

10521
18



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES. (EMPRESAS E
INSTITUCIONES DE PRODUCCION Y DE SERVICIOS).**

**APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS
(CEP) A UNA EMPRESA PRODUCTORA DE DETERGENTES.**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
EMMANUEL VAZQUEZ TORRES**

ASESOR ING. RAFAEL GARIBAY BERMUDEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones de
Producción y de Servicios).

Aplicación del Control Estadístico de Procesos (CEP) a una
Empresa Productora de Detergentes.

que presenta el pasante: Emmanuel Vázquez Torres

con número de cuenta: 9757747-0 para obtener el título de:

Ingeniero Químico

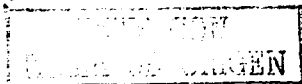
Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 2 de Octubre de 2002.

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Dra. Frida María León Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Dr. Armando Aguiler Márquez</u>	<u>[Firma]</u>



Agradecimientos:

Mi más grande agradecimiento es para Dios que me ha dejado llegar hasta este punto de mi vida, permitiéndome realizar todos mis sueños hasta el momento y por brindarme unos padres ejemplo para cualquiera.

A mis padres que siempre han demostrado confianza, amor, respeto, fe en mi.

Mamá: Gracias por siempre estar ahí cuando más lo necesito para darme apoyo, energía, vitalidad y fe para seguir adelante y siempre mirar un futuro espléndido. Te quiero mucho.

Papá: Gracias por ser como eres, por instruirme, por darme el ejemplo a seguir, por reprenderme, gracias de todo corazón. Te quiero mucho

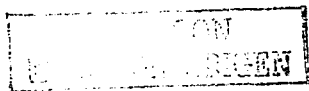
Karem: Mi hermana que ha sido una persona muy importante, que Dios te cuide a ti al igual que a mis padres y que siempre brille el sol para mis padres y para ti. Gracias por de alguna u otra manera alentarme a alcanzar mis sueños.

A todas las personas que han formado parte importante de mi vida contribuyendo con un sin número de experiencias valiosas para mí.

A mis maestros que han sido un ejemplo a seguir y a todos mis amigos

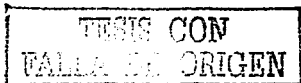
A todos mis amigos que aunque son pocos son muy importantes para mí.

A esa persona especial que siempre está en mi corazón, que me apoya, respeta, quiere incondicionalmente, valora y alienta. Deseo que esto mismo por lo que estoy pasando algún día esté en tu camino. Te quiero mucho Liliana C.G



Índice

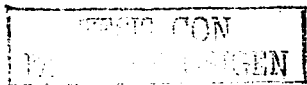
1. Objetivo	1
2. Hipótesis	1
3. Antecedentes	2
4. Introducción	3
5. Tensión Superficial	5
5.1. Tensión Superficial de Soluciones	5
5.2. Principales Factores que influyen en la Tensión Superficial	7
5.2.1. Influencia de la Temperatura	7
5.2.2. Influencia de la Presión	7
5.3. Medición de la Tensión Superficial	8
6. Detergencia	9
6.1. Componentes del Sistema Detersivo	10
6.2. Detergente	10
6.3. Componentes de los detergentes	10
6.3.1. Surfactantes	11
6.3.2. Reforzadores (Fortificadores)	21
6.3.3. Blanqueadores	22



D

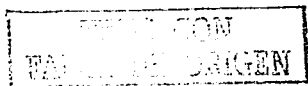
Índice

6.4. Factores que influyen en la detergencia	23
6.4.1. Efecto de la concentración del surfactante	23
6.4.2. Estructura del Surfactante	23
6.4.3. Dureza del Agua y Fortificantes	24
6.4.4. Temperatura y Acción Mecánica	24
6.4.5. Espuma	25
6.4.6. Agentes de Anti Re-Deposición	25
6.5. Aditivos Orgánicos (Agentes Auxiliares)	26
6.5.1. Reguladores de Espuma	26
6.5.2. Inhibidores de Corrosión	27
6.5.3. Aromatizantes	27
6.5.4. Colorantes	27
6.6. Análisis	28
6.7. Mecanismos de Acción	29
6.8. Sistema HLB	30
6.9. Materia Prima	31
6.10. Descripción del Proceso	31
7. Control Estadístico de Procesos (CEP)	32
7.1. Gráficas de Control Estadístico de Procesos	34
7.1.1. Componentes de la Gráfica de Control	35
7.1.2. Interpretación de la Gráfica de Control	36
7.1.3. Gráficas de Control y su Distribución Normal	40



Índice

7.2. Tipos de Gráficas	41
7.2.1. Gráficas para Datos Variables	42
7.2.2. Gráficas de Control por Atributos	47
7.3. Capacidad del Proceso	55
7.3.1. Índices de la Capacidad del Proceso (Cp)	58
7.3.2. Interpretación	59
7.4. Metodología del CEP	60
7.5. Otros Beneficios del CEP	62
8. Implantación del CEP a una Empresa en Particular	63
8.1. Aspectos Generales de la Empresa	63
8.2. Aplicación del CEP	65
8.3. Interpretación de las Gráficas de Control	69
8.4. Capacidad del Proceso	70
9. Conclusiones	73
10. Factores usados en las Gráficas de Control	75
11. Bibliografía	76



1. Objetivo

Objetivo 1 :

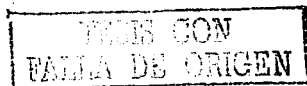
Implantar el Control Estadístico de Procesos (CEP) para mantener un buen control del proceso de producción

Objetivo 2 :

Demostrar la utilidad que tiene mantener un buen CEP para mejorar la calidad de los productos de la empresa.

2. Hipótesis

El CEP permite identificar los tipos de variaciones existentes en un proceso y permite generar productos de mejor calidad.



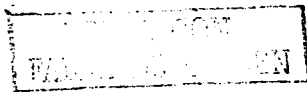
3. Antecedentes

Desde años remotos hemos sabido de la importancia de los procesos de lavado, hacemos mención y referencia a aquellos tiempos en que los egipcios utilizaban esta operación de lavado en su vida diaria. El símbolo o la forma que utilizaban para representar las escenas de lavado era mediante murales en los que pintaban a las personas con los pies inmersos en agua, esto era muy lógico ya que en esos tiempos la forma usual de lavar, era parándose en la ropa inmersa en agua y pisoteándola.

También en tiempos de los romanos, existían personas que se ganaban el pan diario lavando con su pies. Con esto nos damos cuenta que el proceso de lavado en aquellos tiempos era bastante simple, solo requería de tratamientos puramente mecánicos, los cuales consistían en : golpear, pisar, tallar, y muchos otros procedimientos muy similares.

Aunque se utilizaban métodos muy rudimentarios, también tenían conocimiento de que el agua tenía ciertas propiedades que hacían que el poder de lavado se incrementara, por ejemplo, sabían de una forma u otra que el agua de lluvia era más conveniente para el lavado, ya que se hacía más fácil, también que el agua caliente era mejor que el agua fría. Más aún encontraron que algunos aditivos aumentaban la efectividad del proceso de lavado. Fue así como desde tiempos remotos se empezó a investigar más a fondo las propiedades del agua así como el desarrollo de nuevos aditivos sintéticos que aumentarían el poder de lavado o detergencia.

Conforme pasaba el tiempo y se formaban nuevas culturas las colonias de científicos empezaron a ahondar más en este campo del conocimiento, contribuyendo de gran manera en el desarrollo de nuevos aditivos los cuales serían más tarde usados en los detergentes que hoy en día conocemos. En fin, actualmente los procesos de lavado son mucho más sencillos gracias a los descubrimientos hechos y a la tecnología en constante avance.



4. Introducción

El proceso de lavado en medios acuosos es realmente un proceso complejo el cual envuelve numerosas influencias químicas y físicas, en el sentido más amplio podemos decir que el proceso de lavado es la remoción de residuos insolubles y la disolución de impurezas por medio de agua o soluciones acuosas de surfactantes.

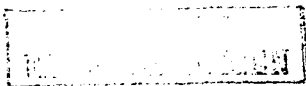
Se debe mencionar la diferencia entre los dos pasos de lavado o detergencia, el primero en el cual las manchas o suciedad son removidas del sustrato, y el segundo la estabilización de la tierra dispersa en el agua de lavado.

Hay que definir lo que es detergencia, es en general el efecto de limpieza extraordinariamente intensificado de un baño líquido causado principalmente por un agente especial que es el detergente, el cual actúa alterando los efectos interfaciales en los diversos límites de fase del sistema.

Un detergente es un producto efectivo de limpieza ya que contiene más de un surfactante. Desde tiempos remotos se han utilizado aditivos que hacen que nuestros procesos de lavado o detergencia sean más eficientes, fue así como empezaron a surgir los surfactantes, aditivos a base de sosa, silicato de sodio, sulfatos alcohol grasos, alquil sulfatos, éter alquilsulfatos, nonil fenol etoxilados, los cuales forman parte activa de lo que actualmente conocemos como detergentes.

Además de lo antes mencionado cabe mencionar que la mayoría de los detergentes pertenecen al grupo de las sustancias tensoactivas, las cuales están caracterizadas tecnológicamente por la capacidad de sus soluciones de humectar, dispersar, penetrar, emulsificar, y lavar (detergentes), aunque la mayoría tenga estas características solo una de ellas resalta y es por eso que son clasificadas en diferentes grupos como : emulsificantes, humectantes, detergentes, etc.

Además de estos factores inherentes influyentes en la detergencia existen otros más, los cuales son externos. Estos serán mencionados posteriormente.



Conjuntamente con lo que es la búsqueda de nuevos compuestos y técnicas para la detección, también fueron surgiendo otras necesidades como de que cada vez se tenían que formular compuestos de mucho mejor calidad, es así como nacieron las herramientas estadísticas que actualmente se utilizan en el control y desarrollo de cualquier tipo de producto.

Las herramientas estadísticas son de vital importancia en todas las industrias, empresas, negocios, etc. Ya que con éstas podemos mejorar y controlar nuestros productos. Estas herramientas nos permiten hacer uso de muestras obtenidas del proceso de manufactura en este caso. Son también importantes ya que con las muestras obtenidas podemos sacar conclusiones, tomar decisiones, hacer ajustes y correcciones en cuanto al proceso se refiere.

Estas herramientas básicas han prevalecido por muchos años y continuarán, ya que sabemos que cualquier empresa que quiera sobrevivir y/o prosperar tendrá que hacer uso de ellas. Existen muchas y variadas; básicas, intermedias y avanzadas, las cuales simplemente tienen que ser adaptadas a la situación que acontece.

Con todas estas herramientas, sea cual sea la que se use, nosotros podemos mantener un control estadístico de procesos, el cual es una metodología usada para vigilar un proceso. En si todas las herramientas utilizadas, tienen el fin principal de lograr que la empresa tenga una mejora en sus productos, es decir que sean de mejor calidad. Este término es bastante amplio por lo que nos basaremos en la definición más general que es " cumplir con las especificaciones " .

De esta forma el uso de las herramientas estadísticas, estamos obligados a mantener un buen control estadístico de procesos, aseguramos la satisfacción del cliente al cumplir con las especificaciones y creamos la necesidad de formar un sistema de calidad, el cual permitirá a la empresa diseñar la infraestructura en la que los procesos y mediciones aseguren el aprovechamiento óptimo de recursos en beneficios del cliente.



5. Tensión Superficial

La mayoría de los líquidos presentan propiedades y características estructurales, las cuales son determinadas por las llamadas fuerzas intermoleculares, como son los puentes de Hidrógeno, Fuerzas de Vander Waals, Fuerzas de Cohesión y Adhesión.

Una de estas propiedades y casi la más importante es el fenómeno conocido como "Tensión Superficial", esta propiedad varía considerablemente entre líquido y líquido.

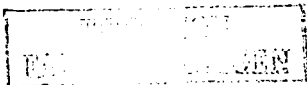
Existen definiciones muy parecidas, en general decimos que es la cantidad de energía necesaria para estirar o aumentar la superficie de un líquido por unidad de área. Sabemos que dentro de un líquido existen miles y millones de moléculas, alrededor de cada molécula existen atracciones de tipo simétricas con cada molécula circundante, es decir las moléculas son jaladas en varias direcciones debido a las fuerzas intermoleculares que son las que producen estas atracciones produciendo una tensión entre ellas obligándolas a permanecer lo más cerca posible una de otra.

Es claro que las moléculas que están en la superficie no pueden tener otra atracción sino hacia el seno de la solución ya que la fuerza que actúa sobre ellas es por parte de las moléculas que se encuentran en un nivel inferior más cercanas al seno del líquido, al suceder esto parece como si el líquido estuviera rodeado por una membrana invisible, la cual induce el efecto de elasticidad y produce cierta resistencia a la penetración.

5.1. Tensión Superficial de Soluciones

Este fenómeno es prácticamente el mismo en cuanto a su definición, solo que cuando hablamos de solución estamos diciendo que existen ciertos componentes, que no es un líquido puro por lo cual la tensión superficial se comporta de manera diferente a que si fuera un líquido puro.

