

300617

2
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

Escuela de Ingeniería
Incorporada a la U.N.A.M.

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA C.E.P. EN
EL PROCESO PRODUCTIVO DE PRODUCTOS
HIGIENICOS INFANTILES DESECHABLES

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A
RODOLFO BECERRA VAZQUEZ

Asesor de Tesis :
Ing. Enrique García Delgado

México, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Indice	I
Indice de apéndices	II
Indice de diagramas y figuras	III
Introducción	IV
Capítulo 1: DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO Y ASPECTOS POTENCIALES DE MEJORA	
1.0 Objetivos	1
1.1 Descripción del proceso productivo	1
1.2 Descripción de los sistemas de medición de eficiencia .	3
1.2.1 Modelo matemático del proceso	4
1.2.2 Modelo económico del proceso	11
Capítulo 2: PROCESO DE IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS ESTADISTICAS BASICAS	
2.0 Objetivos	13
2.1 Descripción del programa	13
2.2 Análisis inicial del proceso	17
Capítulo 3: USO DE HERRAMIENTAS ESTADISTICAS BASICAS	
0 Objetivos	23
1 Resultados del análisis inicial del proceso	23
2 Estudio de capacidad de proceso	30
3 Indices de capacidad de proceso	39
4 Criterios de no control en el proceso	41
5 Análisis de las gráficas de espesor y peso	43

Capítulo 4: MEJORA CONTINUA DEL PROCESO

4.0 Objetivo	48
4.1 C.E.P. en productividad	48
4.2 C.E.P. en costos	50

Capítulo 5: MEDICION DEL TRABAJO. EVALUACION Y SEGUIMIENTO

5.0 Objetivo	54
5.1 Procedimiento	54
5.2 Sistemas de medición	56
5.3 Sistemas de control	58
5.4 Evaluación y seguimiento	61

CONCLUSIONES Y RESULTADOS	63
---------------------------------	----

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE APENDICES

- Apéndice I. Factores para la construcción de cartas de control de variables
- Apéndice II. Datos utilizados para la construcción de las gráficas de las páginas 31 y 44
- Apéndice III. Tiempos perdidos por sección de máquina
- Apéndice IV. Tiempos perdidos por materiales defectuosos
- Apéndice V. Indices de productividad por operador
- Apéndice VI. Indices de calidad por operador
- Apéndice VII. Indices de calidad por equipo

INDICE DE DIAGRAMAS Y FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de fabricación de pañal desechable	2
Figura 2. Efecto de la reducción del TPT	7
Figura 3. Análisis (inicial) de tiempos perdidos: resumen ...	18
Figura 4. Formato usado para el estudio de merma de piezas ..	19
Figura 5. Análisis (inicial) de merma de piezas: resumen	20
Figura 6. Ishikawa para el stacker	22
Figura 7. Análisis del Ishikawa para el stacker	22
Figura 8. Carta de control X-R	25
Figura 9. Tendencias en cartas de control	28
Figura 10. Cartas de control para espesor y peso (antes)	31
Figura 11. Como trabaja una carta de control	32
Figura 12. Cartas de control para espesor y peso (después) ...	44
Figura 13. Variaciones asignables del proceso	45
Figura 14. Productividad en equipo nuevo	49
Figura 15. Pareto de merma, día 8	53
Figura 16. Pareto de merma, día 9	53
Figura 17. Resultados de la implementación en PRODUCCION	66
Figura 18. Resultados de la implementación en MERMA	67
Figura 19. Resultados de la implementación en TIEMPOS PERDIDOS.	68

I N T R O D U C C I O N

Los procesos productivos tienen como única constante la presencia del cambio permanente; algunas veces, este cambio es espectacular y notorio, fácilmente identificable por quienes ven el proceso. En otras muchas más, estos cambios son sutiles, y son observados, analizados y corregidos por aquellas personas que viven cada día con el proceso productivo; y son estos cambios, pequeños y sutiles, los que determinan en gran medida el avance de la industria hacia el cumplimiento de sus objetivos.

Como toda actividad humana, dichos cambios conllevan a un control; este control aplicado a los cambios mas comunes del proceso pueden derivar fácilmente entre el **sobrecontrol** y el **subcontrol**. Ambos límites desembocan de una u otra manera en la elevación del costo del producto, ya sea como desperdicio, tiempo perdido y baja productividad.

La aplicación de métodos de control estadístico de proceso en el proceso productivo permiten conocer los límites del sobre y subcontrol, ayudando a no caer en estos extremos. La descripción del proceso productivo, sus variables y los modelos matemáticos del mismo permiten la comprensión requerida para la aplicación del CEP en éste. Empero, existe una consideración de importancia que es frecuentemente olvidada: el CEP es y debe usarse como una herramienta para ser aprendida y utilizada por quienes laboran en el proceso de producción, por lo cual es necesaria la planeación,

organización, administración y ejecución de un programa de implementación del CEP en el proceso productivo..

La explicación de este hecho es sencilla: el uso de herramientas CEP permite analizar el proceso productivo, y en algunas ocasiones señala los puntos a considerar para trabajos futuros, pero sólomente la aplicación de una acción sobre el proceso puede inducir un cambio en él. Esto es fácilmente observado en el análisis efectuado al proceso con el uso de las herramientas CEP.

Normalmente, las variaciones del proceso son observadas y conocidas; mas aún, se corrigen dichas variaciones en base a la experiencia acerca del comportamiento del proceso cuando "todo estaba bien". Este subcontrol del proceso corrige una desviación evidente del comportamiento normal o de los estándares establecidos con un ajuste basado en experiencias pasadas, generándose de esta manera tiempo perdido y desperdicio de insumos entre la detección y el resultado de la corrección.

Es por ello que en algunos procesos se tiene una medición constante del proceso y una corrección a cualquier desviación, ajustándose a los estándares. De esta manera, el sobrecontrol del proceso no permite conocer el proceso y sus variaciones naturales, consumiendo recursos en forma de horas-hombre y equipo, e impidiendo la aportación de elementos de decisión acerca del comportamiento normal del proceso. Por otro camino diferente, el sobrecontrol incrementa los gastos de una operación productiva.

Cualquier proceso presenta variaciones: éstas pueden tener una causa asignable (e identificable como alguna especificación en materia prima, o estado del equipo, o procedimiento de trabajo, etc.) o ser una causa natural de variación (la variación intrínseca de una especificación de materia prima, la intervención del factor humano, las condiciones de desgaste normal de los equipos, etc.). Las causas asignables de variación del proceso pueden ser señaladas por una o varias herramientas CEP, siendo ese el momento de tomar decisiones para eliminar esa causa de variación. Asimismo, el CEP proporciona la herramienta para verificar cuando el proceso presenta variaciones naturales, las cuales requieren de un conocimiento sumamente especializado del proceso para identificarlas, y requieren de inversiones y esfuerzos sumamente grandes para eliminarlas.

Por ello, la correcta identificación de una causa de variación asignable puede implicar que, mediante pocos esfuerzos, se obtenga un beneficio en el proceso. Por otro lado, la identificación del proceso en el estado en el cual solamente se tienen causas de variación naturales, permite conocer al proceso y evitar gastar esfuerzos excesivos en la resolución de problemas que no valen la pena ser arreglados, dada la relación costo a beneficio; ya que, finalmente, es la utilidad de la compañía la que determina su supervivencia como tal. A final de cuentas, el impacto real del uso de dichas herramientas ha de verse reflejado tanto en la productividad, el costo y la calidad del producto. La medición y el seguimiento efectuados al trabajo no solamente ayudan al cumplimiento de éste, sino que además permiten que los

resultados obtenidos tengan trascendencia y permanencia en el tiempo.

El presente trabajo de tesis se desarrolla con el fin de servir de guía en la implementación del Control Estadístico de Proceso (CEP) en un proceso productivo de la vida real, presentando las dificultades inherentes al trabajo con personal de diferentes niveles educativos, escalafones de diversos niveles, resistencias al cambio, presupuestos, presiones de productividad/calidad y toma de decisiones.

Asimismo, pretende mostrar el impacto del uso de las diferentes herramientas del CEP utilizadas en un caso concreto, y la forma en cómo estas herramientas fueron usadas e interpretadas por los diferentes departamentos de una planta productiva.

C A P I T U L O 1

DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO Y ASPECTOS POTENCIALES DE MEJORA

1.0.- OBJETIVOS

Proporcionar una visión general del proceso de producción donde se elaboró el trabajo de tesis.

Identificar los puntos primordiales a tratar con la metodología CEP para lograr repercusión en costo.

1.1.- DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

La industria sobre la cual se llevó a cabo el trabajo de tesis es una marca privada de productos higiénicos infantiles, comúnmente llamados "pañales".

En este tipo de industria, el proceso de fabricación se lleva a cabo en máquinas de producción en línea, en las cuales una parte del proceso de fabricación del producto terminado se lleva a cabo secuencialmente.

Dado que los procesos productivos están protegidos por patentes de las diferentes compañías, la descripción del proceso productivo se hará someramente.

Escencialmente, el proceso de fabricación de pañal es un proceso en el que intervienen un molino, unidades de corte y unidades de aplicación de adhesivos termofusibles (hot-melt) para configurar el producto terminado (ver diagrama 1). En este proceso interviene la mano de los operarios de la máquina,

Diagrama de bloques del proceso de fabricación de pañal desechable

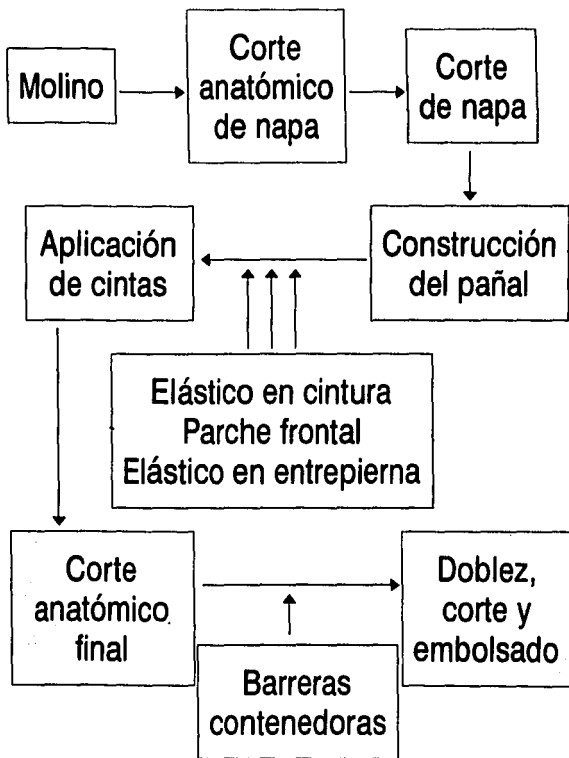


Figura 1

asistidos por departamentos de servicio al proceso, tales como mantenimiento, almacén, compras, etc.

Asimismo, se llevan a cabo dos tipos de controles a la calidad del producto: una de ellas es directamente en la línea de producción, donde se corrigen en el momento las variables del producto que pueden ser verificadas visualmente; por otro lado, en un laboratorio verifican las variables del producto contra estándares funcionales en equipos de prueba adecuados.

Por último, todo el conjunto de actividades de la producción se administra para controlar el costo, los volúmenes, presentaciones, etc. del producto terminado.

1.2.- DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE MEDICION DE EFICIENCIA

La eficiencia del proceso productivo de pañales se cuantifica en base al volumen de producción generado, expresado en "cajas" y por el nivel de desperdicio manejado por el sistema para poder producir dicho volumen de producción; comunmente, este nivel de desperdicio se cuantifica como un % de la producción de las máquinas, y se denomina "merma".

En base a esto, la eficiencia de la operación (a nivel producción) se expresa en base a estos dos índices: cajas producidas, y % de merma generada.

La resolución matemática del problema de optimización requiere de tres componentes básicos para la formulación de éste en términos matemáticos:

a) El proceso o modelo matemático que rige el problema, además de una definición de las variables del proceso que pueden ser manipuladas o controladas.

b) Un modelo económico para el proceso. Esto es una ecuación que incluye las utilidades obtenidas con la venta del producto y los costos asociados al proceso productivo; es decir, materia prima, costos de operación, costos de administración, gastos generales, etc.

c) Un procedimiento de optimización para la manipulación de las variables independientes del proceso, que maximice las utilidades o minimice los costos determinados por el modelo económico, restringido por el modelo del proceso [1].

1.2.1.- MODELO MATEMATICO DEL PROCESO

El modelo matemático del proceso maneja las variables de producción, tiempo perdido, merma y velocidad, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P = V (1,440 - TPT) (1 - \% M) f \dots\dots\dots [1]$$

donde

P = producción, en cajas / día

V = velocidad de la línea productiva, en pañales / minuto

TPT = tiempo perdido total en el día, en minutos

% M = porcentaje de merma de la operación

f = factor de corrección dimensional

Analizando la ecuación, la maximización de la producción viene dada por la combinación de dos factores: la reducción del

tiempo perdido total (TPT), y la reducción del % de merma generado.

El tiempo perdido total es el resultado de las fallas del equipo, los errores humanos y las deficiencias de la materia prima. A nivel de producción, es el factor que más influye en el desempeño de los equipos. La forma más común de analizar el tiempo perdido es que el operador de la máquina anote en una bitácora las fallas del equipo y el tiempo que fue empleado en resolver estas fallas; posteriormente, esta información se agrupa para generar un análisis donde se verifique cuál o cuáles son las secciones conflictivas del equipo, y que contribuyen en mayor medida a la pérdida de tiempo. También es necesario el nivel de concientización que exista en la gente que labora en la operación, ya que muchas veces no existe una conciencia clara acerca de la repercusión de los tiempos perdidos en la operación.

