

8  
29



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**EL CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO COMO  
HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**AGUSTIN CHOREÑO TAPIA**

**DIRECTOR DE TESIS : ING. JUAN GARIBAY BERMUDEZ**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 1990**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

EL CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO COMO HERRAMIENTA PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

I N D I C E

CAPITULO	I	INTRODUCCION AL CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO
		1.1 SIGNIFICADO DE CALIDAD
		1.2 CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD
		1.3 PROBABILIDAD
		1.4 ESTADISTICA
		1.5 MUESTREO ESTADISTICO
		1.6 PREVENCIÓN EN VEZ DE DETECCIÓN
		1.7 SISTEMA PARA EL CONTROL DEL PROCESO
		1.8 VARIACION
		1.9 CONTROL DEL PROCESO Y HABILIDAD DEL PROCESO
CAPITULO	II	HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DEL PROCESO
		2.1 GRAFICAS DE CONTROL
		2.2 GRAFICAS DE CONTROL $\bar{x}$ - R
		2.3 GRAFICAS DE CONTROL POR MEDIANAS
		2.4 GRAFICAS DE CONTROL POR LECTURAS INDIVIDUALES
		2.5 DIAGRAMA DE PARETO
		2.6 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO
		2.7 EVALUACION DE LA HABILIDAD DE UN PROCESO

CAPITULO	III	IMPLEMENTACION DEL PROCESO EN UNA PLANTA DE FIBRA DE VIDRIO
		3.1 TIPOS DE PRODUCTO
		3.2 PROCESO DE FIBRADO
		3.3 PROCESO POR ANALIZAR
		3.4 APLICACION Y RESULTADOS DEL C.E.P.
		3.5 HABILIDAD DEL PROCESO
CAPITULO	IV	LA COMPUTACION COMO EQUIPO DE APOYO AL CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO
		4.1 CLASIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS Y VARIABLES DEL PROCESO EN LA COMPUTADORA.
		4.2 ALIMENTACION DE INFORMACION AL EQUIPO DE COMPUTO
		4.3 INTERPRETACION Y CORRECCION DEL PROCESO
		4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS
CAPITULO	V	LOS CIRCULOS DE CALIDAD COMO ASPECTO HUMANO EN EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD
		5.1 ANTECEDENTES
		5.2 DEFINICION Y CARACTERISTICAS
		5.3 OBJETIVOS
		5.4 ORGANIZACION E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE - CIRCULOS DE CALIDAD
		5.5 OPERACION
		5.6 TECNICAS UTILIZADAS
		5.7 LOS SINDICATOS Y SU RELACION
		5.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS
CAPITULO	VI	CONCLUSIONES
		APENDICE
		A) ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PRODUCTOS DE FIBRA DE VIDRIO
		B) TABLAS
		C) GLOSARIO DE SIMBOLOS
		BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO I

### INTRODUCCION AL CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

#### 1.1 SIGNIFICADO DE CALIDAD

La calidad de los materiales ejerce gran influjo sobre la productividad, hecho que fue subrayado, por ejemplo, por la misión francesa de productividad en las construcciones eléctricas, al declarar en su informe que las piezas de fundición adquiridas por las empresas estadounidenses de la industria de construcciones eléctricas eran muy superiores a las que podían obtenerse en Francia.

Otro ejemplo es la importancia de la calidad de las materias primas - utilizadas en los procesos de fibras de vidrio, ya que las fibras fabricadas a partir de hilo continuo de vidrio requieren condiciones - adecuadas y materias primas dentro de especificaciones al utilizarse en los procesos para evitar interrupciones en el proceso, ya que este proceso de fabricar fibras a partir de hilo continuo de vidrio es muy sofisticado, y a la vez la VITROFIBRA como materia prima debe reunir ciertas propiedades para poder usarse en los procesos de fabricación de refuerzos.

La palabra calidad, no tiene el significado popular de lo "mejor" en sentido absoluto. Industrialmente quiere decir mejor, dentro de ciertas condiciones del consumidor.

Dentro de estas condiciones son importantes, el uso a que el producto se destina y su precio de venta. A su vez estas dos condiciones se reflejan en: Las especificaciones dimensionales y operativas de las - características, la vida y los objetivos de la confiabilidad, los costos de ingeniería y de fabricación, las condiciones bajo las cuales el producto es elaborado y los objetivos de instalación y mantenimiento.

El conjunto de resultados que emanan de la decisión del consumidor de comprar o no, es de vital importancia para el fabricante, ya que puede significar un año de operación productiva o bien desaparecer del mercado. Es por ello que el término calidad ha evolucionado a un significado más amplio. Actualmente, el significado amplio de calidad se enfoca en el cliente, en las necesidades y expectativas que él tiene, por lo tanto la calidad de un producto puede definirse como: La resultante de una combinación de características de ingeniería y de fabricación, determinantes del grado de satisfacción que el producto - proporcione al consumidor, durante su uso.

Dentro de la definición se deben diferenciar dos tipos de calidad: calidad de diseño (grado de coincidencia entre el servicio que el producto ofrece y las características fijadas en el diseño); calidad en la ejecución (grado de coincidencia entre las características fijadas en el diseño y las del producto fabricado).

La práctica demuestra que un producto bien diseñado no resulta necesariamente un producto bien fabricado. La fabricación precisa interpretar las especificaciones del diseño en el sentido del servicio que - ofrecerá el producto. A su vez, el diseño debe tomar en cuenta las - posibilidades de la fabricación, es decir, las materias primas y maquinaria para la producción.

## 1.2. CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD

La productividad puede definirse como la relación entre los bienes y servicios producidos y el valor de los recursos utilizados en el proceso de producción.

Es preciso señalar que la productividad de un insumo depende de la cantidad que se usó del mismo, así como de las cantidades utilizadas de otros en el proceso de producción. Se hace énfasis - en la productividad de la fuerza de trabajo, no sólo por ser el recurso humano al que sustenta el desarrollo económico, sino por que el incremento de la productividad del trabajo constituye una vía de movilidad social y, en general, de acercamiento a una sociedad igualitaria.

En otras palabras, productividad es el cociente determinado por la razón  $\frac{\text{PRODUCCION}}{\text{INSUMOS}}$ , ambos términos expresados en unidades físicas.

Este cociente puede aumentar, incrementando cualquiera de los componentes de la producción o disminuyendo cualquiera de los componentes del insumo.

### 1.3 PROBABILIDAD

Todos los estudios de Control Estadístico de acuerdo con el muestreo están basados en la probabilidad, esto quiere decir que la única forma de conocer la probabilidad de un evento consiste en efectuar repetidamente el experimento que lo genera, y observar la frecuencia con que ocurre el evento de nuestro interés en relación con todos los resultados obtenidos.

La fracción de las veces que ocurre el evento al realizar repetidamente el experimento, es la probabilidad experimental de que dicho evento ocurra.

La definición de esta probabilidad se expresa así:

$$P(A) = \frac{N(A)}{N}$$

$N(A)$  = Número de resultados observados favorables al evento (A)

$N$  = Número de veces que efectuamos el experimento o número total de ensayos.



#### 1.4 ESTADÍSTICA

La Estadística.- Ciencia que utiliza un conjunto de datos numéricos que conducen a resultados basados en el cálculo de probabilidades, ha sido la gran contribuyente en los avances tecnológicos para mejorar la productividad y calidad.

Con la ayuda de la estadística se pueda medir el nivel de calidad actual, expresar sus metas al futuro, avanzar hacia estas y determinar - cuando se han alcanzado dichas metas.

La Estadística aplicada aunada a una simplificación lógica de las Matemáticas, a un buen manejo de las relaciones humanas y adaptada a las - condiciones tecnológicas de la industria, nos darán la pauta para el - éxito, tanto en producción de alta calidad como en los servicios que - el cliente requiere.

Control, quiere decir: Registro; Inspección; Comprobación.

En pocas palabras, el Control Estadístico del Proceso, es la herramienta más valiosa con que podemos contar para observar y mejorar la variabilidad de un proceso.

El Control Estadístico del Proceso es el uso de técnicas Estadísticas - tales como las gráficas de Control Estadístico.

#### 1.5 MUESTREO ESTADÍSTICO

Población o universo son cualquier conjunto de individuos u objetos que tengan una característica común. Se refiere a elementos medibles o

a las características medibles de los mismos, puede a su vez ser finito o infinito denotada generalmente como  $N$ .

Muestra.- Es una parte del universo que se toma para analizar; - puede ser de cualquier tamaño y denotado como  $n$ .

Debemos partir de que el muestreo será siempre al nivel de exigencia, - independientemente del tamaño de la remesa.

Hay que puntualizar que antes de iniciar el muestreo es necesario que - se especifiquen claramente las características a controlar y que se dis- ponga de instrumentos o herramientas en perfecto estado para hacerlo, - que se establezca la forma de extraer muestras al azar etc. Debemos te- ner en cuenta que para resolver los problemas que se presentan es nece- sario operar con datos seguros, que la muestra sea representativa de la remesa, que los aparatos de control den resultados exactos, etc. El - Control Estadístico de Calidad en cualquiera de sus aplicaciones nos - llevará a resultados falsos si los datos que utilizamos no son ciertos.

La teoría del muestreo es un estudio de las relaciones existentes entre una población y muestras extraídas de la misma.

Permite estimar cantidades desconocidas de la población frecuentemente llamadas parámetros poblacionales a partir del conocimiento de las co- rrespondientes cantidades muestrales llamadas estadísticas muestrales.

La teoría del muestreo es útil también para determinar si las diferen- cias que se pueden observar entre dos muestras son realmente significa- tivas.

Al efectuar los estudios sobre muestreo debemos tener en consideración -  
varios factores:

- La urgencia con que necesitamos estimar
- El costo del muestreo
- El tiempo que lleva efectuar los muestreos
- El grado de confiabilidad que requerimos

Hablamos de muestreo no solamente en lo que respecta a nuestro proceso, sino también el que efectuaremos esporádicamente el material adquirido, el que deberá llegar a la planta, acompañado de sus datos de Control Estadístico.

Los datos estadísticos pueden emplearse con grandes ventajas para el análisis de los datos que se obtengan de los materiales recibidos en la planta.

Las distribuciones de frecuencias son posiblemente las más útiles herramientas para estos análisis.

#### MUESTRAS AL AZAR, NUMEROS ALEATORIOS.

Para que las conclusiones de la teoría del muestreo sean válidas, - las muestras deben elegirse en tal forma que sean representativas del espacio muestral.

Una muestra extraída de un espacio muestral se conoce como muestreo al azar, cada elemento del espacio muestral tiene la misma posibilidad de ser incluido en la muestra.

Muestra Aleatoria.- Es la muestra en la que cada miembro de la población tenga igual oportunidad de encontrarse en la muestra.

#### MUESTREO CON REEMPLAZAMIENTO

Teóricamente cada elemento elegido deberá ser medido y devuelto al espacio muestral o población antes de hacer otra elección. Esto significa que un elemento puede ser elegido dos veces en la misma muestra. Así, por ejemplo, para obtener una muestra aleatoria de 5 cartas de una baraja de 52, se elegirá una carta dando su valor y se devolverá a la baraja, se barajeará y se saca otra carta anotando su valor y se coloca nuevamente en la baraja. Si la población es grande comparada con el tamaño de la muestra resultará un error muy pequeño de no reintegrar cada elemento a la población.

En la práctica raramente se reintegra el elemento a la población y de hecho con frecuencia es imposible hacerlo como en el caso en que el elemento se transforma o se destruye en el examen. En muchos casos se procura evitar que el mismo elemento se repita dos veces en la muestra.

Debe tenerse en cuenta que decir "cada elemento de la población tiene igual posibilidad de estar en la muestra", no es lo mismo que decir "cada característica medible de la población tiene igual posibilidad de estar en la muestra". Por ejemplo, si la mayoría de los elementos de la población tienen grandes dimensiones, entonces los valores grandes poseen una mayor oportunidad de ser elegidos para la muestra.

## 1.6 PREVENCIÓN EN VEZ DE DETECCIÓN

La clave para el enfoque de prevención de defectos son los métodos de estadística y el uso del control estadístico del proceso, tanto internamente como con los proveedores de la industria.

En el enfoque de detección de defectos, tenemos una serie de elementos que influyen en el proceso y obtenemos un cierto resultado de ese proceso, algún producto, y una función de inspección que separa el producto bueno del malo. Con base en lo que se encuentre en el producto malo, podemos ajustar el proceso. Esos productos se retrabajan o se desechan. Desafortunadamente, este enfoque propicia el que haya desperdicio; ya que significa que tenemos que hacer el producto y luego revisar lo que tenemos que hacer para corregirlo. Toma tantos recursos el hacer un mal producto como el producir un producto bien hecho; e incluso, en el caso del primero, necesitamos regresar para repararlo o desecharlo. En este enfoque la energía está concentrada en la inspección masiva, en inspeccionar al producto terminado en lugar del proceso. Así, cuando el producto ha estado saliendo mal, la reacción general que se ha tenido es incrementar la inspección masiva. La energía no se ha concentrado en el proceso, aún cuando ahí fue donde se produjo el producto defectuoso.

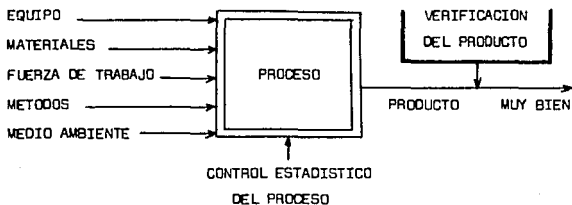
El énfasis en el enfoque de detección de defectos ha sido la inspección después de los hechos; en este sentido, se ha pensado que lo importante es que el producto cumpla con las especificaciones. Después de todo, si íbamos a inspeccionar necesitábamos tener ciertos estándares contra los cuales podíamos comparar el producto. Entonces, se da por hecho que una vez que se ha alcanzado la especificación ya no puede haber posibilidades de mejora. Este punto de vista impide que se

busquen mejoras constantes en la calidad del producto.

Con la detección se dá la impresión de que la calidad es responsabilidad del departamento de control de calidad y con frecuencia el personal de producción se hace responsable del volumen. La tendencia es - mantener líneas rígidas que separan a los departamentos, con lo que - no se favorece el trabajo en equipo.

La alternativa de evitar la detección de defectos para evitar que los departamentos trabajen por separado y poder formar un buen equipo de trabajo, es el enfoque de sistemas llamados Prevención de Defectos.

El enfoque hacia la prevención puede esquematizarse de la siguiente manera:



Aquí tenemos algunos insumos (máquinas, materiales, fuerza de trabajo, métodos y medio ambiente), los mismos que tenemos en la detección de - defectos y tenemos también algún resultado. A final de cuentas el enfoque de prevención de defectos significará el reemplazar la inspección masiva que se vió en detección de defectos, por lo que se llamará verificación del producto. El énfasis aquí no está en la inspección masiva, sino en el proceso, en sí mismo. Cuando algo sale mal, podemos detectarlo observando el proceso en lugar de esperar a la inspección final. Este esquema también puede representar lo mismo un proceso de -

oficina que un proceso de manufactura.

El enfoque hacia la prevención reconoce que el resultado de un proceso no va a ser el mismo producto tras producto, parte tras parte. Esto significa que existe cierta variación asociada con ese resultado. La variación en el resultado dependerá de las variaciones que se presenten en el equipo, los materiales, los métodos de trabajo, la gente que participe en el proceso y los cambios que se presentan en el medio ambiente.

La herramienta con la que contamos para conocer como varía un proceso es el CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO; a través de esta herramienta podemos observar y mejorar la variabilidad en el proceso.

Los métodos estadísticos nos permiten observar lo que ocurre en el proceso a través del tiempo. No tenemos que esperar un día o una semana o un mes para conocer los resultados del proceso que se está operando; es posible obtener esta información casi de manera instantánea.

El papel del Control Estadístico del Proceso (C.E.P.), no es la inspección, no es separar las partes buenas de las malas; sino controlar y mejorar el proceso proporcionando los insumos necesarios. El Control Estadístico del Proceso, no es una parte del proceso en sí, es el enfoque que nos permita mejorar el proceso cotidianamente.