A continuación presentamos las curvas típicas que presentan ciertas soluciones cuando se agregan solutos de diferentes tipos



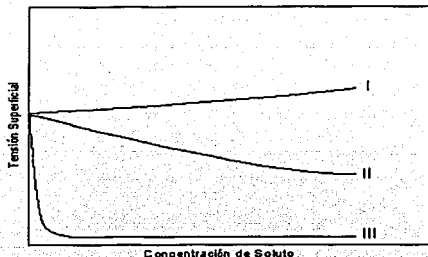


Figura 5.1. Tensión superficial vs Concentración

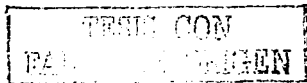
Curva I. Indica que la adición de un soluto aumenta la tensión superficial, estos solutos pueden ser :

- Electrolitos fuertes
- Anilina en ciclohexano
- Ácido aminobenzóico en agua

Curva II. Indica que cuando agregamos un soluto la tensión comienza disminuir poco a poco, casi hasta la mitad de su valor original para mantenerse constante sin importar la concentración del soluto. Algunos solutos que ocasionan este comportamiento son :

- Electrolitos débiles
- No electrolitos
- Sacarosa
- Carbohidratos
- Vitaminas

Curva III. Este comportamiento es muy típico en cierta clase de soluciones (jabonosas y de detergentes), al agregar un soluto a muy baja concentración inmediatamente la tensión superficial de la solución se cae totalmente hasta casi valores cercanos al 0, el valor de la tensión superficial se mantiene igual y constante aunque se agregue más soluto. Algunos solutos que ocasionan este comportamiento son :



- Ácidos sulfónicos
- Sulfatos
- Algunos componentes orgánicos

Nos podemos dar cuenta que nuestras soluciones se encuentran en el tipo 3 , estas características especiales de este tipo de soluciones serán analizadas más adelante en capítulos posteriores.

5.2. Principales Factores que influyen en la Tensión Superficial

Dentro de los principales factores se encuentran la Temperatura (T) y la presión (P)

5.2.1. Influencia de la Temperatura

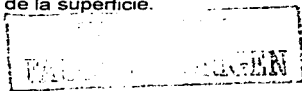
Es sabido que al aumentar la temperatura las moléculas aumentan su energía cinética, es decir comienzan a moverse más rápidamente y tienden a escapar por lo que es lógico suponer que la tensión superficial disminuye.

En base a estudios realizados se ha determinado que la mayoría de los líquidos presentan una relación lineal entre la temperatura y la tensión superficial, ya que al aumentar la temperatura disminuye la tensión superficial en la misma proporción.

5.2.2. Influencia de la Presión

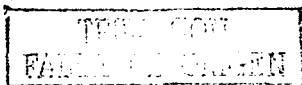
Todos los líquidos tienen una presión de vapor que es la presión que ejerce el vapor sobre el líquido, en algunos es muy variada y puede ser muy grande dependiendo del tipo de líquido del que hablemos, tal es el caso de los más volátiles que su presión de vapor es muy alta.

Esta presión ejercida sobre la superficie del líquido reduce la tensión superficial ya que las atracciones de las moléculas de vapor sobre las moléculas de la superficie igualan a las atracciones de las moléculas provenientes del seno del líquido sobre las mismas moléculas de la superficie.



5.3. Medición de la Tensión Superficial

Existen diversos procedimientos para medir la tensión superficial como son el Tensiométrico, Peso de la gota y el Ascenso capilar. No se hará una descripción de estos métodos debido a que no es el interés primordial de este trabajo.



6. Detergencia

Se conoce como la acción de limpieza de un objeto sólido (substrato), es decir es la remoción de materia o sólidos extraños. Existen varias formas de remover estos sólidos ya sea de manera mecánica o por medio del uso de una solución química en particular aunada a una agitación mecánica.

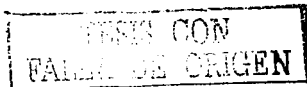
Este término está limitado a la utilización de un baño característico que es el componente principal de la detergencia. Este baño es reforzado con solutos especiales los cuales alteran los efectos entre fases dentro del sistema provocando cambios en la tensión superficial, a estos agentes se les llama Tensoactivos o Agentes Activos de Superficie los cuales serán analizados con mayor detalle en el capítulo siguiente.

Si reunimos estos tres puntos; baño, materia extraña (suciedad) y el substrato (objeto a ser limpiado) formamos lo que se conoce como " Sistema Detersivo " el cual esta sujeto a agitación mecánica (acción mecánica).

Esta acción provee al sistema la energía extra para remover la suciedad (materia extraña) para luego dispersarla en la solución (baño).

Un término muy importante y que hay que analizar junto con los demás componentes de nuestros sistemas es la " limpieza ". El término " Limpieza " es muy subjetivo ya que tiene diferentes definiciones dependiendo de cada individuo, para algunos que un objeto esté limpio solo quiere decir que no tenga manchas, para otros que este blanco, para otros que huela bien, y así hay un sin número de definiciones para la limpieza.

En términos generales podemos decir que una superficie está limpia cuando no contiene más partículas extrañas que aquellas que están especificadas, también se puede medir la limpieza de una forma óptica o visual.



6.1. Componentes del Sistema Detersivo

Este sistema consta de 3 componentes :

- **Substrato** : Son objetos sólidos que serán limpiados, estos varían en cuanto a su composición química y configuración superficial.
- **Suciedad** : Es la materia extraña que se encuentra presente en el substrato, existen varios tipos de suciedad y pueden estar en distintas fases como en su forma líquida o en su forma sólida y además pueden estar mezcladas sin un orden fijo.

En este punto es importante considerar varios factores pero el principal y más importante es el tamaño de partícula la cual nos indica la facilidad con la que puede ser removida del substrato y de igual manera que tipo de baño podemos usar.

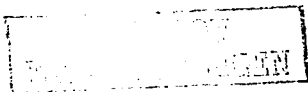
- **Baños** : son soluciones acuosas que están compuestas de solutos denominados agentes activos de superficie.

6.2. Detergente

Es una combinación de varios componentes en su mayoría surfactantes o tensoactivos que tienen la función de alto poder de limpieza, es decir de remoción de suciedad al mayor grado posible, estos componentes son agregados a soluciones para realizar dicha función en los sistemas detersivos.

6.3. Componentes de los detergentes

Los detergentes están compuestos por diferentes tipos de sustancias, las cuales tienen funciones propias en un proceso de detergencia. Algunas de esas funciones son críticas y otras son complementarias. Podemos dividirlos como sigue :



- Y Surfactantes
- Y Reforzadores o fortificantes
- Y Blanqueadores

A continuación se hará una breve descripción de cada una de ellas.

6.3.1. Surfactantes

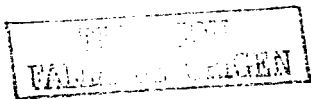
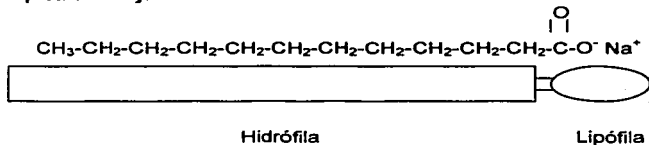
El término surfactante por sus siglas en inglés Surf – Act – Ant (*Surface Active Agent*), es una sustancia que constituye el grupo mayoritario de los componentes de los detergentes estando presentes en cualquier tipo de detergentes.

Es una sustancia que al ser añadida en pequeñas cantidades reduce la tensión superficial de un líquido o sólido o cuando existen mezclas, reduce la tensión interfacial entre dos líquidos diferentes o entre un líquido y un sólido.

Es una molécula dual compuesta por dos partes antagónicas que al alcanzar un equilibrio da como resultado una acción modificadora de superficie. Esta molécula clásica contiene una cadena larga que es insoluble en agua (Hidrofóbica o Lipófila) la cual consta de entre 10 –20 átomos de carbono y otra cadena más pequeña y polar que es soluble en agua (Hidrófila) la cual consta de entre 2 –4 átomos de carbono generalmente.

A continuación se representa una molécula típica de un surfactante

Molécula típica de un jabón



Estos compuestos son empleados principalmente para promover o afectar propiedades tales como : detergencia, humectación, espumación, emulsificación, etc.

6.3.1.1. Propiedades de los Surfactantes o Tensoactivos

Estructura Dual

La molécula está compuesta por dos partes; una parte es afín al agua y se denomina (Hidrofílica) y la otra parte es afín al aceite (Lipofílica)

Solubilidad

Todos los Surfactantes son cuando menos solubles en alguna fase ya sea acuosa u orgánica. Más adelante se presentará una tabla que indica las afinidades de cada tipo de surfactante.

Adsorción en las Interfases

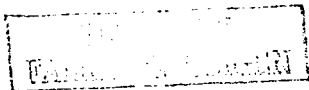
En el equilibrio la concentración de un soluto surfactante en una interfase es superior a su concentración en el interior de la solución.

Orientación en las Fases

Debido a las cargas que presentan las moléculas de los surfactantes y los iones tensoactivos , éstos se orientan en las interfases.

Formación de Micelas

Las moléculas forman agregados (con orientación definida) llamados micelas. Las micelas pueden ser : Esféricas y pequeñas o Laminadas planas y largas.



Propiedades Funcionales

Las soluciones de surfactantes o tensoactivos presentan variadas propiedades tales como : detergencia, humectación, espumación, emulsificación, etc., que van de la mano con lo que se conocemos como " Concentración Micelar Crítica ".

6.3.1.2 Concentración Micelar Crítica

Cuando trabajamos con soluciones acuosas de surfactantes existe un momento en que la concentración de los surfactantes excede un límite y es cuando las propiedades de la solución empiezan cambiar y esto se debe a que se forman micelas. Esta característica es muy importante ya que es el punto de arranque en que los surfactantes empiezan a evidenciar propiedades tensoactivas como se mencionó con anterioridad. La habilidad de solubilizar o disolver materiales insolubles en agua se inicia a partir de aquí. Como se mencionó también con anterioridad las micelas pueden ser esféricas o laminadas.



Figura 6.1 Micelas Esféricas

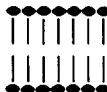
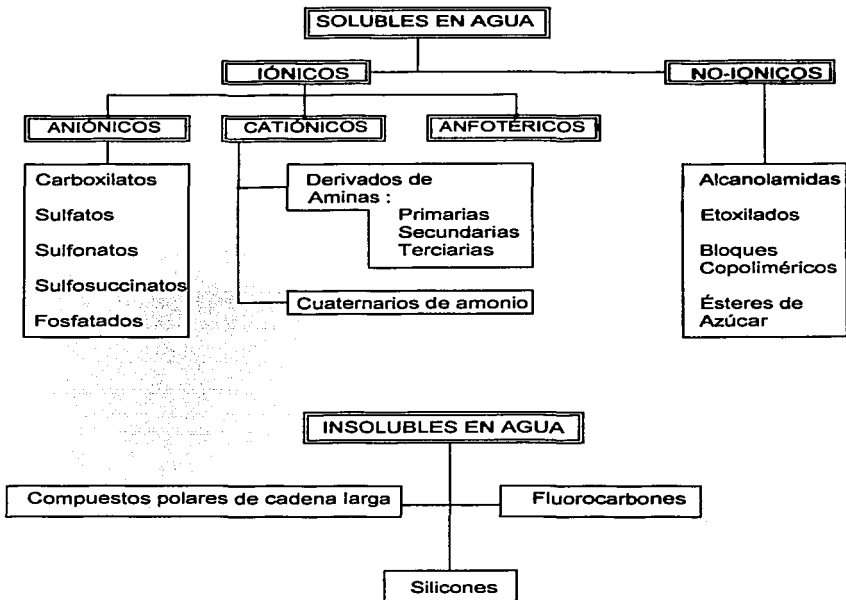


Figura 6.2 Micelas Laminadas

6.3.1.3. Clasificación de los Surfactantes

La clasificación de los surfactantes depende de la carga de la especie tensoactiva que casi siempre es la parte más grande de la molécula. Mencionaremos su clasificación principal de acuerdo a su solubilidad y mencionaremos algunos tipos de surfactantes.





Los surfactantes que son de mayor interés para nosotros son los que se solubilizan en agua por lo que nos enfocaremos con mayor detalle en su descripción.

VALLE DE ORIGEN

Surfactantes Solubles en Agua

> Iónicos

- Catiónicos
- Aniónicos
- Anfotéricos

> No - Iónicos

1) Surfactantes Iónicos

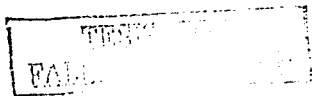
Son los surfactantes que cuando son agregados a soluciones acuosas presentan cargas en sus moléculas. A continuación daremos una breve descripción de lo que son cada uno así como algunos ejemplos y otras propiedades funcionales extras a las antes mencionadas.

a) Catiónicos

Este tipo se refiere a componentes que tienen por lo menos una cadena hidrofóbica larga usualmente derivada de un ácido graso o un derivado del petróleo y un nitrógeno cargado positivamente (N^+), lleva consigo una carga positiva cuando se disuelve en medios acuosos.

La carga reside en un nitrógeno de tipo amino o cuaternario. Un nitrógeno es bastante hidrofílico para solubilizar un grupo hidrofóbico de tipo detergente. La mayoría de estos surfactantes a base de nitrógeno son solubles en soluciones alcalinas o básicas.

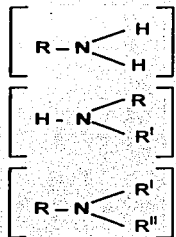
Éstos se absorben con mayor fuerza que los no-iónicos sobre los substratos y son incompatibles con los surfactantes aniónicos.



Existen 2 categorías principales :

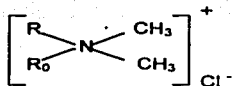
> Aminas de cadena larga

- Aminas Primarias
- Aminas Secundarias
- Aminas Terciarias



Nota : R, R' y R'' son radicales alquílicos.

> Cuaternarios de Amonio



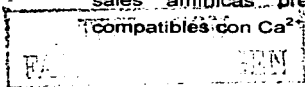
Nota : R y R₀ son cadenas alifáticas hidrocarbonadas.

La mayoría de este tipo de surfactantes se usan como dispersantes, emulsificantes, estabilizadores de espuma, solubilizantes y anticorrosivos, aunque también tienen otras aplicaciones como agentes suavizantes, antiestáticos, acondicionadores (cosméticos), agentes de flotación (minería), etc.

b) Aniónicos

Son los surfactantes que se ionizan en medio acuoso quedando en la cadena en su parte Hidrofóbica una carga negativa. Entre este tipo destacan los carboxilatos, sulfonatos y sulfatados.

