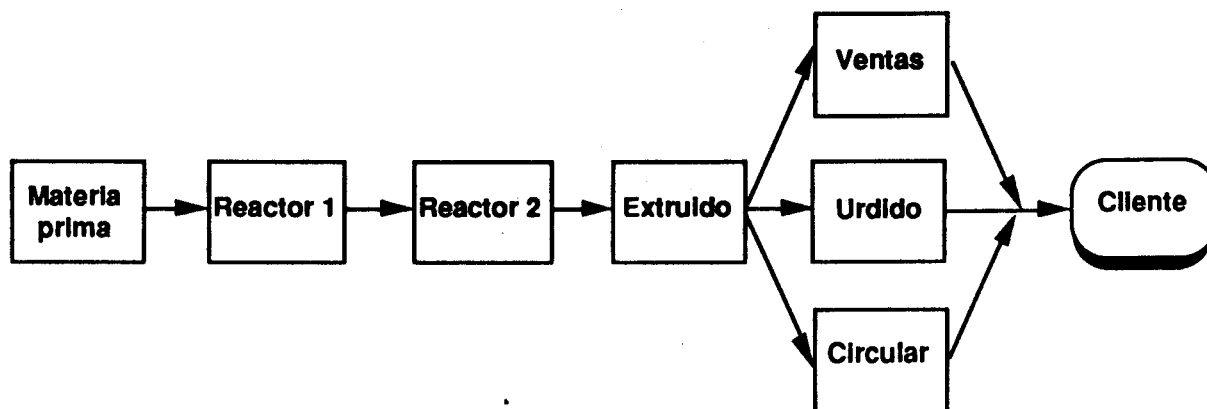
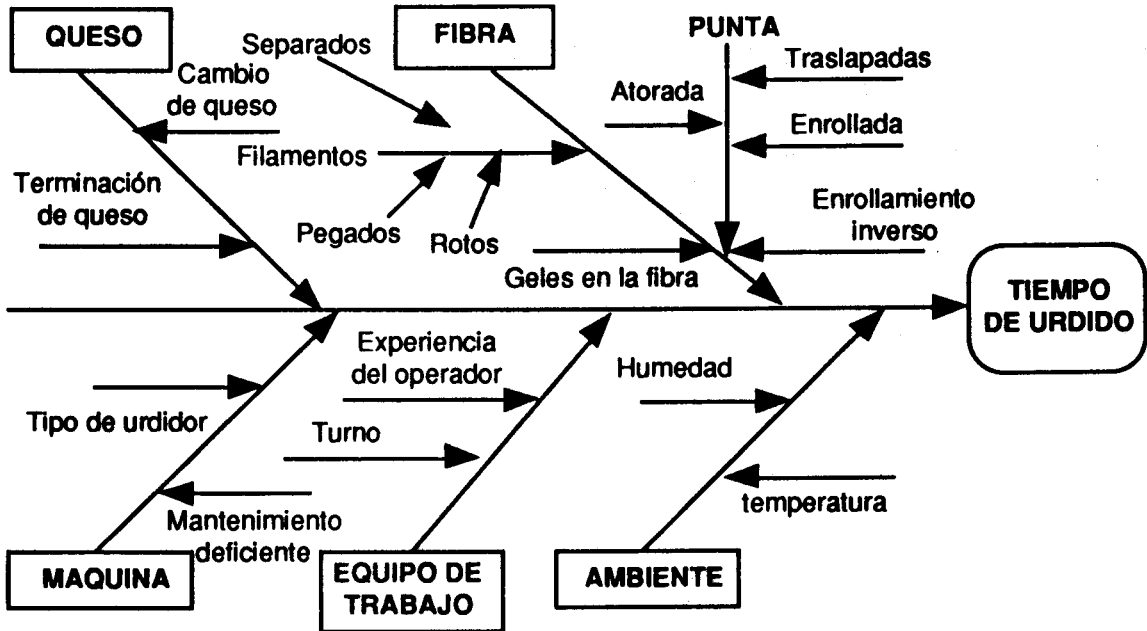