## 1.7 SISTEMA PARA EL CONTROL DEL PROCESO

### ELEMENTOS BASICOS:

1. El proceso. Por proceso nos referimos a la combinación de gente, máquinas, equipo, materiales, métodos y medio ambiente que trabajan juntos para producir un resultado.  
El desempeño total del proceso, la calidad del resultado y su eficiencia productiva depende de la manera en que este proceso haya sido diseñado y de la manera en que lo estemos operando.
2. Información sobre el comportamiento del proceso. Podemos aprender mucho sobre el comportamiento actual del proceso analizando el resultado del mismo. Si esta información la colectemos e interpretamos correctamente, nos puede mostrar las acciones que es necesario tomar para corregir el proceso. Si no tomamos las acciones apropiadas y en el tiempo requerido, cualquier información de la que dispongamos se estará desperdiciando.
3. Acción sobre el proceso. Las acciones que tomamos para mejorar el proceso están orientadas hacia el futuro, en el sentido en que prevendrán que vuelva a ocurrir un problema. Estas acciones pueden consistir en cambios que se efectúen en las operaciones (por ejemplo: adiestrar al operario; cambiar los materiales; etc.), o en los elementos más básicos del proceso en sí (por ejemplo: el equipo, el cual puede necesitar reparación; o el diseño del proceso, el cual también puede ser susceptible de cambios). Solo debemos efectuar un cambio a la vez y observar cuidadosamente los efectos para conocer con precisión si el cambio que hicimos fue o no la causa de nuestro problema. Esto nos da la pauta para realizar futuros análisis y para tomar acciones en caso de que se requieran.



4. Acción sobre el Resultado. Las acciones que tomemos sobre el resultado están orientadas hacia el pasado, ya que implica detectar los productos que están fuera de especificaciones cuando ya fueron producidos. Desafortunadamente, si los resultados actuales no están cumpliendo consistentemente con los requerimientos de nuestros clientes, puede ser necesario inspeccionar todos los productos y desechar o retrabajar aquellos que no se adecúan a dichos requerimientos. Esto debe continuar hasta que se tomen las acciones necesarias sobre el proceso, o hasta que se cambien las especificaciones del producto.

## 1.8 VARIACION

La variación o variabilidad de un proceso depende de las variaciones en materiales o insumos, equipo, métodos de trabajo, fuerza de trabajo, y medio ambiente. Es así como se puede decir que nunca habrá un producto exactamente igual al otro.

Por medio de las Gráficas de Control podemos observar lo que pasa en un proceso a través del tiempo y detectar el error o los errores para corregirlos o prevenirlos antes de tener que rechazar productos por falta de calidad o lo que es lo mismo, prevención en lugar de detención.

Por lo tanto, la clave para la prevención de defectos son los métodos de control estadístico que además nos ayudan a distinguir entre las causas comunes y las causas especiales que afectan un proceso, y así, poder tomar las medidas necesarias para su corrección.

### a) CAUSAS COMUNES.

Son aquellas que provienen del sistema y están bajo la res—

responsabilidad directa de los que la manejan. Un operador no podrá tomar una decisión, ni hacer nada al respecto. Entendiéndose por manejador de un sistema a todos los responsables de los diferentes departamentos como pueden ser: Manufactura; Compras; Ingeniería; Mercadotecnia; etc.

#### b) CAUSAS ESPECIALES

Estas causas no están presentes en todas las operaciones del proceso, ni en todas las áreas, ni en todos los lotes, generalmente se presentan como un punto fuera de los límites pre-establecidos en la gráfica.

El descubrimiento de una causa especial de variación y su arreglo es generalmente responsabilidad de alguien que está conectado directamente con la operación.

Por lo tanto, la solución de una causa especial de variación requiere de una acción local, que puede ser corregida directamente por el operador.

Frecuentemente puede haber problemas para detectar si el error proviene de una causa común o especial, esto trae como consecuencia frustración del personal, altos costos, etc.; exactamente lo contrario de lo que se requiere.

### 1.9 CONTROL DEL PROCESO Y HABILIDAD DEL PROCESO

El Control Estadístico del Proceso es el uso de técnicas de estadística, tales como las gráficas de control, para analizar un proceso, de tal manera que puedan tomarse las acciones apropiadas para lograr y mantener un proceso en control y para mejorar la habilidad

de un proceso. El estado de control estadístico es la condición que describe un proceso en el que han sido eliminadas todas las causas - especiales de variación y únicamente permanecen las causas comunes. Pero un estado de control estadístico, no es un estado natural de un proceso de manufactura, implica un logro, al alcanzar la eliminación de cada una de las causas especiales de excesiva variación de un proceso y prevenir su repetición.

La habilidad del proceso está determinada por la variación total que se origina por las causas comunes, es la variación mínima que puede ser alcanzada una vez que todas las causas especiales han sido eliminadas. La habilidad representa el rendimiento del proceso en sí mismo, una vez que se ha demostrado que ese proceso está en control estadístico.

En resumen, el proceso debe tenerse primero en control estadístico - detectando y eliminando las causas especiales de variación. Una vez que el proceso es estable y predecible, puede entonces ser evaluada su habilidad para lograr las expectativas del cliente. Esta es la base para una mejora continua.

## C A P I T U L O    I I

### HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE PROCESO

#### 2.1 GRAFICAS DE CONTROL

Las gráficas de control son una simple pero poderosa herramienta para distinguir las causas especiales de las causas comunes de variación en un proceso. Las gráficas de control fueron desarrolladas por el Dr. Walter Shewhart de los laboratorios Bell. Desde aquella época, las gráficas de control han sido utilizadas exitosamente en una amplia variedad de situaciones para el control del proceso, tanto en los Estados Unidos como en otros países, especialmente en el Japón. La experiencia ha demostrado que las gráficas de control efectivamente dirigen la atención hacia las causas especiales de variación cuando éstas aparecen y reflejan la magnitud de la variación debido a las causas comunes.

El principal uso que se les da a las gráficas de control es el de detectar "las causas especiales de variación" que afectan a un proceso en un momento dado (cuando el proceso se encuentra fuera de control), ya que la gráfica hace una distinción entre "causas comunes y causas especiales de variación" a través de la selección de unos límites de control, los que son calculados de acuerdo a las Reglas de Probabilidad. Es costumbre establecer los límites de control a  $\pm 3$  veces la desviación estandar del estadístico empleado. El uso de  $\pm 3$  veces la Desviación Estandar significa que si sólo causas comunes están presentes en el proceso, el 99.73% de los valores graficados caerán dentro de estos límites de control. De modo que, la probabilidad de que las variaciones comunes se presenten fuera de los límites de control sea muy baja ( 0.27% ) cuando un proceso está operando bajo control estadístico.

Una gráfica de control, no sólo nos indicará cuando un proceso se encuentra fuera de control, sino que también puede indicarnos la causa que origina tal desajuste en el proceso. Asimismo, podríamos

sabar la tendencia del proceso, estando en la posibilidad de detectar perturbaciones y corregir oportunamente el proceso antes de que se encuentre fuera de control.

Como ya expresamos anteriormente, las Gráficas de Control son la mejor herramienta con que contamos para Control Estadístico de un Proceso, y los servicios que presentan son:

- a) Nos dan a conocer cuando un proceso está trabajando bajo control estadístico.
- b) Son la gran guía también para los niveles directivos.
- c) Nos permiten detectar inmediatamente la presencia de alguna variación por causas especiales y así poder corregirla de inmediato, o sea, nos ayudan a prever rechazos, antes de que se produzcan piezas defectuosas.
- d) Nos permiten distinguir entre las causas especiales y las causas comunes.
- e) Nos permiten mantener un proceso bajo control estadístico y tomar decisiones con base en el comportamiento del proceso a lo largo del tiempo, o sea, juzgar el rendimiento de un trabajo.

Los principales beneficios que pueden derivarse del uso de gráficas de control, de acuerdo a estudios y experiencia del Dr. Deming, son las siguientes:

- a) Dan oportunidad a que los operarios manejen sus gráficas - en su propia área de trabajo, las interpretan y puedan tomar ellos como todo el personal cercano, tomar las medidas necesarias para efectuar las correcciones.

- b) Cuando un proceso esta en control estadístico puede predecirse su desempeño respecto a las especificaciones. Por consiguiente tanto el producto como el cliente pueden contar con niveles consistentes de calidad.
- c) El comportamiento de un proceso en control estadístico puede ser mejorado reduciendo su variación. A través de los datos de las gráficas de control pueden anticiparse las mejoras que se requieren en el sistema, para con ello:
- Incrementar el porcentaje de productos que satisfagan las expectativas del cliente (mejoras en calidad).
  - Disminuir los productos que necesiten desecharse o re-procesarse (mejoras en el costo por unidad bien producida).
  - Incrementar la cantidad total de productos aceptables a través del proceso (mejoras efectivas en la habilidad).
- d) Proporcionar un lenguaje común para comunicarse sobre el comportamiento de un proceso. Esta comunicación puede ser dentro de la misma línea de producción (supervisor operativo) y las actividades de soporte (mantenimiento, control de materiales, ingeniería de planta, calidad de producto); entre las diferentes etapas en el proceso; entre el proveedor y el cliente; entre la planta de manufactura y las actividades de ingeniería del producto.
- e) Las gráficas de control dan una buena indicación de cuando algún problema debe ser corregido localmente y de cuando se requiere de una acción en la que deben participar todos los niveles de la organización (causas especiales y causas comunes). Esto minimiza la confusión, frustración y costo excesivo que se deriva de los problemas no resueltos.

Una manera de definir la gráfica de control es:

"La comparación gráfica - cronológica (hora a hora, día a día) de la característica actual de la calidad del producto, con los límites que identifican la posibilidad de la manufactura de acuerdo - con las experiencias anteriores que se han obtenido del proceso".

Dentro de los sistemas de control estadístico, existen varios sistemas o tipos de gráficas de control por medio de las cuales se estudia un proceso, y se habilita.

De acuerdo a las características de cada una, se determinará cual es la que debe utilizarse. De esta manera podemos construir gráficas de control:

1. Por medio de variables
2. Por medio de atributos

Por medio de variables:

El producto es evaluado a lo largo de una escala de medida.

Por medio de atributos:

El producto es clasificado como bueno o defectuoso.

La evaluación es hecha por medio de un calibre pesa, no pasa.

VARIABLES	{	Gráfica $\bar{X} - R$	(Promedio y rango)
		Gráfica $\bar{X}$	(Promedios)
		Gráfica R	(Rango)
		Gráfica $\bar{X}$	(Medianas)
		Gráfica X	(Lecturas individuales)
		Gráfica $\sigma$	(Desviación estandar)
ATRIBUTOS	{	Gráfica p	(Fracción defectuosa)
		Gráfica np	(Número de defectuosos)
		Gráfica c	(Número de defectos)
		Gráfica u	(Número de defectos por unidad)

Las gráficas más ampliamente usadas son las variables.

En este trabajo estudiaremos las gráficas de control por variables, ya que se pretende controlar los procesos. Además, las características de los productos son medibles.

## 2.2 GRAFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$

Las gráficas de control por variables  $\bar{X} - R$ , se utilizan para las características de un proceso que pueden ser medidas y expresadas en cifras.



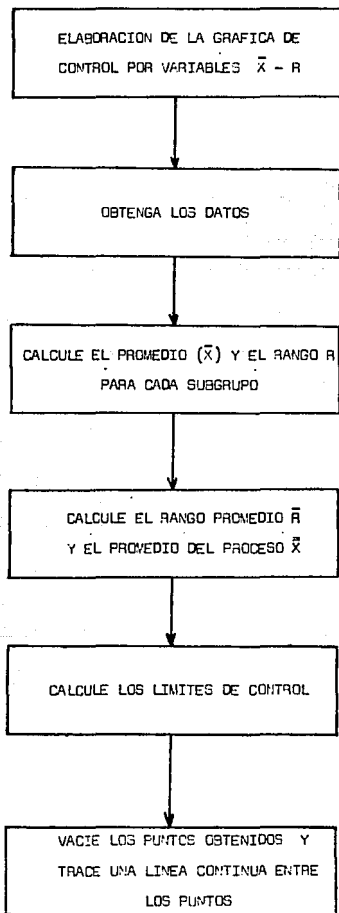
## VENTAJAS :

- A. Son gráficas muy convenientes para los procesos en las que las características de los productos son medibles.
- B. Sus estimaciones no están sujetas a criterios personales.
- C. Muestran tanto el valor promedio  $\bar{x}$  como el valor del proceso. La porción  $\bar{x}$  muestra cualquier cambio en el valor promedio del proceso, mientras que la porción R muestra cualquier dispersión o variación del proceso. Se complementan una a la otra, dando información acerca de la distribución.
- D. Es posible tener una nueva información que no fue obtenida por separado de cada gráfica (  $\bar{x}$  o R )
- E. Debido a que se requiere medir una menor cantidad de piezas para tomar decisiones confiables, el periodo de tiempo entre la producción de las piezas y la acción correctiva puede ser acortado significativamente.

## PASOS PARA SU ELABORACION:

- 1.- Obtención de datos
- 2.- Cálculo del promedio  $\bar{x}$  y el rango R
- 3.- Cálculo del promedio del proceso  $\bar{x}$  y el rango promedio  $\bar{R}$
- 4.- Cálculo de los límites de control.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACION DE UNA GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES  $\bar{X} - R$



## 1.- OBTENCION DE DATOS

Para la obtención de datos, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Contar con el equipo debidamente calibrado para no tener - errores en las mediciones, y con el personal debidamente - preparado para efectuar las mediciones.
  
- b) Seleccionar la frecuencia y el tamaño de la muestra. Las - muestras (sub-grupos) para un estudio inicial de un proceso, deben estar formadas de 2 a 10 piezas producidas consecuti- vamente; de esta manera las piezas de cada sub-grupo estarán producidas bajo condiciones similares de producción.

En la industria han adoptado como típico el que las muestras estén formadas de 5 piezas consecutivas, ya que con menos - de 5, empieza a perderse la sensibilidad de la gráfica para detectar problemas y, con más de 5, se obtiene muy poca in- formación adicional.

Durante un estudio inicial, los sub-grupos pueden ser toma- dos consecutivamente o a intervalos cortos para detectar si el proceso puede cambiar o mostrar inconsistencia en breves periodos de tiempo. Plantas como FORD y VIFISA, recomiendan que el intervalo sea de  $\frac{1}{2}$  a 2 horas, ya que más frecuente - puede representar demasiado tiempo invertido y menos frecuen- te puede perderse eventos importantes que sean poco usuales. Cuando el proceso es estable o cuando fue hecha una mejora - al proceso, los periodos de tiempo en cada sub-grupo pueden ser incrementados.

En cuanto al número de sub-grupos, estudios previos estadís- ticos nos han dado como pauta analizar de 20 a 25 sub-grupos.

- c) Establecer la forma en que se registrarán los datos. Los datos son registrados en formas establecidas de antemano, las gráficas de control normalmente son trazadas con la gráfica  $\bar{X}$  arriba de la gráfica R e incluyen un conjunto de datos de identificación en la parte superior. Los valores de  $\bar{X}$  y R serán registrados en forma vertical y la secuencia de los sub-grupos a través del tiempo estarán en forma horizontal.

## 2.- CALCULO DEL PROMEDIO $\bar{X}$ Y EL RANGO R

El cálculo del promedio  $\bar{X}$  y el rango R para cada sub-grupo, se hace de la siguiente forma:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$R = (\text{dato mayor}) - (\text{dato menor})$$

Donde:

$X_1, X_2, \dots$  son los valores individuales en cada sub-grupo

n es el tamaño de la muestra

- a) Escalas para las gráficas de control por variables  $\bar{X} - R$

En las gráficas verticales de las gráficas  $\bar{X} - R$  se indican los valores calculados de  $\bar{X}$  y R respectivamente. - A continuación se presenta una forma general para determinar las escalas, aunque en circunstancias especiales deben ser modificadas. Para la gráfica  $\bar{X}$  la amplitud de valores

en la escala debe incluir como mínimo el mayor de los siguientes valores: a) los límites de tolerancias especificados o b) 2 veces el rango promedio ( $\bar{R}$ ). Para la gráfica R, los valores deben extenderse desde el valor cero - hasta un valor superior equivalente a 1½ a 2 veces el rango mayor obtenido en el período inicial de estudio. En general, la escala en la gráfica de rangos debe ser la mitad de la correspondiente a la gráfica de promedio.