Considerando en la ecuación {1} la velocidad y el % de merma como constantes, la ecuación se reduce a

$$P = k (1,440 - TPT) \dots\dots\dots \{2\}$$

Dado de k es una constante, para dos tiempos totales perdidos diferentes, se obtiene que

$$k = P_1 / (1,440 - TPT_1) = P_2 / (1,440 - TPT_2)$$

$$P_2 = \frac{(1,440 - TPT_2)}{(1,440 - TPT_1)} P_1 = \frac{(1 - x TPT_1)}{(1 - TPT_1)} P_1 \dots\dots \{3\}$$

donde "x" representa la relación existente entre los dos tiempos perdidos, $x = TPT_2 / TPT_1$.

Es claramente visible que se pueden obtener tres condiciones para el valor de "x":

$x = 0$. El tiempo perdido es igual en ambos casos, y las producciones son iguales.

$x < 1$. El tiempo perdido se reduce, lo cual se traduce en una mayor producción.

$x > 1$. El tiempo perdido aumenta en relación al anterior, reduciéndose la producción.

Dado que en toda operación productiva la existencia de los estándares es la regla por la cual se mide la eficiencia de la misma, el TPT tiene un estándar y un lugar en el presupuesto. Por ello, las acciones realizadas para modificar esta variable están dentro del ámbito de posibilidades y responsabilidades del grupo gerencial.

En la gráfica [2] se muestran las diferentes eficiencias obtenidas al reducir el TPT contra un estándar determinado; los estándares graficados van del 10 al 50 % de TPT, y las reducciones de TPT se calcularon del 5 al 95 %.

Una de las trampas más comunes en el juego de la creación de presupuestos y estándares lo constituye la inclusión de valores altos para el TPT, basándose únicamente en el historial del equipo. Dado que, en una operación en la que no se realizan acciones concretas y analizadas tendientes a la mejora, no se verificarán mejoras, este engaño puede durar años. Asimismo, es factible el hecho de que gente no involucrada con la operación desarrolle estándares totalmente fuera de la realidad, dado que los factores que afectan la operación no han sido considerados. Esto genera apatía y desesperación por parte del grupo de

Efecto de la reducción del TPT

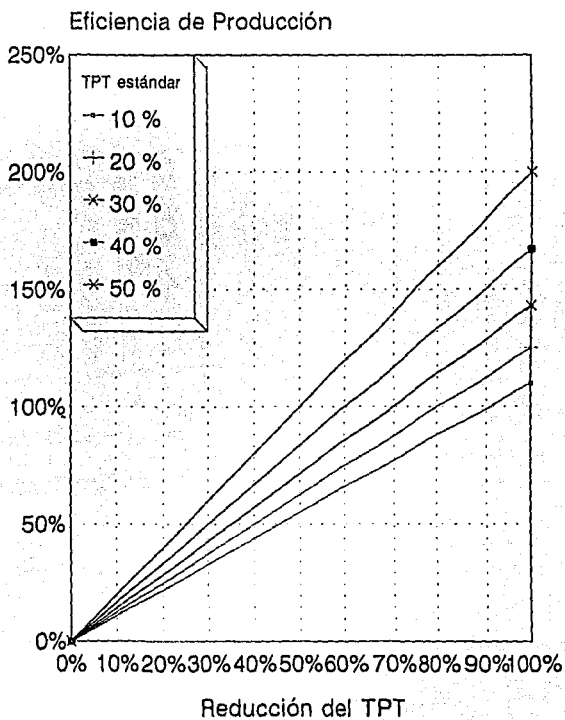


Figura 2

operaciones, ya que no obstante los esfuerzos realizados, no se logran los avances requeridos.

La merma es inherente a cualquier proceso de cambio, ya que no puede obtenerse un producto a partir de la transformación de material sin pérdida de materia o energía (principio establecido en la segunda ley de la termodinámica).

Para el caso de las máquinas de fabricación de pañal, la merma o desperdicio, es calculada a partir de la producción aceptada y que cumple los estándares de calidad, y la producción total del equipo, donde la diferencia de estas dos magnitudes representa el desperdicio que hubo de mermarse para obtener dicho volumen de producción.

$$\% M = \frac{\text{Golpes totales} - \text{Golpes de Producción}}{\text{Golpes totales}} \times 100$$

La referencia a "golpes" está relacionada a cada unidad producida (un pañal).

Así como el TPT afecta principalmente al volumen de producción generado, la merma afecta y se ve reflejada en costo del producto terminado, más que cualquier otra variable. Esta se genera por causas inevitables, tales como empalmes de materiales, arranques de equipo, fallas o deficiencias del equipo y la materia prima, y defectos de calidad no permisibles por los estándares de la operación.

Asimismo, parte de la merma es generada por fallas repetitivas del equipo, por deficiencias en la estructura administrativa del proceso productivo, por falta de capacidad o

conocimiento del personal que labora con el equipo, fallas en la comunicación dentro y entre departamentos, etc.

Tanto para el TPT como para el % de merma existe un efecto fácilmente comprensible y de inmensa repercusión en el proceso productivo: cuanto más bajos son los valores de TPT y % de merma, cuanto más difícil es reducir estos.

Esta dificultad en la reducción de ambas variables se explica dado que grandes valores de TPT y % de merma implican muchas fallas de los equipos, materiales, decisiones y acciones realizadas por el sistema de producción. Muchas de estas causas son obvias y se van eliminando con el paso del tiempo (cabe aclarar aquí, que si bien el sentido común permite identificar muchas de estas situaciones *antes* de que se produzcan, es común ceder ante las presiones del momento y trabajar en el camino de menor resistencia, que es precisamente, dejar que los problemas se vayan arreglando por sí mismos).

Ahora bien, cuando se ha logrado una cierta estabilidad en la operación se comienza a caer en la llamada *ceguera de taller*, en la cual, el trabajo diario ha acostumbrado al pensar y al actuar a hacer lo mismo y de la misma manera, de tal forma que no se efectúan cambios en el proceso productivo; de aquí se desprende una conclusión inmediata: si se desea que algo suceda *mañana*, debe de hacerse algo *hoy*, diferente a lo que siempre se ha hecho.

Para lograr las mejoras en las operaciones a niveles de productividad y costos, debe pues de estudiarse y analizarse el

proceso para identificar los puntos a atacar en cada renglón que afecte el TPT y la merma.

La velocidad de la máquina, como última variable que afecta la producción, es la que más fácilmente se modifica en la operación de los equipos, ya que responde a las especificaciones del mismo.

Pero es necesario considerar que la velocidad del equipo es una variable que va a afectar fuertemente otras características de la operación, ya que en la práctica, es difícil mantener constantes los valores del TPT y del porcentaje de merma al incrementar la velocidad.

Uno de los enfoques tradicionales consiste en incrementar la productividad de los equipos a partir de aumentar la velocidad de los procesos productivos; sin embargo lo único que se logra con esto en la mayoría de los casos es incrementar el número, variedad y causas de problemas en la operación, de tal manera que no se obtienen mejoras inmediatas al incremento de velocidad, y si en ocasiones se demeritan las eficiencias de la operación, hasta que el proceso vuelve a alcanzar los estándares de TPT y de % de merma anteriores al cambio.

Este enfoque no permite conocer y controlar la operación; mas bien, se corrigen los problemas surgidos por los incrementos de velocidad.

Otro enfoque estriba en reducir los parámetros que afectan la productividad a una velocidad determinada, como son el TPT y el porciento de merma. Este enfoque está centrado en un mejor conocimiento del proceso de producción, las variables que lo

afectan, los parámetros que es necesario seguir y controlar, el tipo de acciones y modificaciones que es necesario efectuar o evitar, y, finalmente, establece mejores bases para el trabajo diario.

1.2.2.- MODELO ECONOMICO DEL PROCESO

En las condiciones siempre cambiantes de un mercado, un modelo económico tiende a cambiar con el paso del tiempo.

El objetivo último de cualquier empresa es de generar utilidades; esto es, a partir de inversiones de dinero y de manejo de recursos, personal y equipo, lograr obtener una mayor cantidad de recursos a los que se tenían anteriormente.

Dado que no es posible establecer una ecuación válida para todos los procesos, se puede generalizar la siguiente expresión:

$$\text{Utilidades} = F_1(\text{Ventas}) - G_1(\text{Gastos}) \dots\dots\dots (4)$$

donde las funciones F_1 y G_1 son las funciones de dinero obtenido a partir de las ventas del producto (uno de cuyos parámetros es el volumen de ventas), y de dinero invertido o empleado en la fabricación, administración, mercadotecnia y mantenimiento de la compañía (en donde dos de los parámetros implícitos son el TPT y el porcentaje de merma).

1.2.3.- PROCESO DE OPTIMIZACION

Para los fines del presente trabajo de tesis, el estudio de las variaciones del nivel de utilidades con la función F_1 que afecta a los beneficios económicos de las ventas, no es analizado, y solamente se estudian los aspectos referidos a la

reducción del TPT y el % de merma, considerando que la minimización de ambas variables, sin límite, implica la maximización de la ecuación {4}.

El trabajo realizado se enfoca hacia el uso de herramientas del CEP para el análisis, comprensión y verificación de los trabajos efectuados sobre las variables que de una u otra manera afectan el TPT y la merma, permaneciendo constante la velocidad del proceso y las especificaciones del producto terminado.

C A P I T U L O 2

PROCESO DE IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS ESTADISTICAS BASICAS

2.0.- OBJETIVOS

Describir la metodología empleada para implementar y dar seguimiento al uso de las herramientas CEP básicas: histogramas, paretos, diagramas de espina de pescado causa-efecto (Ishikawa) y cartas de control.

2.1.- DESCRIPCION DEL PROGRAMA

Usualmente, las órdenes de inicio de programas que involucran a la empresa o a parte de ella vienen dadas por la dirección de la misma, y es en las gerencias y jefaturas donde se ejecutan.

Normalmente, la orden no basta para arrancar un programa, pues debe ser analizado y preparado con anterioridad.

Para el caso de implementación del CEP en la planta productiva hubieron de ser contestadas varias preguntas:

-¿A quién es necesario capacitar para el uso de herramientas CEP?

-¿Quién debe de dar la capacitación?

-¿Es necesaria realmente la capacitación?

-¿Con qué profundidad debe de darse la capacitación?

-¿Quién, cuándo y cómo se dará seguimiento al programa?

-¿Cuántos recursos deben de enfocarse al programa?

La situación del momento exigía que el programa trabajara lo mas pronto posible, al menor costo y con las máximas eficiencias. En base a ello se determinaron de momento varias premisas:

a) La capacitación debe de ser impartida por un consultor externo, ya que la experiencia del personal de la planta en el CEP era mínima.

b) Debe desarrollarse simultáneamente al personal que ejecutará y al que administrará las herramientas, para que se hable con un lenguaje común y se trabaje en las mismas áreas de trabajo.

c) Dado que el nivel escolar medio de los operadores de máquina no pasa de primaria, las herramientas básicas deberán de ser enseñadas con ejemplos prácticos, sin involucrar los formalismos matemáticos de la estadística intrínseca. Sin embargo, a los ingenieros que estarán administrando y dando seguimiento al CEP en la planta debe de enseñarseles toda la carga matemática de estas herramientas, para que se puedan interpretar correctamente los resultados de los datos obtenidos.

d) Uno de los aspectos fundamentales del proceso de implementación CEP estriba en responder a la pregunta *¿qué se debe de medir y controlar en el proceso?*. La respuesta a esta pregunta surgió de un primer análisis efectuado al proceso en general, ya que no se podía mandar a los operadores con las herramientas recién aprendidas y sin objetivo claro y común para su trabajo.

Por otro lado, si bien se estuvo manejando el aspecto técnico del CEP y el aspecto organizativo, era necesario tomar en

cuenta el aspecto humano en la capacitación: enseñar una técnica nueva a un personal que había trabajado así por años implicaba vencer una resistencia al cambio.

El modelo de Beck-Hunt-Terrence explica los factores necesarios a considerar en la implementación de un cambio:

$$I \times V \times PB > R$$

donde

I = insatisfacción; referida a la gente de la organización (y no solamente a la dirección del grupo) con los resultados o desempeño actuales.

V = visión; objetivo del grupo de la posición, nivel, eficiencia, etc., que se desea tener o a donde se desea llegar; es el "donde" se desea estar, comparándolo con el "donde" se está.

PB = pasos básicos; el camino mínimo necesario para comenzar a generar un cambio en el proceso.

R = resistencia al cambio; toda resistencia que la gente de la organización presenta cuando se requiere que las cosas se hagan de manera diferente.

A partir de este modelo se infieren las siguientes situaciones (comunes en las empresas):

a) $I, V \text{ ó } PB = 0$.

No habrá cambios.

b) $I > 0 \quad V = PB = 0$

Se cae en la desesperación de no saber (ni poder) modificar el estado actual de las situaciones ("es imposible").

c) $I > 0 \quad V = 0 \quad PB > 0$

Se brincará de programa en programa sin llegar a resultados y, eventualmente, se dejará de dar seguimiento a las acciones que conducen a resultados.

d) $I > 0$ $V > 0$ $PB = 0$

Se genera apatía ("no puedo hacer nada por la situación, por lo que mejor me olvido de ella")

e) $I = 0$ $V > 0$ $PB > 0$

No hay cambios porque falta la voluntad de efectuarlos ("para qué, si estamos en buenos números y estamos en objetivos")

Para atacar el factor I (insatisfacción), se recurrió a reuniones con el personal operativo, mostrándoles los resultados deficientes de la empresa contra los objetivos, y concientizándolos acerca de la importancia de su trabajo en la operación. Asimismo, se comenzó a graficar su desempeño en los diferentes rubros contra los otros operadores y contra los estándares. Un aspecto fundamental fue el de organizar mensualmente dichas reuniones, ya que la insatisfacción con los resultados no se logra implementar en la conciencia de los operadores sino hasta después de haberse hecho evidente el hecho de su motivación para trabajar.