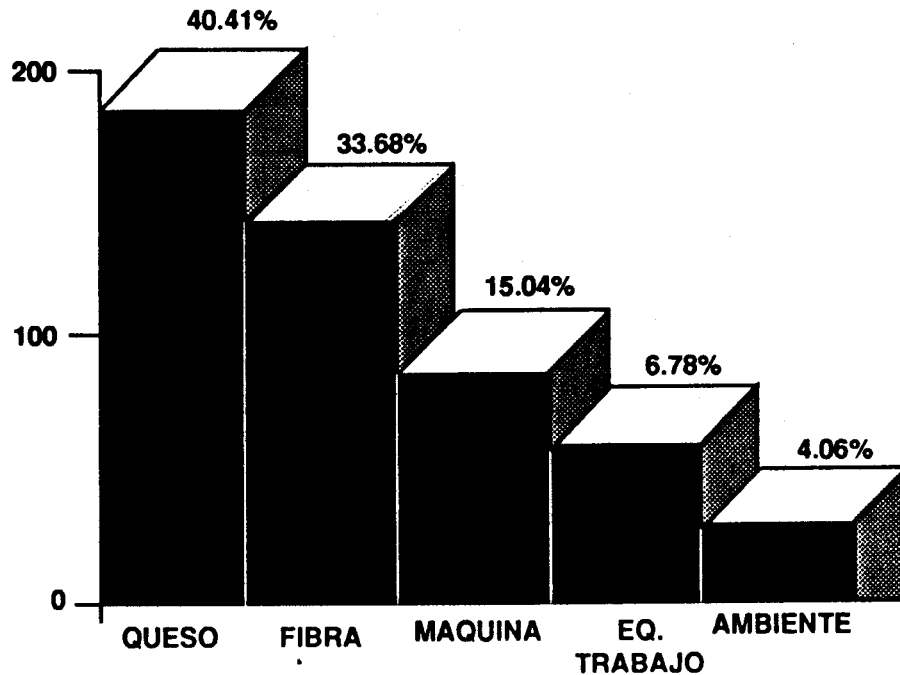
DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO

Después de varias reuniones con el equipo de trabajo en la empresa, para determinar los factores que influyen en el tiempo de urdido, se obtuvo el siguiente diagrama de causa-efecto mediante una lluvia de ideas.



Posteriormente, y con base en la información suministrada en las hojas de verificación, se construyó el siguiente diagrama de Pareto:

DIAGRAMA DE PARETO



De nuevo se reunió el equipo de trabajo para considerar las causas que inflúan en el control de los quesos, maquinado y los equipos de trabajo (factores a controlar en el proceso). Asimismo, la calidad de la fibra, el ambiente y la presencia de geles en la fibra, fueron considerados como factores de ruido.

Estos factores y sus causas, se agruparon como sigue:

FACTORES DE CONTROL

- A: Peso bruto
- B: Peso del carrete
- C: Revoluciones mecánicas
- D: Metros de julio mecánicos
- E: Posición de la leva
- F: Diferencia promedio de circunferencias
- G: Operador
- H: Tipo de Urdidor
- I: Porcentaje de Estirado
- J: Turno
- K: Tipo de Detex
- L: Equipo de carga de la estación
- M: Tipo de extruder para la formación de quesos

FACTORES DE RUIDO

- R: Calidad de la fibra (extruida)
- S: Geles en la fibra
- T: Humedad ambiente

Se consideraron tres niveles para estos factores, cuyos valores no se muestran, por obvias razones de confidencialidad.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se requiere de un proceso de urdido robusto y que además sea lo menos tardado posible, para poder satisfacer las necesidades de los clientes, que son principalmente textileros, dedicados a la confección de tela para ropa de moda.