- b) El trazo de la gráfica de rangos y promedios, se hace marcando con puntos los promedios y los rangos en sus respectivas gráficas y unirlos con líneas; esto nos ayuda tanto a visualizar la situación del proceso como su tendencia.

### 3.- CALCULAR EL PROMEDIO DEL PROCESO $\bar{\bar{X}}$ Y EL RANGO PROMEDIO $\bar{R}$

Para el estudio de los K subgrupos, calcular.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{K}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{K}$$

Donde:

K es el número de subgrupos

$\bar{X}_1$  y  $R_1$  son el promedio y el rango del primer subgrupo

$\bar{X}_2$  y  $R_2$  son el promedio y el rango del segundo subgrupo

etc.

#### 4.- CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL

Los límites de control son calculados para mostrar la extensión de la variación de cada subgrupo. El cálculo de los límites de control está basado en el tamaño de los subgrupos y éstos se calculan de la siguiente forma:

Para la gráfica de promedios:

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Para la gráfica del rango:

$$LSC = D_4 \bar{R}$$

$$LIC = D_3 \bar{R}$$

Donde:

$D_4$ ,  $D_3$ ,  $A_2$ , son constantes que varían según el tamaño de la muestra.

Los valores de estas constantes para muestras de tamaño de 2 a 10 son:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D_4$	3.267	2.575	2.282	2.115	2.004	1.924	1.864	1.816	1.777
$D_3$	0	0	0	0	0	0.075	0.136	0.184	0.223
A	1.880	1.023	0.729	0.577	0.483	0.419	0.373	0.337	0.308

Para un tamaño mayor que  $n = 10$  véase tabla B del apéndice.

Una vez hechos los cálculos, se traza en la gráfica el promedio - del proceso ( $\bar{\bar{x}}$ ) y el rango promedio ( $\bar{R}$ ) con una línea horizontal continua, y los límites de control ( $LSC_{\bar{x}}$ ,  $LIC_{\bar{x}}$ ,  $LSC_R$ ,  $LIC_R$ ) con una línea horizontal discontinua.

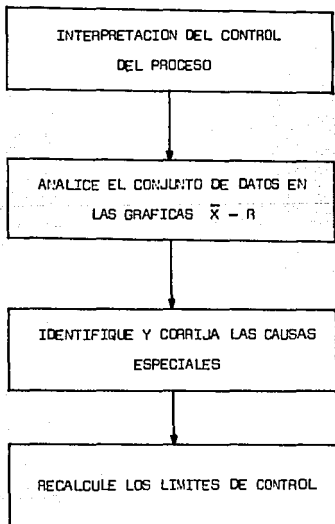
## INTERPRETACION Y CORRECCION DEL CONTROL DEL PROCESO

El objeto de analizar una gráfica de control es identificar cuál es la variación del proceso, las causas comunes y causas especiales de dicha variación, y en función de esto tomar alguna acción apropiada cuando se requiera.

Pasos para la interpretación del control del proceso:

- 1.- ANALICE EL CONJUNTO DE DATOS EN LAS GRAFICAS  $\bar{x} - R$
- 2.- IDENTIFIQUE Y CORRIJA LAS CAUSAS ESPECIALES
- 3.- RECALCULE LOS LIMITES DE CONTROL.

DIAGRAMA DE FLUJO:



1) ANALICE EL CONJUNTO DE DATOS DE LAS GRAFICAS  $\bar{X} - R$

Características de una trayectoria normal en una gráfica  $\bar{X} - R$

- a) La mayoría de los puntos caen cerca de la línea central
- b) Pocos puntos están dispersos y próximos a los límites de control
- c) Ninguno de los puntos (o en todo caso un punto ocasional muy raro) excede los límites de control.

Características de una trayectoria no normal en una gráfica  $\bar{X} - R$

- a) INESTABILIDAD
  - b) MEZCLAS
  - c) INTERACCION
  - d) ESTRATIFICACION
  - e) SERIES
  - f) ADHESION
  - g) CICLOS
  - h) CAUSAS
  - i) CAMBIO GRADUAL EN NIVEL
- a) INESTABILIDAD.

Se dice que existe inestabilidad en el proceso, cuando aparecen uno o más puntos fuera de los límites de control. La variación de los puntos dentro de los límites de control es debido a causas comunes (fallas del sistema). Cuando se presenten puntos fuera de los límites de control se deben a causas especiales; es decir a fallas locales. Un punto más allá de los límites de control es una señal de que se requiere un análisis inmediato de la operación para buscar la causa especial que lo originó.



Entre las causas más comunes de inestabilidad se tienen:

Gráfica  $\bar{X}$  (la gráfica R bajo control)

Causas simples:

Sobre - ajuste de la máquina (donde el operador vuelve a tomar como base una o dos medidas de la gráfica).

Descuido del operador para controlar la temperatura.

Diferentes lotes de material mixto en almacén.

Partes de piezas mixtas en línea.

Diferentes códigos.

Comportamiento errático de controles automáticos.

Causas complejas:

Efecto de muchos procesos variables.

Efectos de las operaciones de tamizado y maquinado en varias etapas del proceso.

Efectos de experimento o desarrollo:

Gráfica R.

Inestabilidad sobre el lado superior:

El límite de control está mal calculado o los puntos están mal agrupados.

La variación de pieza a pieza o la dispersión de la distribución ha empeorado.

El sistema de medición ha cambiado (diferente inspector o calibrador).

Operador no capacitado.  
Demasiado juego en los accesorios de fijación.  
Material mixto.  
Máquina con necesidad de reparación.  
Equipo de verificación inestable.  
Lapeado en tornillos.  
Lapeado en materiales no usados.  
Operador descuidado.  
Partes de piezas defectivas.

**Inestabilidad del lado menor:**

Mejor operador.  
Partes de piezas más uniformes.  
Mejores hábitos de trabajo.

**b) MEZCLAS.**

Se le llama mezclas a la carencia de puntos cerca de la línea central.

Cuando las distribuciones componentes mantienen las mismas posiciones y proporciones relativas en un periodo de tiempo se le llama mezcla estable.

Si las posiciones y proporciones relativas no son constantes se le llama mezcla inestable.

Cuando las muestras son estables, las causas producen una distribución permanente en naturaleza: el producto se obtiene de dos diferentes fuentes; diferencia en el diseño de las máquinas; diferencia consistente entre el primero y segundo cambio. Las mezclas estables ocurren más frecuentemente cuando

Las medidas son tomadas al producto final o en las primeras operaciones.

Las causas típicas que producen mezclas estables son:

Gráfica  $\bar{X}$ .

Diferencias constantes en el material, operadores, etc., donde las distribuciones son subsecuentemente mixtas.

Diferentes lotes de material en almacén.

Grandes cantidades de partes de piezas mixtas en la línea.

Diferentes códigos.

Gráfica R.

Diferentes lotes de material en almacén.

Grandes cantidades de piezas mixtas en la línea

Frecuentes impulsos o saltos en controles automáticos.

Las mezclas inestables son causadas por tener varias distribuciones en el producto.

Los fenómenos de muestra aparecen en la gráfica  $\bar{X}$  cuando las muestras son tomadas por separado de diferentes fuentes del producto y en la carta R cuando las muestras son tomadas casuales de diferentes fuentes combinadas.

Las mezclas inestables son relacionadas con tres tipos de fenómenos:

- 1.- Inestabilidad
- 2.- Interacción en la gráfica R
- 3.- Tendencias.

Entre las causas comunes de mezclas inestables se tienen:

Gráfica  $\bar{X}$  (la carta R está bajo control)

Cambio de distribución debido a las diferencias de material, operadores, etc.

Controles automáticos averiados.

Reajuste del proceso.

Descuido en el control de temperatura.

Procedimientos de muestreo erróneos.

Errores en maquinado.

Operación incompleta.

Partes amadas.

Gráfica R.

Dos o más materiales, máquinas, operadores, con junto de máquinas, etc.

Demasiado juego en el accesorio.

Material mixto.

Operador con necesidad de capacitación.

Operador fatigado.

Falta de alineamiento.

Daños accidentales.

Operación no completa.

Equipo verificador inestable.

Partes de piezas defectuosas.

Error de cálculo o maquinado.

c) INTERACCION.

La interacción es la tendencia de una variable a alterar el comportamiento de otra.

La variabilidad en un proceso puede ser pensada como la resultante de las interacciones.

Identificación de variables interactuando.

- Si las muestras que produjeron las X menores fueron - por un solo inspector, los inspectores comunmente van a ser la variable interactuando.
- Si las muestras que produjeron las X menores fueron - de una mezcla, los accesorios usados son una importante variable interactuando.
- Si las muestras que produjeron las X menores fueron - accesorios fijos lapeados, las superficies desiguales o alabeadas pueden ser la variable interactuando.

Las máquinas de modelos diferentes pueden constituir una variable importante sólo por la presencia de los diferentes - grados de mantenimiento.

d) ESTRATIFICACION.

Se le llama estratificación a la carencia de puntos cerca de los límites de control.

La estratificación resulta cuando las muestras son tomadas - consistentemente de distribuciones ampliamente diferentes, de tal forma que una o más unidades vendrán de cada una de las distribuciones.

La manera más común de obtener este efecto es permitir a la persona que selecciona la muestra, tomar una parte de cada operador en un grupo de operadores, una parte de cada máquina, etc. Algunas veces, la gente no realiza esto por estar ansiosa de hacer la muestra representativa.

Entre las causas más comunes de estratificación se tienen:

Gráfica  $\bar{X}$ .

Cualquier cosa que sea capaz de causar mezcla puede también producir estratificación, sin embargo, la estratificación busca menos realidad en la gráfica  $\bar{X}$  que en la gráfica R.

El desplazamiento de un punto decimal puede causar un aparente efecto de estratificación.

Gráfica R.

Cualquier causa listada bajo mezcla estable.

#### e) SERIES.

Una serie es una sucesión de puntos que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso.

Cuando 7 ó más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio, la serie recibe el nombre de Corrida.

Si 7 ó más intervalos consecutivos se presentan con valores crecientes o decrecientes, la serie recibe el nombre de Tendencia.

Algunas de las causas más frecuentes de series son:

Gráfica  $\bar{X}$ .

- Mayor dispersión de los resultados, la cual puede venir de una causa irregular (tal como el funcionamiento del equipo) o un cambio en la distribución de los materiales (de un nuevo material); - estos problemas requieren de una acción correctiva inmediata.
- Un cambio en el sistema de medición (se cambió inspector o calibrador).
- Mantenimiento inadecuado.
- Efectos de estación incluyendo temperatura y humedad.
- Variables humanas.
- Operador fatigado.
- Cambios graduales en estándares.
- Mantenimiento pobre o procedimientos primitivos.

Gráfica R.

Una serie por arriba del rango promedio ( $\bar{R}$ ) puede significar:

- Mayor dispersión de los resultados, la cual puede venir de una causa irregular (tal como el funcionamiento de equipo) o un cambio en la distribución de materiales (de un nuevo material); estos problemas requieren de una acción correctiva inmediata.
- Un cambio en el sistema de medición (se cambió inspector o calibrador).
- Algo gradualmente usado.

Una serie por abajo del rango promedio ( $\bar{R}$ ) puede significar:

- Menor variación en los resultados, la cual es generalmente una buena condición que debe estudiarse para ampliar su aplicación.
- Un cambio en el sistema de medición.
- Gradual mejoría en la técnica del operador.
- Efecto de mejor programa de mantenimiento.
- Producto más homogéneo o menos afectado por mezclas.

f) ADHESION.

Se le da el nombre de adhesión, a puntos agrupados a la línea central o junto a las líneas de control.

Existe una regla para determinar si el proceso se encuentra en adhesión:

Se divide la distancia entre los límites LSC y LIC en tres partes iguales si una cantidad substancialmente mayor a  $2/3$  de los puntos graficados se encuentra concentrada dentro del tercio medio, existe adhesión a la línea central.

Si una cantidad substancialmente mayor a  $1/3$  se encuentra dentro de los tercios exteriores, existe adhesión a los límites de control.



Algunas de las causas más frecuentes de adhesión son:

Gráfica  $\bar{X}$ .

Adhesión a los límites de control.

- Posible falta de control en el proceso.
- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.

Adhesión a la línea central.

- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
- Los datos han sido adulterados.

Gráfica R.

Adhesión a los límites de control.

- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
- El proceso o el método de muestreo es tal, que los subgrupos contienen mediciones de 2 o más factores diferentes.

Adhesión a la línea central del rango promedio  $\bar{R}$ .

- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos fueron mal graficados.
- Los datos han sido adulterados (los valores que se alejan mucho del promedio  $\bar{R}$  fueron altos u omitidos).
- Suelen haberse mezclado en el subgrupo un tipo diferente de datos o datos de factores diferentes (máquinas, materiales, mano de obra diferentes).

g) CICLOS.

Los ciclos son cortas tendencias en los datos que ocurren - en causas repetidas.

Las causas de ciclos son procesos variables que se repiten con una base regular más o menos. Para el caso de máquinas, las causas son asociadas a movimientos, posiciones o partes principales, si son controladas manualmente las operaciones se asocian a causas de fatiga; condiciones que afectan los cambios del día y la noche.

Algunas causas que producen este fenómeno son:

Gráfica  $\bar{X}$  (la carta R está bajo control).

- Efectos de estación tales como temperatura y humedad.
- Concentricidad del rodillo.
- Fatiga del operador.
- Rotación de gente en el trabajo.
- Diferencia entre calibres usados por los inspectores.
- Fluctuación del voltaje.
- Regular diferencia entre los cambios del día y la noche.

Gráfica R .

- Fatiga del operador.
- Rotación de calibres o accesorios
- Regular diferencia entre cambios del día y - la noche.

#### h) CAUSAS.

Las causas resultan de la presencia en una unidad o medida de la gran diferencia que hay en unas y otras.

Las unidades generalmente son producidas por un sistema extraño de causas. Sin embargo, las medidas buscan las causas en una parte normal del proceso.

Otra fuente de causas es el error de cálculo.

Carta  $\bar{X}$  (la carta R está bajo control).

Las causas ordinariamente no se buscan en una carta  $\bar{X}$  sin la correspondiente indicación en la carta R. Una posible excepción es el caso donde una condición repentina anormal en el proceso afectará a todas o a la mayoría de las unidades de la muestra. Tales condiciones son:

- Montaje equivocado, corregirlo inmediatamente.
- Error en la medida.
- Error en la gráfica.
- Operación incompleta.
- Operación omitida.
- Agotamiento de recursos.

Gráfica R .

- Operación incompleta.
- Operación omitida.
- Agotamiento de recursos.
- Error de la medida.
- Error de maquinado.

## 1) CAMBIO GRADUAL EN NIVEL.

Un cambio gradual en nivel ordinariamente indicará una de -  
las dos cosas:

1.- Hay un elemento en el proceso que es capaz de afec-  
tar pocas unidades desde el inicio y luego más y -  
más conforme el tiempo avanza. Esto sucede cuando  
nuevos operadores son mejor entrenados o cuando el  
diseño de nuevos accesorios son introducidos uno a  
uno, o se aplica el programa de mantenimiento gra-  
dualmente a todo el equipo o cuando los operadores  
siguen sus gráficas de control.

2.- Algún elemento en el proceso puede cambiarse brus-  
camente, pero porque la cantidad del producto va a  
través de la fábrica. Los cambios graduales que -  
no tienden a establecerse como un nuevo nivel son  
llamados tendencias.

Los cambios graduales de nivel son muy comunes en  
etapas iniciales del programa de control de cali-  
dad.

Las causas típicas que producen este tipo de fenómenos son:

Gráfica  $\bar{X}$  (la carta R esta bajo control).

- Introducción de un nuevo material.
- Mejor supervisión.
- Mayor destreza o cuidado por parte del operador.
- Cambio en el programa de mantenimiento.

### Gráfica R .

- Cambio a menor nivel.
- Mejores accesorios.
- Mejores métodos.
- Mayor destreza o cuidado por parte del operador.
- Cambio a mayor nivel.