Carboxilatos (-COOH) : Los de mayor uso son los que tienen en sus cadenas de entre C₁₂ – C₁₈ . Las sales principales son de Na⁺ y K⁺ y en menor grado las sales amónicas presentan buena detergencia pero no son compatibles con Ca²⁺ y Mg²⁺.

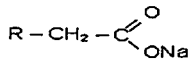


Sulfonatos (-SO₃ H) : Son los de mayor uso, como el alquilbencensulfonato de sodio. Presentan buena detergencia y estabilidad de espuma, además son muy económicos. En si, todos estos compuestos presentan una buena detergencia además de otras propiedades importantes en los sistemas deterosivos.

Sulfatados (-OSO₃H) : Son de gran importancia al igual que los antes mencionados, tienen importantes aplicaciones como por ejemplo los alcoholes grasos sulfatados que actúan como detergentes proveyendo una buena detergencia a los sistemas deterosivos. Presentan además buena humectación y estabilidad de espuma.

Los surfactantes aniónicos y catiónicos son incompatibles ya que en solución tienden a formar precipitados por lo que es de suma importancia poner atención cuando se van a tener mezclas de surfactantes en los detergentes y así elegir el tipo más adecuado que ha de usarse.

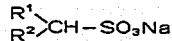
EJEMPLOS



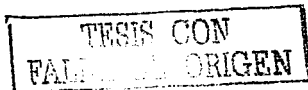
R = C₁₀₋₁₅ Jabones



R = C₁₀₋₁₃ Alquilbencensulfonatos



R¹ + R² = C₁₁₋₁₇ Alcanosulfonatos



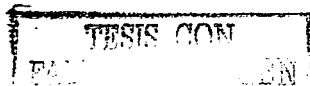
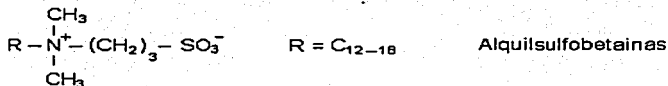
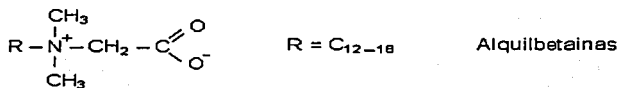
c) Anfotéricos

Estos compuestos contienen un grupo catiónico y otro aniónico que actúan dependiendo del pH del medio, siendo catiónico en medios ácidos y aniónico en medios alcalinos o básicos; los aminoácidos son los agentes anfotéricos naturales (Lecitina). Entre las más importantes propiedades encontramos que :

- ❖ Agentes solubilizantes
- ❖ Agentes espumantes
- ❖ Agentes humectantes
- ❖ Soportan fuertes cargas de electrolitos
- ❖ No son corrosivos a los metales

Además de las propiedades antes mencionadas son compatibles con ambos surfactantes, catiónico y aniónico en rangos de pH bastante amplios. Actúan también como suavizantes, antiestáticos, acondicionadores para cabello, etc.

EJEMPLOS



2) Surfactantes No – iónicos

Son compuestos que no sufren ionización alguna en medio acuoso, es decir carecen de cargas discretas. Las propiedades hidrofílicas son proporcionadas por los enlaces H^+ con las moléculas de agua (H_2O). Los átomos de oxígeno y los grupos hidroxilos forman rápidamente enlaces de H^+ fuertes. Estos enlaces proporcionan mejores solubilidades en diferentes medios como son medios neutros y alcalinos. Cada átomo de oxígeno tiene una pequeña contribución a la solubilidad de dicho surfactante en agua, por lo tanto se requiere de un gran número de átomos para solubilizar al surfactante totalmente.

Entre los principales surfactantes no – iónicos se encuentran :

Alcanolamidas : Sus principales propiedades los hacen que sean estabilizadores de espuma que generan los surfactantes aniónicos y mejoran su detergencia.

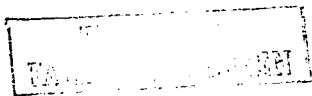
Derivados del Óxido de Etileno : La amplitud de bases etoxiladas y el grado de etoxilación hace de estos surfactantes los más versátiles ya que :

Los de cadena corta, son : antiespumantes, coemulsificantes y cosolventes.

Los de cadena mediana, son : emulsificantes, humectantes y detergentes.

Los de cadena larga, son : solubilizantes, estabilizadores y dispersantes. Cuando éstos se sulfatan, son altamente espumantes y son más resistentes a la hidrólisis.

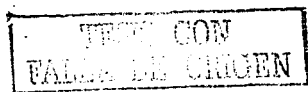
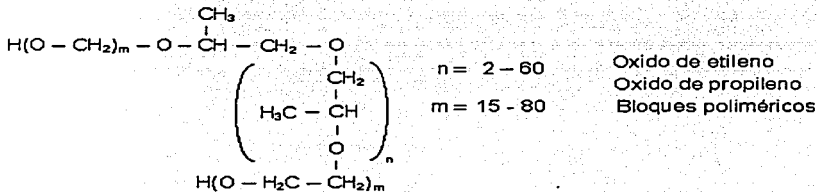
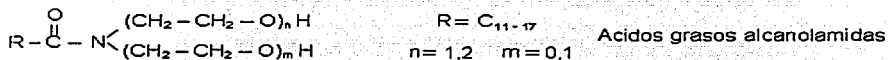
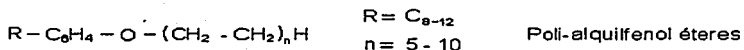
Bloques Copoliméricos : Productos de alto peso molecular de 1,000 a 27,000. Sus principales características son las de ser buenos dispersantes y buenos agentes humectantes.



Ésteres de Azúcar : Son compuestos a base de azúcares que de igual manera que los surfactantes etoxilados presentan un amplio rango de hidrofiliidad, aunque después de 20 moles de O.E (Óxido de Etileno) no hay incremento y la hidrofiliidad de estos compuestos es semejante a la de los surfactantes iónicos.

Nota: Los surfactantes no - iónicos son menos corrosivos que los surfactantes iónicos.

EJEMPLOS



Al elegir un surfactante para ser usado como detergente, básicamente debe demostrar las siguientes características:

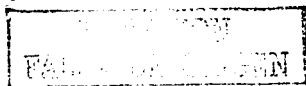
- ⇒ Adsorción específica
- ⇒ Remoción de suciedad
- ⇒ Baja sensibilidad a la dureza del agua
- ⇒ Propiedades de dispersión
- ⇒ Capacidad de anti re-deposición
- ⇒ Alta solubilidad
- ⇒ Características de espumado
- ⇒ Olor neutral
- ⇒ Mínima toxicidad
- ⇒ Economía
- ⇒ Comportamiento ambiental favorable

6.3.2. Reforzadores (Fortificadores)

Los reforzadores juegan un papel importante en el curso del proceso de lavado, son sustancias capaces de soportar y aumentar la acción detergente de los surfactantes así como eliminar los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} que provienen en algunos casos del agua y de la suciedad, evitando así que los iones libres interactúen con los surfactantes.

Éstos proporcionan alcalinidad y también actúan como suspensores, es decir suspenden la suciedad en el baño o solución. A continuación se mencionan algunos ejemplos:

- Fosfatos
- Carbonato de sodio
- Silicatos
- Zeolitas
- Arcillas
- Sales solubles y neutras



6.3.3. Blanqueadores

Son sustancias que hacen que un sustrato cambie su color, se decolore o blanquee. Este efecto puede ser por diferentes causas, una es por la reacción de oxidación o reducción (que hacen que las sustancias de color sean más solubles y se eliminen más rápidamente) y otra es por el cambio de capacidad para absorber luz. Como ya sabemos cada cuerpo tiene diferentes capacidades para absorber rayos del espectro de luz, tomando de esta forma una diferente coloración. Los agentes que dan color a los sustratos son compuestos orgánicos que contienen cadenas conjugadas de enlaces dobles y sencillos llamados " Cromóforos ". Ahora, si nosotros hacemos que dichas sustancias coloreadas cambien o alteren esta capacidad cambiando su grado de saturación, lograremos el efecto de decoloración o blanqueado. Como ejemplo podemos mencionar todos los siguientes :

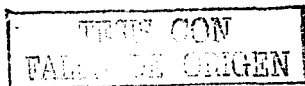
➤ Compuestos que contengan Cloro (Cl)

- ClO_2
- Clorita
- N-Cloro
- Hipocloritos
- NaClO_2

➤ Compuestos Peroxigenados o con O_2 activo que contengan enlaces peróxidos (- O - O -)

➤ Compuestos que contengan Azufre (S)

- SO_2
- Ácido Sulfuroso
- Bisulfitos
- Sulfitos



El mecanismo de blanqueado es muy simple lo único que tenemos que hacer es poner en contacto a la molécula cromófora con un blanqueador para que éste ataque al doble enlace del cromóforo y logre que se rompa, al suceder esto habrá una decoloración o pérdida del color. Otro mecanismo es lograr que se forme otro cromóforo muy parecido pero que tenga una capacidad un poco menor de absorber los rayos del espectro de luz.

6.4. Factores que influyen en la Detergencia

6.4.1. Efecto de la concentración del surfactante

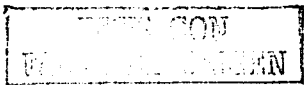
Este efecto es de mucha importancia en los procesos de lavado ya que para que el sistema comience a evidenciar propiedades deterativas, se tendrá que alcanzar la CMC.

6.4.2. Estructura del Surfactante

Este factor es muy importante en la efectividad de la detergencia, cada tipo de surfactante presenta una estructura química diferente y un acomodamiento molecular distinto, por lo cual cada tipo de surfactante presentará un efecto similar pero a la vez distinto debido a su configuración.

Por ejemplo como ya se mencionó anteriormente los surfactantes pueden ser de cadena lineal, ramificados, cíclicos, etc. También se mencionó que un surfactante consta de una parte hidrofílica (Hidrófila) y una parte hidrofóbica (Lipófila) y que si en nuestra cadena de surfactante tenemos un número fijo de carbonos y que si aumentamos la cantidad de carbonos, aumentaremos la detergencia.

En general podemos decir que para que un surfactante tenga una detergencia óptima, éste debe contener de 12 – 16 carbonos y debe presentar un HLB (Balance Hidrofílico-Lipofílico, el cual se mencionará mas adelante) de 12.



6.4.3. Dureza del Agua y Fortificantes

En el proceso de detergencia o lavado la presencia de ciertos iones en el agua principalmente afecta la eficiencia, estos iones son principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} . Algunas veces estos iones no solamente están presentes en el sistema deterdivo debido al agua (agua dura), sino que algunas veces los iones entran al sistema en forma de sales que vienen contenidas en la suciedad.

Existen otros iones de metales pesados como son el Aluminio (Al) y el Hierro (Fe) los cuales ingresan al sistema deterdivo de la misma manera; en forma de sales. Todos estos iones tienen que ser removidos rápidamente si es que se quiere optimizar el proceso de detergencia y por consiguiente lograr una buena remoción de la suciedad del sustrato.

Otro factor importante son los llamados fortificantes, éstos tienen una gran influencia ya que el uso de los fortificantes está aunado a la dureza del agua. Los iones antes mencionados al tener que ser eliminados forman complejos con los fortificantes también llamados *Secuestrantes* (por su habilidad de secuestrar los iones Mg^{2+} y Ca^{2+}), los secuestrantes o fortificantes son ligandos que como se dijo antes forman complejos que no tienen ninguna acción dañina hacia los surfactantes y su poder de limpieza, de esta manera aumentándose el poder de limpieza o deterdivo en nuestro sistema.

6.4.4. Temperatura y Acción Mecánica

La temperatura y acción mecánica son factores que contribuyen en gran medida con la detergencia en un sistema deterdivo. Cuando proveemos energía calorífica y mecánica a un sistema aumentamos la velocidad de remoción así como la cantidad de suciedad removida.

Estos son dos factores que se complementan mutuamente, cuando elevamos la temperatura (Energía Calorífica) hasta cierto valor la suciedad tiende a desprenderse del sustrato y es aquí cuando al proveer la agitación (Acción Mecánica) logramos que la suciedad se desprenda con mayor rapidez, con mayor facilidad y en mayor cantidad.



Tenemos que tomar en cuenta las temperaturas a las cuales la efectividad del proceso se ve aumentada; estas temperaturas son : La temperatura de ebullición y la temperatura a la cual la solución alcanza su punto de licuefacción.

La temperatura de ebullición afecta debido al hecho de que cuando se alcanza esta temperatura se forman burbujas que se expanden y rompen las interfases sólido – líquido de una manera mecánica, logrando así el desprendimiento de la suciedad. Estas temperaturas óptimas varían dependiendo del tipo de sustrato y suciedad a remover.

6.4.5. Espuma

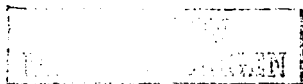
Este efecto es muy interesante, mucha gente cree que si un detergente hace mucha espuma el poder de limpieza aumentará, pero no es así. En un sistema detergente la presencia excesiva de espuma puede hacer tanto que se reduzca el efecto de limpieza como la agitación mecánica sobre el sustrato.

El efecto de limpieza se reduce ya que en la espuma se puede concentrar mucho los surfactantes y de esta manera evitar que se pongan en contacto con el sustrato.

Por otra parte si existe una baja relación de baño, es decir, la cantidad de sustrato es mayor que la cantidad de baño (expresada como Kg sustrato / Volumen de baño), el efecto se invierte y la presencia de espuma es de mucha ayuda, ya que cuando la suciedad es removida del sustrato, las capas laminares de espuma hacen que la suciedad se segregue y se aisle de tal forma que se evita la re-deposición, siendo muy fácil de eliminar; solo lavándola (enjuagándola).

6.4.6. Agentes de Anti Re-Deposición

Son agentes que evitan que la suciedad se absorba de nueva cuenta en el sustrato ya tratado, en algunos tipos de materiales existe un poco de re-deposición de suciedad, siendo este factor influenciado por los mismos efectos que influyen la remoción de la suciedad.