El factor V (visión) estaba dado por la dirección de la empresa, mas siempre se confundía o perdía entre las presiones del día a día. Se aprovecharon estas reuniones mensuales para destacar la posición de la compañía, recalcando la importancia que tenía el cumplimiento de los estándares.

Todo este aspecto motivacional hubo de ser apoyado en el conocimiento de la gente, sus intereses y motivaciones, ya que es el aspecto humano el más difícil de controlar en cualquier proceso.

El factor de PB (pasos básicos) fue impulsado por la capacitación externa, que duró 2 meses, y en la cual se instruyó en el concepto, uso y manejo de las herramientas CEP básicas: histogramas, paretos, diagramas de espina de pescado y cartas de control.

2.2.- ANALISIS INICIAL DEL PROCESO

El proceso productivo, para ser eficiente comparándose a los estándares, había de ser mejorado en la reducción de TPT (Tiempo Perdido Total) y porcentaje de merma.

Para reducir el TPT se comenzó a analizar a partir del historial mensual de las máquinas, en el cual saltó como primera causa del TPT la unidad de dobléz y embolsado del producto terminado conocido como "stacker" (ver figura [3]).

Asimismo, se comenzaron a llevar estudios de las piezas rechazadas por las máquinas (figuras [4], carta de recolección de datos; figura [5], resultados del análisis), determinándose que la primera causa de merma de la máquina estaba relacionada al rechazo de producto terminado por el "stacker".

El tercer análisis, una vez determinado que el "stacker" era la sección que mayor repercusión tenía en el proceso, fue desarrollar un diagrama de espina de pescado para determinar las variables a controlar en el sistema: como resultado de este

Análisis de tiempos perdidos: resúmen

1SAM	2.68%	7 Cubierta	3.36%
2Molino	8.82%	8 Adhesivos	17.60%
3Napa	10.54%	9 Parche	3.15%
4Cortes an.	4.09%	10Elástico	6.38%
5Transfer L.	2.56%	11Cintas	3.45%
6Polietileno	3.48%	12Barreras	16.05%
		13Stacker	17.77%

Pareto de TPT

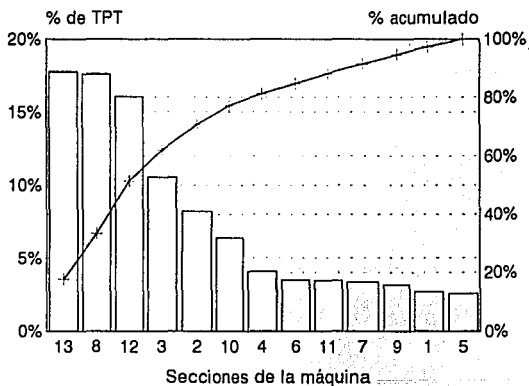


Figura 3

Formato usado para el estudio de merma de piezas

Máquina _____		Hoja _____
Turno _____		Fecha _____
Marcador	Descripción de la causa de merma (*)	Piezas (**)
(*) Anotar el título del foco que prenda en la consola		
(**) Anotar el valor del contador de rechazos cuando acabe de rechazar la máquina		
		Elaboró _____

Figura 4

19
FALLA DE ORIGEN

Análisis de merma de piezas: resúmen

Atorón stacker	24.27%	Rot. cinta	1.83%
Rechazo manual	16.67%	Rot. TL	1.66%
Rot. guía gral	11.79%	Unión cinta	0.75%
Atorón trifolder	8.13%	Unión poli	0.32%
Falla adh 11	6.96%	Unión barrera	0.27%
Cambio cuchilla	6.78%	Unión elástico	0.26%
Rot. elásticos	5.13%	Pérdida de cinta	0.17%
Falta de elástico	3.58%	Unión parche	0.16%
Rot. barrera	3.40%	FC cinta	0.11%
Limp. PW	3.20%	Cinta s/doblar	0.04%
Rot. envoltura	2.46%	FC TL	0.03%
Falla adh 9	1.98%	FC barrera	0.03%

Pareto de Mermas

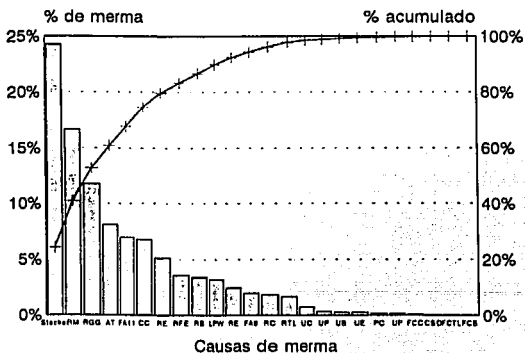


Figura 5

FALLA DE ORIGEN

último análisis (figura [6], diagrama de espina de pescado; figura [7], resultados del análisis), se determinaron las variables a controlar: peso total del pañal y espesor del pañal.

Diagrama Causa-Efecto

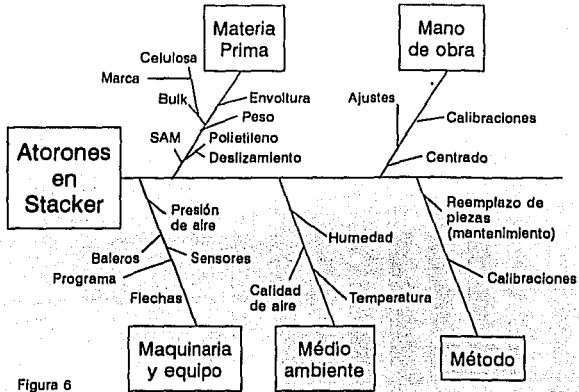


Figura 6

Agrupación

	RB	FG	TM	FD	OG	TOTAL
Pañal	3	3	2	1	2	11
Pistones	2	1	0	2	0	5
Aire	0	2	1	0	0	3
Sensores	2	1	0	1	0	4

Atorones en Stacker

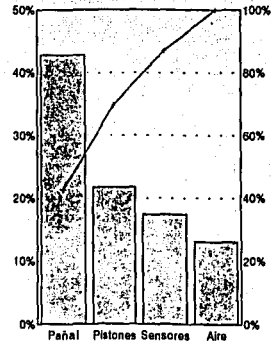


Figura 7

C A P I T U L O 3
USO DE HERRAMIENTAS
ESTADISTICAS BASICAS

3.0.- OBJETIVO

Mostrar los resultados del análisis inicial del proceso efectuado en el proceso productivo.

3.1.- RESULTADOS DEL ANALISIS INICIAL DEL PROCESO

El resultado del análisis inicial del proceso conduce directamente a la necesidad de controlar el peso y el espesor del pañal; sin embargo, no dice cómo controlarlos a lo largo del tiempo.

Dicha herramienta había de cumplir con los siguientes requisitos:

- * Posibilidad de ser utilizada una vez por turno por el operador de la máquina de pañal, cumpliendo dos objetivos: evitar el sobrecontrol del proceso, y acostumar al operador al manejo, uso e interpretación de los datos recolectados.

- * Capacidad de ser analizada semanal y mensualmente para determinar causas de cambios a mediano plazo y para definir avances a largo plazo.

Para ello se decidió utilizar una herramienta estadística que se adecuó a las necesidades de control; esto es: continuidad a lo largo del tiempo, susceptible a ser utilizada en la línea productiva, y fácilmente ajustable a las necesidades del proceso: las cartas de control; esta es una herramienta que detecta la

variabilidad de un proceso, y ayuda a identificar las causas de desviación y verificar los efectos de las mejoras al proceso a lo largo del tiempo.

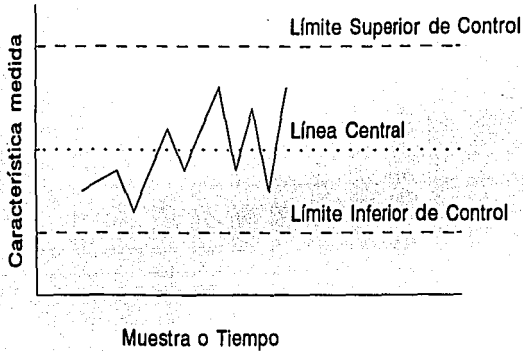
Las herramientas usadas regularmente (paretos e histogramas) tienen sus aplicaciones, pero es necesario que el proceso al cual se estén aplicando sea estático; la carta de control tiene la flexibilidad de ser utilizada por un proceso dinámico.

La gráfica de control consta de límites de control inferior y superior (figura [8], carta de control), calculados con el propósito de obtener un juicio respecto al comportamiento del proceso; esto es, determinar si es estable o no; si está bajo control o fuera de él. Al usar estos límites es posible distinguir variaciones, tanto por causas asignables como no asignables al proceso (Deming llama comunes al sistema a las causas no asignables y especiales a las asignables; Kevin McCormick denomina asignables a las que provocan variaciones ocasionales, posiblemente prevenibles y corregibles, y naturales a las que constituyen la variación natural del proceso, inevitables y que constituyen el "ruido de fondo" del proceso. De cualquier manera, son claramente diferenciables dos causas de variación).

El uso primordial de las cartas de control reside en el control del proceso durante la producción, ya que pone de manifiesto la información de los registros de calidad y ayuda a juzgar si el proceso está controlado.

La carta de control X-R trabaja con datos continuos y no discretos; es, en realidad una composición de dos gráficas: una

Carta de control



Zonas de la carta de control

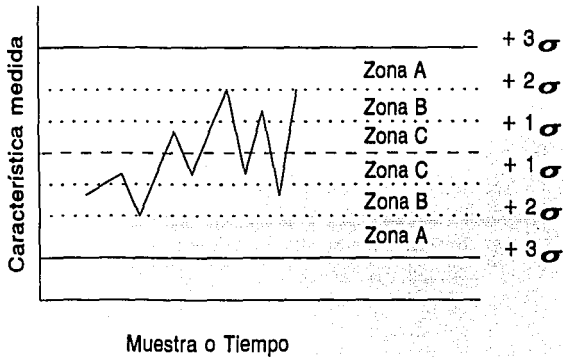


Figura 8

que presenta los promedios de la variable medida (gráfica X), y otra que presenta a los rangos de dichas medidas (gráfica R). Se consideran las dos juntas como una sola, ya que la gráfica X muestra cualquier cambio con respecto a la media del proceso, y la gráfica R muestra los cambios en la dispersión del proceso; por otro lado, los cálculos de los límites de control para ambas gráficas se basan en los mismos valores.

La gráfica de control típica utilizada contiene una línea central que representa el valor promedio de la característica a controlar (LC), correspondiente al estado de control estadístico (esto es, cuando únicamente están presentes las causas de variación no asignables). Dos líneas horizontales se dibujan alrededor de la gráfica: los límites de control inferior (LCI) y superior (LCS). Estos límites se calcularon de tal manera que cuando el proceso se encuentra controlado, la gran mayoría de los puntos graficados caerá entre ellos. Conforme los puntos graficados caen dentro de estos límites, se asume que el proceso está en control, y no es necesario tomar acciones. Sin embargo, un punto que cae fuera de estos límites es interpretado como una evidencia de que el proceso se encuentra fuera de control, y se requiere investigar y efectuar medidas correctivas sobre la o las causas asignables responsables del suceso. Es conveniente el conectar los puntos graficados con líneas rectas, de manera que se facilite la visión de como se desenvuelve el proceso a lo largo del tiempo.

Ahora bien, puede darse el caso de que todos los puntos caigan dentro de los límites de control, y aún así presenten un

criterio indicativo de un proceso fuera de control: un comportamiento sistemático o no aleatorio es una indicación clara de ello. Por ejemplo, si 18 de los últimos 20 puntos graficados se encuentran entre LC y LSC, y sólomente 2 puntos se localizan entre LC y LIC, se puede sospechar que algo anda mal (figura [9])

Esto es debido a la suposición inicial de que si el proceso está bajo un control estadístico, el patrón de comportamiento de los puntos debe ser esencialmente aleatorio; la probabilidad de que una medición caiga sobre o bajo LC es la misma: 1/2. La probabilidad de la siguiente medición es la misma, ya que, tratándose de datos continuos de un proceso donde existen variaciones no asignables, no existe razón alguna por la cual el proceso se incline hacia uno u otro lado de la gráfica en dependencia con el punto anterior. La probabilidad de que el segundo punto caiga del mismo lado del punto 1 es

$$P_2 = (1/2) \times (1/2) = (1/2)^2 = 1/4 \dots\dots\dots \{5\}$$

Siguiendo el mismo razonamiento, la probabilidad de que el tercer punto caiga del mismo lado de la gráfica es

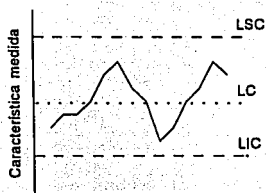
$$P_3 = (1/2)^3 = 1/8 \dots\dots\dots \{6\}$$

Por lo que se infiere que la probabilidad de que una medición "n" caiga del mismo lado de la gráfica es

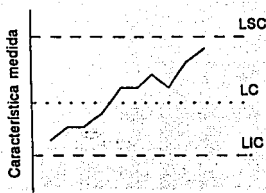
$$P_n = (1/2)^n \dots\dots\dots \{7\}$$

Es fácilmente visible, pues, que la probabilidad de que un punto cualquiera "n" caiga consecutivamente entre LC y cualquiera LIC o LSC junto con n-1, n-2, ..., 2, 1, se reduce potencialmente conforme "n" crece.