## 2) IDENTIFIQUE Y CORRIJA LAS CAUSAS ESPECIALES.

### Gráfica de promedios $\bar{x}$

Se efectúa el análisis de la operación del proceso para determinar las causas ante cada indicación de falta de control proveniente de la gráfica de promedios; se corrige la condición y se toman las acciones que permiten prevenir su repetición. La gráfica de control es muy útil como guía para determinar cuando se inició un problema y cuanto tiempo lleva. Es muy importante la rapidez con la que se analiza el problema para minimizar la producción de piezas que están fuera de control.

### Gráfica de rangos R

Deberá efectuarse un análisis de la operación del proceso ante cada indicación de falta de control proveniente de la gráfica de rangos para determinar sus causas, corregir la condición y prevenir su repetición. La gráfica de control es una guía útil para el análisis del problema, pues indica cuándo se inició el problema y el tiempo transcurrido.

Es importante la rapidez en el análisis de los problemas, a fin de minimizar la producción de piezas fuera de control y de tener datos recientes para el diagnóstico.

Por ejemplo, la aparición de un punto más allá de los límites de control es razón suficiente para iniciar un análisis inmediato del proceso.

### 3) RECALCULE LOS LIMITES DE CONTROL .

#### Gráfica de promedios $\bar{X}$

Una vez identificadas y corregidas las causas especiales de variación, se deben eliminar todos los puntos fuera de control - para los cuales se encontraron las causas; recalcula y grafique el promedio del proceso ( $\bar{X}$ ) y sus límites de control. Confirme que todos los puntos estén bajo control cuando se le compare con los nuevos límites, repitiendo la secuencia de identificación, - corrección y recálculo si fuera necesario.

#### Gráfica de rangos R

Una vez identificadas y corregidas las causas especiales de variación, deberá recalcular los límites de control para excluir los efectos de los puntos fuera de control cuyas causas fueron - identificadas y corregidas. Omita los puntos fuera de control, recalcula y grafique el rango promedio ( $\bar{R}$ ) y los límites de control. Confirme que todos los puntos correspondientes a los rangos de los subgrupos estén bajo control cuando se les compare - con los nuevos límites, repitiendo la secuencia de identificación/ corrección y recálculo si fuera necesario.

Si algún punto de la gráfica de rangos fuera omitido debido a la identificación de una causa especial, deberá también ser ex cluido dicho punto de la gráfica  $\bar{X}$ . Los valores de  $\bar{X}$  y  $\bar{R}$  modificados deberán ser utilizados para recalcular los límites de control en la gráfica de promedios ( $\bar{X} \pm A_2 \bar{R}$ ).

### 2.3 GRAFICAS DE CONTROL POR MEDIANAS.

Las gráficas de medianas son similares a las gráficas  $\bar{X} - R$ , pueden ser usadas simultaneamente con las gráficas  $X - R$  para el control del proceso con datos medidos.

Las ventajas específicas de las gráficas son:

- a) No requieren cálculos día por día.
- b) Se caracterizan porque en la misma se marcan tanto los valores individuales como las medianas, lo que nos da una mejor idea de la dispersión de todos los valores.

Los valores de las medianas se acostumbra distinguirlos por estar encerrados en un pequeño círculo y se indican como  $\tilde{X}$ .

Pesos para su elaboración:

- 1.- Obtención de datos.
- 2.- Cálculo de la mediana  $\tilde{X}$  y el rango  $R$ .
- 3.- Cálculo de la mediana del proceso  $\tilde{\bar{X}}$  y la mediana del rango  $m(R)$ .
- 4.- Cálculo de los límites de control.

- 1.- Obtención de datos.

Las instrucciones para obtener los datos son similares a las gráficas  $\bar{X} - R$  con las excepciones siguientes:

- Es conveniente usar tamaños de muestras nones.
- Las mediciones individuales para cada subgrupo se grafican en línea vertical, redondeando las medianas de cada subgrupo - (punto central; si el tamaño de muestra es par, la mediana - será la semisuma de los puntos centrales).
- Solo se usa una gráfica.
- Se registrará la mediana de cada subgrupo ( $\bar{X}$ ) y el rango (R) en la tabla de los datos.

## 2.- Cálculo de la Mediana $\bar{X}$ y el rango R

Al igual que la media aritmética o promedio  $\bar{X}$ , la mediana se utiliza para describir la variante promedio de una población. - El método de cálculo de la mediana, sin embargo, es muy diferente del utilizado para la media aritmética. Para calcular la mediana, las variantes de la población deben ser ordenadas en forma creciente o decreciente. La mediana es el valor central si n es impar y la media aritmética de los dos valores centrales si n es par.

Por lo tanto la mediana de una muestra, representada por  $\bar{X}$  es la  $[(n+1)/2]$  ésima observación cuando los valores están arreglados en orden de magnitud.

### Cálculo del rango.

El cálculo del rango se efectúa de la misma manera que el descrito en las gráficas  $\bar{X} - R$ .



### 3.- Cálculo de la mediana del proceso X y la mediana del rango $m(R)$

Para calcular la mediana del proceso, las medianas X para cada subgrupo deben ser ordenadas en forma creciente o decreciente. La mediana del proceso es el valor central si el número de subgrupos es impar y la media aritmética de las medianas centrales si el número de subgrupos es par.

Por lo tanto la mediana del proceso, representada por  $\bar{\bar{X}}$  es la  $[(K+1)/2]$  ésima observación cuando los valores están arreglados en orden de magnitud.

#### Cálculo de la mediana del rango $m(R)$

Para calcular la mediana del rango  $m(R)$ , los rangos de cada subgrupo deben ser ordenados en forma creciente o decreciente. La mediana del rango  $m(R)$  es el valor central si el número de subgrupos es impar y la media aritmética de los rangos centrales de cada subgrupo si el número de subgrupos es par.

Por lo tanto la mediana del rango del proceso, representada por  $m(R)$ , es la  $[(K+1)/2]$  ésima observación cuando los valores están arreglados en orden de magnitud.

### 4.- Cálculo de los límites de control.

El cálculo de los límites de control está basado en el tamaño de los subgrupos y estos se calculan de la siguiente forma:

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_5 m(R)$$

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_5 m(R)$$

Donde:

$\bar{\bar{x}}$  = mediana del proceso

$m(R)$  = mediana del rango

A = constante que varía según el tamaño de la muestra, los valores de esta constante - para muestras de 2 a 10 son:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A <sub>5</sub>	2.224	1.265	0.829	0.712	0.562	0.520	0.441	0.419	0.369

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

D<sub>4</sub>, D<sub>3</sub> Constantes que varían según el tamaño de la muestra (ver tabla B del apéndice)

## INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO .

La interpretación del control del proceso es parecido a la interpretación de las gráficas  $\bar{X} - R$  con las excepciones siguientes:

- Comparar el LSC y el LIC de cada rango calculado. Para ellos nos podemos ayudar de una tarjeta en cuyo filo marcamos los límites superior e inferior del rango y comparar estas marcas con la distancia entre el valor mayor y menor de cada subgrupo de la gráfica de medianas. Enmarcar aquellos subgrupos con rangos excesivos, y así podemos observar:
  - Dispersión de valores
  - Valores de las medianas
  - Rango
  
- Marcar cualquier mediana de subgrupos que esté fuera de los límites de control de medianas y observar la dispersión de medianas dentro de los límites de control ( $2/3$  de los puntos del tercio medio de los límites) o la existencia de tendencias.
  
- Tomar acciones correctivas para las causas especiales que afecten a los rangos o medianas.

## 2.4 GRAFICAS DE CONTROL POR LECTURAS INDIVIDUALES

Estas gráficas como su nombre lo indica están basadas en lecturas individuales.

Son muy usadas en procesos homogéneos en donde entre varias muestras ó en periodos largos de tiempo sería difícil detectar variaciones ó en análisis que requieren tiempo, es decir cuando las características a medir en cualquier punto en el tiempo sean relativamente homogéneas.

También pueden ser usadas para procesos en los cuales la muestra se destruye y es costosa.

Estas gráficas no son tan sensibles como las anteriores. Debe tenerse mucho cuidado en su interpretación.

Como los valores para formarlas son de una sola muestra, los valores de  $\bar{X}$  y  $\sigma$  pueden tener gran variabilidad hasta que el número de subgrupos sea de 100 o mayor.

Elaboración de las gráficas.

- 1.- Obtención de datos
- 2.- Cálculo de los límites de control

### 1.- OBTENCION DE DATOS.

Para la construcción de estas gráficas, se procede de la misma manera que la construcción de las gráficas  $\bar{X} - R$ .

Variaciones:

El rango se calcula de la diferencia entre dos valores consecutivos, esto hace que se tenga un rango menos que el número de lecturas.

## 2.- CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL

Para  $\bar{X}$

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

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

Para  $R$

$$LSC = D_4 \bar{R}$$

$$LIC = D_3 \bar{R}$$

Donde:

$\bar{R}$  = Promedio del rango

$\bar{\bar{X}}$  = Promedio del proceso

$D_4, D_3, A_2$  = Constantes  
(varian de acuerdo a la muestra)

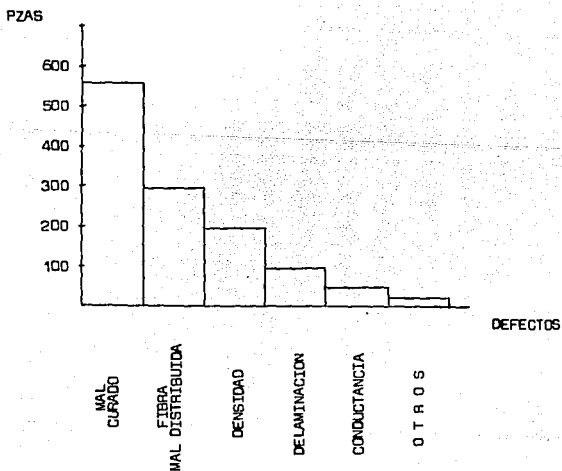
## 2.5 DIAGRAMA DE PARETO

El Diagrama de Pareto fue diseñado para que clasificando los defectos encontrados en un producto por orden de importancia, se puedan atacar en forma ordenada cada uno de ellos.

Esto quiere decir que no todos los defectos tienen la misma importancia ni todos se deben a la misma causa.

A continuación ilustramos un Registro de Datos y un Diagrama de Pareto.

PRODUCTO	MAL CURADO	FIBRA MAL DISTRIBUIDA	DENSIDAD	DELAMINACION	CONDUCTANCIA	OTROS	TOTAL
RF-7	60	120					180
RF-8	420	120	120	60	50	15	785
RF-3	80	60	80	40		10	270
T O T A L	560	300	200	100	50	25	1235



El diagrama de Pareto, nos sirve para detectar cual es el defecto al que debemos dar prioridad para su corrección y así ir atacando los defectos en orden de importancia.

Elaboración del diagrama.

- a) Se elabora una lista de defectos o productos dañados.
- b) Se registra en la lista de defectos, la frecuencia de cada defecto.
- c) Se calcula el porcentaje de defectuoso con la fórmula:

$$\% \text{ defectuoso} = \frac{n \times 100}{N}$$

Donde:

n = Número de veces que ocurre un defecto (frecuencia)

N = Tamaño de muestra (total de casos)

- d) En forma horizontal y de izquierda a derecha se colocan los defectos por orden de importancia.

En forma vertical se registre el número de defectos y el porcentaje.

Se trazan las barras, todas ellas del mismo ancho.

#### INTERPRETACION DEL DIAGRAMA

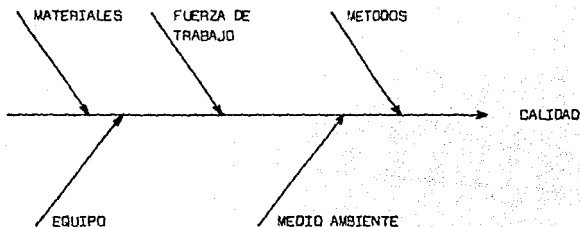
Ya trazado el diagrama, podemos identificar y analizar cuales son los principales defectos para corregirlos, o sea, nos sirve para - darlos a los defectos orden de importancia y así solucionar los problemas que los esten provocando.

## 2.6 DIAGRAMA CAUSA EFECTO

Como su nombre lo indica, el diagrama causa efecto nos permite analizar las causas comunes, una a una, que intervienen en un proceso y que en determinado momento puedan afectarlo.

También es llamado Diagrama de Ishikawa, establecido por el Dr. Ishikawa, dentro de su sistema Círculos de Control de Calidad, alrededor de los años 60 y basados en el sistema japonés de trabajar juntos, con técnicas simples de estadística.

El diagrama causa efecto se basa en el análisis de las causas y de sus defectos de los factores que intervienen en un proceso, factores como son:  
Materiales; Fuerza de Trabajo; Métodos; Equipo y Medio Ambiente.



Este diagrama también es conocido como diagrama de esqueleto de pescado por la apariencia al esqueleto de un pescado, se dibuja este diagrama mientras se está haciendo el brainstorming del problema buscando causas posibles.



## ELABORACION DEL DIAGRAMA

a) La elaboración del diagrama, consiste en decidir primeramente cual es la característica de calidad que se va a analizar - para tratar de controlarla o mejorarla.

b) Colectar la mayor cantidad de datos e información entre la - gente involucrada directamente en el proceso.

Opiniones sobre lo que puede estar afectando una dispersión anormal, puntos fuera de los límites, etc.

Es de gran importancia en esta etapa de la elaboración, el - trabajo en equipo, el análisis con discusiones y opiniones. Tratando de unificar criterios, es en estas encuestas a donde en muchos casos se detectan causas especiales que pueden co- rregirse de inmediato.

Un diagrama causa efecto, debe elaborarse en su totalidad, - de otra manera indicará que las personas que intervienen en - su elaboración no conocen lo suficiente sobre su proceso.

c) Ya sobre el diagrama describiendo los cinco grupos de causas, y con la información colectada para cada una de ellas, se procede a indicar en cada lugar correspondiente la información - por orden de importancia.

Una vez elaborado y aprobado, se prosigue a la realización de programas en la cual se compromete cada departamento involucrado a la corrección de la posible causa, afectando al proceso.

Las correcciones se hacen en orden de importancia y una a una para observar sus efectos en cada causa corregida.

#### INTERPRETACION DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

Al observar el diagrama se detectará:

- a) Si únicamente tiene 5 o 6 causas, indica que debe estar incompleto. Posiblemente las personas que intervinieron en su elaboración no conocían bien su proceso.
- b) Si tienen demasiadas ramificaciones o causas, debe tenerse la seguridad de que todas ellas estén bien clasificadas y relacionadas entre sí, ya que el diagrama se va complicando.

Ya perfectamente elaborado el diagrama, se inicia el estudio y corrección de cada una de las causas. Nunca efectuar dos correcciones o más al mismo tiempo, porque no se podría detectar en la reacción del proceso a cual de ellos se debía.

Inicie la corrección de causas por las más sencillas como pueden ser materiales, fuerza de trabajo en determinados casos. Ya que generalmente las causas por equipo son de corrección más complicada, porque tienen una variación natural en su funcionamiento.

Este es un diagrama sencillo de entender y queda una idea clara de todo lo que está afectando a un proceso y en donde deben iniciarse las correcciones del proceso.

## 2.7 EVALUACION DE LA HABILIDAD DE UN PROCESO

### HABILIDAD DEL PROCESO.

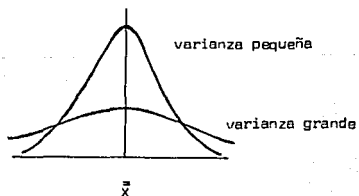
Ya que el proceso esta bajo control, tendremos ahora que determi  
nar si es hábil; o sea, que la falta de habilidad de un proceso  
está dado por la variación o falla de las causas comunes, ya que  
todas las causas especiales han sido corregidas.

La varianza es una medida de la dispersión o variación de los va  
lores de la variable aleatoria alrededor de la media.

La desviación estandar nos dará una ampliación de los límites de  
control para cubrir predicciones futuras.

Esto quiere decir que nos podremos dar cuenta de que probabilida  
des existen para tener un proceso hábil tanto a presente como a  
futuro.