Los surfactantes son agentes de anti re-deposición por sí mismos, así como los fortificantes, es por eso que al seleccionar nuestros surfactantes y fortificantes tenemos que ser muy cuidadosos para evitar este efecto adverso.

6.5. Aditivos Orgánicos (Agentes Auxiliares)

Son sustancias orgánicas que sirven de soporte proporcionando ciertas propiedades distintas a las inherentes a los surfactantes y a los otros componentes de los detergentes, usualmente se encuentran en bajas cantidades en los sistemas deterivos. Por lo general son sustancias que no son surfactantes, pero aún así éstas mejoran el desempeño del proceso de lavado y proveen algunas otras propiedades funcionales entre las cuales destacan :

- ▲ Reducen la re-deposición de la suciedad en el baño
- ▲ Incrementan la blancura o apariencia de limpieza
- ▲ Promueven o inhiben el poder de espumado así como su estabilidad
- ▲ Incrementan la solubilidad
- ▲ Secuestran también iones pesados en ambas fases (baño , substrato)

6.5.1. Reguladores de Espuma

Ya se mencionó con anterioridad el papel que juega la espuma en los sistemas deterivos, y por esas razones es necesario agregar sustancias que sean capaces de regular la formación de espuma y por ende lograr una mejor estabilización de nuestro sistema. Estas sustancias presentan varios requerimientos entre los cuales destacan :

- Baja solubilidad en agua
- Alta presión superficial

Los reguladores de espuma presentan una gran cantidad de propiedades físico-químicas , y su mecanismo más simple de acción puede ser explicado como sigue :



" Las moléculas de estas sustancias fuerzan a la molécula del surfactante a alejarse de las fronteras de las superficies o penetran las superficies que estén ocupadas por los surfactantes, desplazándolas y creando así diferentes efectos, ya que las moléculas de los surfactantes son reemplazadas por las sustancias reguladoras estas provocan que la fuerza mecánica de las laminas de espuma se debilite provocando su ruptura y logrando la estabilidad deseada o el efecto regulador deseado. "

La mayoría de estas sustancias pertenecen al grupo de los LAS / Poli-glicoles de éteres grasos y en menor proporción se encuentran los compuestos de Silica activada y la parafina.

6.5.2. Inhibidores de Corrosión

Éstas son sustancias encargadas de formar pequeñas y delgadas capas que protegen contra la corrosión a las partes metálicas de las máquinas. Un ejemplo claro es el silicato coloidal, el cual forma una capa que evita que las partes metálicas sean atacadas por iones OH⁻ en las soluciones acuosas.

6.5.3. Aromatizantes

Son sustancias que proporcionan un olor agradable a los detergentes enmascarando los malos olores que se pueden producir en un sistema deterivo, están presentes en su mayoría en un porcentaje no mayor al 1 %.

Siempre que se desee adicionar un tipo especial de aromatizante hay que tomar en cuenta la configuración y la reactividad que tienen al estar presentes con otros componentes en el sistema deterivo para que la adición de uno de éstos no sea contraproducente.

6.5.4. Colorantes

Sustancias que al ser agregadas provocan que toda la solución cambie de color, éstas pueden ser de diferentes grados dependiendo de la aplicación. Por ejemplo si se va a



utilizar una solución que esté en contacto con material donde se usa alimento se tendría que usar un colorante de grado alimenticio.

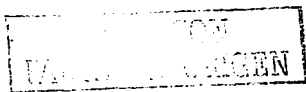
Éstas no afectan ni alteran las demás funciones de las otras sustancias contenidas en la solución ya que se utilizan en muy poca proporción y después de haber sido estudiadas por largo tiempo.

6.6. Análisis

Debido al gran número de componentes que están presentes en los detergentes existe una gran variedad de pruebas analíticas que se les realizan. Entre las principales pruebas que se realizan están:

- pH
- Viscosidad
- % Surfactante
- % Fosfatos
- % Carbonatos
- % Sulfatos
- % Agentes de anti re-deposición
- % Boratos
- Sg
- Punto de enturbiamiento
- Punto de solidificación

Por supuesto que existe una cantidad mayor de pruebas analíticas pero el tipo de prueba así como el método varía dependiendo de los componentes que se tengan en el detergente.



6.7. Mecanismos de Acción

Existen varios mecanismos mediante los cuales se puede llevar a cabo la remoción de la suciedad de los substratos, solo mencionaremos los 3 más importantes:

- Solubilización
- Emulsificación
- Rodamiento

Solubilización: Es el proceso en el cual un aceite se disuelve en el interior de las micelas que se forman en solución cuando se alcanza la CMC. La cantidad de suciedad que es de tipo generalmente aceitosa no puede ser removida y suspendida en la solución Micelar mediante surfactantes aniónicos, debido a que su habilidad solubilizante no es muy alta, en cambio los surfactantes no iónicos si lo logran.

Es por eso que en la mayoría de los detergentes se usan combinaciones de surfactantes para lograr suspender la suciedad así como solubilizarla .

Emulsificación: Mecanismo mediante el cual una vez que se haya solubilizado algunas moléculas de aceite provenientes de la suciedad, se forma una emulsión. Al suceder esto se evita en cierto grado que la suciedad se re-deposite.

Rodamiento: En este mecanismo las capas de aceite o suciedad provenientes de los substratos están adheridas de forma plana o casi plana. Al estar en contacto con los surfactantes y otros agentes orgánicos se provoca un doblamiento de tales capas poniéndola en suspensión y evitando así sea re-depositada. Este es el principal mecanismo por medio del cual se remueve la suciedad y se tiene que estudiar ampliamente en conjunción con la teoría de humectación o mojado.



6.8. Sistema HLB

El término HLB por sus siglas en inglés " Hidrophile – Lipophile Balance " o mejor conocido como " Balance Hidrofílico – Lipofílico " es un sistema que fue propuesto por la ICI en 1940.

El valor del HLB de una molécula de un tensoactivo o surfactante es el parámetro que nos indica que tan hidrofílico (polar) o lipofílico (no polar) es, es decir sabemos que las moléculas de los tensoactivos presentan una combinación de grupos polares y no polares y con el uso de este sistema podemos determinar que tanta afinidad presentan determinados surfactantes a sistemas oleosos (no polares) y acuosos (polares).

Los surfactantes al tener una parte hidrofílica y otra lipofílica tienen el carácter de agentes emulsificantes, es decir son idóneos para la formación de emulsiones, recordando que una emulsión es un sistema heterogéneo que cuenta con dos fases, una acuosa y otra oleosa.

Cuando hacemos una emulsión en primer lugar se determina el HLB de los componentes, en segundo lugar se elige los agentes emulsificantes de acuerdo al mismo valor de HLB que tenga la mezcla que vamos a emulsionar. Es decir la mezcla de componentes debe tener el mismo valor de HLB que el(los) agente(s) emulsionante(s).

Cuando un agente emulsificante tiene un valor de HLB menor a 9 tendrá un carácter lipofílico y si el valor es mayor a 11 su carácter será hidrofílico. El carácter lipofílico dará por resultado una emulsión agua/aceite (la fase dispersa discontinua es el agua y la fase dispersante es el aceite) y el carácter hidrofílico una emulsión aceite/agua (la fase dispersa discontinua es el aceite y la fase dispersante es el agua).

El valor de HLB que debe presentar un surfactante para que actúe como un buen detergente debe ser 14, es decir la emulsión debe tener un carácter hidrofílico para que sea más a fin a nuestros baños que son soluciones acuosas.



Para el cálculo del valor del HLB de los surfactantes utilizamos una serie de datos correlaciones y ecuaciones. No se incluyen en este trabajo debido a su gran tamaño, pero para cualquier cuestión en relación al cálculo del HLB se sugiere revisar la bibliografía presentada al final del trabajo.

6.9. Materia Prima

A continuación se da una breve descripción de los componentes y porcentajes usados en la elaboración del detergente EM-10. cabe señalar que los porcentajes presentados no son los reales debido a confidencialidad.

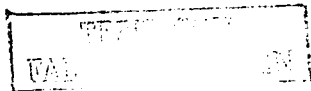
Componente	Porcentaje %
Agua suave	37.00
Surfactante no – iónico	10.00
Surfactante aniónico	38.00
Aromatizante	0.05
Sales neutras	14.85
Colorante	0.1

Tabla 6.1 Materia Prima

6.10. Descripción del proceso

Este proceso es sencillo debido a que la operación unitaria de mayor importancia es el mezclado por lo tanto su estudio no presenta ninguna complicación. El proceso es de tipo batch o por lotes, es un proceso en frío (72 °F) llevado a cabo en tanques mezcladores de 3000 lts de capacidad a una velocidad de agitación de 120 RPM.

Se introducen todos los componentes previamente pesados al tanque de agitación y se provee una agitación por un tiempo aproximado de 35 min. Una vez que se ha completado el tiempo de agitación se toman muestras del producto y se le realizan diferentes pruebas analíticas en el laboratorio. Una vez que se realizaron dichas pruebas y se verificó que son aceptables, se procede al envasado del producto en garrafones de 3.78 Lts.



7. Control Estadístico de Procesos (CEP)

El Control Estadístico de Procesos es una metodología que monitorea un proceso identificando la naturaleza, alcance y causas de variación, de esta manera se señala cuando se tenga que tomar una acción correctiva para lograr una mejora continua.

Por las razones antes mencionadas las empresas lo están implantando porque saben de los beneficios que se pueden obtener.

El Control Estadístico de Procesos se apoya en las gráficas de control, las cuales son una herramienta básica y principal de " *mejora de calidad* ". El CEP es una técnica utilizada para mejorar tanto la calidad como la productividad, mediante su uso podemos detectar cuando se necesiten hacer cambios para mantener el proceso bajo control estableciendo las causas que provocan variaciones, que son las responsables de producir diferencias entre los productos.

Existen dos tipos de variaciones (también llamadas Variabilidades) :

- 1) Variabilidad o Variación de Causa común o aleatoria
 - 2) Variabilidad o Variación de Causa especial o asignable
- 1) Esta variación siempre está presente en todos los procesos, es la parte inherente al proceso. Es decir, es de carácter aleatorio y la suma de ellas provocan un comportamiento estable del proceso conforme pasa el tiempo, esto es de gran ayuda ya que podemos hacer proyecciones futuras.

Esta variación solo se corrige por medio de una decisión de la administración de cambiar el proceso básico.

Algunos ejemplos de este tipo son : vibración de máquinas, contenido de humedad, composición de materiales, resistencia , variaciones de la energía eléctrica.



Cabe mencionar que por lo general del 80 al 90 % de las variaciones observadas en un producto se deben a este tipo.

- 2) Estas variaciones son debidas a causas específicas, no son inherentes al proceso, son originadas por fuentes que se pueden averiguar mediante las gráficas de control ya que son representadas por puntos más allá de los límites de control.

Estas aparecen de forma esporádica e irregular, siendo por tanto imprevisibles. Algunos ejemplos de este tipo son : mala capacitación del operador, lotes defectuosos, mala calibración de instrumentos, etc.

Estas causas interrumpen el comportamiento estable y por lo tanto presentan tendencias las cuales son fácilmente detectables por medio de métodos estadísticos y son económicas de corregir. Estas representan del 10 – 20 % de la variación observada en un producto.

Identificando las causas especiales y tomando medidas correctivas tendremos un proceso afectado únicamente por causas especiales. Al tener esto, podemos cuantificar las causas comunes y así tratar de minimizarlas.

Cuando el sistema solo está gobernado por variaciones de causa común se dice que está bajo control o estable.

Es de suma importancia saber diferenciar entre este tipo de variaciones para así poder atacar y predecir el funcionamiento de nuestro proceso, ya que comúnmente se tiende a confundir y con esto llevamos a hacer ajustes innecesarios.

Con el CEP podemos establecer de manera cualitativa y cuantitativa la naturaleza y magnitud de los ajustes para mejorar el proceso proporcionando información que sirve de retroalimentación al personal con el fin de llevar un registro o récord y así saber que sucedió o que sucederá.



Cuando se quiere implantar el CEP es necesario concientizar a los trabajadores de los beneficios que se obtendrán, de la misma manera tenemos que capacitar al empleado y revisar la información técnica para así asegurar que al implantar el CEP obtendremos "mejoras continuas de la calidad".

7.1. Gráficas de Control Estadístico de Procesos

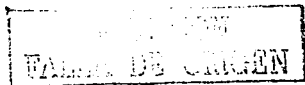
Conocidas también como Diagramas de Control fueron desarrolladas por el Doctor Walter A. Shewhart en la segunda década del siglo pasado cuando se encontraba laborando con Bell Telephone Laboratories. Estas gráficas permiten que un proceso logre una alta calidad a bajo costo y mayor capacidad, además nos proporcionan una descripción gráfica de las características cuantificables del proceso en función del tiempo o del número de muestras.

Además de lo antes mencionado, la fuerza de la técnica de Shewhart radica en que con un buen estudio se pueden separar los dos tipos de variaciones antes mencionadas y así eliminar las que sean factibles.

Adicionalmente proporcionan información sobre los parámetros importantes del proceso y su estabilidad con el tiempo con lo que es posible conocer la **Capacidad del proceso**.

El empleo de las gráficas de control está orientado hacia la prevención más que a la detección de defectos y al rechazo.

Entonces al aplicar las gráficas de control podemos reducir significativamente el costo de generación de un producto o servicio apropiado, evitando el re-trabajo, re-fabricación y recuperación de productos de mala calidad, y es por eso que los negocios cotidianos al estar concientes de que cuesta mucho más elaborar un producto o servicio insatisfactorio que uno satisfactorio utilizan estas gráficas para :



- ✓ Determinar si un proceso está siguiendo una tendencia
- ✓ Determinar si un proceso está bajo control
- ✓ Lograr el CEP
- ✓ Mejorar el proceso reduciendo la variabilidad
- ✓ Hacer proyecciones
- ✓ Lograr que las pérdidas se minimicen

7.1.1. Componentes de la Gráfica de Control

Todas las gráficas de control tienen ciertas características en común. Cada gráfica de control tiene una línea central, límites de control estadístico y los datos calculados del atributo o el control. Además, algunas contienen límites de especificación.