Por tal motivo, debía pensarse en función del tiempo como una característica de calidad que necesita ser reducida, dado que los tiempos de paro durante el proceso, bien sea por mantenimiento o por causa de la fibra, terminación de quesos o problemas mecánicos, generan, en consecuencia, baja productividad, aumento del tiempo ocioso, incumplimiento con los clientes y en general, un proceso de producción poco continuo.

La variación en el comportamiento de un producto o proceso se puede reducir aprovechando los efectos no lineales de los parámetros de las características

En relación con el DATUM, o datos del proceso actual, se evaluó:

DATUM

$$C_p = (L_s - L_i) / 6\sigma = 0.8523,$$

Lo cual es un indicativo de que el proceso es "ligeramente incapaz"

$$C_{pu} = (L_s - X_m) / 3\sigma = 1.065$$

$$C_{pl} = (X_m - L_i) / 3\sigma = 0.64$$

$$C_{pk} = \text{Min}(C_{pu}, C_{pl}) = 0.64$$

CAMPEON DE PAPEL

El campeón de papel, proporcionado por las gráficas factoriales del ANOVA -TM, es C₂, H₁, M₁, y corresponden a los factores que más afectan el proceso. Esto nos indica, que para lograr reducir la variabilidad del urdido, C (las revoluciones mecánicas), debe estar en el nivel 2 (Existente); H (el tipo de urdidor) debe ser el # 1; M (el tipo de extruder para la formación de quesos) debe seleccionarse el automático. El resto de variables se consideran "económicas", es decir, los cambios de niveles en ellas no afectan el proceso de manera significativa.

SEÑAL A RUIDO

$$SN = 10 \cdot \text{Log}(\text{MSD}) = -29.911$$

$$\text{GANANCIA EN DECIBELES} = 2.243$$

Mediante la Función de Pérdida, se obtuvo:

$$\text{PERDIDA EXISTENTE: } L(y)_{\text{exis}} = K \cdot (\text{MSD}) = 12278.77 \text{ 'K.}$$

OPTIMO:

$$L(y)_{opt} = (1/2) \phi \cdot 24315/3 \cdot \text{PERDIDA EXISTENTE} \\ = 754.478 \cdot K$$

$$\text{AHORRO} = L(y)_{exit} - L(y)_{opt} = 524.299 \cdot K$$

Considerando una cantidad mensual de 10000 kgs. de fibra urdida, se obtiene un ahorro por mes de

$$\text{Ahorro/mes} = 5242.990 \cdot K$$

El valor de K no fue proporcionado por la empresa, por razones de confidencialidad. Sin embargo, es evidente que un ahorro mensual de 5242.99 kgs 'K, resulta bastante significativo para la empresa.

La proporción de mejora del proceso fue:

$$\text{Proporción Mejora} = L(y)_{opt} / L(y)_{exit} = 0.5899 \approx 60\%$$

CONCLUSIONES

La ingeniería de Calidad relaciona la Función de Pérdida con dos métricas estadísticas: La media y la variabilidad. Para ello, emplea una técnica conocida como Diseño de Parámetros, basada a su vez en el Diseño de Experimentos.

La ingeniería de Calidad relaciona la Función de Pérdida con dos métricas estadísticas: La media y la variabilidad.

El uso de esta técnica le ha permitido a los Estados Unidos una posición de privilegio en agricultura, como proveedor de alimento a la mitad de la población mundial, y a los japoneses tener una participación directa en más del 40% del mercado internacional de productos manufacturados.

Las empresas que han involucrado la Ingeniería de Calidad en sus procesos, han reportado logros de incremento en la productividad, disminución del porcentaje de artículos defectuosos, y reducción de costos en los procesos de producción, entre otros.

Se hace indispensable la inclusión exitosa del Diseño Experimental y de la Ingeniería de Calidad en las carreras de Ingeniería, como un factor clave para la futura competitividad de la base industrial de los países que aspiran a participar significativamente de los mercados mundiales.

GLOSARIO DE TERMINOS

Appalachian: Detector de roturas en la zona de pre-estirado.