De la siguiente gráfica:



Si los valores tienden a concentrarse alrededor de la media, la varianza es pequeña; si los valores tienden a distribuirse lejos de la media, la varianza es grande.

Para el cálculo de la desviación estandar usamos la fórmula:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

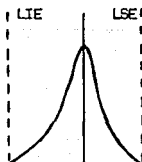
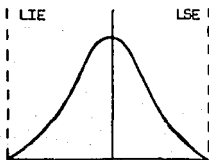
Donde:

$\bar{R}$  = Promedio de rango

$d_2$  = Constante (consultar tabla)

INTERPRETACION DE LA HABILIDAD DE UN PROCESO.

Un proceso hábil se representa gráficamente como sigue:



Donde:

LIE = Límite Inferior Especificado

LSE = Límite Superior Especificado

Una vez que el proceso está en control estadístico, es preciso observar si nuestro proceso es hábil; esto es, si cumple con las especificaciones de ingeniería en forma consistente.

Si la habilidad no es aceptable, entonces un cambio importante debe ser hecho para mejorar el sistema. Dado que la habilidad refleja una variación de causas comunes, la falta de dicha habilidad en un proceso casi siempre se debe a fallas en el sistema.

Para evaluar la habilidad del proceso es necesario que el problema de control en las gráficas  $\bar{X}$  y R ha sido resuelto (causas especiales para evitar su repetición) y el control continuo de las gráficas refleja que el proceso está en control estadístico en 24 o más subgrupos.

Secuencia para determinar la habilidad del proceso.

a) Evaluación en base, en porcentajes aceptables fuera de los límites especificados.

1. Cálculo de la desviación estándar del proceso.

Dado que la variación en el proceso de una pieza a otra se refleja en el rango del subgrupo, la estimación de la desviación estándar  $\hat{\sigma}$ , está basada en el promedio de rangos  $\bar{R}$  calculada en la gráfica de control.

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Onde:

$\bar{R}$  = Rango promedio

$d_2$  = Constante que varía en función del tamaño del subgrupo.

## 2. Cálculo de la habilidad del proceso.

La habilidad de un proceso es descrita en términos de la distancia que hay entre el promedio del proceso ( $\bar{X}$ ) y los límites de especificación, dicha distancia la definiremos en unidades que llamaremos Z.

Cuando la tolerancia de la especificación es unilateral, es decir hacia un solo lado:

$$Z = \frac{L E - \bar{X}}{\hat{\sigma}}$$

Donde:

L E = Límite especificado

$\bar{X}$  = Promedio del proceso

$\hat{\sigma}$  = Desviación estandar del proceso

Para tolerancias bilaterales, es decir hacia ambos lados:

$$Z_s = \frac{L S E - \bar{X}}{\hat{\sigma}} \quad Z_i = \frac{\bar{X} - L I E}{\hat{\sigma}}$$

Donde:

L S E = Límite superior especificado

L I E = Límite inferior especificado

$\hat{\sigma}$  = Desviación estandar del proceso

Z es usada en conjunto con la tabla de distribución normal para - estimar la fracción de piezas que están fuera de especificación.

Para tolerancias bilaterales, se calcula las fracciones fuera de - los límites superior e inferior por separado y se suman así:

$P_{Z_s} + P_{Z_i} = P_{Z_T}$  en términos de porcentaje multiplique  $P_{Z_T} \times 100$ .

Tendremos el porcentaje de piezas probables que están fuera de especificación.

Así las fracciones de piezas fuera de especificación para tolerancias bilaterales será:

$P_{Zs}$  = Valor encontrado en la tabla

$P_{Zi}$  = Valor encontrado en la tabla

$P_z$  Total =  $P_{Zs} + P_{Zi}$

En término de porcentaje:

$$P_z \text{ Total} = (P_{Zs} + P_{Zi}) \times 100$$

Sabemos de antemano que un proceso será hábil para  $\pm 3\sigma$  cuando 99.73% de las observaciones están dentro de especificaciones.

b) Evaluación por medio del cálculo de los parámetros  $H_p$  y  $H_R$

$H_p$  (Habilidad potencial)

$H_R$  (Habilidad real)

$H_p$  es la comparación entre la variación actual del proceso y la variación permitida por especificación.

$$H_p = \frac{\text{Variación especificada}}{\text{Variación actual}}$$

$$H_R = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Ahora bien los valores mínimos para que un proceso sea potencialmente hábil serán:

$$H_p = 1.00 \quad \text{para } \pm 3\sigma$$

A partir de la habilidad potencial se determina la habilidad real  $H_R$  de la siguiente manera:

Determinar el punto medio:

$$\frac{LSE + LIE}{2} = M$$

Determinar la diferencia (D) entre el punto medio de la especificación y el promedio del proceso.

$$D = |M - \bar{X}|$$

Definir el índice de localización (K)

$$K = \frac{2D}{W}$$

$$W = LSE - LIE$$

Con lo que puede determinarse la habilidad real

$$H_R = H_p(1-K)$$

Para considerar que un proceso es realmente hábil debemos tener como mínimo.

$$H_R \geq 1.00 \text{ para } \pm 3\sigma$$

Otro método para obtener la habilidad real  $H_R$  es por medio del valor (Z) calculado en el inciso a) y con la fórmula

$$H_R = \frac{Z_{min}}{3}$$



## CAPITULO III

### IMPLEMENTACION DEL PROCESO EN UNA PLANTA DE FIBRA DE VIDRIO

#### 3.1 TIPOS DE PRODUCTO.

La fibra de vidrio, o vitrofibra, es empleada como: aislante térmico y acondicionador acústico o como refuerzo de varios materiales, - principalmente de plásticos.

La fibra de vidrio, como aislamiento térmico y acondicionador acústico, consiste en pequeños y delgados filamentos - más delgados aun que un cabello - que son aglutinados con una resina de tipo fenólico.

Estos filamentos aglutinados se ofrecen en 3 presentaciones fundamentales: Placas; rollos y tubos, y varían en sus dimensiones, espesores, densidades y flexibilidad, dependiendo de la conductividad térmica que se desee mantener y cubriendo todas las necesidades del empleo de la fibra de vidrio como material aislante y acondicionador acústico.

PRODUCTOS DE FIBRA DE VIDRIO COMO AISLAMIENTO TERMICO Y ACONDICIONADOR ACUSTICO.

P L A C A	R O L L O S	T U B O S
RF-4000 AISL. SEMIRIGIDO	RW-4000 FIBRA BLANCA	VITROFORM 450
RF-7000 AISL. RIGIDO	RW-4300 COLCHONETA ARMADA	VITROFORM 850
RF-8850 VITROTEC COMERCIAL	RW-4500 COLCHONETA ARMADA	
RF-8650 VITROTEC RESIDENCIAL	VITROTERM	
RF-8200 VITROCOR	RC-4068 AISLHOGAR	
	RF-3000 AISLAMIENTO FLEXIBLE	
	HT AISLAFORM	

La fibra de vidrio como refuerzo de plásticos ha venido cumpliendo una importantísima función, pues además de las ventajas de los materiales plásticos, la fibra de vidrio agrega características de resistencia y durabilidad que superan en la mayoría de los casos a otros materiales como la madera e inclusive los metales.

PRODUCTOS DE FIBRA DE VIDRIO COMO REFUERZO

ROLLOS	BOBINAS	HILO CORTADO	MOLIDA	FILAMENTOS CORTADOS
VITROMAT 450 COLCHONETA VITROMAT 600 COLCHONETA PETATILLO 850 PETATILLO 500	ROVING HILO TORCIDO MECHA ROVING T-30	FILAMENTO TEXTIL CORTADO	FIBRA MOLIDA	WET - CHOP

CARACTERISTICAS DE LA VITROFIBRA:

- a) Alta resistencia a la tracción
- b) Perfecta elasticidad
- c) Buenas propiedades térmicas (son incombustibles y disipan bien el calor)
- d) Excelente resistencia a la humedad
- e) Excelente estabilidad dimensional
- f) Excelente resistencia a la corrosión
- g) Excelentes características eléctricas (alta rigidez y baja constante - dieléctrica)

Para mayor información sobre materiales de fibra de vidrio consultar apéndice sobre especificaciones técnicas.

### 3.2 PROCESO DE FIBRADO

Para la producción de fibras cortadas.

Se requiere un proceso especial el cual consiste en producir pequeños y delgados filamentos de fibra de vidrio - más delgado aun que un cabello - que son aglutinados con una resina de tipo fenólico integrando pequeñas celdillas que contienen aire estático en una proporción del 86 al 98% de aire y del 4 al 14% de fibra de vidrio.

Estos filamentos aglutinados se ofrecen en 3 presentaciones fundamentales placa, rollos y tubos.

Para la producción de filamentos continuos de vidrio. Trátase del proceso de fundición directa, por el cual los filamentos son formados por el paso de vidrio fundido, directamente del horno, a través de platos perforados de metal precioso.

El vidrio macizo tiene buena resistencia a la compresión, sin embargo, trabaja mal a la tracción (30 - 40 kg/cm<sup>2</sup>), en cambio, en forma de fibra de bajo diámetro, su resistencia a la tracción es - del orden de 35,000 kg/cm<sup>2</sup>.

Este aumento a la resistencia se debe a una verdadera unión íntima de la materia en el momento de la formación, debido a las condiciones excepcionales a las que la masa de vidrio es sometida en una brevísima fracción de segundo tales como:

- a) Aceleración subita del estado de reposo (masa fundida en el - horno) a la velocidad de 200 km/hora.
- b) Una gota que asoma por un orificio de diámetro de 2mm. es reducida violentamente a una sección 50,000 veces menor.
- c) Simultaneamente, la temperatura de 1400°C, baja a 100°C, pasando el vidrio del estado líquido al estado sólido.

Inmediatamente después de su formación, los filamentos son impregnados con un tratamiento químico especial, que sirve para hacer compatible - al vidrio (inorgánico) con las diversas resinas plásticas (orgánicas).

### 3.3 PROCESO POR ANALIZAR

Para poder mejorar la productividad, una de las muchas técnicas puede ser el mejoramiento de la calidad de los productos, este mejoramiento se obtendrá a partir de una adecuada aplicación de la herramienta control estadístico del proceso (C.E.P.) al proceso de producción y al - alcanzar los objetivos de los círculos de calidad.

Al mejorar la calidad los beneficios obtenidos serán:

- DISMINUCION DE COSTOS
- MENOS RETRABAJO
- DISMINUIR ERRORES
- EVITAR RETRASOS
- ELIMINAR TROPIEZOS
- USO ADECUADO DE TIEMPO, MAQUINA, MATERIALES

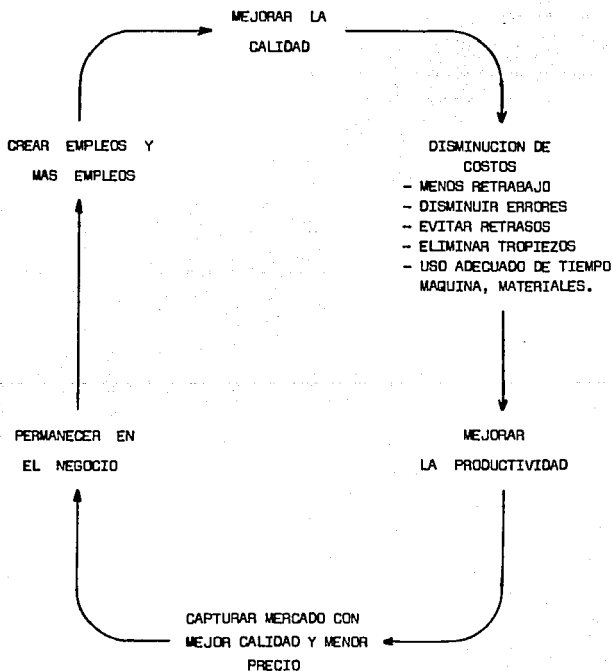
La mejora del proceso aumenta la uniformidad del producto final, reduce el retrabajo y los errores. Reduce desperdicios de mano de obra, tiempo, máquina y materiales; lo cual incrementa lo obtenido con menor esfuerzo. Otros beneficios de calidad mejorada son costos menores, mejor posición competitiva y personal más feliz en su trabajo y más empleo a través de la mejor posición competitiva de la compañía.

La reducción de desperdicio transforma las horas hombre y máquina - de la producción de productos defectuosos en producción adicional - de productos buenos. Esto es, la productividad de la línea es -

incrementada. Los beneficios de una mejor calidad a través de una - mejora del proceso no son solamente una mejor calidad sino una mayor productividad.

Una vez mejorada la calidad y productividad se obtendrá una captura del mercado que permitirá permanecer en el mercado y así poder crear más empleos.

El enfoque de mejorar la calidad podría ser ilustrado con el siguiente esquema:



### 3.4 APLICACION Y RESULTADOS DEL C.E.P.

Se tomó una muestra con los productos con mayor cantidad de piezas rechazadas por diferentes defectos; los cuales son:

RF - 3150 AEROCOR

RF - 4150 AISLAMIENTO SEMIRIGIDO

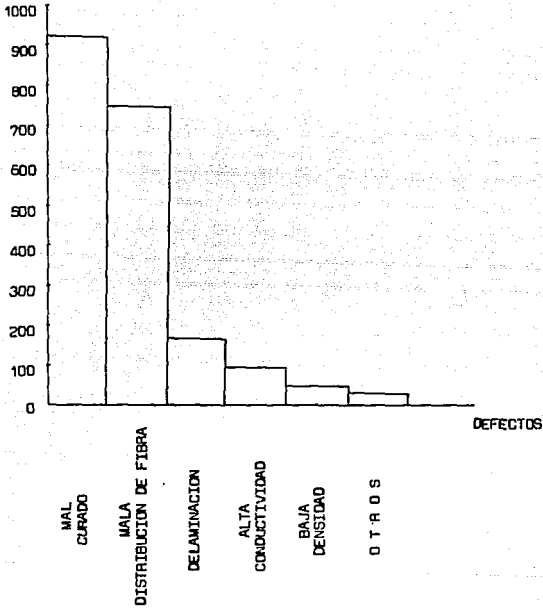
CARF - 4200 AISLAMIENTO SEMIRIGIDO

A continuación se muestra más claramente lo antes dicho, mediante una tabla de defectos para los productos mencionados y un diagrama de pareto.