La línea central es una línea sólida (in-interrumpida) que representa la media o el promedio aritmético de las mediciones o los conteos. Esta línea también se conoce como la línea de la barra o central. Hay dos límites de control estadístico; el del control superior para los valores mayores que la media y el de control inferior para los valores menores que la media.

Los límites de especificación se usan cuando existen requisitos paramétricos específicos para un proceso, producto u operación. Estos límites generalmente son los criterios de aprobado/rechazado para la operación. A continuación se muestra una gráfica de control con sus componentes más simples :

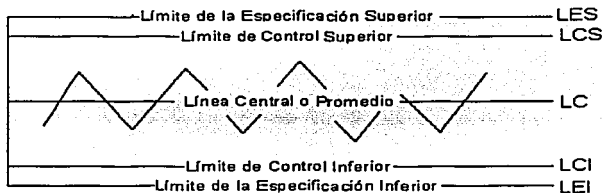
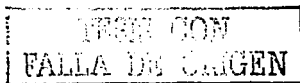


Figura 7.1 Componentes de una Gráfica de Control



7.1.2. Interpretación de la Gráfica de Control

Hay muchas posibilidades para interpretar las varias clases de patrones y cambios en las gráficas de control. Si se interpreta en la forma apropiada, una gráfica de control nos dice mucho más que simplemente si el proceso está bajo o fuera de control.

Una gráfica de control indica en dónde esperar un problema, pero en sí no es de ayuda para saber en dónde buscar, o qué causa encontrará. Además de esto se debe tener un conocimiento íntimo del proceso para saber dónde se podrán hacer mejoras.

En las gráficas subsiguientes se presentan diferentes patrones que se pueden seguir en una gráfica de control.

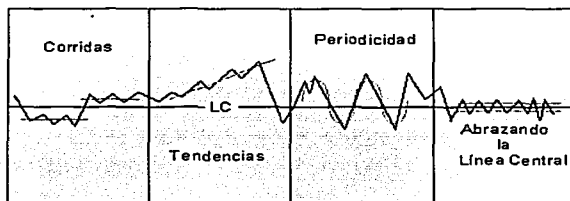


Figura 7.2 Interpretación de la Gráfica de Control

A continuación se describirán cada uno de los patrones antes mencionados junto con los de fuera de control.

Corrida

Esto sucede cuando varios puntos se alinean de un solo lado de la línea central, el número de puntos en ella se llama *Largo de Corrida*. Si la corrida tiene un largo de 7 puntos, se dice que hay una anomalía en el proceso.



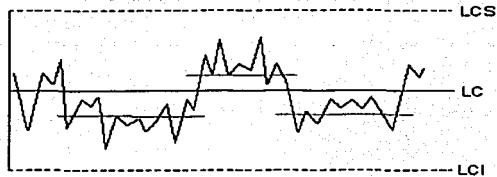


Figura 7.3 Corrida

Tendencias

Es cuando existen ascensos o descensos continuos en una serie de puntos afectando la característica de calidad del producto. Si 7 puntos consecutivos siguen ascendiendo o descendiendo se dice que hay una anomalía en el proceso y se tienen que verificar las posibles causas que van desde inexperiencia del personal hasta envejecimiento y mal mantenimiento del equipo.

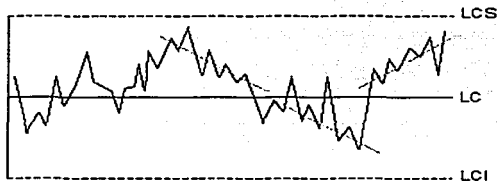
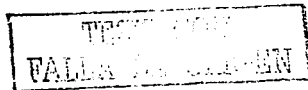


Figura 7.3 Tendencia

Periodicidad

Se le llama periodicidad cuando una serie de puntos presentan el mismo patrón (ascenso o descenso) a lo largo de intervalos breves e iguales en forma de valles y picos. Estos se pueden deber a causas como : cambios de operador de las máquinas, fatiga, diferencias entre calibradores, turnos, mantenimiento, humedad, temperatura etc.



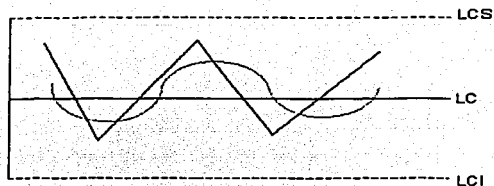


Figura 7.4 Periodicidad

Abrazar la Línea Central

Cuando varios puntos están cerca de la línea central se dice que la están abrazando. Para saber si hay o no abrazo en la línea central, hay que trazar 4 líneas en la gráfica de control, dos entre la línea central y el LCS y dos entre la línea central y el LCI. Si la mayor parte de los puntos se encuentran entre esas 2 líneas cerca del LC hay una anomalía.

En la gráfica parece que los límites de control están muy amplios, la más frecuente causa que origina estos puede ser que se calculen mal los límites y se tomen mal los factores de tablas.

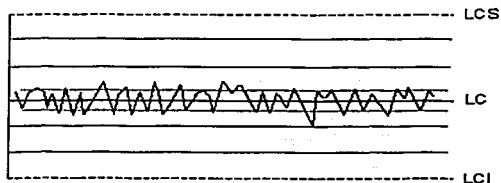


Figura 7.5 Abrazo de LC

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuera de control

Cuando un proceso está fuera de control es porque existe una anomalía y por tal motivo algunos puntos podrán estar fuera de los límites de control, ya sea por encima o por debajo como se muestra a continuación. Este tipo de anomalías se puede deber a causas especiales por lo que hay que poner especial atención a este tipo de característica.

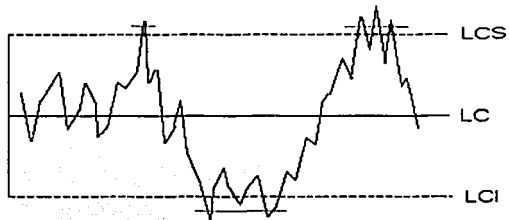


Figura 7.6 Fuera de Control

Bajo Control

Cuando en el proceso no se observan anomalías demasiado obvias decimos que el proceso se encuentra bajo control. Esta condición es la que siempre se persigue cuando se implanta un proceso. En esta gráfica se asume que el proceso está mostrando toda su capacidad, que no existen causas especiales

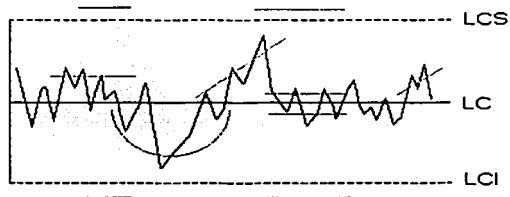


Figura 7.7 Bajo Control

TESTE CON
FALLA DE ORIGEN

Si no hay puntos que caigan fuera de los límites de control y no hay pruebas de variaciones aleatorias dentro de los límites, no significa que no haya causas atribuibles, sino que la hipótesis de que solo las causas naturales están presentes es aceptable y que es inútil tratar de buscar causas atribuibles o especiales.

Nota : En las gráficas de control se pueden presentar varios patrones a la misma vez, esto quiere decir que puede haber mezclas de patrones.

7.1.3. Gráficas de Control y su Distribución Normal

Las gráficas de control se basan en la distribución normal como se muestra en la figura 7.8

La línea central de la gráfica de control representa el promedio o media de los datos (\bar{X}). Los límites de control superior e inferior (LCS y LCI) representan la media más menos 3 desviaciones estándar de los datos ($\bar{X} \pm 3s$).

La distribución normal se describe únicamente por su desviación estándar y media, es una curva de forma de campana (llamada Campana de Gauss) que es simétrica a cada lado e infinita. En la distribución normal el 99.73 % de todas las mediciones se encuentran dentro de : $\bar{X} + 3s$ y $\bar{X} - 3s$. De esta forma están relacionadas la distribución normal y las gráficas de control.

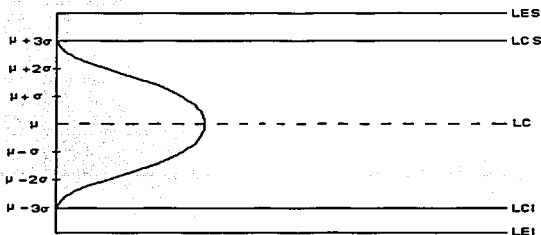
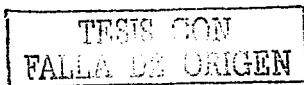


Figura 7.8 Relación entre LC's y Campana de Gauss



Es la razón por la cual los límites en las gráficas de control se llaman " Límites de 3 Sigmas ". Algunos de los datos de los procesos cotidianos no están distribuidos normalmente, pero aún así gracias a las contribuciones del Doctor Walter Shewhart podemos seguir usando las gráficas de control, ya que creo un método para hacer subgrupos y muestras de los datos de tal manera que si los valores del proceso individual no están distribuidos normalmente, los valores de los subgrupos sí.

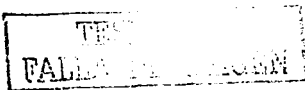
7.2. Tipos de Gráficas de Control

Así como existen 2 tipos de datos ; continuos y discretos, también existen 2 tipos de gráficas de control :

- Para variables : utilizadas con datos continuos (cuantitativos)
- Para atributos : utilizadas con datos discretos (cualitativos)

Gráficas de la Variable	Gráficas del atributo
Gráficas \bar{X} y R : para observar los cambios en la media y en la amplitud (variación) de un proceso.	Gráfica p : para la fracción de los atributos que no se ajustan o que son defectuosos en una muestra de tamaño variable.
Gráficas \bar{X} y S : para una desviación estándar y promedio de una variable	Gráficas np : para el número de atributos que no se ajustan o que son defectuosos en una muestra de tamaño constante.
Gráficas \bar{X} y S^2 : para el promedio y la variación de una variable	Gráficas c : para el número de atributos que no se ajustan o que son defectuosos en un solo aspecto dentro de un subgrupo, lote o área de muestra de tamaño constante.
	Gráficas u : para el número de atributos que no se ajustan o que son defectuosos en un solo aspecto dentro de un subgrupo, lote o área de muestra de tamaño variado

Tabla 7.1 Tipos de gráficas



Nota: *Datos Cuantitativos : Datos que se pueden cuantificar*

Datos Cualitativos : Datos que se pueden calificar

La elección del tipo de gráfica esta en función de las necesidades, es por eso que a continuación se describen con más detalle el uso de estas gráficas :

7.2.1. Gráfica para Datos Variables

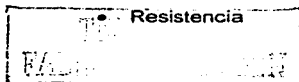
Esta gráfica tiene diversas aplicaciones entre las cuales destacan :

- Cuando se introduce un nuevo proceso o bien se fabrica un nuevo producto con tecnología existente
- Cuando el proceso no cumple con lo especificado
- Para diagnosticar cuando algo esté mal
- Se han usado gráficas por atributos, pero el proceso está fuera de control o bajo control pero la producción es inaceptable
- Se tienen procesos con especificaciones muy estrechas
- Se requiere un cambio en las especificaciones
- Se debe demostrar continuamente la estabilidad y capacidad del proceso.

7.2.1.1. Gráficas \bar{X} y R

Esta gráfica la utilizamos cuando tenemos datos disponibles del proceso y además están relacionados con el tiempo como son:

- Diámetro
- Largo
- Ancho
- PH
- Viscosidad
- % Sólidos
- Altura



La realización de esta gráfica es con la finalidad de describir el proceso en términos de la variación que se presenta entre artículo y artículo o producto y producto. Existen varios elementos clave en la realización de esta gráfica entre los cuales destacan:

- Selección y recopilación de datos (solamente los necesarios)
- Distribución de los datos en subgrupos
- Adecuación de los datos según la fecha, hora, tamaño, corrida, etc.
- El tamaño de los subgrupos (generalmente es de 5)

Gráficas \bar{X} : Se utilizan para vigilar el centrado de un proceso

Gráficas R: Se utilizan para vigilar la variación en el proceso

Elaboración

Paso 1: Seleccionar el número de muestra, el cual puede variar entre 25 y 30 así como el tamaño de la muestra n, donde el más común es 5. Todo esto debe ser a intervalos iguales de tiempo.

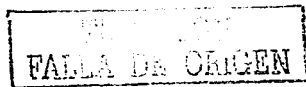
Paso 2: Calcular las medias \bar{X} y rangos R

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

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

Paso 3: Se calcula el promedio principal de los datos $\bar{\bar{X}}$ así como su dispersión \bar{R} .

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$



$$R = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k}$$

Paso 4: Se trazan los datos de los promedios en una gráfica y los datos de las amplitudes o rangos en otra gráfica. Hay que recordar que en las gráficas \bar{x} la diferencia entre el valor más alto y el más bajo en la escala deben ser por lo menos el doble de la diferencia entre el \bar{x} más alto y el \bar{x} más bajo.

Por otra parte para la gráfica R, la escala empezará en 0 y se ampliará hasta por lo menos 1.5 veces la amplitud o rango mayor.

Paso 5: Trazar en una gráfica el valor de $\bar{\bar{x}}$ y en otra el valor de \bar{R} los cuales serán los límites centrales en las gráficas (LC_R y $LC_{\bar{x}}$).

$$LC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$$

$$LC_R = \bar{R}$$

Paso 6: Calcular y trazar los límites de control superior e inferior para ambas gráficas (LCS_R , LCL_R) y ($LCS_{\bar{x}}$, $LCL_{\bar{x}}$).