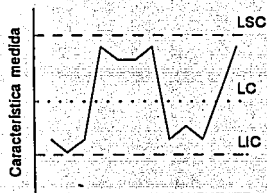
Tendencias en cartas de control



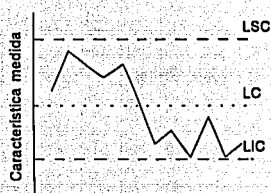
Muestra o Tiempo
PATRON CICLICO



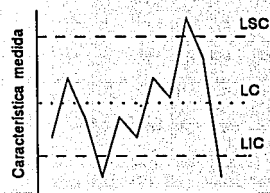
Muestra o Tiempo
TENDENCIA ASCENDENTE



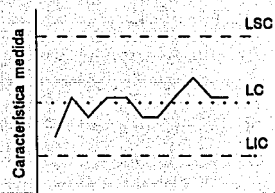
Muestra o Tiempo
ADHESION A EXTREMOS



Muestra o Tiempo
CAMBIO EN EL PROCESO



Muestra o Tiempo
FUERA DE CONTROL



Muestra o Tiempo
ADHESION AL CENTROS

Se suele considerar de manera práctica como $n=7$ el número por el cual el proceso está fuera de control, ya que este evento ocurrirá únicamente una vez cada $2^7 = 128$ veces.

El modelo general para la carta de control define como w una medida cualquiera de la característica de interés (en este caso, tanto peso como espesor); supone un promedio igual a μ_w y una desviación estándar s_w . Se definen entonces las líneas de la carta de control LC, LIC y LSC como:

$$LSC = \mu_w + ks_w \dots\dots\dots \{8\}$$

$$LC = \mu_w \dots\dots\dots \{9\}$$

$$LIC = \mu_w - ks_w \dots\dots\dots \{10\}$$

donde k es la distancia de los límites de control a LC, expresada en términos de la desviación estándar. Esta teoría general de las cartas de control fue propuesta en primera instancia por el Dr. Walter A. Shewhart, y las cartas de control desarrolladas de acuerdo a estos principios se llaman comúnmente *cartas de control de Shewhart*.

Los valores de k se eligen de acuerdo a las necesidades de control que se tengan para una determinada variable; usualmente se maneja $k = 3$ para abarcar el 99.97% de probabilidad de que los puntos graficados caigan dentro de los límites de control (si es que dichos puntos representan un proceso en control estadístico).

Otros valores de k , tal como $k = 3.09$, son frecuentemente utilizados en Europa para controlar a que solamente el 0.001% de los valores graficados caigan fuera de los límites. En la práctica, la diferencia de valores ($k = 3$ ó $k = 3.09$) no es significativa, ya que los procesos en control estadístico rara

vez están en cercanía a los límites de control, y una adhesión a los extremos de los límites LIC y LSC es un indicativo fuerte de que algo anda mal en el proceso (o lo que es lo mismo, está presente una causa de variación asignable).

El uso de cartas de control en el proceso productivo mostró varios aspectos reveladores del mismo (figura [10], diversas cartas de control de proceso al comienzo de la implementación).

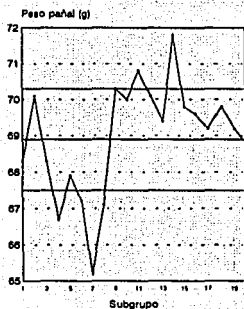
- a.- Muchos procesos no operaban dentro de control estadístico.
- b.- Consecuentemente, el uso rutinario de las cartas de control sirvió para encontrar causas asignables de variación del proceso. Eliminando estas causas asignables se reduce la variabilidad y el proceso general mejora (figura [11], como trabaja una carta de control)
- c.- Es necesario decir que la carta de control únicamente ayuda a encontrar causas asignables de variación, y no elimina éstas del proceso. La eliminación corre a cargo de las acciones que se realicen para ayudar al proceso.

3.2.- ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESO

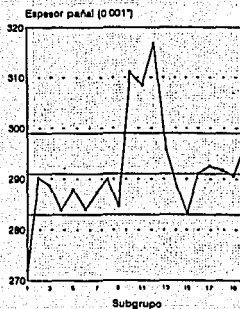
En este punto el comportamiento del proceso es una incógnita, ya que lo único que se sabe de éste es que varía, y que esta variación ha de ser medida y controlada para eficientar la operación. Se ha decidido el manejo de las cartas de control para el control de las variables identificadas por los paretos de tiempos perdidos y mermas generados con anterioridad. Mas sin

Datos de espesor y peso ANTES de la implementación

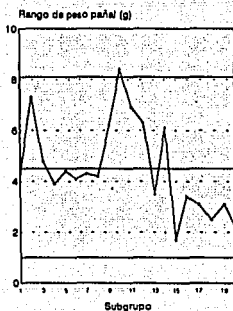
Promedio PESO



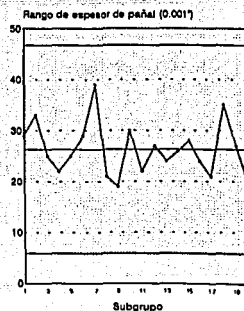
Promedio ESPESOR



Rango PESO



Rango ESPESOR



COMO TRABAJA UNA CARTA DE CONTROL

Distribución de
medidas individuales
de "x":
Normal, con promedio
 $\mu = 74$ y
 $s = 0.01$

Distribución de
medidas de subgrupos
de "x":
Normal, con promedio
 $\mu = 74$ y
 $s = 0.0045$

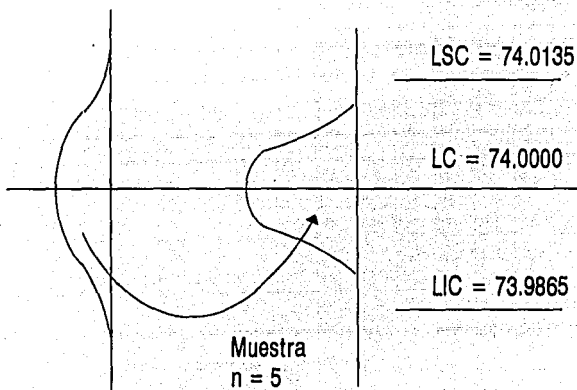


Figura 11

embargo, no se conoce la magnitud de la variación y de la capacidad del equipo para producir un producto en especificación.

La opción manejada fue la de efectuar un *Estudio de Capacidad de Proceso (ECP)* para determinar la capacidad del proceso de cumplir con la especificación propuesta, y de paso para evaluar la magnitud de la dispersión de las variables seleccionadas.

Quizá lo más complicado en este punto fue la razón del porqué efectuar un ECP, más que la realización del ECP en sí.

Mucha gente entiende conceptos diferentes de lo que "capacidad" significa, y dentro de las diversas jerarquías de la empresa este concepto tiene muchas connotaciones: donde para unos "capacidad" implicaba que el proceso debería de producir siempre un pañal dentro de las especificaciones, para otros potencialmente puede llegar a fabricarlo, dependiendo de las condiciones del proceso.

Para efectos de la realización del ECP, capacidad se definió como la *habilidad del proceso para proporcionar el producto deseado*. Esta definición maneja dos ideas: el proceso debe de fabricar un *producto razonablemente uniforme*, y las características del producto deben de estar *centradas alrededor de valores objetivos*.

Una vez definidas las características a estudiar, la metodología de realización del ECP se basó en el siguiente procedimiento:

A.- Colección de datos de acuerdo a un procedimiento aleatorio, para evitar caer en ciclicidades del proceso.

Los datos colectados se distribuyen en subgrupos de tamaño constante "n"; se obtienen bajo las mismas condiciones, esto es, sin cambiar las condiciones del proceso durante la recolección de muestras, y sin mezclar lotes o datos de naturaleza diferente.

Para determinar el tiempo de muestreo, este debe evitar coincidir con cualquiera de los ciclos del proceso. Puede ser variable (con lo cual cumple el objetivo anterior), pero es difícil de mantener, ya que tienden a alargarse cada vez más entre sí los muestreos, perdiéndose la utilidad del control. Eligiendo tiempos constantes, estos se calculan de acuerdo a la ecuación

$$T = \frac{TT - N \cdot V}{N - 1} \dots\dots\dots \{11\}$$

donde

T = tiempo entre muestreos

TT = tiempo total del control; tiempo en el que se analizará más profundamente los valores obtenidos.

N = número de subgrupos que se van a analizar

B.- Cálculo de promedios y rangos.

Para cada subgrupo, se calcula el promedio \bar{X} y el rango R,

$$\bar{X} = \sum x_i / n \dots\dots\dots \{12\}$$

$$R = X_{\max} - X_{\min} \dots\dots\dots \{13\}$$

Ambos valores se grafican en la parte de la gráfica de control correspondiente.

C.- Cálculo de los límites de control.

Para el cálculo de los límites de control, se supone que la característica a controlar está normalmente distribuida común

promedio μ y una desviación estándar σ , donde ambas variables son conocidas. Si x_1, x_2, \dots, x_n es una muestra de tamaño "n", el promedio de la muestra se calcula por la ecuación {12}; y sabiendo que X_{prom} está distribuida normalmente con promedio μ y desviación estándar $s_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$. Por lo tanto, la probabilidad es de 1-alfa de que cualquier promedio caiga entre

$$\mu + Z_{\alpha/2} s_{\bar{x}} = \mu + Z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n} \dots\dots\dots \{14\}$$

$$\mu - Z_{\alpha/2} s_{\bar{x}} = \mu - Z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n} \dots\dots\dots \{15\}$$

Como μ y σ son conocidas, estas ecuaciones pueden utilizarse como límites de control superior e inferior en las cartas de control. Empero, es común reemplazar $Z_{\alpha/2}$ por 3 ó 3.09, por lo que los límites de $\pm 3s$ se emplean. Si cualquier promedio de los subgrupos cae fuera de estos límites, es una indicación de que el promedio del proceso ya no es igual a μ .

En la práctica, no se conocen ni μ ni σ , por lo que deben estimarse de datos preliminares tomados cuando se piensa que el proceso está en control. Estas estimaciones usualmente se basan en 20 ó 25 subgrupos. Supóngase que m subgrupos están disponibles, cada uno conteniendo n observaciones de la variable determinada; típicamente, n es pequeño, del orden 4, 5 ó 6. Este tamaño pequeño es el resultado de la construcción de un grupo lógico, asociado a los hechos de que los costos de muestreo, inspección y medición son largos. Siendo $X_{1,prom}, X_{2,prom}, \dots, X_{m,prom}$ los promedios para cada subgrupo, la mejor estimación para μ , el promedio del proceso, es el promedio de promedios:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{X_{1,prom} + X_{2,prom} + \dots + X_{m,prom}}{m} \dots\dots\dots \{16\}$$

Entonces, \bar{X} será usado como línea central (LC) en la gráfica de control.

Para la construcción de los límites de control, se requiere de una estimación de la desviación estándar s . Se puede estimar s de la desviación estándar o del rango de cada uno de los m subgrupos. Como el cálculo de los rangos es considerablemente más fácil que el de las desviaciones estándar, este es el más utilizado. Siendo X_1, X_2, \dots, X_n los valores de un subgrupo, el rango de éste es la diferencia de los valores máximo y mínimo (ecuación {13}).

Existe una relación entre el rango de una muestra en una distribución normal y la desviación estándar de dicha distribución. La variable $W = R / s$ se denomina rango relativo. Los parámetros de la distribución de W son una función del valor de n , el tamaño de la muestra. El promedio de W es d_2 . Consecuentemente, una estimación de s es $s = R / d_2$. Los valores de d_2 se encuentran tabulados en el apéndice 1.

Siendo R_1, R_2, \dots, R_m los rangos de cada subgrupo, su promedio es

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \dots\dots\dots \{17\}$$

La mejor estimación de s se calcula como

$$s = \bar{R} / d_2 \dots\dots\dots \{18\}$$

Si la muestra es relativamente pequeña, el método de rangos genera una buena estimación de la varianza, así como el estimado

cuadrático (la varianza sencilla S^2). La eficiencia relativa del método para S^2 se muestra en la siguiente tabla:

n	Eficiencia relativa
2	1.000
3	0.992
4	0.975
5	0.955
6	0.930
10	0.850

Para valores moderados, $n = 10$, el método de rango pierde eficiencia rápidamente, debido a que se va ignorando la información de las muestras entre X_{\max} y X_{\min} . De cualquier manera, para los tamaños de subgrupo pequeño que son usados en las cartas de control ($n = 4, 5, 6, 6$) es enteramente satisfactorio.

Si se usan los parámetros X como una estimación de μ y R/d_2 de s , los parámetros de la gráfica son

$$LSC = \bar{X} + \frac{3R}{d_2\sqrt{n}} \dots\dots\dots \{19\}$$

$$LC = \bar{X} \dots\dots\dots \{20\}$$

$$LIC = \bar{X} - \frac{3R}{d_2\sqrt{n}} \dots\dots\dots \{21\}$$

Definiendo la variable A_2

$$A_2 = R / d_2\sqrt{n} \dots\dots\dots \{22\}$$

como una constante que depende únicamente del tamaño de la muestra, es posible reescribir los límites de control como

$$LSC = \bar{X} + A_2 R \dots\dots\dots \{23\}$$

$$LC = \bar{X} \dots\dots\dots \{24\}$$

$$LIC = \bar{X} - A_2 R \dots\dots\dots \{25\}$$

Se puede encontrar la constante A_2 tabulada en el apéndice 1

Se ha demostrado que el rango de cada subgrupo está relacionado con la desviación estándar del proceso. Por tanto, la variabilidad del proceso puede ser controlada graficando los valores de R de cada subgrupo en una gráfica de control. Esta gráfica de control se denomina *gráfica de rangos*, o *gráfica R*. Los parámetros de R pueden determinarse fácilmente. La línea central será \bar{R} . Para determinar los límites de control, se requiere una estimación de s_R . Asumiendo que la característica a controlar está distribuida normalmente, s_R puede encontrarse a partir de la distribución del rango relativo $W = R / s$. La desviación estándar de W , llamada d_3 , es una función conocida de N . Entonces

$$R = W \times s \dots\dots\dots \{26\}$$

la desviación estándar de R es

$$s_R = d_3 \times s \dots\dots\dots \{27\}$$

Como se desconoce s , podemos estimar s_R por

$$s_R = d_3 \bar{R} / d_2 \dots\dots\dots \{28\}$$

Consecuentemente, los parámetros de la gráfica R con los límites de control usuales de 3 sigma son

$$LSC = \bar{R} + 3 s_R = \bar{R} + 3 d_3 \bar{R} / d_2 \dots\dots\dots \{29\}$$

$$LC = \bar{R} \dots\dots\dots \{30\}$$

$$LIC = \bar{R} - 3 s_R = \bar{R} - 3 d_3 \bar{R} / d_2 \dots\dots\dots \{31\}$$

Definiendo

$$D_3 = 1 - 3 d_3 R^- / d_2 \dots\dots\dots \{32\}$$

y

$$D_4 = 1 + 3 d_3 R^- / d_2 \dots\dots\dots \{33\}$$

se redefinen los parámetros de la gráfica R como

$$LSC = R \times D_4 \dots\dots\dots \{34\}$$

$$LC = R \dots\dots\dots \{35\}$$

$$LIC = R \times D_3 \dots\dots\dots \{36\}$$

Las constantes D_4 y D_3 se encuentran tabuladas para varios valores de n en el apéndice 1.