PRODUCTOS	D E F E C T O S						TOTAL
	MAL CURADO	MALA DISTRIB. DE FIBRA	DELAMINACION	ALTA CONDUCTIVIDAD	BAJA DENSIDAD	OTROS	
RF-3150	200	150	20	10	-	-	380
RF-4150	300	200	50	40	20	10	620
CARF-4200	420	400	100	50	30	20	1020
T O T A L	920	750	170	100	50	30	2020

### DIAGRAMA DE PARETO

PZAS



Mediante Diagramas Causa - Efecto se analizaron los defectos mostrados en el Diagrama de Pareto con mayor grado de incidencia. Siendo así el mal curado Diagrama 3.1 y mala distribución de fibra Diagrama 3.2 que se muestran a continuación:



DIAGRAMA CAUSA - EFECTO

CURADO EN ESTUFA DE LINEAS DE PRODUCCION

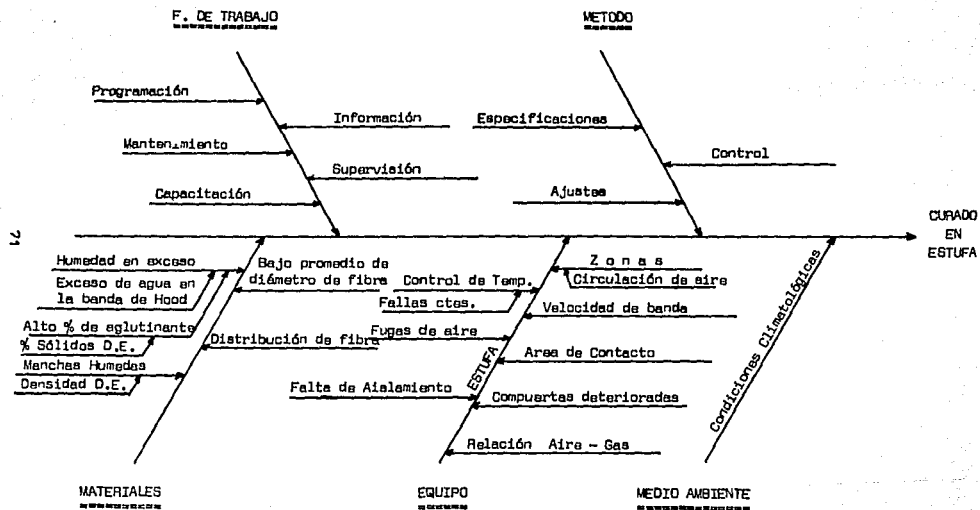
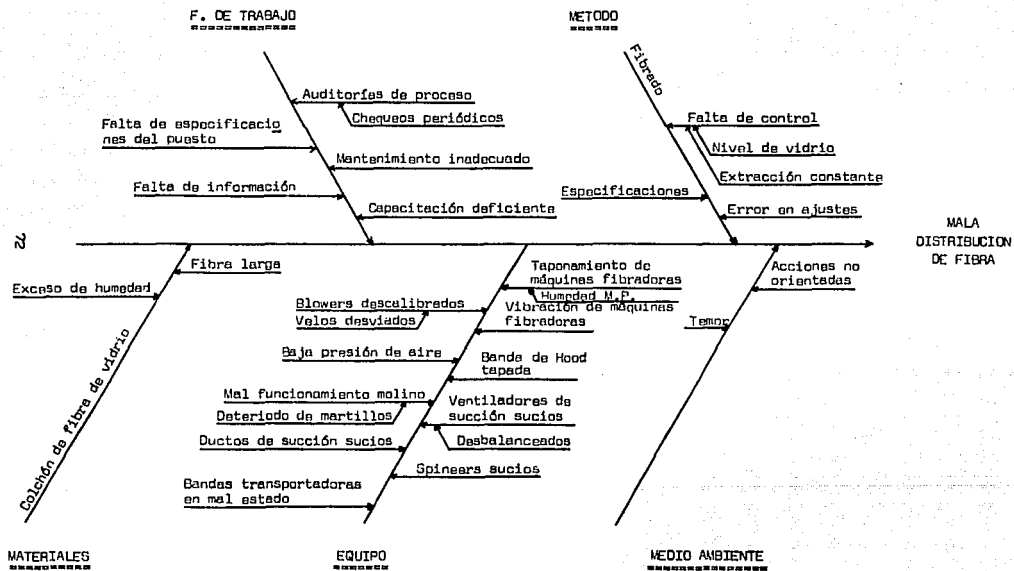


DIAGRAMA 3.1

DIAGRAMA CAUSA - EFECTO

MALA DISTRIBUCION DE FIBRA DE VIDRIO



Una vez corregidos algunos de los problemas más relevantes se midieron los resultados con gráficas de control  $\bar{X} - R$  ( Gráfica 3.3, - Gráfica 3.4 y Gráfica 3.5 ) y gráficas de control por medianas  $\bar{X}$  ( Gráfica 3.6 ), las cuales se muestran a continuación.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD  
\*\*\*\*\*

U.N.A.M. - F.E.S. - C

DEPARTAMENTO: LINZA AISLANTES TERMOACUSTICOS

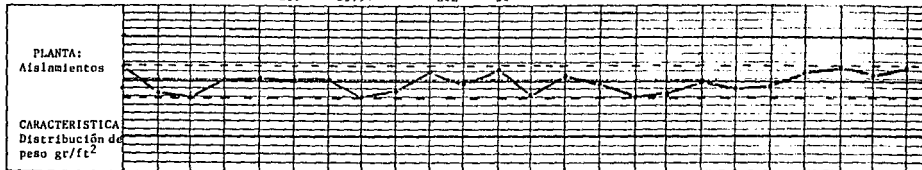
FECHA: MARZO DE 1988

TAMAÑO DE MUESTRA: 5

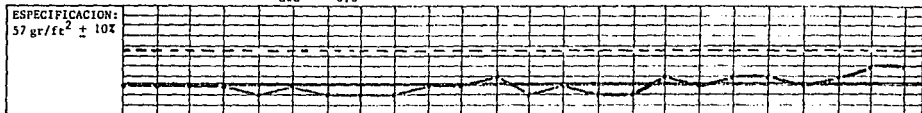
HUESTRA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
PRODUCTO	RF 3150																								
FECHA:	04							07							11						14				
TAMAÑO DE MUESTRA	1	58	58	55	58	59	58	58	55	56	60	58	61	57	57	58	56	55	58	57	58	57	59	62	
	2	58	56	58	57	59	58	59	56	56	59	56	60	56	59	58	55	54	59	55	55	60	60	55	59
	3	61	56	55	58	57	59	58	57	57	57	57	55	58	58	56	57	56	59	56	59	56	59	58	
	4	61	55	56	60	57	56	57	56	56	59	59	58	57	60	58	57	58	57	58	58	59	59	59	57
	5	59	57	56	57	59	59	58	56	58	60	58	60	56	59	56	56	58	59	56	59	59	60	60	61
SUMA:		297	282	280	290	291	290	290	280	283	295	288	296	281	293	288	280	282	289	285	286	294	297	292	297
PROMEDIO: $\bar{X}$		59.4	56.4	56.0	58	58.2	58	58	56	56.6	59	57.6	59.2	56.2	58.6	57.6	56	56.4	57.8	57	57.2	58.8	59.4	58.4	59.4
RANGO: R		3	3	3	3	2	3	2	2	2	3	3	4	2	3	2	2	4	3	4	4	3	4	5	5

74

LSC = 59.5      LSE = 63       $\bar{X}$  = 57.72  
LIC = 55.94      LIE = 51



LSC = 6.51       $\bar{X}$  = 3.08  
LIC = 0.0



GRAFICA 3.3

CONTROL DE CALIDAD  
\*\*\*\*\*

U.N.A.M. - F.E.S. - C

FECHA: MAYO 12 DE 1988

TAMAÑO DE MUESTRA: 5

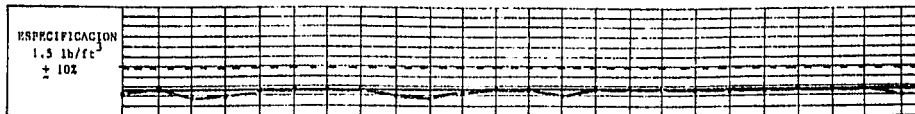
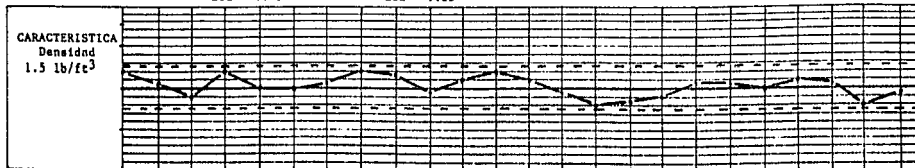
MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
PRODUCTO RF 4150																									
TAMAÑO DE MUESTRA	1	1.58	1.48	1.52	1.57	1.50	1.55	1.49	1.59	1.52	1.49	1.52	1.60	1.51	1.46	1.51	1.52	1.47	1.53	1.56	1.54	1.51	1.51	1.46	1.48
	2	1.50	1.57	1.45	1.49	1.55	1.46	1.45	1.50	1.57	1.53	1.57	1.51	1.56	1.52	1.42	1.43	1.52	1.57	1.47	1.45	1.56	1.46	1.51	1.53
	3	1.55	1.49	1.49	1.55	1.46	1.49	1.54	1.53	1.49	1.46	1.48	1.57	1.47	1.45	1.43	1.48	1.42	1.50	1.50	1.49	1.47	1.47	1.42	1.45
	4	1.54	1.47	1.48	1.55	1.47	1.51	1.53	1.55	1.51	1.47	1.49	1.52	1.49	1.53	1.48	1.47	1.51	1.49	1.53	1.53	1.49	1.55	1.43	1.47
	5	1.53	1.55	1.46	1.54	1.52	1.49	1.54	1.53	1.56	1.51	1.52	1.50	1.55	1.49	1.46	1.45	1.49	1.48	1.49	1.49	1.55	1.55	1.49	1.51
SUMA	7.70	7.56	7.40	7.70	7.50	7.50	7.55	7.70	7.65	7.46	7.58	7.70	7.58	7.45	7.30	7.35	7.41	7.57	7.55	7.50	7.58	7.54	7.31	7.44	
PROMEDIO $\bar{X}$	1.54	1.51	1.48	1.54	1.50	1.50	1.51	1.54	1.53	1.49	1.52	1.54	1.52	1.49	1.46	1.47	1.48	1.51	1.51	1.50	1.52	1.51	1.46	1.49	
RANGO R	0.08	0.1	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.1	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	
NOTAS																									

75

LSC = 1.55  
LIC = 1.45

LSE = 1.65  
LIE = 1.35

$\bar{X} = 1.50$



GRAFICA 3.4

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD  
\*\*\*\*\*

U.N.A.H. - P.E.S. - C

DEPARTAMENTO: LINEA AISLAMIENTOS

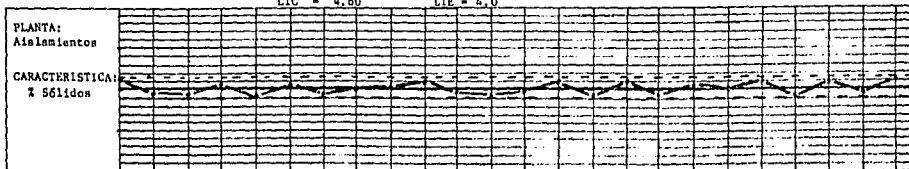
FECHA: MARZO 4 DE 1988

TAMAÑO DE MUESTRA: 5

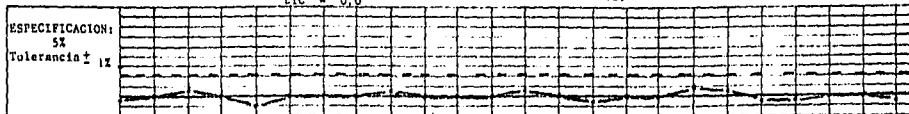
MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
PRODUCTO	CARF - 4200																								
HORA:																									
TAMAÑO DE MUESTRA	1	5.4	5.1	4.8	5.3	4.8	5.3	4.7	4.9	5.4	5.3	4.8	5.0	5.2	5.4	4.7	5.3	4.7	5.4	5.2	5.4	4.8	5.4	4.8	5.2
	2	5.2	4.8	4.6	5.0	4.8	5.0	4.9	5.2	5.1	5.0	4.9	5.1	4.8	5.0	5.0	5.4	4.9	5.0	5.3	5.1	4.9	5.0	5.2	5.3
	3	5.3	4.9	5.0	4.9	4.7	4.9	5.1	4.8	4.9	5.0	5.2	4.8	5.0	5.3	4.9	5.2	4.9	5.3	4.9	5.1	5.1	5.3	4.9	5.4
	4	5.1	5.0	5.1	5.2	4.9	5.2	4.7	5.0	4.9	5.4	5.1	4.7	4.7	5.2	4.9	5.1	5.1	4.9	4.9	5.3	4.9	5.2	4.8	5.2
	5	5.2	4.7	4.9	5.1	4.9	4.9	4.9	5.1	5.0	5.3	4.8	4.8	5.1	5.1	4.8	5.0	4.8	4.8	4.8	5.2	5.0	5.1	4.9	5.1
SUMA:	26.2	24.5	24.4	25.5	24.1	25.3	24.3	25.0	25.3	26.0	24.8	24.4	24.8	26.0	24.3	26.0	24.4	25.4	25.1	26.1	24.7	26.0	24.6	26.2	
PROMEDIO $\bar{x}$	5.24	4.90	4.88	5.10	4.82	5.06	4.86	5.0	5.06	5.20	4.96	4.88	4.96	5.20	4.86	5.20	4.88	5.08	5.02	5.22	4.94	5.2	4.92	5.24	
RANCO: R	0.3	0.4	0.5	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	
NOTAS:																									

76

LSC = 5.25      LSE = 6.0       $\bar{x}$  = 5.03  
LIC = 4.80      LIE = 4.0



LSC = 0.82      R = 0.39  
LIC = 0.0



GRAFICA 3.5

**CONTROL DE CALIDAD**  
\*\*\*\*\*

U.N.A.M. - F.E.S. - C

FECHA: MARZO 1968

TAMAÑO DE MUESTRA: 5

MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
PRODUCTO: CARGAS M. P.																									
TAMAÑO DE MUESTRA	1	.80	.73	.95	.70	.90	.92	.87	.80	.85	.75	.95	.95	.85	.77	.80	.72	.80	.92	.65	.82	.70	.70	.72	.90
	2	.75	.65	.93	.75	.85	.90	.82	.65	.80	.77	.90	.87	.80	.75	.75	.77	.85	.90	.77	.77	.75	.95	.75	.85
	3	.70	.90	.90	.80	.87	.82	.72	.82	.77	.80	.80	.90	.75	.72	.70	.65	.90	.80	.70	.65	.65	.90	.77	.80
	4	.65	.80	.75	.72	.80	.77	.75	.70	.75	.70	.85	.80	.73	.70	.85	.70	.95	.75	.80	.72	.60	.85	.87	.75
	5	.77	.78	.80	.65	.70	.75	.65	.75	.70	.85	.77	.75	.70	.65	.95	.75	.97	.87	.75	.70	.80	.75	.82	.70
MEDIANA		.73	.78	.90	.75	.85	.82	.75	.65	.77	.77	.85	.87	.75	.72	.80	.72	.90	.87	.75	.72	.70	.85	.77	.80
RANGO		.15	.25	.20	.15	.20	.17	.22	.19	.15	.15	.18	.20	.15	.12	.25	.12	.17	.17	.15	.17	.20	.25	.15	.20
NOTAS																									

LSC = 0.91  
LIC = 0.65

$\bar{X} = 0.78$



LSC = 0.38  
LIC = 0.0

$\bar{R} = .18$



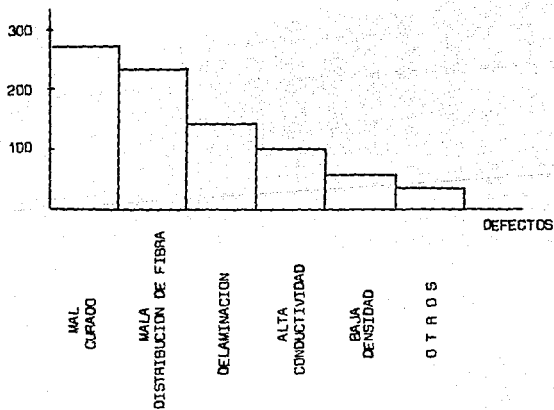
GRAFICA 3.6

Como se puede apreciar en estas gráficas las propiedades se encuentran bajo control, es decir no existen causas especiales en ellas.

Para apreciar más claramente los efectos del C.E.P. en el proceso, a continuación se muestra una tabla de defectos, así como un diagrama de pareto para los mismos productos, después de haber corregido los problemas más relevantes.

PRODUCTOS	D E F E C T O S						TOTAL
	MAL CURADO	MALA DISTRIB. DE FIBRA	DELAMINACION	ALTA CONDUCTIVIDAD	BAJA DENSIDAD	OTROS	
RF 3150	70	45	15	10	5	-	145
RF 4150	90	60	45	35	15	10	255
CARF 4200	110	130	80	55	35	25	435
T O T A L	270	235	140	100	55	35	835

PZAS





### 3.5 HABILIDAD DEL PROCESO.

Para determinar la habilidad del proceso utilizaremos los datos de las gráficas  $\bar{X} - R$  que se obtuvieron después de haber corregido los problemas que afectaron al proceso.

Habilidad del proceso mediante la gráfica RF - 3150 en base a porcentajes aceptables fuera de los límites especificados.