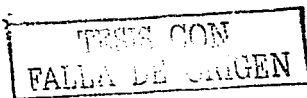
$$LCS_R = D_4 \bar{R} \quad LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} \quad LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Donde:

A_2 , D_4 y D_3 son factores numéricos que dependen del tamaño de muestra .

Nota1: Cuando se especifique un valor promedio, éste se tomará como el LC y los límites superior e inferior se calculan como sigue:



$$LC_{\bar{X}_0} = \bar{X}_0 \quad ; \quad LCS_{\bar{X}_0} = \bar{X}_0 + \frac{3\sigma_0}{\sqrt{n}} \quad ; \quad LCI_{\bar{X}_0} = \bar{X}_0 - \frac{3\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

$$LC_R = \bar{R} \quad ; \quad LCS_R = D_2\sigma_0 \quad ; \quad LCI_R = D_1\sigma_0$$

Nota2: Cualquier límite inferior que sea menor a 0 no podrá ser representado en la gráfica y se asumirá el valor de 0 para ese límite.

7.2.1.2. Gráfica \bar{X} y S

Estas gráficas se utilizan bajo las mismas condiciones que las gráficas \bar{X} y R solo que debido a que sus cálculos son un poco más complicados generalmente se usa cuando se tienen programas computacionales a la mano.

Elaboración

- Paso 1:** Seleccionar el número de muestra, el cual puede variar entre 25 y 30 así como el tamaño de la muestra n , donde el más común es 5. Todo esto debe ser a intervalos iguales de tiempo.
- Paso 2:** Calcular las medias \bar{X} y las desviaciones estándar S por subgrupos.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- Paso 3:** Se calcula el promedio principal de los datos \bar{X} así como su dispersión \bar{S} .

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$



$$S = \frac{\sum_{j=1}^k S_j}{k} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_k}{k}$$

Paso 4: Se trazan los datos de los promedios en una gráfica y los datos de las desviaciones estándar en otra gráfica. Hay que recordar que en las gráficas \bar{X} la diferencia entre el valor más alto y el más bajo en la escala deben ser por lo menos el doble de la diferencia entre el \bar{X} más alto y el \bar{X} más bajo.

Por otra parte para la gráfica S, la escala empezará en 0 y se ampliará hasta por lo menos 1.5 veces la desviación estándar mayor.

Paso 5: Trazar en una gráfica el valor de \bar{X} y en otra el valor de \bar{S} los cuales serán los límites centrales en las gráficas (LC_S y $LC_{\bar{X}}$).

$$LC_{\bar{X}} = \bar{X}$$

$$LC_S = \bar{S}$$

Paso 6: Calcular y trazar los límites de control superior e inferior para ambas gráficas (LCS_S , LCI_S) y ($LCS_{\bar{X}}$, $LCI_{\bar{X}}$).

$$LCS_S = B_4 \bar{S}$$

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 R$$

$$LCI_S = B_3 \bar{S}$$

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 R$$

Nota1: Cuando se especifique un valor promedio, éste se tomará como el LC y los límites superior e inferior se calculan como sigue:

$$LC_{\bar{x}_0} = \bar{X}_0 \quad ; \quad LCS_{\bar{x}_0} = \bar{X}_0 + \frac{3\sigma_0}{\sqrt{n}} \quad ; \quad LCI_{\bar{x}_0} = \bar{X}_0 - \frac{3\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

$$LC_s = C_4\sigma_0 \quad ; \quad LCS_s = B_6\sigma_0 \quad ; \quad LCI_s = B_3\sigma_0$$

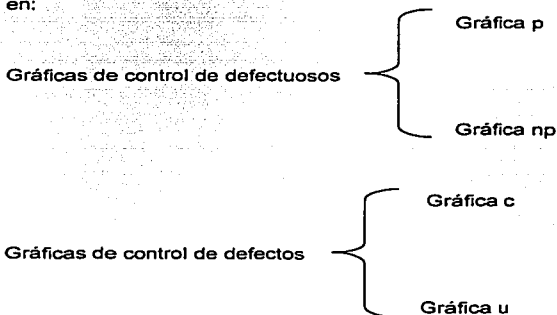
Nota2: *Cualquier límite inferior que sea menor a 0 no podrá ser representado en la gráfica y se asumirá el valor de 0 para ese límite.*

7.2.2. Gráfica de Control por Atributos

Esta gráfica tiene diversas aplicaciones entre las cuales destacan :

- Los operarios controlan las causas atribuibles y es necesario reducir el rechazo del proceso
- Cuando el proceso es una operación de montaje complicada
- Cuando la calidad del producto se mide en términos de la ocurrencia de disconformes, y del funcionamiento exitoso o fallido del producto

Se clasifican en:



Nota: *Defecto - Característica única de calidad que dentro de un elemento no cumple con las especificaciones.*

Defectuoso – Elemento que contiene uno o más defectos.



7.2.2.1. Gráfica p (Fracción defectuosa o no conforme)

Esta gráfica mide la proporción defectuosa, es decir es aplicada a características de calidad cualitativas (aprobado/rechazado, presente/ausente, bueno/malo, etc.). Esta gráfica tiene la capacidad de evaluar el proceso bajo 2 condiciones:

- 1) Tamaño de muestra constante
- 2) Tamaño de muestra variable

1) Gráfica p (n constante)

Elaboración

Paso 1: Seleccionar el número de muestra, el cual puede variar entre 25 y 30 así como el tamaño de la muestra n, donde el más común es 5. Todo esto debe ser a intervalos iguales de tiempo.

Paso 2: Calcular la fracción defectuosa o porcentaje de fallas P_i .

$$P_i = \frac{d_i}{n}$$

Donde:

d_i = Número de artículos que fallan.

Paso 3: Calcular el nivel promedio del proceso \bar{P} y su dispersión S_p .

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{k \cdot n} = \frac{\sum_{i=1}^k P_i}{n} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_k}{n}$$

TESIS CON
FALLA DE CALIDAD

$$Sp = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

Paso 4: Trazar los datos de las fallas o porcentajes de fallas y el LC_p del proceso que será en este caso \bar{P} . La escala vertical empezará en 0 y se ampliará hasta por lo menos 1.5 veces el valor más alto de la fracción defectuosa.

$$LC_p = \bar{P}$$

Paso 5: Calcular y trazar los límites de control superior e inferior (LCS_p y LCL_p).

$$LCS_p = \bar{P} + 3Sp = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

$$LCL_p = \bar{P} - 3Sp = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

Nota1: Cuando se especifique un valor promedio, éste se tomará como el LC_p .

$$LC_{p_o} = P_o \quad ; \quad LCS_{p_o} = P_o + 3Sp_o \quad ; \quad LCL_{p_o} = P_o - 3Sp_o$$

Nota2: Cualquier límite inferior que sea menor a 0 no podrá ser representado en la gráfica y se asumirá el valor de 0 para ese límite.

2) Gráfica p (n variable)

Estas gráficas las podemos realizar usando : 1) \bar{n} promedio y 2) observaciones individuales.

a) Observaciones individuales

Los límites de control se calculan en base a la i-ésima observación.

$$LCS_p = P + 3Sp = P + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n_i}}$$



$$LCI_p = \bar{P} - 3Sp = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

b) n promedio

Los límites de control se calculan en base a una \bar{n} .

$$LCS_p = \bar{P} + 3Sp = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{\bar{n}}}$$

$$LCI_p = \bar{P} - 3Sp = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{\bar{n}}}$$

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}{k}$$

Nota1: Cuando se especifique un valor promedio, éste se tomará como el LC_p .

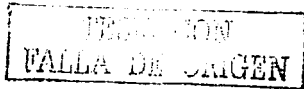
Nota2: Cualquier límite inferior que sea menor a 0 no podrá ser representado en la gráfica y se asumirá el valor de 0 para ese límite.

7.2.2.2. Gráfica np

Este tipo de gráfica es utilizada cuando el número real de artículos que está fallando es un mejor indicador del proceso que el porcentaje de fallas. Por la sencillez de sus cálculos esta gráfica es una buena alternativa a la gráfica p.

Elaboración

Paso 1: Seleccionar el número de muestra, el cual puede variar entre 25 y 30 así como el tamaño de la muestra n, donde el más común es 5. Todo esto debe ser a intervalos iguales de tiempo.



Paso 2: Calcular el número de defectuosos P_i .

$$P_i = \frac{d_i}{n}$$

Donde:

d_i = Número de defectos

Paso 3: Calcular el nivel promedio del proceso $n\bar{p}$ y su dispersión S_{np} .

$$n\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{k} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_k}{k}$$

$$S_{np} = \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Donde:

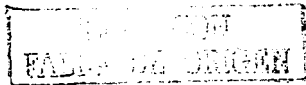
$$\bar{p} = \frac{(n\bar{p})}{n}$$

Paso 4: Trazar los datos de los defectuosos y el LC_{np} del proceso que será en este caso $n\bar{p}$. La escala vertical empezará en 0 y se ampliará hasta por lo menos 1.5 veces el valor más alto de defectuosos.

$$LC_{np} = n\bar{p}$$

Paso 5: Calcular y trazar los límites de control superior e inferior (LCS_{np} y LCI_{np}).

$$LCS_{np} = n\bar{p} + 3S_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$



$$LCI_{np} = n\bar{p} - 3S_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{np(1-P)}$$

Nota1: Cuando se especifique un valor promedio, éste se tomará como el LC_{np} .

$$LC_{np_0} = n\bar{p}_0 ; \quad LCS_{np_s} = n\bar{p}_0 + 3S_{np_s} ; \quad LCI_{np_s} = n\bar{p}_0 - 3S_{np_s}$$

Nota2: Cualquier límite inferior que sea menor a 0 no podrá ser representado en la gráfica y se asumirá el valor de 0 para ese límite.

7.2.2.3. Gráfica c

Esta gráfica es utilizada cuando se requiere medir el número de fallas en un artículo, todo esto debe ser a tamaño de muestra constante. Se puede aplicar a dos casos particulares:

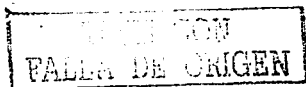
- 1) Si existen fallas de diferente tipo en una sola inspección
- 2) Si existe un flujo continuo del producto y las fallas se explican como un porcentaje del total de producto

Esta gráfica es muy utilizada en estudios breves para averiguar si hay variación en la calidad de una característica o pieza. El objetivo principal al usar esta gráfica es reducir el costo del re-trabajo o desperdicio.

Elaboración

Paso 1: Seleccionar el número de muestra, el cual puede variar entre 25 y 30 así como el tamaño de la muestra n , donde el más común es 5. Todo esto debe ser a intervalos iguales de tiempo.

Paso 2: Calcular el número de defectos C_i



Paso 3: Calcular el nivel promedio del proceso \bar{C} y su dispersión S_o

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{k} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_k}{k}$$

$$S_o = \sqrt{\bar{C}}$$

Paso 4: Trazar los datos de los fallas o defectos y el LC_c del proceso que será en este caso \bar{C} . La escala vertical empezará en 0 y se ampliará hasta por lo menos 1.5 veces el valor más alto de fallas.

$$LC_c = \bar{C}$$

Paso 5: Calcular y trazar los límites de control superior e inferior (LCS_o y LCI_o).

$$LCS_o = \bar{C} + 3S_o = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$$

$$LCI_o = \bar{C} - 3S_o = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$$

Nota1: Cuando se especifique un valor promedio, éste se tomará como el LC_c

$$LC_{c_o} = \bar{C}_o ; LCS_{c_o} = \bar{C}_o + 3S_{c_o} ; LCI_{c_o} = \bar{C}_o - 3S_{c_o}$$

Nota2: Cualquier límite inferior que sea menor a 0 no podrá ser representado en la gráfica y se asumirá el valor de 0 para ese límite.

7.2.2.4. Gráfica U

Esta gráfica se utiliza para medir el porcentaje de rechazos que se ajusta en una inspección, no se necesita ni tamaño (n) ni número de muestras (k) constante. Se aplica de igual manera a los mismos dos casos que la gráfica c.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El mejor empleo de esta gráfica es para medir la variación de la calidad de una característica de calidad o una pieza.

Elaboración

Paso 1: Seleccionar el número de muestra, el cual puede variar entre 25 y 30 así como el tamaño de la muestra n , donde el más común es 5. Todo esto debe ser a intervalos iguales de tiempo.

Paso 2: Calcular el número promedio de defectos u_i

$$u_i = \frac{d_i}{n}$$

Donde:

d_i = número de defectos

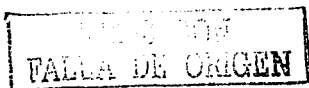
Paso 3: Calcular el nivel promedio del proceso \bar{U} y su dispersión S_u

$$\bar{U} = \frac{\sum_{j=1}^k d_j}{\sum_{j=1}^k n_j} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_k}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}$$

$$S_u = \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$$

Paso 4: Trazar los datos de las fallas o porcentajes de fallas y el LC_u del proceso que será en este caso \bar{U} . La escala vertical empezará en 0 y se ampliará hasta por lo menos 1.5 veces el valor más alto de la fracción defectuosa.

$$LC_u = \bar{U}$$



Paso 5: Calcular y trazar los límites de control superior e inferior (LCS_u y LCL_u).

$$LCS_u = \bar{U} + 3S_u = \bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$$

$$LCL_u = \bar{U} - 3S_u = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$$

Nota1: Cuando se especifique un valor promedio, éste se tomará como el LC_C .

$$LC_{U_o} = \bar{U}_o ; LCS_{U_o} = \bar{U}_o + 3S_{U_o} ; LCL_{U_o} = \bar{U}_o - 3S_{U_o}$$

Nota2: Cualquier límite inferior que sea menor a 0 no podrá ser representado en la gráfica y se asumirá el valor de 0 para ese límite.

El poder de las gráficas de control (técnica Shewhart) radica en su capacidad de determinar si la causa de variación es una causa especial que quizá resulta afectada a nivel del proceso, o una causa común que requiere un cambio en el nivel de la administración.