D.- Trazado de la carta de control utilizando los valores calculados previamente.

E.- Graficación de los valores de X y R de cada subgrupo en la carta, uniendo los puntos entre sí e identificando aquellos valores que salen fuera de los límites de control.

F.- Aplicación de los diferentes criterios para determinar si el proceso está bajo control estadístico, o si se encuentra fuera de control.

F.- Una vez que el proceso se determina en estado de control estadístico, los datos recolectados en ese período son graficados en un histograma de dispersión junto con los límites de especificación o tolerancia de la variable medida, así como con el valor objetivo de dicha variable (figuras 12 y 13, histogramas de dispersión de peso y espesor en estado de control estadístico)

3.3.- INDICES DE CAPACIDAD DE PROCESO

Para atender cuantitativamente a la pregunta de si un proceso es capaz o no, mucha gente utiliza los índices de

capacidad. Un índice de capacidad es un cálculo simple efectuado sobre los datos recolectados en el ECP y el objetivo de la especificación, así como sus límites. A continuación se describen tres índices comunes.

El primer índice, C_p , es un índice que describe únicamente la uniformidad del proceso. El propósito de C_p es comparar el rango del proceso con el rango de la especificación. Aumenta conforme decrece la variación del proceso. Un valor alto de C_p es bueno. C_p es igual a 1 cuando el rango del proceso se iguala al rango de la especificación.

k es un índice de centrado del proceso. El propósito de k es el de comparar el promedio del proceso con el objetivo de la especificación. Un valor pequeño de k es bueno: $k = 0$ cuando el proceso está centrado en el objetivo, $k > 0$ cuando no está centrado y $k > 1$ cuando el promedio sobrepasa los límites de la especificación.

Tanto el C_p como k son manipulaciones de la desviación estándar y del promedio del proceso sin pérdida de información. El índice C_{pk} es un intento de combinar la información contenida tanto en el C_p como en k . El C_{pk} toma dos características informativas, combinándolas en un índice solo, con algo de pérdida de información (lo cual no es necesariamente malo). Un valor de $C_{pk} > 1$ indica que el centrado y la variabilidad del proceso son tales que ambos extremos del rango del producto están dentro de los límites de especificación. Un valor grande de C_{pk} es bueno.

Las ecuaciones para el cálculo de los índices son:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6s} \dots\dots\dots \{37\}$$

$$k = \frac{ABS (Obj - \mu)}{MIN(LSE-Obj, Obj-LIE)} \dots\dots\dots \{38\}$$

$$C_{pk} = C_p (1 - k) \dots\dots\dots \{39\}$$

donde

LSE = límite superior de la especificación

LIE = límite inferior de la especificación

Obj = valor objetivo del producto

μ = promedio del proceso

ABS () = valor absoluto

MIN (a,b) = valor mínimo entre a y b

Estos tres índices dependen de los límites de especificación. Ninguno de ellos puede aplicarse cuando no existen límites de especificación.

El ECP mostró los rangos de variabilidad del proceso en ambas variables, determinándose de esta manera la magnitud de la variación de las características medidas, así como los límites de control en los cuales se considerarían ambas variables en estado de control, a menos que otro criterio lo demostrase.

3.4.- CRITERIOS DE NO CONTROL EN EL PROCESO

El criterio básico para la detección de falta o pérdida de control en el proceso es la existencia de puntos graficados fuera de los límites de control; sin embargo, existen otros criterios que pueden adicionar información, ya que sensibilizan la carta de

control al proceso, por lo que la respuesta a pérdidas potenciales de control se agiliza. Frecuentemente se inspecciona la carta de control y se determina que está fuera de control si uno o más de los siguientes criterios es encontrado:

- a) Uno o más puntos fuera de los límites de control
- b) Una tendencia en al menos 7 puntos, donde la tendencia puede ser positiva o negativa, arriba o abajo del LC.
- c) Dos o tres puntos consecutivos fuera de los límites de $\pm 2s$, pero aún dentro de los límites de control.
- d) Cuatro o cinco puntos consecutivos dentro de los límites de $\pm 1s$.
- e) Un patrón de comportamiento no usual o no aleatorio
- f) Uno a mas puntos cercanos al límite de control.

Quando muchas de las reglas de sensibilización se aplican, se emplean respuestas preventivas a las señales de pérdida de control. Por ejemplo, si un punto excede un límite de control, inmediatamente se buscará una causa asignable, pero si dos o tres puntos exceden el límite de $2s$, se puede incrementar la frecuencia de muestreo de cada hora a, por decir un número, cada 15 minutos. La respuesta no será tan severa como la búsqueda inmediata y completa de una causa asignable, pero si el proceso está realmente fuera de control, esta respuesta nos generará una alta probabilidad de detectar esta situación más rápido que si se hubiera mantenido el tiempo de muestreo normal.

Si excesivas reglas de sensibilización se aplican, se caerá en el extremo de que al detectar cada punto, éste generará una alarma de una potencial pérdida de control, y con ello se

destruye la facilidad de uso de la carta de control y su aplicación en el proceso productivo.

3.5.- ANALISIS DE LAS GRAFICAS DE ESPESOR Y PESO

A continuación se presentan los resultados del uso de las cartas de control utilizadas para el control del espesor y el peso: fueron medidas las dispersiones de ambas variables, y calculados sus índices de capacidad de proceso.

Por medio de estos análisis también resultó evidente que los límites de especificación que se tenían para una de las dos variables no podía ser alcanzado sin riesgo de caer en un problema más fuerte de calidad, ya que se acartonaría el producto terminado. Por ello, los análisis determinaron que se trabajaría únicamente en la reducción de la dispersión de los datos, y no tanto en el centrado del promedio contra el estándar.

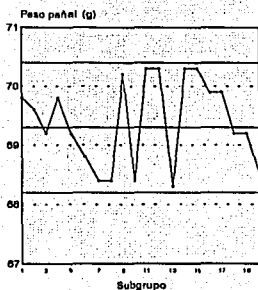
Para la otra variable, el peso del producto terminado, sí se trabajó fuertemente, tanto en alcanzar el objetivo de la especificación, como en la reducción de la dispersión de dicha variable.

En las figura [12] se puede apreciar las reducciones sustanciales de la dispersión de los valores de espesor y peso, así como el centrado, contra el valor especificado en el caso del peso del pañal.

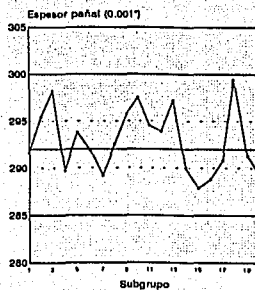
Las acciones realizadas para lograr ésto salieron de un análisis más detallado de los datos, en donde se verificó (figura [13]) que tres eran las características principales que afectaban la variación de peso/espesor:

Datos de espesor y peso DESPUES de la implementación

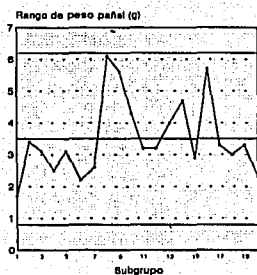
Promedio PESO



Promedio ESPESOR



Rango PESO



Rango ESPESOR

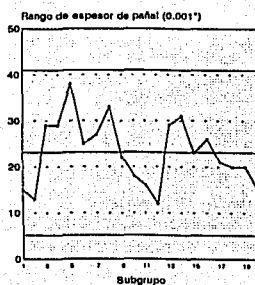


Figura 12

FALLA DE ORIGEN

Variaciones asignables del proceso

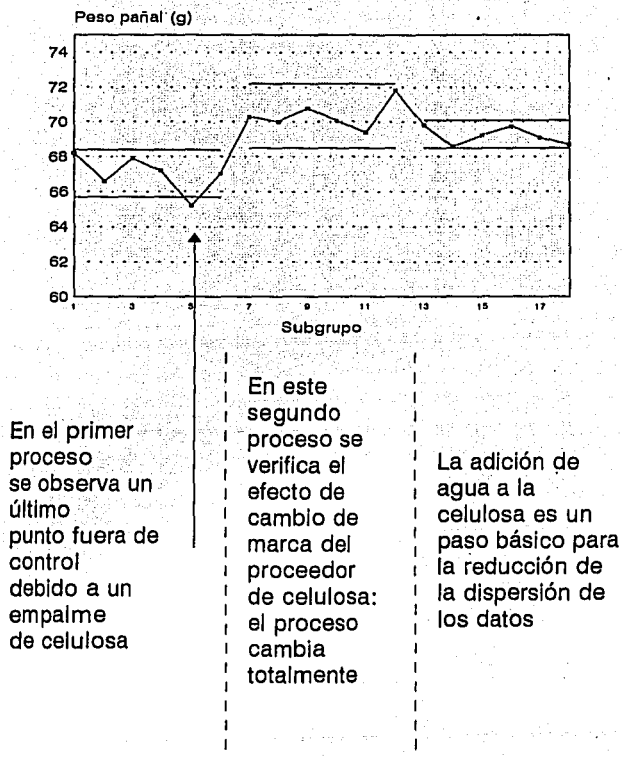


Figura 13

a) los empalmes de la celulosa, donde se generaba un flujo complejo de aire-celulosa en el interior del sistema "molino", que daba como consecuencia un período de tiempo en el cual se salían de control ambas variables.

b) la adición de agua a la celulosa modificaba fuertemente el comportamiento de ésta como producto terminado, ya que ayudaba fuertemente a la reducción de la dispersión de dichas variables.

c) el uso de diferentes marcas de celulosa en definitiva generaba un cambio completo en el proceso, ya que las características del pañal con cada una de ellas era diferente, y habían de manejarse de manera diferente.

Este último punto modificó fuertemente la forma en cómo se compraba y surtía a cada máquina la celulosa, ya que se demostró que la variedad de uso de celulosas generaba un cambio fuerte en el proceso, y los operadores de las máquinas respondían ante estos problemas de manera diferente, lo que en definitiva descontrolaba el proceso de producción.

C A P I T U L O 4

MEJORA CONTINUA DEL PROCESO

4.0.- OBJETIVO

Mostrar el procedimiento, el análisis y los resultados del uso de las herramientas CEP en diversos renglones de desempeño del proceso productivo.

4.1.- CEP EN PRODUCTIVIDAD

Para el año de 1992 fueron adquiridas 4 máquinas de moderna tecnología para la fabricación de pañal; sin embargo, el período de arranque y aprendizaje en dichas máquinas se saldó sin que éstas hubiesen alcanzado los estándares de producción, merma y velocidad propuestos en la curva de aprendizaje original. Por ello se presentó al proveedor una reclamación referente a la capacidad de los equipos adquiridos. El proveedor aceptó dicha propuesta, condicionandola a:

- * medir los tiempos perdidos por materia prima
- * operación de la máquina por personal americano

(referente a este punto, los operadores norteamericanos declinaron operar la maquinaria, ya que después de haber revisado el equipo y a la gente de operación, reconocieron mayor capacidad por parte de ellos para el manejo del equipo)

- * sin limitaciones en refacciones

Las condiciones del proveedor fueron analizadas, discutidas y aceptadas; el marco de referencia propuesto era el de un estudio de capacidad del equipo.

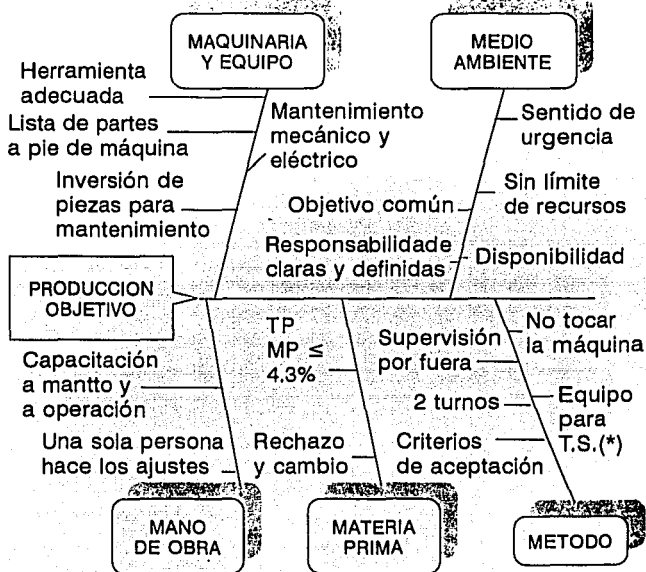
Al momento de efectuarse la prueba se realizaron estudios comparativos entre la corrida de la máquina bajo estas condiciones especiales y las corridas "normales", encontrándose que había muchas suposiciones acerca de las corridas de las máquinas que no se habían tomado en cuenta.