Jullo: Carrete de aluminio donde se enrolla la fibra urdida.

Urdidor: (1) Mecanismo que genera el paquete de fibras para la sección de urdido.

(2) Ensamble existente después de la sección de pre-estirado.

Juego: Grupo de 1 a 4 julios, producidos consecutivamente de una estación.

Paquetes: Fibra extruida en tubos.

Leva: Mecanismo del urdidor que compensa los cambios de estirado, a medida que el paquete se consume.

Colector: Ensamble que une todas las puntas de la fibra.

Estación: Estructura que sostiene los paquetes individuales de fibra y la alimenta al colector.

Alambre de paro: Filamento en la estación, con conexión eléctrica, que detiene al urdidor cuando la fibra se sobretensiona.

Punta: Filamento de la fibra.

Guía: Mecanismo que sostiene o restringe a cada filamento, forzándolo a seguir dentro de una trayectoria de viaje.

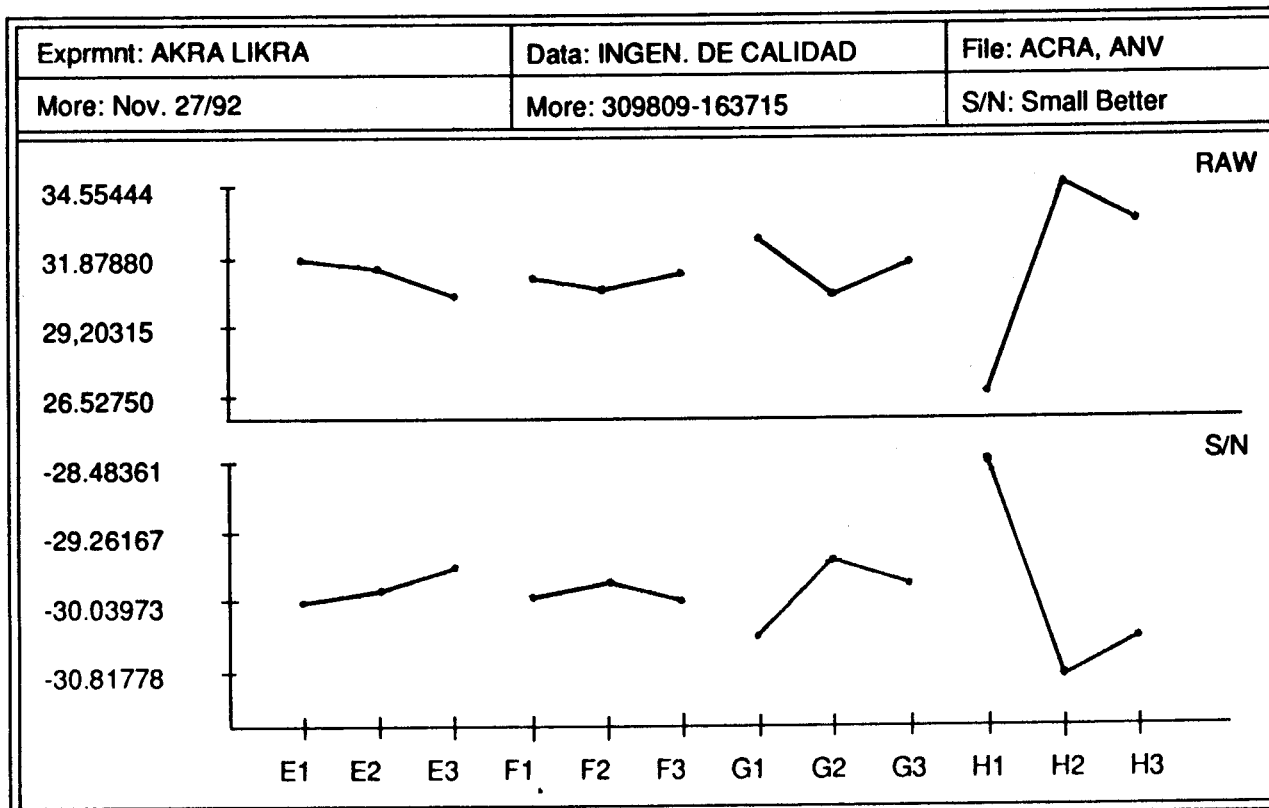
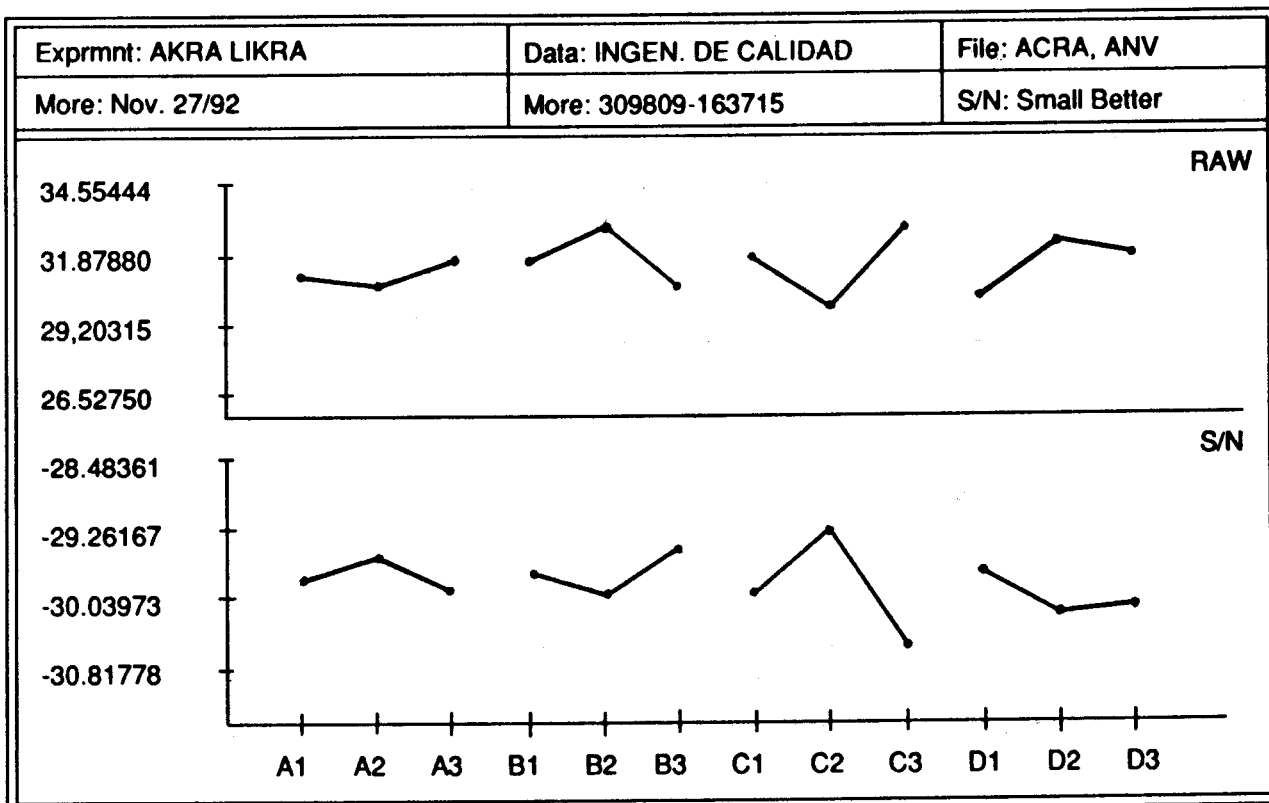
Encintado: Aplicación de cinta adhesiva (o cintas y cordeles) al terminarse un julio, para mantener la posición de las puntas.