Proceso: Fibras cortas para Aislamientos Térmicos

Material: RF - 3150

Propiedad: Distribución de peso gr/ft<sup>2</sup>

Especificación: 57 gr/ft<sup>2</sup>  $\pm$  10%

LSE = 63

LIE = 51

Número de muestras = 24

Tamaño de muestra = 5

$$\hat{\sigma} = \frac{R}{d_2} = \frac{3.08}{2.326} = 1.32$$

$d_2 = 2.326$  para  $n = 5$

$$Z_9 = \frac{LSE - \bar{X}}{\hat{\sigma}} = \frac{63 - 57.7}{1.32} = 4.01$$

$$Z_1 = \frac{\bar{X} - LIE}{\hat{\sigma}} = \frac{57.7 - 51}{1.32} = 5.07$$

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

De la tabla de área bajo la curva normal del apéndice, tenemos - el porcentaje de piezas probables fuera de especificación de la - forma siguiente:

$$Z_s = 0.0 \quad \text{en porcentaje} = 0.0 \%$$

$$Z_i = 0.0 \quad \text{en porcentaje} = 0.0 \%$$

$$P_{Z_T} = P_{Z_s} + P_{Z_i} = 0.0 + 0.0 = 0.0$$

proporción de material probable fuera de especificación.

Sabemos de antemano que un proceso será hábil para  $\pm 3\sigma$  cuando el 99.73% de las observaciones estan dentro de especificación. En nuestro ejemplo, el 100% de las observaciones estan dentro de especificaciones.

Por lo tanto nuestro proceso es hábil.

Evaluación por medio del cálculo de parámetros HP y HR.

Parámetro HP :

$$HP = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} = \frac{63 - 51}{6(1.32)} = \frac{12}{7.92} = 1.51$$

Los valores mínimos para que un proceso sea potencialmente hábil serán:  $HP = 1.0$  para  $\pm 3\sigma$

Parámetro HR :

$$HR = \frac{Z_{min}}{3} = \frac{5.07}{3} = 1.69$$

Para considerar que un proceso es realmente hábil debemos tomar como mínimo:  $HR \geq 1.00$  para  $\pm 3\sigma$

De todo lo anterior, podemos concluir que el sistema propuesto - (C.E.P.), es una herramienta estadística de incalculable valor - con la cual podemos incrementar la productividad en cualquier - empresa.

## C A P I T U L O    I V

### LA COMPUTADORA COMO EQUIPO DE APOYO AL CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

#### 4.1 CLASIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS Y VARIABLES DEL PROCESO EN LA COMPUTADORA.

El manejo de la información del Control Estadístico del Proceso, y las variables a controlar en un proceso en la computadora, es de suma importancia para tener una información eficaz, oportuna y poder llevar a cabo una adecuada interpretación de la información de las características de un producto y variables de un proceso.

Los cálculos y el análisis que se obtenga en la computadora de los resultados de un proceso nos darán confianza para tomar decisiones acertadas en el control de los procesos.

Con el equipo de cómputo facilitará la elaboración de los reportes estadísticos a la Gerencia y la información oportuna y confiable al personal de la planta interesada en el comportamiento de los procesos y la calidad de los productos, así como dar un mejor servicio a clientes.

Para poder tener una información organizada es necesario tener una adecuada clasificación de los productos y variables del proceso en la computadora. Dicha clasificación puede realizarse de varias maneras y de la forma más conveniente.

Una manera de clasificar en la computadora las características de un producto y las variables a controlar de un proceso, puede ser de la forma siguiente:

En la elaboración de un producto en cualquier industria, se tiene la información del comportamiento del mismo, es decir, de todas sus características del producto, así como el comportamiento de las variables del proceso. Esta información es registrada en un reporte en el cual se registran los valores en cifras y es donde se registran las características más importantes del producto, así como las variables más importantes a controlar del proceso.

Cada característica de un producto, variable del proceso, se alimenta en la computadora en un formato previamente elaborado.

La parte de la información comprendida por gráficas la obtendremos al alimentar los valores en cifras de las características del producto, así como las variables del proceso.

Es así que una manera de poder clasificar las características de un producto y las variables a controlar de un proceso será:

Primeramente se clasificará la parte principal de la información, es decir, la parte matriz donde se encuentran los cálculos y los datos principales de la característica del producto o variable del proceso. Esta clasificación se llevará a cabo de acuerdo a cada característica del producto y a cada variable del proceso.

Para la parte formada por gráficas, la clasificación se llevará a cabo de acuerdo al tipo de gráfica, como es gráfica  $\bar{X} - R$ , gráfica  $\bar{X}$  y gráfica R.

Para clasificar la parte principal de la información comprendida por datos, o bien las variables del proceso, una forma puede ser usando la clave del producto, la característica del producto y la fecha en que se produjo (día, mes y año).

La clave utilizada en la computadora para la propiedad densidad del producto RF-8850 se haría de la forma siguiente:

Los dos primeros dígitos representan la clave del producto (FR-8850), el siguiente dígito representa la característica del producto (densidad), los dos siguientes dígitos representan al día en que se produjo dicho producto, el siguiente dígito representa al mes en que se produjo dicho producto que puede clasificarse usando letras del alfabeto o bien otra forma.

Los dos últimos dígitos corresponden al año en que se produjo dicho producto.

Así, una clasificación en la computadora para la característica densidad de un producto aislante para techos VITROTEC de fibra de vidrio queda clasificado en la computadora como F8D12E88.

De esta manera podemos tener una clasificación adecuada en la computadora para la característica densidad de un producto VITROTEC COMERCIAL RF-8850.

De esta misma forma podemos clasificar en la computadora otra característica del mismo material como es el porcentaje de aglutinante contenido en dicho producto y sería F8B12E88.

Así en esta clasificación únicamente cambiará el tercer dígito por ser el porcentaje de aglutinante la característica de interés para el análisis del producto.

Para clasificar la parte de la información comprendida por las gráficas puede ser de la forma siguiente:

Para una mejor interpretación de las gráficas, se clasificarán como:

Gráfica  $\bar{X} - R$ ; formada por la parte de promedio  $\bar{X}$  y la parte de rango R.

Gráfica  $\bar{\bar{X}}$ ; formada únicamente por la parte de promedios  $\bar{\bar{X}}$ .

Gráfica R; formada únicamente por la parte de rangos R.

La gráfica  $\bar{X}$ -R por estar formada por la parte de promedios y la parte de rangos y por ser la primera gráfica que da información tanto en promedio como en rango de la característica del producto o variable del proceso, la podemos clasificar en la computadora como RP-PRIMERA la cual, la clave RP corresponde a el rango y promedio de la primera gráfica.

La gráfica  $\bar{X}$ , por estar comprendida únicamente por la parte de promedios y por ser necesaria para una mejor interpretación de la misma, la podemos clasificar en la computadora como P-SEGUNDA la cual, la clave P corresponde a el promedio de la segunda gráfica de la característica del producto.

La gráfica R, por estar comprendida únicamente por la parte de rangos y por ser necesaria para una mejor interpretación de la dispersión de los valores de la característica del producto o variable del proceso, la podemos clasificar en la computadora como R-TERCERA la cual, la clave R corresponde a el rango de la tercera gráfica de la característica del producto o variable del proceso.

Así para clasificar una gráfica de la característica densidad de un producto aislante para techos VITROTEC RF-8850 COMERCIAL de fibra de vidrio en la computadora puede ser: RP-PRIMERA; P-SEGUNDA y R-TERCERA las cuales nos van a indicar si es gráfica de rango y promedios ( $\bar{X}$ -R), gráfica de promedios ( $\bar{X}$ ), gráfica de rangos (R) de la característica densidad de un producto RF-8850 VITROTEC COMERCIAL.

De esta manera obteniendo estos tres tipos de gráficas podemos realizar una clara interpretación de cada gráfica.

#### 4.2 ALIMENTACION DE INFORMACION AL EQUIPO DE COMPUTO

Para poder completar la información de las características de un producto o variables de un proceso para un análisis completo de los procesos para el personal de planta interesado en el comportamiento del proceso y los clientes interesados en la calidad de sus productos, es necesario poseer un equipo de cómputo con el cual es posible completar dicha información.

El equipo de cómputo puede ser de cualquier marca y capacidad dependiendo de la cantidad de información que se desee manejar, uno de los sistemas empleados para el manejo del control estadístico del proceso es el sistema LOTUS 1,2,3, 1a. versión o 2a. versión ya que es común el manejo de varios paquetes del sistema LOTUS en los diferentes departamentos de la planta.

La alimentación de información al equipo de cómputo debe llevarse a cabo por personal ampliamente capacitado y con conocimiento del proceso.

La alimentación de la información de las características de un producto y las variables de un proceso, se llevan a cabo en forma continua o después de una corrida en la línea de producción.

En forma continua se lleva a cabo cuando existe una característica de algún producto nuevo o muy sofisticado, el cual requiere el mejor cuidado de sus variables de control en el proceso en su elaboración.

Una vez alimentada la información se procede a observar el comportamiento de las características del producto o variables del proceso mediante la interpretación de sus gráficas de control y así de

esta manera se hacen las correcciones necesarias de las características de un producto mediante la corrección de las variables del proceso.

En forma normal la alimentación de información al equipo de cómputo se lleva a cabo al finalizar cada prueba al producto y se alimentan cada característica del producto o variable del proceso.

Para realizar un análisis estadístico es necesario coleccionar al menos de 20 a 25 subgrupos.



#### 4.3. INTERPRETACION Y CORRECCION DEL PROCESO

Para poder llevar a cabo una adecuada corrección en el proceso - es necesario realizar un adecuado análisis de las gráficas de control, es decir, identificar por medio de estas cual es la variación del proceso, cuales son las causas comunes y cuales son las causas especiales de variación y en función de esto tomar alguna acción apropiada - en el proceso cuando se requiera.

Para realizar una adecuada interpretación de los procesos se procede al análisis de los datos de las gráficas como lo ya visto en el capítulo dos, sección interpretación y corrección del proceso, y así poder llevar a cabo las correcciones necesarias en el proceso.

En empresas de mayor magnitud se presentan problemas en el análisis - de las gráficas por el manejo de mayor información que origina que - los cálculos estadísticos y elaboración de las gráficas sean muy laboriosos y que en ocasiones se presta a cometer errores por cansancio - humano, una manera de poder evitar posibles errores en los cálculos y elaboración de las gráficas puede ser utilizando el equipo de cómputo como apoyo. De esta manera además de eliminar errores se reduce el - tiempo de elaboración de las gráficas y obtención de los cálculos.

Mediante el equipo de cómputo como apoyo, nos permite realizar una - adecuada interpretación del proceso mediante la cual podremos realizar correcciones necesarias y oportunas al proceso, elaborar reportes estadísticos e información estadística de la calidad de los productos y variables del proceso a la gerencia y a los distintos departamentos involucrados en el proceso. Además, elaborar estadísticas de calidad a clientes cuando así se requiera.

Para poder realizar una adecuada interpretación del proceso es necesario conocer los parámetros que integran la información en la computadora.

A continuación se muestra la información estadística en un producto - RF - 5250 Au utilizado en la fabricación de toldos de automóviles, - que se obtuvo de la interpretación de gráficas por variables en la - computadora.

Esta información esta compuesta por la parte de los valores alimentados y los cálculos obtenidos y la parte formada por la gráfica  $\bar{X} - R$  para la característica: Distribución de Peso del Producto RF-5250Au.

AB

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

\*\*\*\*\*

VALDR DE A2:	0.729	PROMEDIO DIARIO:	1070.00	d2 =	2.059
LSC :	1112.28	LIC :	1027.72	RANGO PROMEDIO:	58.00
VALDR DE D4:	2.282	VALDR DE D3:	0	DESV. ESTANDAR =	28.17
LSCR :	132.36	LICR :	0.00	Z SUPERIOR =	1.07
PRODUCTO:RF-5250 TRIANGEL		CARACTERISTICA:	DISTRIBUCION DE PESO GR/M2	Z INFERIOR =	6.04
FECHA:	29 MAYO 1987	TAMANO DE MUESTRA:	4		
NUMERO DE SUBGPOS:	15	LSE :	1100.0	LIE :	900.0

=====

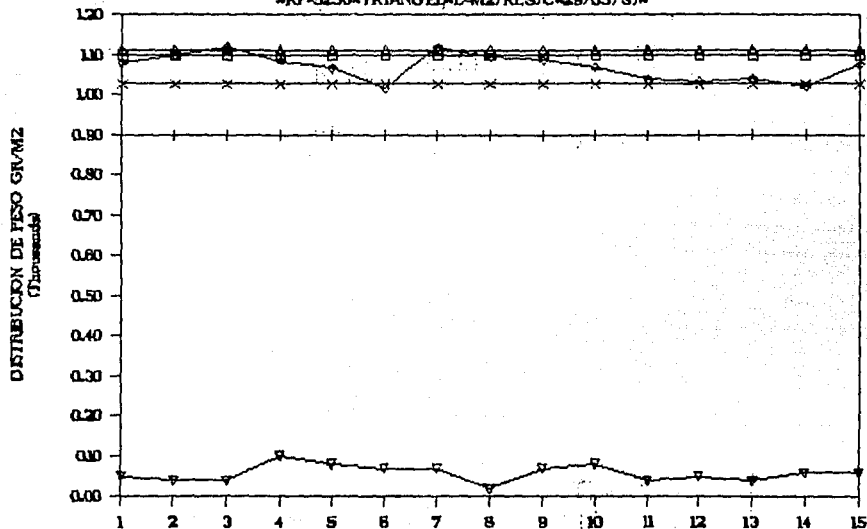
FECHA	LOTE - M27REG7C											
SUBGPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DATOS DE MUESTRA												
1	1100	1080	1140	1020	1120	1070	1140	1100	1120	1020	1060	1050
2	1050	1100	1120	1100	1050	1000	1140	1080	1100	1060	1060	1000
3	1100	1100	1120	1100	1040	1000	1120	1100	1080	1100	1020	1040
4	1070	1120	1100	1120	1060	1000	1070	1100	1050	1100	1020	1050
5												
6												
7												
SUMA	4320.0	4400.0	4480.0	4340.0	4270.0	4070.0	4470.0	4380.0	4350.0	4280.0	4160.0	4140.0
PROMEDIO	1080.0	1100.0	1120.0	1085.0	1067.5	1017.5	1117.5	1095.0	1087.5	1070.0	1040.0	1035.0
MAYOR	1100.0	1120.0	1140.0	1120.0	1120.0	1070.0	1140.0	1100.0	1120.0	1100.0	1060.0	1050.0
MEJOR	1050.0	1080.0	1100.0	1020.0	1040.0	1000.0	1070.0	1080.0	1050.0	1020.0	1020.0	1000.0
RANGO	50.0	40.0	40.0	100.0	80.0	70.0	70.0	20.0	70.0	80.0	40.0	50.0

=====

13	14	15
1080	1060	1040
1020	1000	1060
1060	1020	1100
1020	1000	1100
4160.0	4080.0	4300.0
1040.0	1020.0	1075.0
1060.0	1060.0	1100.0
1020.0	1000.0	1040.0
40.0	60.0	60.0

# CONTROL DE CALIDAD

«RP-5250» TRIANGEL «L-M27 RES 7C» 28/05/87»



0 LIE

+ LIE

◇ PROM

△ LSCX

× LICK

▽ RANGO

## PARAMETROS DE LA MATRIZ

Se le llama matriz en la computadora a la parte compuesta por la mayor información estadística, es decir, la parte formada por datos especificados, constantes, valores en cifras obtenidos de las características del producto y variables del proceso, y cálculos estadísticos.

La parte compuesta por los datos especificados la integran, el producto que se está elaborando, la característica del producto a controlar o variable a controlar del proceso y los límites especificados.

Los límites especificados para tolerancias bilaterales serán el límite superior especificado (LSE) y el límite inferior especificado (LIE).

La parte compuesta por las constantes para calcular los límites de control de las gráficas la integran las constantes  $A_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  y  $d_2$ .

Las cuales  $A_2$  es una constante para calcular los límites de control en la gráfica de promedios.

$D_3$  y  $D_4$  son constantes para calcular los límites de control en la gráfica de rangos.

$d_2$  es una constante para calcular la desviación estándar del proceso.

La parte compuesta por los valores en cifras obtenidas de las características de los productos y variables del proceso está integrada por los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las características de los productos y los valores obtenidos de las variables del proceso, así como el tamaño de la muestra y el número de subgrupos. Es importante que para un estudio inicial de un proceso el tamaño de muestra esté comprendida de 2 a 10 piezas y el número de subgrupos según estudios previos estadísticos sea de 20 a 25 subgrupos.