Se resumió la información adquirida durante esta prueba en un diagrama de espina de pescado, en el cual todos los puntos fueron verificados como influyentes en el alcance y cumplimiento de los objetivos de producción-merma: es de hacerse notar que en realidad, gran parte de los aspectos detectados estaban referidos al personal humano, y no tanto (como se suponía inicialmente) al equipo (ver figura [14]).

Si bien es imposible reunir estas condiciones todo el tiempo en todos los equipos (ya que no se puede contar con la mejor gente, las mejores refacciones y la mejor materia prima), quedó demostrada la capacidad del equipo para cumplir con los objetivos marcados. En gran medida esto se debe a la certeza de la gente de que el equipo sí respondía en condiciones de trabajo fuertes durante períodos largos de tiempo.

Este diagrama fue utilizado posteriormente como base para elevar aún más la productividad de las máquinas, ya que muchos de estos puntos estuvieron referidos a la manera de eficientar los tiempos perdidos y la merma.

Productividad en equipo nuevo



(*) T.S. = Troubleshooting; análisis y resolución de problemas

Figura 14

4.2.- CEP EN COSTOS

Uno de los resultados mas impactantes generados en el proceso productivo, fue la reducción de la merma de piezas de la producción de pañal desechable.

Aún cuando se tenía una visión global acerca del problema de la merma, no había una metodología clara para su análisis, estudio y reducción. Las mejoras al equipo, que repercutían en mejoras a la productividad, ocasionalmente traían consigo mejoras a la merma; sin embargo, no se identificaban las áreas de oportunidad sobre las cuales trabajar para reducir los valores de la merma de las máquinas.

La primera aproximación realizada al proceso fue la siguiente: dado que se conocían los tiempos perdidos y las frecuencias, se supuso que cada causa de tiempo perdido (obviamente asociada a un paro y arranque de máquina) tenía asociado, asimismo, un cierto número de piezas rechazadas por la máquina. Conociendo la frecuencia de cada causa de tiempo perdido, la merma de la máquina podría entonces ser calculada a través de un cálculo hecho sobre las frecuencias de paro de máquina.

El único dato faltante, era pues, los valores por los cuales multiplicar cada frecuencia de causa de paro para determinar, a *grosso modo*, las piezas rechazadas por la maquinaria. El dato faltante, las piezas rechazadas por cada causa, se supuso como una variable normal del proceso.

Para medir esta variable se inició un estudio muy sencillo (en principio), en el cual se recogieron los datos de rechazos de

las máquinas en un formato especial (ver figura (4)). El análisis posterior a los datos obtenidos debería haber sido el agrupar las causas de tiempo perdido de la máquina, el listado de piezas rechazadas por dicha causa cuantas veces se hubiese presentado, y promediar un valor para utilizarlo junto con los valores de frecuencia de paro de los equipos.

Sin embargo, al momento de comenzar a agrupar los datos obtenidos de la medición directa de la merma de las máquinas, se encontraron los siguientes puntos no previstos:

- * existían factores que generaban merma en la máquina, que no habían sido contemplados en el planteamiento de la problemática (fotoceldas de detección mal ajustadas, rechazos manuales, roturas de materiales en los que no se paraba la maquinaria, sino que únicamente se bajaba la velocidad para enhebrar el material, etc.)

- * Estos factores nuevos constituían más de la mitad de la merma de la máquina.

- * Otro factor importante que contribuía a la merma era el producto rechazado por la inspección visual en línea, donde en algunas ocasiones sumariaba más del 50% de la merma de la máquina del día.

- * Las causas de tiempos perdidos no correspondían a las causas de merma de la máquina; no podían suponerse ni iguales ni correspondientes.

A raíz de ello, la medición de factores para utilizarlos junto con las frecuencias de paro, cambió para efectuar mediciones directas de las causas de merma de las máquinas y

generar un estudio y análisis totalmente independiente del estudio y análisis de las causas de tiempo perdido.

Este nuevo enfoque tuvo grandes consecuencias:

a) la identificación de las causas de merma de la máquina; su cuantificación y medición del impacto real en el proceso general permitió elaborar acciones correctivas y adaptativas inmediatas, donde las opiniones, creencias y experiencias eran refutadas por los datos obtenidos.

b) la posibilidad de ver en el corto plazo los resultados de las acciones propuestas, ya que dichos estudios se efectuaban y analizaban diariamente para verificar dichos resultados. En ocasiones las acciones tomadas eran sencillas, y su repercusión alta.

En las figuras 15 y 16 se presentan dos ejemplos de datos obtenidos mediante dichos estudios: la reducción de una causa de merma, de un día para otro, por acciones realizadas el mismo día, y los resultados globales de los estudios en dos meses diferentes, denotando las acciones al plazo medio efectuadas en el proceso.

Pareto de merma
Día 8

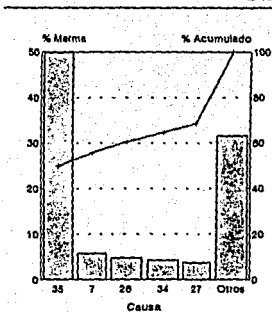


Figura 15

Descripción de
causas de merma

- 35 Atorón en stacker
- 7 Unión de Poli
- 26 Falla unión elástico
- 34 Atorón trifolder
- 27 Pérdida de cinta
- 15 Falla CAN
- OTROS Otras 68 causas

Pareto de merma
Día 9

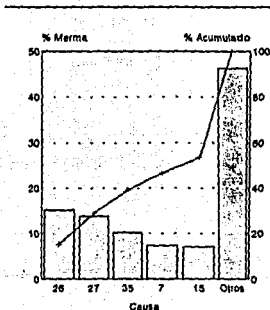


Figura 16

C A P I T U L O 5

MEDICION DEL TRABAJO. EVALUACION Y SEGUIMIENTO

5.0.- OBJETIVO

Mostrar el procedimiento, el análisis y los resultados de la evaluación y seguimiento del trabajo desempeñado por los operadores de máquina durante y posterior a la introducción de las herramientas CEP en el proceso productivo.

5.1.- PROCEDIMIENTO

Como parte fundamental de la vida productiva de la planta está la medición de los resultados que ésta arroja. Estos resultados son cuantificados y calificados por la alta dirección de la compañía, siendo en ocasiones errada la apreciación de los resultados por desconocer la metodología de obtención de los mismos.

Los resultados, en principio, son calificados, esto es, evaluados por apreciación de "bueno" o "malo", dado que no existe una metodología formal de cuantificación. Pero conforme las exigencias del medio ambiente se tornan más y más estrictas (eficiencias de productividad, calidad, regulaciones federales, etc.), los sistemas de evaluación se formalizan y los resultados se cuantifican, generando con ello un cierto malestar en el personal que labora acostumbrado al sistema anterior de evaluación.

La evaluación basada en variables cuantificables (como lo son el nivel o eficiencia de productividad basado en los

kilogramos o en número de cajas producidas por unidad de tiempo, el nivel de gastos de un departamento, los tiempos totales para el surtimiento, etc.) es comprendida fácilmente por el personal que labora en la obtención de resultados. Empero, la definición de los valores objetivo o metas pueden ser una trampa debido a la mala evaluación de las capacidades de los equipos, el proceso y el personal.

Por ello, se debe considerar la evolución de la apreciación del trabajo del elemento humano, que va desde el alcance de objetivos impuestos subjetivamente, hasta la definición de estándares de trabajo para la realización del mismo, pasando por la evaluación del trabajo en base a promedios.

Tal como se ha mencionado, cada una de las etapas anteriores presenta ventajas y desventajas; en particular, estas últimas, para la primera etapa (objetivos impuestos subjetivamente) hacen depender toda la maquinaria productiva de cuestiones muy alejadas de ella, como lo son las simpatías y antipatías personales; evita la correcta identificación de puntos de mejora, y crea un clima de hostilidad en el recinto de labores, a resulta de falta de objetividad. El uso de promedios significa un avance, ya que los resultados del trabajo son evaluados en base a una cantidad medible y, por tanto, cuantificable. Empero, las actitudes del trabajador varían cuando su desempeño está abajo o arriba de una media: cuando abajo, trata de alcanzar el valor de la media (no de superarlo); cuando arriba, cesa el esfuerzo de mejora.

Los estándares de trabajo son una herramienta bajo la cual se puede eficientar la operación productiva sin caer en

subjetivismos ni en errores de apreciación, ya que mediante los mismos el trabajo está regulado por un procedimiento que considera las limitaciones del equipo y del trabajador, así como las oportunidades latentes en éste último.

Ahora bien, si estos estándares de trabajo han sido obtenidos a partir de un estudio formal (análisis de tiempos y movimientos, sistemas de movimientos definidos, muestreo del trabajo o uso de datos estándar) es factible entonces predecir el comportamiento del proceso productivo a partir del factor humano.

El riesgo de un mal análisis estriba en los errores que puede acarrear la creencia de que se está trabajando de acuerdo con el proceso óptimo de la mezcla trabajador/máquina, generando entonces malas decisiones, presiones inadecuadas o mediocridad en la obtención de resultados.

5.2.- SISTEMAS DE MEDICION

El proceso productivo requiere de mediciones continuas y específicas para lograr los resultados de productividad exigidos por el entorno de productividad presente en la actualidad.

El "que medir" representa una pregunta de no muy sencilla respuesta; sin caer en la sofisticación, los elementos básicos de la operación a medirse continuamente son:

a) la productividad, basándose en el número de unidades estándar producidas por unidad de tiempo, y el nivel de desperdicio (merma) generado en la operación.

b) los tiempos perdidos o retrasos del equipo, y la forma como estos se distribuyen entre los diferentes departamentos de la planta productiva.

c) índices que verifican eficiencia en el desempeño de la operación, y que afectan los costos del producto: tiempos extras, retrabajos, etc.

Para el tipo de operación evaluado (planta productiva) el sistema de medición que mejor se adapta es el de "estudio de tiempos y movimientos", ya que satisface las necesidades de identificación del trabajo. No es recomendable el uso de "tiempos estándar", dado que no se pueden cumplir en un 100% de las ocasiones, debido a retrasos inherentes al sistema, a la maquinaria y al personal.

Otro aspecto a tomar en cuenta (y esto es debido al impacto que puede representar a nivel económico en la empresa) es la forma de motivar al trabajador, usualmente en forma de incentivo.

El incentivo es un elemento de cuidado, ya que se puede caer en uno de ambos extremos en el pago del mismo: cuando, por un lado, el trabajador desempeña sus labores al 125% y solamente es retribuido en un 110%. Existe falta de motivación, apatía y un gradual decaimiento en su desempeño. Por otro lado, si se le incentiva con un pago del 150% se está haciendo un gasto innecesario e indirectamente se está subutilizando tanto al equipo como al personal.

Para el caso del presente trabajo, y como ya se mencionó anteriormente, la productividad se basa en la medición del número de cajas estándar fabricadas por unidad de tiempo y el porcentaje

de merma generado. La productividad es registrada en una bitácora de producción donde se anotan los contadores de pañales buenos y malos del turno, las causas de tiempos perdidos y los principales defectos muestreados en línea; los incentivos de los operadores son calculados a partir del número de cajas que se produzcan arriba del estándar de producción en un periodo de tiempo predeterminado; usualmente, 30 días naturales.

Asimismo, una fórmula que ayuda a soportar la calidad del producto es mezclar el pago del incentivo con el número de lotes aceptados y rechazados al operador; de esta manera, el interés dedicado no solamente a la productividad sino asimismo a la calidad del producto redundan en un ingreso extra para los operadores. Esta es una fórmula que se utiliza en la planta productiva, que no es genérica a otras industrias: cada una de ellas puede (y debe) desarrollar su sistema de pago de incentivos.

Adicionales a los sistemas de medición descritos existen otras mediciones al proceso, como son:

- * tiempos perdidos por sección de máquina (apéndice III)
- * tiempos perdidos por deficiencias en las materias primas (apéndice IV)
- * índices de productividad por operador (apéndice V)
- * índices de calidad por operador (apéndice VI)
- * índices de calidad por equipo (apéndice VII)

5.3.- SISTEMAS DE CONTROL

La medición de las variables del proceso no garantiza la obtención de objetivos; para cada sistema de medición debe existir un sistema o método de control. La falta de control de los estándares de producción destruye la capacidad de planear la producción, y por ende, de efectuar cualquier tipo de programación con respecto a la misma.

Una de las variables más conflictivas en cualquier operación es el tiempo perdido o tiempo no útil en máquina. El control de éste proporciona las herramientas para bajarlo. La forma de analizar éste es crítico para la obtención de resultados.

Otro aspecto a considerarse en los sistemas de control es acerca de la forma como los cambios en el proceso cambian los estándares de trabajo. Los cambios en las materias primas, personal, equipo, métodos, producto terminado, diseños, etc. afecta enormemente los estándares de trabajo real; esto debe, por lo tanto, generar cambios en los estándares de trabajo objetivados por la empresa.

Varios factores que asimismo afectan en los estándares de trabajo están vinculados con la relación compañía-sindicato, en la cual para este trabajo no fue tomada en cuenta dado que estas relaciones son estables y no generan problemáticas que afecten negativamente el desempeño de la planta.