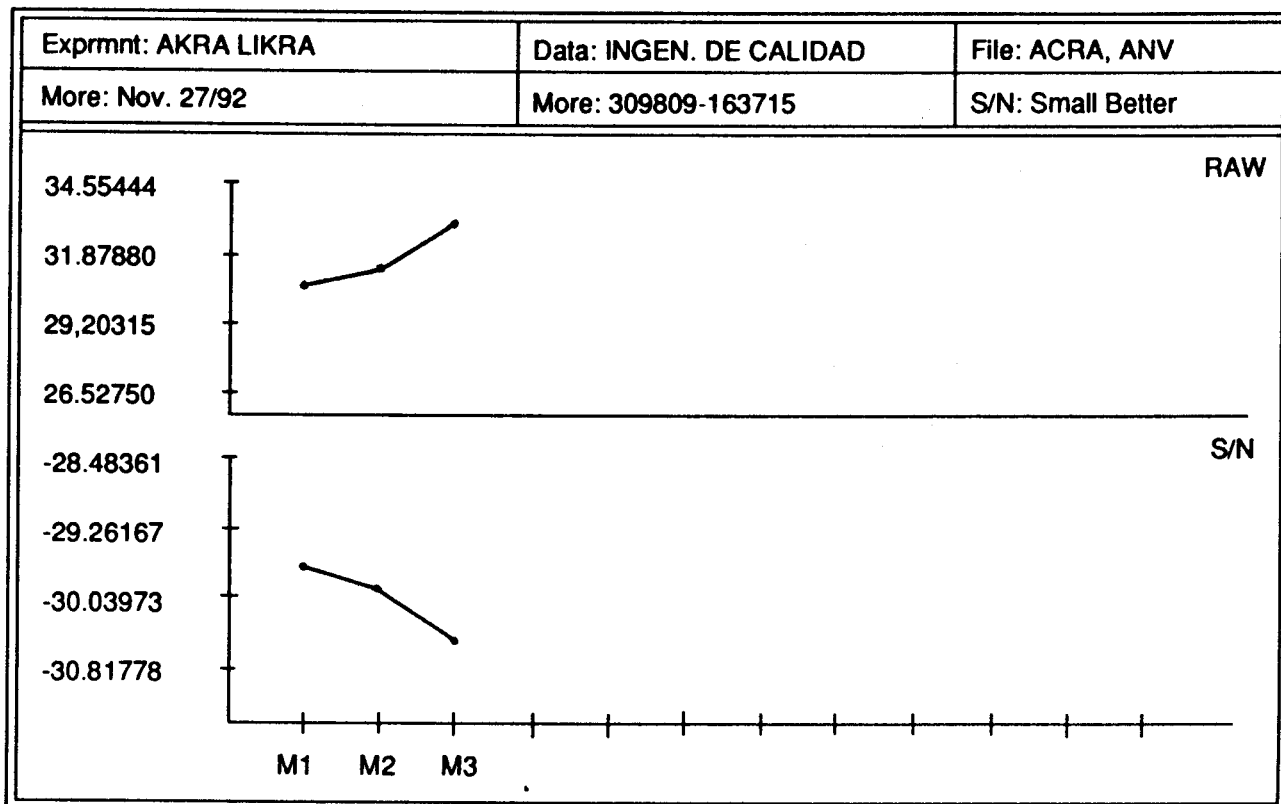
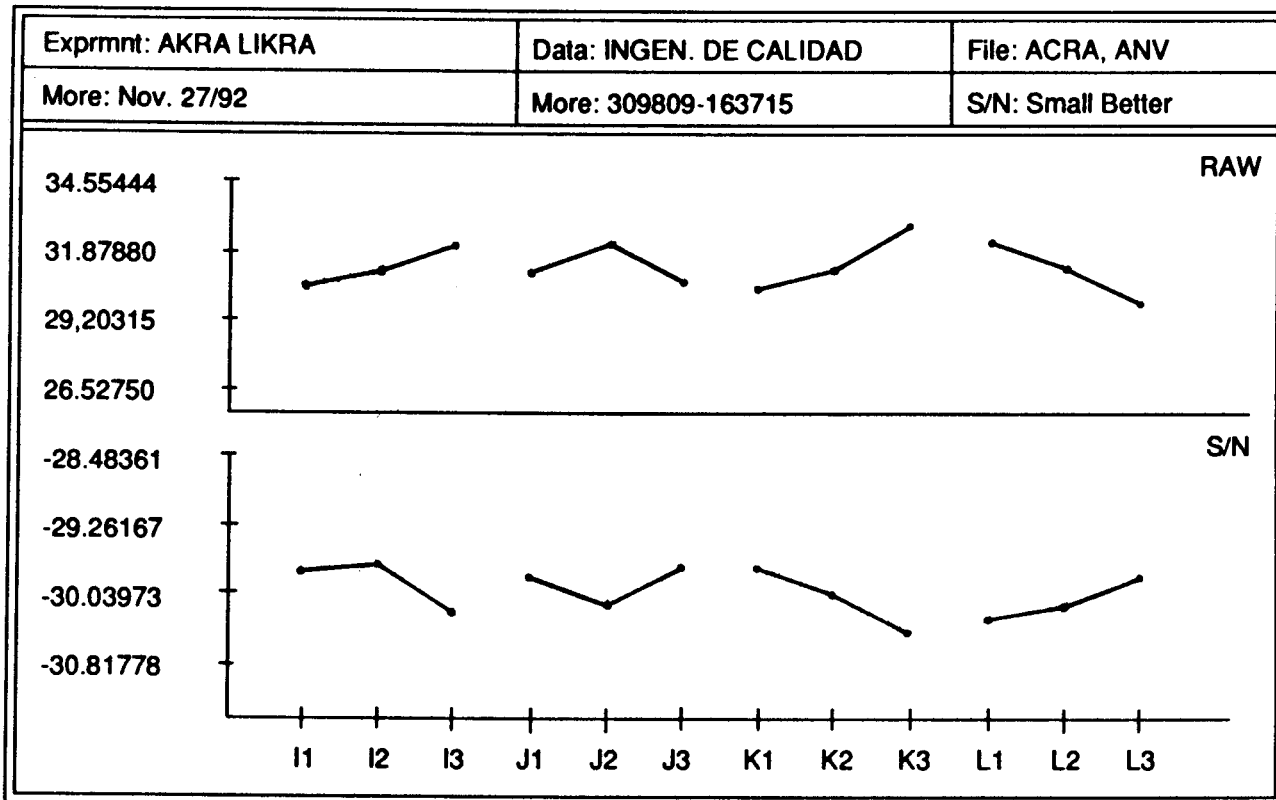
Puntas perdidas: Punta reventada que no pudo recuperarse en el julio.

Gel: Grumo gelatinoso producido por suciedad en los reactores y que tiene características adherentes.

El uso de esta técnica le ha permitido a los japoneses tener una participación directa en más del 40% del mercado internacional de productos manufacturados

**ANEXO
GRAFICAS FACTORIALES ANOVA - TM**





BIBLIOGRAFIA

- Introducción to Quality Engineering, Course Manual. Dearborn: American Supplier Institute, Inc. , 1989.
- Montgomery, Douglas C., Diseño y análisis de experimentos. México: Grupo Editorial Iberoamérica. 1991.
- Ross, Phillip, J. Taguchi, Techniques for Quality Engineering. Singapore, Mc Graw Hill, 1989.
- Memorias II Simposium Internacional. "La Calidad orientada al cliente". ITESM. Centro de Calidad. Monterrey, 1991.
- Phadre, Madhav S., Quality Engineering using Robust Design. A.S.I. Press-Prentice Hall, 1989.
- Taguchi, Genichi, Quality Engineering in Production Systems. Mc Graw Hill, 1989.
- Taguchi Methods: Select Papers on Methodology and Applications. A.S.I. Press. Dearborn, Mi, 1988.