7.3. Capacidad del Proceso

La capacidad del proceso es a grandes rasgos lo que nos dice si el producto cumple con las especificaciones de diseño y si no es así, tratar de ver si existe una manera en la cual podamos ajustar el proceso a cierto grado para lograr que se ajuste a nuestras especificaciones de diseño.

El estudio de la capacidad del proceso se debe llevar a cabo en conjunción con métodos de verificación o de control. A ciencia cierta este estudio se aplica estrictamente a los procesos bajo control en los que las únicas fuentes de variación son las pertenecientes al proceso (variaciones inherentes o naturales) permitiéndole así mostrar toda su capacidad, en otras palabras es lo que el proceso puede lograr por si mismo en condiciones estables, ya que se eliminaron las causas comunes o asignables.



El conocimiento de la capacidad del proceso permite predecir cuantitativamente lo bien que un proceso cumplirá con las especificaciones, especificará los requerimientos de equipo así como el nivel de control necesario.

Los estudios de la capacidad de los procesos son de vital importancia en las industrias en donde se busque una mejora continua de la calidad de los productos y/o servicios. En este caso la capacidad del proceso es muy importante para los diseñadores del producto y los ingenieros de manufactura ya que ellos son los encargados de hacer modificaciones y ajustes necesarios en los procesos para lograr optimizarlos.

Cuando se va a estudiar la capacidad del proceso se hacen las siguientes preguntas :

- ¿ Dónde está centrado el proceso ?
- ¿ Qué variabilidad existe en el proceso ?
- ¿ Es aceptable el desempeño en relación a las especificaciones ?
- ¿ Qué proporción del resultado se espera cumpla con las especificaciones ?
- ¿ Qué factores contribuyen a la variabilidad ?

La respuesta a las preguntas anteriores se encuentra estudiando y analizando las combinaciones que surgen entre las componentes de la capacidad del proceso que son :

- Especificaciones del proceso
- El centrado del proceso (variación natural)
- El rango (dispersión de la variación)

La siguiente figura ilustra los 4 posibles resultados de la combinación de las 3 componentes anteriores.

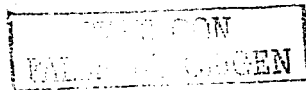




Figura 7.9 Caso A



Figura 7.10 Caso B



Figura 7.11 Caso C

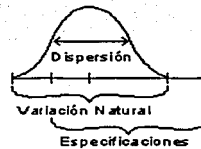
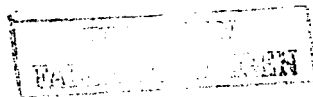


Figura 7.12 Caso D

Interpretación

- A) Las especificaciones de diseño son más tolerantes que la variación natural, es claro que se espera que cuando el proceso se mantenga bajo control siempre se generaran productos dentro de las especificaciones.
- B) La variación natural y las especificaciones de diseño son iguales. Se puede producir un bajo porcentaje de productos fuera de especificación, por lo tanto se debe tener un control de procesos muy estricto ya que de otra manera el porcentaje podría aumentar.
- C) El rango de la variación natural es más grande que el de las especificaciones de diseño por lo tanto, el proceso no cumple y hay una gran cantidad de productos fuera de especificación aún cuando el proceso esté bajo control.



D) El promedio del proceso está fuera del centro. En este caso se tiene la misma capacidad que el inciso B), pero como el promedio está fuera del centro se tendrá una porción algo elevada de productos fuera de especificación.

Nota : Siempre se tiene que procurar que el proceso se encuentre en el inciso A.

7.3.1. Índices de la Capacidad del Proceso (Cp)

Este es un indicativo de la capacidad del proceso, es decir es un número que nos indica que tan bueno es el mismo. Es la relación que existe entre la variación natural y las especificaciones de diseño. El Cp (también llamado índice del potencial del proceso) se identifica de otra forma como la relación de la amplitud de la especificación y la tolerancia natural del proceso. Se identifica mediante la siguiente fórmula :

$$C_p = \frac{UTL - LTL}{6\sigma}$$

donde :

UTL = Límite Superior de Tolerancia (Upper Tolerance Limit)

LTL = Límite Inferior de Tolerancia (Lower Tolerance Limit)

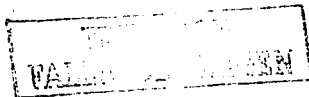
σ = Desviación Estándar (Standard Deviation)

También existen otros índices muy importantes como son los " **Índices de un solo lado** " (también llamados " *Índices del Centrado del Proceso* " A continuación mencionamos estos límites con el fin de incluir información sobre el centrado del proceso.

$$C_{pu} = \frac{UTL - \mu}{3\sigma} \quad (\text{Índice Superior de un solo lado})$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LTL}{3\sigma} \quad (\text{Índice Inferior de un solo lado})$$

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu})$$



Una vez que se realizaron los cálculos del C_p , se obtendrán 3 resultados:

$$C_p < 1$$

$$C_p = 1$$

$$C_p > 1$$

7.3.2. Interpretación

Y Si $C_p < 1$

En este caso no es necesario calcular el C_{pk} , ya que no tiene la capacidad de cumplir con las especificaciones.

Y Si $C_p = 1$

Se procede a calcular el C_{pk} , en este caso se pueden dar 2 resultados:

$$C_{pk} < 1$$

$$C_{pk} = 1$$

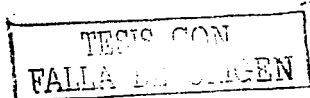
- $C_{pk} < 1$

En este caso el proceso no es capaz de cumplir con uno de los límites de las especificaciones de diseño.

- $C_{pk} = 1$

Este es el caso donde la capacidad del proceso está muy limitada por lo que es necesario tener una vigilancia muy rigurosa.

Nota : Solamente el C_{pk} puede estar en los rangos anteriormente mencionados por lo que si no se encuentra dentro del rango, se tendrán que hacer revisiones en el cálculo.



Y Si $C_p > 1$

De la misma manera que el caso anterior se obtienen 2 resultados:

$C_{pk} < 1$

$C_{pk} > 1$

- $C_{pk} < 1$

El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones si el promedio del proceso se centra adecuadamente.

- $C_{pk} > 1$

En este caso el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones de diseño.

Nota : Solamente el C_{pk} puede estar en los rangos anteriormente mencionados por lo que si no se encuentra dentro del rango, se tendrán que hacer revisiones en el cálculo.

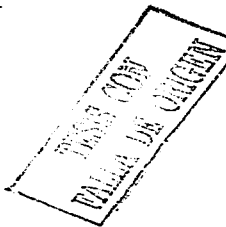
7.4. Metodología del Control Estadístico de Procesos

Como es sabido las gráficas de control tienen 3 aplicaciones básicas :

1. Establecer un estado de control estable
2. Vigilar un proceso y avisar cuando el proceso esté fuera de control
3. Determinar la capacidad del proceso

Es por eso que a continuación se presentan una serie de pasos para la correcta utilización y desarrollo de las gráficas :

Paso	1 – 4	Establecimiento de un estado de control
Paso	5	Vigilancia continua
Paso	6	Análisis de la capacidad del proceso



1. Preparación (incluye objetivos)

- a) Escoger la variable o atributo a medir
- b) Determinar la base, tamaño y frecuencia de la muestra
- c) Definir el tipo de gráfica de control

2. Recolección de Datos

- a) Registrar datos
- b) Calcular estadísticas relevantes como : Promedios, Rango, Proporciones, etc.
- c) Trazar los datos

3. Definir los Límites de Control

- a) Trazar el promedio del proceso (LC)
- b) Calcular los límites centrales superior e inferior (LCS y LCI)

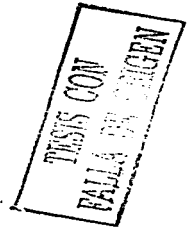
4. Análisis e Interpretación de la Gráfica

- a) Determinación de patrones , corridas, tendencias, etc.

5. Utilización de las Gráficas para solución de Problemas

- a) Recolectar datos y trazarlos
- b) Identificar los sistemas fuera de control y tomar acciones correctivas

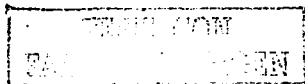
6. Uso de los Datos para determinar la Capacidad del Proceso



7.5. Otros Beneficios del CEP

Como ya se mencionó antes la principal herramienta del CEP son las gráficas de control, éstas a su vez presentan un sin número de beneficios para las industrias que lo implantan. Muchos de ellos ya han sido mencionados con anterioridad a lo largo del capítulo de CEP, sin embargo resumiremos la mayoría de los beneficios en la siguiente tabla.

Beneficio	Descripción
Control de Proceso	Las gráficas o diagramas de control se utilizan para detectar cambios en el centrado o variabilidad del proceso, mantener estabilidad, tomar acciones correctivas para restaurar la estabilidad y vigilar el proceso.
Análisis de la Capacidad del Proceso	Cuando el proceso ya se encuentre estable, realizamos un estudio de la capacidad del proceso para determinar que tanto cumple nuestro proceso con las especificaciones de diseño y en caso contrario tomar acciones correctivas.
Análisis del Sistema de Medición	Estas gráficas muestran que el sistema utilizado para realizar las mediciones es capaz de detectar la mínima variabilidad existente en el proceso o producto en cuestión.
Análisis de Causa y Efecto	La correlación entre los eventos del proceso y los patrones que se presentan en las gráficas de control puede ayudar determinar las causas asignables y realizar planes de acción efectivos.
Mejora Continua	Estas gráficas o diagramas de control son usadas para vigilar el proceso con el fin de lograr una mejora continua reduciendo las variaciones asignables a un mínimo.



8. Implantación del CEP a una Empresa en particular

8.1. Aspectos generales de la empresa

Esta empresa de origen norteamericano fue fundada en 1920 , es un líder mundial en el desarrollo y mercadeo de servicios y productos de alta calidad para la limpieza, saneamiento y mantenimiento. Sus clientes principales alrededor del mundo son hoteles, restaurantes, centros de salud, centros educativos, establecimientos de comida rápida, granjas de ganado lechero, plantas de procesamiento de leche, lavanderías comerciales, centros de lavado de automóviles, industrias y plantas para el procesamiento de alimentos o bebidas.

Respaldado por más de 80 años de experiencia, esta empresa ofrece productos de la más alta calidad a través de la red de venta y servicio más grande de la industria.

Esta empresa ofrece una amplia variedad de productos de limpieza a nivel mundial, entre los productos que manufactura se encuentran los que son para el cuidado de la piel, mantenimiento de pisos, saneamiento de superficies y productos y sistemas para el control de olores. Además, cuenta con una sección de ventas tan fuerte que ofrece esterilizantes de instrumentos y otros productos desinfectantes para el mercado de servicios médicos donde sabemos es de vital importancia mantener los más altos niveles de higiene.

También se cuenta con programas que se utilizan principalmente en empresas donde se utiliza agua ya sea para control de procesos como en sistemas de enfriamiento o en plantas donde se dedican a la producción de vapor que sirven de sistema motriz para otro tipo de equipo y en las plantas para el tratamiento de las aguas usadas, y sistemas para la limpieza y el saneamiento de fincas de ganado lechero, lecherías, plantas de alimentos o bebidas y cervecerías.

Los productos que ofrece esta empresa ayudan a la preparación segura de carnes, pollo, leche, refrescos, jugos y otros productos para consumo humano. Esta empresa tiene detergentes de alta calidad, limpiadores, desinfectantes y lubricantes de equipos de acarreo.



Para mantenerse en la posición que están a nivel mundial, realizan estrictas pruebas analíticas a todos sus productos. En esta sección se modificaron los nombres y siglas de las pruebas analíticas que utilizan en todos sus productos, es así como podemos mencionar que el método que ellos utilizan es un método patentado en los Estados Unidos llamado **MAC** (*Métodos Analíticos de Calidad*).

En este método ellos especifican todos los valores en los cuales se deben mantener los productos. Por razones obvias no se me permitió conocer todas las pruebas que realizan a sus diferentes productos, solamente se me autorizó a medir y registrar los datos de viscosidades de un producto en especial, los cuales me servirán para determinar mediante la aplicación del CEP si el proceso de producción de este producto en especial se encuentra bajo control, determinar la capacidad del proceso, evaluar las posibles causas que estén contribuyendo a un posible mal control del proceso y tratar de corregirlas en tanto el proceso lo permita.

Los productos que esta empresa manufactura están dirigidos como ya se mencionó con anterioridad a las grandes industrias, es por tal motivo que la viscosidad juega un papel muy importante ya que como sabemos la viscosidad es la resistencia que presenta un líquido a fluir por ciertas superficies y el sistema por el cual las empresas manejan estos productos es por bombeo y si un producto es demasiado viscoso (opone mucha resistencia al flujo) ocasionará que las bombas se dañen ya que no serán las adecuadas para bombear el producto aunado al hecho de que las tuberías se atascarán.

Sabemos también que la viscosidad puede ser modificada si se aumenta o disminuye la temperatura. Pero esto en las industrias no será posible debido a dos importantes razones, la primera es por que ellos ya tienen determinadas las formas en las que trabajan sus instrumentos así como las condiciones de operación de sus equipos y la segunda es por que como no sabemos en este momento los componentes precisos del producto no es posible conocer cual sería el cambio en sus características de desempeño, ya sabemos que sucedería con algunos componentes pero reiterando no sabemos que otras sustancias estén involucradas además de las antes mencionadas.



La manera en que se realizan las mediciones es mediante el viscosímetro de Brookfield el cual mide la viscosidad de un fluido muestra usando un cilindro rotatorio y un resorte. La desviación del resorte es leída en el instrumento y es multiplicada por una constante obtenida de tablas especiales para obtener el valor de la viscosidad. Estas tablas contienen datos dependiendo de la velocidad de rotación, del tipo y tamaño de cilindro los cuales a su vez tienen diferentes aplicaciones de acuerdo al tipo de fluido que estén manejando.