Otro de los grandes sistemas de control que se requieren para la obtención de los resultados es el control de desempeño de los equipos. Estos son controlados en cuatro niveles:

a) Mantenimiento correctivo. Este tiene por objetivo reparar las fallas del equipo conforme van apareciendo, y que detienen la

línea productiva. Los índices por los cuales se controla son: de costo de producción perdida por hora, minimización de la pérdida de trabajo de la mano de obra por fallas del equipo, y de evaluación donde los costos de este mantenimiento y el mantenimiento preventivo se igualan.

b) Mantenimiento preventivo. Se basa en programas de lubricación a equipos, inspección del mismo en búsqueda de fallas potenciales, y en paros programados para arreglar un mayor número de fallas en menos tiempo. Pretende extender la vida útil del equipo, minimizando la posibilidad de paros mayores y generar historial para poder modificar los programas existentes de paros preventivos. Costea los mismos puntos que el sistema de mantenimiento correctivo, así como el costo de mantener el sistema trabajando y el nivel de refacciones de un almacén.

c) Mantenimiento predictivo. No todas las inspecciones (ver, oír y tocar) son capaces de detectar las fallas de los equipos; antes bien, cuando los sentidos del cuerpo humano llegan a percibir una falla, es que ésta ya se ha producido. El sistema predictivo se basa en la inspección de los equipos usando instrumentos de medición un poco más sofisticados, midiendo niveles de vibración, calor, parámetros eléctricos diversos, flujos, presiones, corrosión, etc., a manera de garantizar que el equipo no falle bajo ninguna circunstancia. Asimismo, plantea la existencia de sistemas redundantes para apoyar la continuidad de los equipos.

d) Mantenimiento Planeado. Este contempla la corribilidad del equipo por largos períodos de tiempo, tras los cuales se

efectuarán cambios mayores (que no pueden efectuarse durante el período de corrida del equipo). Se registran los trabajos realizados, la eficiencia de los mismos (medidos en número de trabajos efectuados contra programa), la productividad total de los equipos, y la separación de los trabajos que pueden efectuarse internamente contra los efectuados por los contratistas externos.

Todos y cada uno de estos sistemas de mantenimiento es efectuado en la planta; cada uno con sus índices de rendimiento y sus objetivos, sin descuidar el objetivo primordial de la compañía: la producción segura de grandes cantidades de producto terminado de primera calidad.

5.4.- EVALUACION Y SEGUIMIENTO

Todas las acciones realizadas en pro de la productividad fueron realizadas en un marco común, medidas y verificadas por sistemas establecidos que garantizan la realidad de los datos.

Asimismo, se hubieron de desarrollar sistemas de medición, control y seguimiento adicionales para la implementación de un sistema CEP en el proceso productivo; los marcos bajo los cuales estos nuevos sistemas se generaron fueron acorde a los principios expuestos.

Empero, acorde a lo expresado anteriormente, y dado que los procesos cambian continuamente, los sistemas implementados se modifican de acuerdo a las necesidades del momento, con el fin único y exclusivo de mejorar el desempeño del equipo productivo.

La metodología CEP se aplica de manera rutinaria por equipos de trabajo que buscan la solución a problemas repetitivos, identificados por su repercusión en tiempos perdidos, mermas o calidad.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados del trabajo efectuado se muestran en tres grandes parámetros: producción contra estándar, merma contra estándar y tiempos perdidos totales.

Los datos de producción se muestran como un porcentaje de eficiencia contra el estándar, en el período comprendido entre enero de 1991 a agosto de 1994. Las producciones llegaron a casi duplicar los valores previos a la introducción del CEP.

Los datos de merma se muestran como el porcentaje de merma de la producción total, en el período comprendido entre enero de 1991 a agosto de 1994. En este renglón, se tuvo una reducción al 25% de los valores previos a la introducción del CEP.

Los datos de tiempos perdidos se muestran como el porcentaje de tiempo perdido total, en el período comprendido entre enero de 1991 a agosto de 1994. Para este índice, los valores se redujeron a la mitad de los valores previos a la introducción del CEP.

Todos los resultados se muestran gráficamente en las figuras 17, 18 y 19 anexas.

Los resultados obtenidos a partir del trabajo desarrollado en la implementación de una metodología CEP en un proceso productivo demuestran varios hechos:

1.- En principio, es necesario garantizar la existencia y veracidad de los sistemas de medición del proceso (reporte de producción, tiempos perdidos, etc.) para poder generar controles que informen acerca de los mismos. Las fallas que se tienen en dichos sistemas generan confusión y ruido en el proceso, obstaculizando en el análisis y toma de decisiones.

2.- La existencia de controles de los sistemas de medición no necesariamente son la única fuente de información acerca del proceso; antes bien, estos sistemas pueden generar información coherente que niegue o demuestre la imposibilidad de mejora del proceso (si es que se toma como base el comportamiento histórico de los equipos).

3.- El elemento humano involucrado en el proceso productivo es de vital importancia a ser considerado dentro de cualquier análisis o programa de mejora, ya que éste es una reserva de experiencia y posibilidades que buscan ser explotadas. Aunque con frecuencia es un factor menospreciado, su importancia es vital en el análisis y solución de problemas.

4.- Algo que en definitiva es necesario mencionar es que los análisis realizados al proceso nunca antes fueron propuestos o realizados; la nueva manera de ver el proceso productivo permitió analizar y conocer a éste a un nivel que los controles existentes únicamente dejaban entrever, dejando muchos elementos a discusión o duda, con lo cual era muy poco factible efectuar acciones

correctivas adecuadas a los problemas inmediatos. Por tanto, el desarrollo de formas de análisis nuevas y diferentes pueden ser la clave para la solución de problemas añejos.

5.- No es económicamente factible, dado el tipo de operación considerada, el efectuar constantemente algunos de los análisis del proceso mencionados: conforme se va controlando el proceso en general y el conocimiento del mismo crece, los planteamientos iniciales de variabilidad son verificados, corregidos y vueltos a verificar. Analizar a más detalle el proceso requiere entonces herramientas más sofisticadas y mayores recursos, que no siempre son factibles de adquirirse. Existe, empero, la tendencia hacia la automatización en la adquisición de datos.

Resultados de la implementación en producción

Los datos muestran el % de merma en los años 1992, 1993 y 1994, siendo que los estándares se modificaron año con año; el std de 1993 fue 5.26% superior al de 1992, y el std 1994 fue 2.45% superior, a su vez, al de 1993

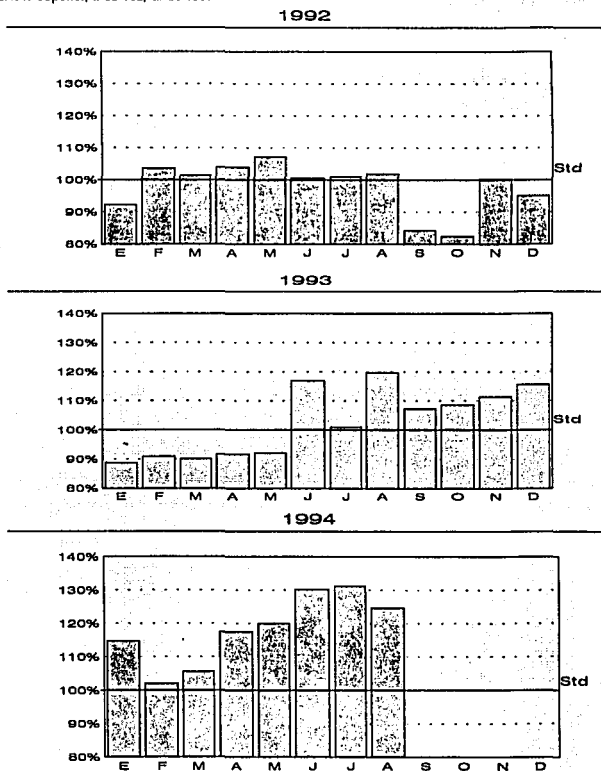


Figura 17

FALLA DE ORIGEN

Resultados de la implementación en merma.

Los datos muestran el % de merma en los años 1992, 1993 y 1994, siendo que se comenzó a implementar el sistema el Marzo de 1992, y un cambio radical del producto en Octubre de este mismo año.

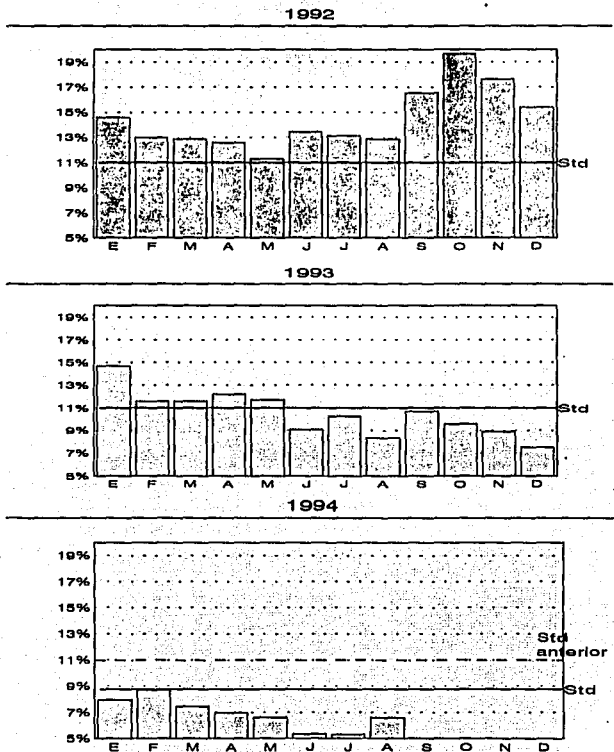


Figura 18

FALLA DE ORIGEN

Resultados de la implementación en tiempos perdidos

Los datos muestran el % de ipt en los años 1992, 1993 y 1994, siendo que se comenzó a implementar el sistema el Marzo de 1992, y un cambio radical del producto en Octubre de este mismo año.

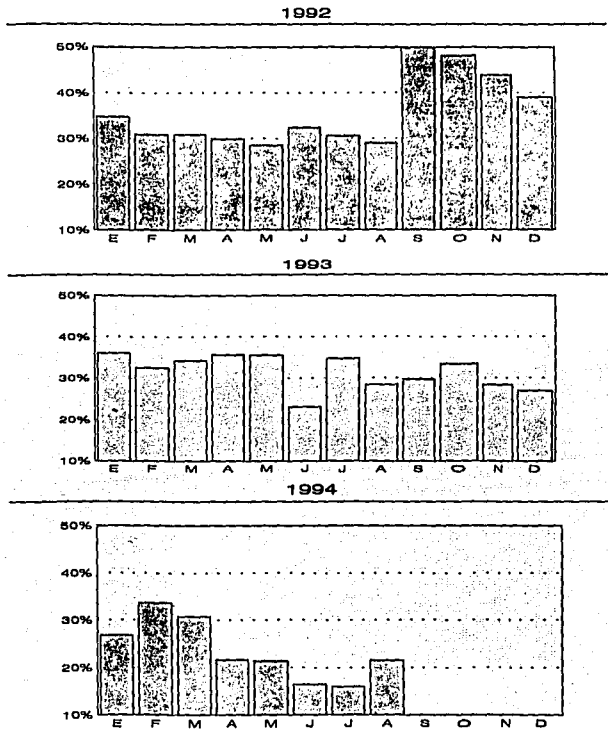


Figura 19

APENDICE I: FACTORES PARA LA CONSTRUCCION DE CARTAS DE CONTROL DE VARIABLES

Número de observaciones en la muestra (n)	CARTA DE PROMEDIOS			CARTA DE DESVIACIONES ESTANDAR					
	FACTORES PARA LOS LÍMITES DE CONTROL			FACTORES PARA LA LINEA CENTRAL		FACTORES PARA LOS LÍMITES DE CONTROL			
	A	A2	A3	c4	1/c4	B3	B4	B5	B6
2	2.121	1.680	2.659	0.7879	1.2533	0	3.267	0	2.606
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276
4	1.500	0.729	1.828	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0636	0	2.089	0	1.964
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806
8	1.081	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.718	0.276	1.669
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637
12	0.868	0.266	0.886	0.9778	1.0229	0.354	1.646	0.348	1.610
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0128	0.523	1.477	0.516	1.459
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.530	1.438
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420

Número de observaciones en la muestra (n)	CARTA DE RANGOS						
	FACTORES PARA LA LINEA CENTRAL		FACTORES PARA LOS LÍMITES DE CONTROL				
	d2	1/d2	d3	D1	D2	D3	D4
2	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.693	0.5907	0.888	0	4.359	0	2.575
4	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	2.534	0.3946	0.846	0	5.078	0	2.004
7	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0	1.924
8	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0	1.864
9	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0	1.816
10	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0	1.777
11	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0	1.744
12	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0	1.717
13	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0	1.693
14	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0	1.672
15	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0	1.653
16	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0	1.637
17	3.588	0.2787	0.744	1.358	5.820	0	1.622
18	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0	1.608
19	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0	1.597
20	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0	1.585
21	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0	1.575
22	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0	1.566
23	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0	1.557
24	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0	1.548
25	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0	1.541

Para n > 25

$$A = 3/\sqrt{n}$$

$$A3 = 3/c4\sqrt{n}$$

$$c4 = 4(n-1)/4n-3$$

$$B3 = 1 - 3/c4\sqrt{2(n-1)}$$

$$B4 = 1 + 3/c4\sqrt{2(n-1)}$$

$$B5 = c4 - 3\sqrt{2(n-1)}$$

$$B6 = c4 + 3\sqrt{2(n-1)}$$

APENDICE III, ANALISIS DE TIEMPOS PERDIDOS POR SECCION

ANALISIS DE TIEMPOS PERDIDOS
MINUTOS PERDIDOS POR DIA

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
TPT	10,316	9,010	11,418	6,972	7,489	7,441	6,501	8,047
SECCION								
SAM	10.87	0.15	0.91	0.00	1.43	0.67	0.53	4.74
Molino	22.10	13.48	22.96	6.19	14.05	18.03	6.92	34.32
Napa	32.60	44.44	26.02	37.77	16.02	21.22	16.72	32.26
Flow	19.50	7.41	17.05	12.19	19.53	6.70	13.28	13.45
Transfer L	5.53	3.59	11.54	6.34	2.25	3.92	3.05	4.42
Polieltieno	15.33	12.52	13.96	9.36	11.18	13.68	15.09	8.16
TBM	10.83	4.30	12.49	9.70	6.44	10.22	6.84	5.85
Adhesivos	28.67	43.63	63.98	28.57	18.85	22.63	29.54	7.45
Sharp	5.87	3.70	8.12	5.06	11.63	20.72	10.51	8.39
Foam	58.67	90.74	94.21	39.13	39.61	38.01	52.33	49.23
Cintas	12.33	8.04	8.05	10.04	15.95	8.25	4.15	9.42
Flaps	22.37	17.89	28.34	20.94	28.16	18.07	20.77	13.71
Blade Folder	20.67	35.96	30.95	27.32	18.61	19.58	13.53	28.26
Stacker	55.50	12.11	12.85	22.15	24.31	6.74	7.21	13.71
Otros	22.83	35.74	20.90	28.34	27.27	40.99	30.53	28.42

ANALISIS DE FRECUENCIAS DE PARO
FRECUENCIAS DE PARO POR DIA

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
FREC	849	620	815	598	698	689	546	823
SECCION								
SAM	0.87	0.04	0.13	0.00	0.17	0.03	0.04	0.55
Molino	1.73	1.19	1.27	0.34	0.99	1.41	0.67	1.81
Napa	3.37	3.56	2.93	2.45	1.38	2.88	1.28	3.48
Flow	1.23	0.63	0.85	0.53	1.13	0.64	0.71	1.10
Transfer L	0.77	0.33	1.63	0.72	0.38	0.64	0.60	0.71
Polieltieno	1.20	0.81	1.04	0.87	0.95	1.21	1.17	0.94
TBM	0.83	0.56	1.24	0.84	0.68	1.01	0.71	0.55
Adhesivos	1.93	1.48	2.71	2.04	1.47	1.51	1.56	0.84
Sharp	0.83	0.58	0.85	0.49	0.92	1.54	0.82	0.94
Foam	4.43	5.37	6.29	4.11	4.26	3.65	4.47	4.26
Cintas	1.17	0.63	0.85	0.98	1.64	1.07	0.57	1.10
Flaps	2.67	1.96	2.09	2.49	2.59	2.01	2.24	1.84
Blade Folder	1.37	1.89	2.25	1.06	1.19	1.58	0.67	2.16
Stacker	3.07	1.00	1.01	2.19	1.98	0.40	0.82	1.26
Otros	3.23	2.96	1.63	3.36	3.24	3.52	3.05	5.03

FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

APENDICE IV.

ANALISIS DE TIEMPOS PERDIDOS EN MAQUINA POR DEFICIENCIA DE MATERIALES
(MINUTOS PERDIDOS POR DIA)

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PE-5	TBM	0.63	3.14	1.44	5.36	3.11	0.00	3.31			
	TL	0.00	0.10	0.00	0.40	0.11	0.00	0.00			
PE-5	WADDING	5.37	1.45	3.44	4.31	3.70	5.58	2.76			
	NAPA	15.44	8.21	8.32	19.33	25.23	28.68	7.93			
PE-5	ELASTICO	2.63	2.62	3.19	2.94	2.30	2.63	1.38			
PE-6	TBM	1.15	3.26	5.83	9.33	4.83		11.12			
	TL	0.74	0.81	3.02	0.69	1.25		1.41			
PE-6	FLAPS	1.74	3.37	4.44	2.06	2.19		3.71			
PE-6	WADDING	0.59	1.11	1.39	0.89	4.13		3.88			
	NAPA	17.33	6.48	5.58	8.74	7.25		15.53			
PE-6	ELASTICO	8.04	5.33	6.66	4.66	9.63		3.71			
PE-7	TBM	2.33	1.93	7.58	1.40	1.84	3.41	3.65			
	TL	0.00	3.52	0.75	0.27	1.34	1.83	1.00			
PE-7	FLAPS	1.89	2.19	3.28	1.40	2.51	2.13	2.16			
PE-7	WADDING	1.59	2.04	1.74	1.84	1.07	0.60	3.42			
	NAPA	4.48	7.78	7.02	7.26	14.15	4.90	12.87			
PE-7	ELASTICO	2.15	2.63	5.55	5.15	7.21	4.37	8.35			
PE-8	TBM	0.58	2.00	100.50	2.90						
	TL	0.19	0.00	0.00	0.48						
PE-8	FLAPS	4.00	7.15	8.00	5.13						
PE-8	WADDING	3.08	0.35	10.50	8.52						
	NAPA	11.38	2.00	0.00	23.81						
PE-8	ELASTICO	4.04	6.88	2.25	20.13						
MOD-B	TBM	1.177	2.598	9.244	5.081	0.078	1.312	2.902			
	TL	0.233	1.100	1.218	0.459	0.007	0.828	0.505			
MOD-B	FLAPS	2.525	4.2	4.162	1.644	0.035	0.820	1.140			
MOD-B	WADDING	2.654	1.247	2.573	2.935	0.045	1.681	2.177			
	NAPA	12.16	6.192	6.648	12.74	0.197	9.334	7.801			
MOD-B	ELASTICO	4.214	4.311	4.998	6.064	0.094	2.364	3.887			

FALLA DE ORIGEN

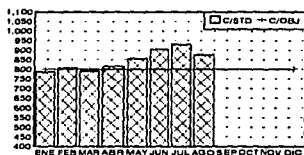
APENDICE IV. (Continuación)

ANÁLISIS DE PAROS EN MAQUINA POR DEFICIENCIA DE MATERIALES
(PAROS POR DIA)

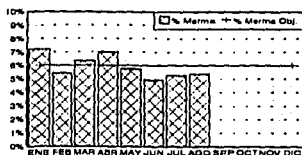
		FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PE-5	TBM	0.07	0.31	0.18	0.48	0.27	0.00	0.28				
	TL	0.00	0.03	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00				
	WADDING	0.78	0.21	0.21	0.66	0.48	0.74	0.28				
	NAPA	2.15	1.17	1.30	2.70	3.70	3.42	1.17				
	ELASTICO	1.00	1.28	1.51	1.37	1.07	1.26	0.48				
PE-6	TBM	0.07	0.26	0.66	0.86	0.38		0.68				
	TL	0.11	0.11	0.42	0.10	0.19		0.18				
	FLAPS	0.15	0.63	0.28	0.24	0.44		0.53				
	WADDING	0.11	0.19	0.14	0.14	0.44		0.53				
	NAPA	2.26	0.93	0.66	1.20	1.00		1.94				
ELASTICO	2.48	1.59	2.08	1.51	3.19		1.24					
PE-7	TBM	0.26	0.22	0.68	0.14	0.77	0.39	0.39				
	TL	0.00	0.74	0.19	0.07	0.23	0.32	0.16				
	FLAPS	0.41	0.48	0.57	0.55	0.57	0.50	0.42				
	WADDING	0.22	0.15	0.30	0.31	0.17	0.11	0.42				
	NAPA	0.52	0.56	0.83	1.02	1.84	0.85	1.81				
ELASTICO	0.70	0.93	1.89	1.98	2.65	1.74	2.71					
PE-8	TBM	0.04	0.15	0.75	0.29							
	TL	0.04	0.00	0.00	0.10							
	FLAPS	0.38	1.00	0.75	0.77							
	WADDING	0.31	0.04	0.75	1.08							
	NAPA	1.31	0.23	0.00	2.52							
ELASTICO	0.73	1.69	0.75	4.16								
MOD-B	TBM	0.112	0.238	0.512	0.469	0.007	0.150	0.272				
	TL	0.037	0.220	0.193	0.074	0.001	0.123	0.077				
	FLAPS	0.312	0.7	0.438	0.330	0.007	0.191	0.207				
	WADDING	0.355	0.146	0.239	0.405	0.006	0.232	0.259				
	NAPA	1.560	0.733	0.888	1.886	0.026	1.216	1.088				
ELASTICO	1.233	1.366	1.776	1.911	0.029	0.997	1.269					

APENDICE V. Indices de Productividad para operadores

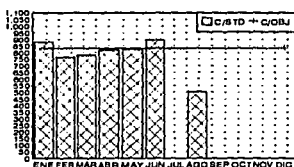
Narcizo Cruz



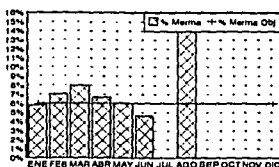
Narcizo Cruz



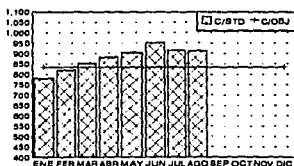
Arcenio Ortega



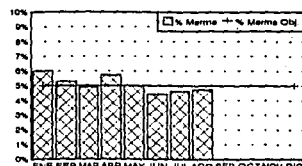
Arcenio Ortega



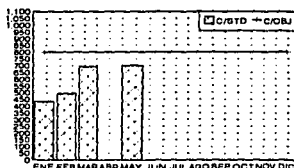
Eduardo Rios



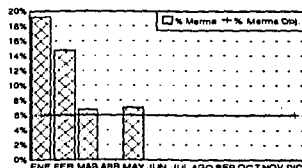
Eduardo Rios



Jaime Alvarado



Jaime Alvarado



FALLA DE ORIGEN

APENDICE VI. INDICES DE CALIDAD POR OPERADOR

La "calidad", entendida como "satisfacción del cliente", no puede ser evaluada en números (¿Quién se atreve a cuantificar una satisfacción?).

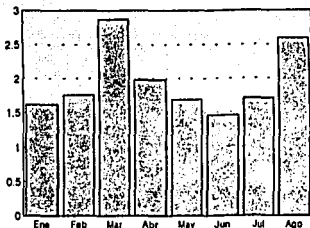
Por ello se manejan variables medibles, a fin de tener una medida de la "calidad".

Para cada operador se evalúan tres índices diferentes de calidad, a saber:

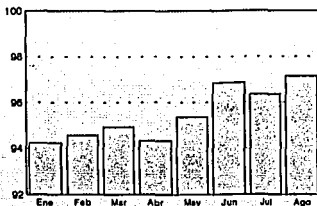
- Promedio de defectos por pieza inspeccionada (DPP)
- Relación de defectos críticos, mayores y menores de las piezas inspeccionadas (Nivel de Calidad)
- Porcentaje de defectos críticos y mayores encontrados en inspección (C+M)

Estos índices no siempre reflejan el mismo avance o retroceso de un mes a otro, dado el algoritmo de obtención de cada uno de ellos. No es recomendable, por tanto, hacer suposiciones de cualquiera de ellos basándose en los demás; cada uno de ellos pretende expresar, numéricamente, la calidad del producto fabricado.

DPP
Antolín Oliva

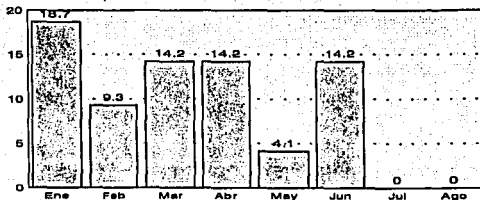


Nivel de Calidad
Antolín Oliva



Para el particular, se muestran los gráficos correspondientes a un operador.

C+M
Antolín Oliva

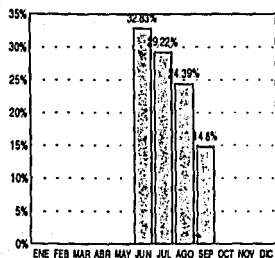


APENDICE VII. INDICES DE CALIDAD POR EQUIPO

Así como en el caso de los operadores, cuyos índices de calidad reflejan la labor de una forma de trabajo, los índices de calidad de los equipos muestran las características del trabajo en equipo de los operadores, las características inherentes a cada máquina, y los resultados del estilo de liderazgo aplicados a cada equipo.

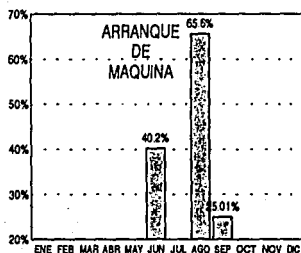
Índice "C+M"

Elastico 5 - 1994



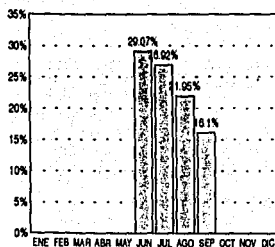
Índice "C+M"

Elastico 6 - 1994



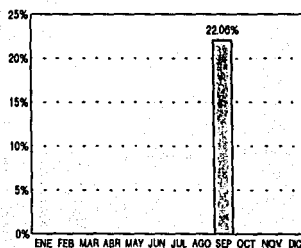
Índice "C+M"

Elastico 7 - 1994



Índice "C+M"

Elastico 8 - 1994



B I B L I O G R A F I A

- Arrona H., Felipe de J.
Calidad, el secreto de la productividad
Editorial Técnica
México, 1986
- Brisley, Chester L.
Handbook of Industrial Engineering
John Wiley & Sons
EEUU, 1982
- McCormick, Kevin
Control Charts and Process capability Studies
Kimberly Clark Corporation
EEUU, 1992
- McCormick, Kevin
Process Capability Studies
Kimberly Clark Corporation
EEUU, 1990
- McCormick, Kevin
The EWMA system
Kimberly Clark Corporation
EEUU, 1993
- Montgomery, Douglas C.
Introduccion to Statistical Quality Control (2nd ed.)
John Wiley & Sons
EEUU, 1991
- Niebel, Benjamin W.
Handbook of Industrial Engineering
John Wiley & Sons
EEUU, 1982
- Panico, Joseph A.
Handbook of Industrial Engineering
John Wiley & Sons
EEUU, 1982
- Quality Assurance Department
Management Concepts for Quality and Productivity Improvement
Kimberly Clark Corporation
EEUU, 1987
- Richardson, W. J.
Handbook of Industrial Engineering
John Wiley & Sons
EEUU, 1982