8.2. Aplicación del CEP

Como ya se mencionó con anterioridad existe una metodología clásica que se debe aplicar cuando se trata de implantar el CEP y es la que sigue:

I. Preparación (incluye objetivos)

Objetivo: Implantar el CEP al proceso de producción de un producto en especial para determinar si se encuentra bajo control , determinar la capacidad del proceso en caso de que sea posible, evaluar las causas que estén contribuyendo a un posible mal control del proceso y tratar de corregirlas en tanto el proceso lo permita.

a) Escoger la variable o atributo a medir

La variable que en esta ocasión analizaremos será la viscosidad. Como ya se mencionó antes la característica de calidad que se me permitió medir fue la viscosidad. Esta característica es muy importante en el manejo de los productos líquidos que esta empresa manufactura.



b) Determinar base, tamaño, frecuencia de la muestra

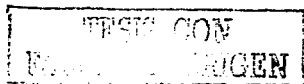
La forma que se utilizó para tener un buen manejo de datos fue la realización de subgrupos de acuerdo al orden de producción. El producto en cuestión es relativamente nuevo, tiene escasos 6 meses de su lanzamiento al mercado. Para fines de estudio se tomarán como base de cálculo los primeros 30 días de producción, el tamaño de muestra (n) será 5 y los datos que aparecerán en las gráficas pertenecen a los últimos 3 meses (Junio, Julio y Agosto).

c) Definir el tipo de gráfica de control

El tipo de característica que medimos fue de tipo variable (cuantificable) por lo tanto el tipo de gráfica es variable. En este caso haremos uso de la gráfica \bar{X} y R.

II. Recolección de Datos

El número total de datos es 600, formamos 120 subgrupos de tamaño de muestra (n) de 5. Los primeros 30 subgrupos fueron tomados para realizar los cálculos de los límites superior e inferior para ambas gráficas. Debido a la cantidad de datos solo se muestran los promedios de cada subgrupo.



T = 75 °F ; Vel = 10 rpm ; Spindle (cilindro) # 2

Mayo		Junio		Julio		Agosto	
\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R
212	10	212	10	221	14	227	23
216	18	214	18	224	18	224	18
215	16	218	20	218	10	218	13
212	20	212	20	222	20	214	20
228	12	223	12	226	23	221	35
225	19	225	27	221	13	221	13
218	16	228	16	220	16	220	29
227	14	227	9	217	9	217	23
220	16	223	16	223	16	220	27
220	18	216	20	219	20	219	22
214	20	214	10	220	15	220	29
219	21	223	21	223	11	217	18
223	13	215	16	215	13	222	22
226	20	226	23	226	28	213	36
226	18	213	18	218	8	226	15
224	18	224	18	224	18	226	31
220	16	212	16	212	20	212	20
218	14	218	17	218	14	214	17
216	8	216	15	212	15	212	35
214	19	219	18	222	18	222	7
226	10	226	14	226	20	226	20
222	16	222	19	222	13	222	14
227	12	214	24	223	11	223	13
223	10	223	9	223	21	223	10
213	18	213	18	213	10	213	10
212	17	212	22	212	18	224	5
217	15	221	26	221	23	221	18
219	17	219	21	219	19	219	14
224	16	228	28	214	19	214	22
229	15	229	12	223	22	213	16

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 8.1 Rangos y Medias

De aquí en adelante hasta el punto IV seguiremos la metodología individual que se utiliza en la elaboración de cada tipo de gráfica.

a) Calcular y trazar $\bar{\bar{X}}$ y \bar{R}

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{k} = \frac{6614}{30} = 220.5cp$$

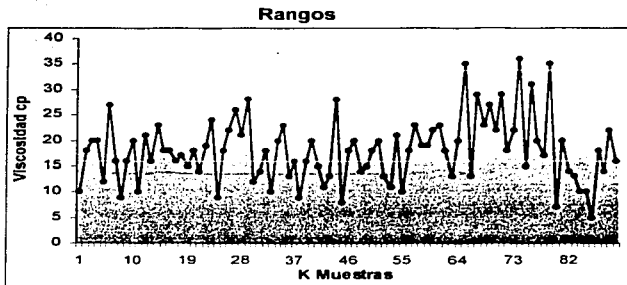
$$R = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k} = \frac{480}{30} = 16 \text{cp}$$

b) Calcular y trazar los límites de control superior e inferior para ambas gráficas (LCS_R, LCI_R) y (LCS _{\bar{x}} , LCI _{\bar{x}}).

$$LCS_R = D_4 \bar{R} = 2.115 * 16 = 33.8 \text{cp}$$

$$LC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} = 220.5 \text{cp}$$

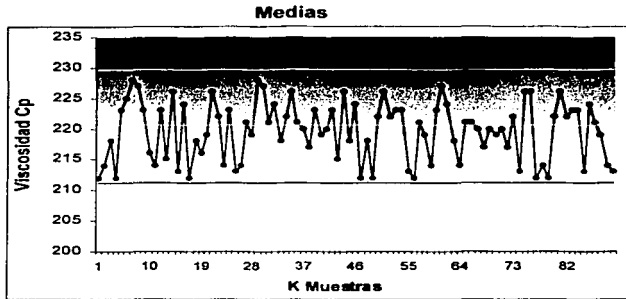
$$LCI_R = D_3 \bar{R} = 0 * 16 = 0 \text{cp}$$



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

$$LCS_x = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 220.5 + 0.577 * 16 = 229.7cp$$

$$LCI_x = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 220.5 - 0.577 * 16 = 211.2cp$$



8.3. Interpretación de las Gráficas de Control

Siempre que se analicen este tipo de gráficas (\bar{X} y R) es necesario como primer paso analizar la gráfica del rango, una vez que se determinó que dicha gráfica se encuentra bajo control podemos pasar a analizar la segunda gráfica (\bar{X}), esto es debido a que los límites de control para la gráfica de medias dependen de el rango promedio.

Al analizar esta gráfica se observa claramente que no existe un CEP, el proceso no está bajo control, existen algunos puntos que no están dentro de los límites de control. Además si la observamos detenidamente podemos notar la presencia de ciertos patrones no aleatorios que son indicaciones claras de anomalías en el proceso. Las anomalías que más están a la vista son:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 7 o más puntos consecutivos de un solo lado de la línea central (Corrida)
- Desplazamiento súbito del promedio del proceso
- 5 o más puntos consecutivos ascendentes y descendentes (Tendencia)
- Puntos que forman valles y crestas profundos casi de la misma magnitud en altura y anchura (Periodicidad)
- Más de la mitad de los puntos se encuentran en un solo lado de la línea central

Las causas posibles que pueden dar origen a este tipo de comportamiento son las siguientes:

- ✓ Mala calibración de los instrumentos de medición
- ✓ Desgaste de las herramientas y/o máquinas
- ✓ Materia prima defectuosa
- ✓ Mala capacitación
- ✓ Falta de motivación
- ✓ Cansancio o fatiga
- ✓ Cambios de turno o roles
- ✓ Operadores nuevos
- ✓ Cambios de temperatura
- ✓ Mantenimiento defectuoso
- ✓ Variaciones eléctricas

Este tipo de variabilidad aunque está dentro de los límites no se considera como natural debido a la presencia de los patrones antes mencionados y se tiene que investigar a fondo cuales son las causas verdaderas que originan este tipo de anomalías.

8.4. Capacidad del proceso

En base a la interpretación de las gráficas de control llegamos a la conclusión de que nuestro proceso no se encuentra bajo control estadístico por lo tanto el estudio de la capacidad no es válido en este momento, una vez que el proceso se haya estabilizado podremos analizar toda su capacidad. A continuación se presentan los cálculos básicos para determinar la capacidad del proceso.



UTL (Límite Superior de Especificación) = 230

LTL (Límite inferior de Especificación) = 210

\bar{X} (Límite Central de Especificación) = 220

$$C_p = \frac{UTL - LTL}{6\sigma} = \frac{230 - 210}{6 * 4.82} = \frac{30}{28.92} = 1.04$$

Se procede a calcular los C_p 's de un solo lado

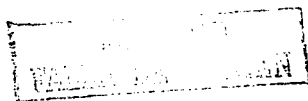
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - 220)^2}{119}} = 4.82$$

$$C_{p_u} = \frac{UTL - \mu}{3\sigma} = \frac{235 - 220}{3 * 4.82} = \frac{15}{14.46} = 1.04$$

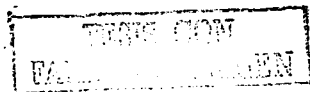
$$C_{p_l} = \frac{\mu - LTL}{3\sigma} = \frac{220 - 205}{3 * 4.82} = \frac{15}{14.46} = 1.04$$

Por lo tanto el $C_{p_k} = 1.04$

En teoría el proceso es capaz de cumplir en este momento con las especificaciones solo que los límites de control están muy pegados a los límites de especificación y en cualquier momento podrían obtenerse productos fuera de especificación.



Una vez que se hayan corregido todas las anomalías los límites de control de la gráfica de las medias disminuirán su valor ya que dependen del valor del rango promedio, y así de esta manera se tendrá un margen más amplio entre los límites de especificación y los límites de control, por lo tanto la probabilidad de que se obtengan productos fuera de especificación disminuirá considerablemente.



9. Conclusiones

El control estadístico de procesos (CEP) es una metodología indispensable en cualquier tipo de empresa que quiera brindar productos de una elevada calidad, mostrando las variaciones que deben ser eliminadas, el alcance y las proyecciones que se podrían hacer.

El CEP implantado en la empresa productora de detergentes industriales mostró una seria problemática en cuanto al proceso, las cuales no habían sido contempladas antes de implantar dicha metodología.

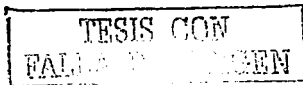
El problema con este detergente en particular podría también deberse a que el producto es relativamente nuevo en el mercado y podría requerirse de un mayor conocimiento del proceso de producción.

La capacidad del proceso se incrementará considerablemente si se analizan todas las posibles causas asignables que originen variaciones no deseadas en los productos terminados logrando así que los detergentes que está empresa produce sean de los mejores a nivel mundial.

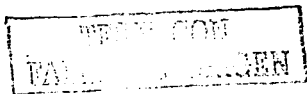
Una vez que se hayan corregido todas las deficiencias en el proceso y se hayan tomados acciones correctivas por parte de la empresa, se generarán productos de mayor calidad.

Se debe realizar un estudio a conciencia de este tipo de herramienta así como del proceso para que con el tiempo se logre que los productos manufacturados sean de la más elevada calidad en el mercado.

Es claro que quien tiene la responsabilidad principal es la administración ya que ella será la encargada de analizar a conciencia si el proceso es efectivo, identificará problemas y tomará acciones correctivas que logren que la empresa se mantenga a la vanguardia en la ventaja competitiva mundial que se tiene en estos días.



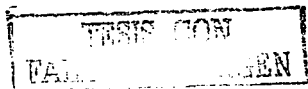
Todas las empresas ya sean pequeñas, medianas o grandes deben implantar este tipo de metodología para asegurarse un lugar en el mercado y asegurar que los consumidores finales tendrán cada vez más y mejores productos cada día logrando con esto una lealtad creciente hacia la empresa y sus productos.



10. Factores usados en las Gráficas de Control

Factores Estadísticos			
Número de Observaciones En la muestra n	Gráfica de medias A ₂	Gráfica de intervalos o rangos	
		D ₃	D ₄
2	1.880	0	3.276
3	1.023	0	2.575
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.115
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777
11	0.285	0.256	1.744
12	0.266	0.284	1.719
13	0.249	0.308	1.692
14	0.235	0.329	1.671
15	0.223	0.348	1.652
16	0.212	0.364	1.636
17	0.203	0.379	1.621
18	0.194	0.392	1.608
19	0.187	0.404	1.596
20	0.180	0.414	1.586
21	0.173	0.425	1.575
22	0.167	0.434	1.566
23	0.162	0.443	1.557
24	0.157	0.452	1.548
25	0.153	0.459	1.541

Fuente : ASTM Manual on Quality Control of Materials, American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA, 1951. ASTM Reproducción Autorizada



11. Bibliografía

- 1.- Adamson A.W. , " Physical Chemistry of Surfaces " 5ta Ed. México 1990. Pub. Wiley-Interscience.
- 2.- Atkins P.W. , " Fisicoquímica " 3ra Ed. México 1976. Edit. Addison-Wesley Iberoamericana.
- 3.- Duncan J.A. , " Control de la Calidad y Estadística Industrial " 1ra Ed. México 1990. Edit. Alfaomega.
- 4.- Evans J.R. , Lindsay W. " Administración y Control de la Calidad " 4ta. Ed. México 2000. Edit. Thomson.
- 5.- Grant E.L. , Leavenworth R.S. " Control Estadístico de Calidad " 2da. Ed. México 1996. Edit. CECSA.
- 6.- Hines W.W. , Montgomery D. " Probabilidad y Estadística para Ingeniería " 2da Ed. México 1999. Edit. Continental.
- 7.- Kirk-Othmer " Enciclopedia of Chemical Technology " 4ta Ed. Vol 8. E.U. Edit. Wiley- Interscience.
- 8.- Maron S.A. , Prutton C.F. " Fundamentos de Fisicoquímica " XXII Reimpresión. España 1996. Edit. Limusa.
- 9.- Maseda P.A. " Aplicación de la Estadística al Control de Calidad " 1ra Ed. España 1993. Edit. Marcombo.
- 10.- Mendenhall W. , Sincich T. " Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias " 4ta. Ed. España 1992. Edit. Prentice may.
- 11.- Toral M.T. " Fisicoquímica de Superficies y Sistemas Dispersos " 1ra Ed. 1973. Edit. Urmo.
- 12.- Ullman W. " Enciclopedia of Industrial Chemistry " 5ta. Ed. Vol. 8 Edit. VCH.

Paginas de Internet

- 1.- www.controlcharts.com
- 2.- www.sda.com

Notas

- " Manual Técnico Poliquim "