La parte compuesta por los cálculos estadísticos la integran el cálculo del promedio ( $\bar{X}$ ) y rango (R) de cada subgrupo. El promedio del proceso ( $\bar{\bar{X}}$ ) y el rango promedio ( $\bar{R}$ ), el límite de control superior del promedio (LSC), el límite de control inferior del promedio (LIC), el límite superior de control del rango (LSCR) y el límite inferior de control del rango (LICR), desviación estándar y Pz compuesta por la suma de Z superior y Z inferior para el cálculo de la proporción del resultado del proceso fuera del límite especificado (para un proceso que está bajo control estadístico y normalmente distribuido).

La parte formada por gráficas de control por variables en la computadora esta compuesta por tres diferentes gráficas por características del producto y variable del proceso, como son: gráficas  $\bar{X} - R$ ; gráficas  $\bar{X}$  y gráficas R. Las cuales dan información de las características del producto y variables del proceso de la forma más conveniente.

Estas gráficas están integradas por las siguientes partes:

Tipo de producto, características del producto, fecha de fabricación, cliente, lote del producto, número de subgrupos, promedio y rango para cada subgrupo de la característica del producto, límites especificados, límites de control y simbología.

La parte integrada por el tipo de producto está identificada por la clave - del material.

La parte integrada por la característica del producto forma la parte de la ordenada en la gráfica, en la cual se encuentran los valores promedio y rango para cada subgrupo.

La parte integrada por la fecha de fabricación es cuando el producto se estuvo fabricando y está comprendida por el día, mes y año.

La parte integrada por el cliente es opcional, es decir, puede o no - aparecer en la gráfica dependiendo si es cliente especial.

La parte integrada por lote también es opcional y solo se coloca cuando se requiere, cuando el cliente solicita estadísticas de calidad.

La parte comprendida por número de subgrupos forma la parte de las - abscisas en la gráfica.

La parte formada por el promedio y el rango de cada subgrupo es el - conjunto de puntos que forman la gráfica  $\bar{X} - R$ .

La parte integrada por los límites especificados y de control son - los que nos dan el comportamiento de la característica del producto o variable del proceso.

La parte integrada por simbología se expresa de la forma siguiente:

- LSE = Límite superior especificado de la caracterís-  
tica del material.
- ⊕ LIE = Límite inferior especificado de la caracterís-  
tica del material.
- ⋄ PROM = Promedio de cada subgrupo.
- △ LSCX = Límite superior de control para la gráfica de  
promedios.
- ⊗ LICX = Límite inferior de control para la gráfica de  
promedios.
- ▽ RANGO = Rango de cada subgrupo.

#### 4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

De acuerdo a experiencias adquiridas al utilizar la computación - como equipo de apoyo al Control Estadístico del Proceso, las ventajas que se han obtenido son las siguientes:

1. Mejora de la calidad y productividad
2. Correcciones adecuadas en los procesos
3. Elimina los cálculos tediosos de
  - el promedio ( $\bar{X}$ )
  - el rango (R)
  - el promedio del proceso ( $\bar{\bar{X}}$ )
  - el rango promedio ( $\bar{R}$ )
  - la desviación estandar
  - los límites de control para la gráfica de promedios y rangos
  - el cálculo de  $Z_{superior}$  y  $Z_{inferior}$  para calcular  $P_z$
  - que representa la fracción de piezas fuera de especificación
4. Ahorro en tiempo y eliminación de fatiga de los cálculos
5. Mayor confiabilidad de los cálculos
6. Obtención de las gráficas automáticamente al alimentar los subgrupos
7. La información puede ser consultada a cualquier hora, ya sea en pantalla o impresa para información de la calidad o variables del proceso para clientes o personal de planta, para cualquier aclaración.
8. Se da mejor servicio a clientes mediante la extensión de estadísticas de calidad.
9. Elimina el papeleo
10. Se lleva una evaluación de la calidad por cada producto y se — lleva por día, mes y año; mediante un índice de calidad que se va mejorando cada día mediante correcciones que se hacen al proceso. Este índice de calidad nos permite conocer la tendencia de la calidad para cada producto
11. Entrega oportuna del reporte estadístico de calidad a la Gerencia

LAS DESVENTAJAS SON:

1. Se requiere personal ampliamente capacitado para el manejo del equipo y con un amplio conocimiento del proceso, pues un error en el manejo del equipo puede borrar el sistema, o bien un error en la alimentación puede ocasionar un descontrol en el proceso al realizar correcciones y deteriorar la calidad del producto.



2. Se requiere un equipo para el control estadístico del proceso exclusivamente por manejarse demasiada información. Esto es esencial, ya que al introducir otra información de otros departamentos al mismo equipo ocasiona que se pierda el interés por parte de las personas involucradas, de informarse de su proceso, por no poder informarse en el momento apropiado por estar utilizando el equipo otros departamentos.
3. La consulta de información requiere cierto tiempo para hacer la interpretación adecuada.
4. El personal que requiere de la información de la computadora debe estar concientizado de la importancia que representa - esta información.
5. Se requiere de cierto tiempo para la elaboración del reporte de calidad para ser presentado a la Gerencia y para poder ser discutido por los distintos departamentos involucrados en el proceso.

## LOS CIRCULOS DE CALIDAD COMO ASPECTO HUMANO EN EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD

## 5.1 INTRODUCCION.

Una fuerza que vino a reforzar la explosión de calidad y productividad en Japón en 1960, fue la formación de los círculos de calidad por el Dr. K. Ishikawa.

Los círculos de calidad fueron concebidos en Japón en 1951, bajo el liderato del Dr. Kerou Ishikawa, entonces Profesor de Ingeniería en la prestigiada Universidad de Tokio, Japón. El Dr. Ishikawa, bajo el patrocinio de la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses (JUSE), fusionó las teorías de conducta de científicos - como Maslow, Herzberg y Mc. Gregor, a las técnicas de calidad introducidas en Japón por los Doctores Deming y Juran. El resultado fue el sistema llamado Círculos de Control de Calidad, y los primeros círculos fueron registrados con JUSE en Mayo de 1962.

Dentro del patrón cultural de la industria Japonesa, el trabajo - proyecto de los Círculos de Control de Calidad demostró poder auto mantenerse, los trabajadores no dejaban de trabajar en los proyectos por el hecho de que el curso hubiera llegado a su fin. Así - las consecuencias han sido considerables; las empresas se hacen - más competitivas, lo que hace que los trabajadores estén más seguros de conservar su empleo; se ha mejorado significativamente la motivación del trabajador proporcionando una fuente de interés en el trabajo; el trabajo-proyecto, ha dado a los trabajadores una - sensación de participación en la planeación y en la toma de decisiones, y por último, la experiencia en el trabajo proyecto, ha hecho que los miembros del Círculo de Calidad sean bastante competentes al crear cambios y por ende mejor calificados para aceptar responsabilidades gerenciales y de supervisión.

La importancia más amplia del movimiento Círculos de Control de Calidad estriba en utilizar la educación, experiencia y creatividad de la fuerza de trabajo para ayudar en la planeación y mejora del mismo, así como en mejorar la moral de los trabajadores.

Un Círculo de Calidad es la forma natural japonesa de trabajar juntos. El Dr. Karou Tshikawa trajo a la atención de la gerencia la importancia de hacer pleno uso de los éxitos de pequeños grupos de trabajadores en la eliminación de causas especiales de variabilidad del producto, y en el mejoramiento del sistema a través de cambios en herramientas, cambios en el diseño, en programas y aún en alteraciones de los procesos de producción.

#### IMPORTANCIA DE LOS CIRCULOS DE CALIDAD

Es un hecho que tanto el Sector Público, Privado y las Instituciones Educativas están conscientes de que es un requisito indispensable para poder solucionar los problemas Socio-Económicos de nuestro país, el elevar el nivel de calidad de los productos y servicios. Basándose en este tópico observamos, como antes de la Segunda Guerra Mundial, el Japón tenía una gran producción con una baja calidad. Por lo cual sus productos fueron sumamente baratos y de poco prestigio, pero al finalizar la guerra se implantó el Control de Calidad y se crearon los Círculos de Control de Calidad, dando como resultado un alto avance en la producción y calidad, desarrollando así una tecnología propia que es otra de las metas importantes.

El triunfo de Japón se atribuye a la calidad de sus productos, lo que se debe en gran parte a las actividades de los círculos de calidad y a la Aplicación de Técnicas de Calidad mediante Métodos Estadísticos.

Toda organización productiva es creada con objetivos bien determinados, los cuales están diseñados considerando que el éxito dependerá del grado en que se satisfaga al consumidor en servicio y costo, ya que mientras más satisfechos quedan los usuarios el mercado será - más amplio cada vez.

Por lo que para alcanzar los objetivos y metas trazadas, es necesario realizar una serie de actividades en forma oportuna, coordinada y eficiente; para lo cual el personal encargado para la realización de las actividades deberá estar consciente de que es contratada para realizar algo importante, entendiendo que tanto la actividad del director como la del que se encarga de hacer la limpieza o cuidar - la puerta representa una misión importante.

Desde este punto de vista, todas las áreas que constituyen una organización en las funciones que se realizan son importantes, y se relacionan con la calidad.

La actividad sana de una organización se logra si las funciones son realizadas en forma oportuna y eficaz. Para esto es importante que el personal cumpla con las misiones encomendadas en forma completa y sin demoras, ya que cuando alguien falla o no logra cumplir en su totalidad con lo que le corresponde, ya sea por hacerlo mal o utilizando más tiempo del estipulado, etc., ésto se reflejará en:

1. Disminución de ventas
2. Incremento en costos
3. Merma de ganancias

En el trabajo repercute en:

1. Recorte de prestaciones
2. Menor reparto de utilidades
3. Despido de personal

Esto nos puede llevar al cierre de la Empresa. Sin embargo, la forma de hacer crecer una Empresa puede ser relativamente fácil, ya que - trabajando en equipo, organizadamente y con la mentalidad de hacer - bién las cosas desde el principio, se pueda lograr:

1. Mejorar nuestro nivel de vida
2. Satisfacer nuestras necesidades y las del usuario
3. Poder competir en Mercados Internacionales con calidad y - precio

El logro del objetivo de las organizaciones y el éxito de cualquier empresa, ya sea de elaboración de productos o prestaciones de servicios empieza por una actitud mental positiva, lo cual se logra a través del convencimiento sincero de la gente, de que se tiene que cumplir en forma conjunta con las actividades que nos asignan a cada uno y que si existe obstáculo para cumplir, debemos buscar la forma de cumplir, ya que el mérito y valor de la persona se adquiere no - por el puesto que ocupa sino por el grado de cumplimiento de los objetivos y de la productividad, asociando estos, tenemos tres factores: CANTIDAD; CALIDAD y PRECIO.

Lograr una efectiva integración de todas las personas que conforman la empresa a la par de lograr que todos los esfuerzos que se encaminan hacia los objetivos fijados y se alcancen las metas diarias. Se requiere que todos tengan la información necesaria y suficiente, a - fin de que se entienda lo que se espera de cada uno.

Por lo que a través de los Círculos de Calidad podemos obtener el - contacto frecuente entre el Jefe y sus colaboradores, con lo que se logra que cada quien cumplamos con nuestras actividades y que participemos en las acciones oportunamente, a fin de resolver los problemas que se presentan en la forma más efectiva; con esto también damos

oportunidad a sugerir metas, acciones y propuestas para el desarrollo personal, sin perder de vista que es necesario agregar el reconocimiento y la oportunidad de progreso y seguridad a cada uno.

Por lo que los Círculos de Calidad constituyen una herramienta más para que la Empresa cumpla con las funciones para lo cual fue creada.

## 5.2 DEFINICION Y CARACTERISTICAS

Un Círculo de Calidad, se puede definir como "un pequeño grupo - que debe llevar a cabo las actividades del control de calidad voluntariamente dentro de la misma área de trabajo".

Bacardí y Compañía, S.A. define a los Círculos de Calidad como: "pequeños grupos de personas entusiastas, que realizan un mismo tipo de trabajo u otro, relacionado con sus actividades, y que en forma voluntaria se reúnen para analizar y proponer soluciones tendientes a mejorar la calidad del trabajo que se realiza, facilitar o agilizar la tarea - y mejorar la calidad de la vida personal, familiar y social".

Compañía Nestlé, los define como: "pequeños grupos de empleados asalariados, sindicalizados o no, del mismo lugar de trabajo, que han sido adiestrados para identificar, analizar y resolver problemas vinculados a sus propias tareas".

Por lo tanto un Círculo de Calidad es un grupo de personas que se reúnen voluntariamente y en forma regular para identificar, analizar y resolver problemas de calidad y otros problemas de su área.

El número ideal de miembros en un Círculo de Calidad, es de siete u -  
ocho personas. Si bien, el tamaño de los Círculos de Calidad puede -  
variar de un mínimo de tres miembros a un máximo de quince, éste nun-  
ca deberá ser tan grande como para que cada uno y todos sus miembros  
no tengan suficiente tiempo para participar en cada reunión.

El ser miembro de un Círculo es estrictamente voluntario, siendo ésta  
la condición más importante, ya que a nadie se le pide que participe  
y a nadie se le deja afuera.

Los Círculos de Calidad, no solo se aplican en el área de manufactura,  
es cierto que ahí se introdujeron y por años ésta fue el área donde -  
ocurría el mayor crecimiento. Sin embargo, este concepto se ha difun-  
dido para incluir muchas áreas que no son de manufactura como: inge-  
niería, compras, administración, desarrollo, donde se han realizado -  
mayores logros. Los miembros de un Círculo de Calidad, deben pertene-  
cer a la misma área de trabajo, o bien los que llevan a cabo una tarea  
similar, de tal manera que los problemas que seleccionen sean familia-  
res para todos ellos.

Un Círculo de Calidad, usa técnicas estadísticas simples tales como -  
diagramas de dispersión, diagramas de parato, diagramas causa-efecto  
o (diagrama de Ishikawa), gráficas de control, para descubrir cuales  
posibles fuentes del problema que ellas pueden dirigir son más impor-  
tantes, y eliminarlos (generalmente una a la vez).

Todas las organizaciones que ofrecen bienes y/o servicios, necesitan - círculos de calidad para involucrar a su gente en una concientización de calidad. Cada negocio, industria u organización, no importa cual - sea su producto u objetivo, puede beneficiarse mucho con la participa- ción de toda su gente.

### 5.3 OBJETIVOS DE LOS CIRCULOS DE CALIDAD

Pueden existir técnicas, métodos, filosofías, etc., muy buenas, - pero si no se tiene un objetivo claro de lo que se quiere lograr, todo falla, por lo tanto es necesario precisar los objetivos que se persi- guen: con la formación de los Círculos de Calidad, los cuales son:

- Contribuir al mejoramiento, eficiencia y desarrollo de una or- ganización para beneficio común.
- Crear conciencia de integración y participación activa en todos los elementos humanos que intervienen en las actividades de - una organización para desempeñar las tareas con calidad.
- Desplegar todas las capacidades humanas, extrayendo de ellos - su potencial de creatividad e iniciativa.
- Fomentar el trabajo en equipo más efectivo.
- Aumentar la capacidad para resolver problemas.
- Formar una actitud de prevención de problemas.
- Incrementar y armonizar las relaciones gente-operario.
- Mejorar la comunicación en la compañía.



#### 5.4 ORGANIZACION E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE CIRCULOS DE CALIDAD

##### EL PROGRAMA DE CIRCULOS DE CALIDAD

El programa de Círculos de Calidad, es algo más que un programa, es una filosofía que permite la participación dinámica de los empleados en la identificación, análisis y solución de problemas relacionados con la calidad, productividad, costos y actitud. Dicha participación tendrá como frutos los siguientes beneficios:

- Mejoramiento y desarrollo de la empresa.
- Respeto al individuo y confort en el trabajo.
- Desarrollo de la capacidad humana y sus posibilidades infinitas.

El programa de Círculos de Calidad, cuenta con dos herramientas importantes para su éxito:

- Las técnicas de los Círculos de Calidad
- Las operaciones de los Círculos de Calidad

Las técnicas de los círculos de calidad son las herramientas que facilitan abordar los problemas, y éstas permiten visualizarlos e ilustrarlos con mayor claridad.

Las operaciones de los círculos de calidad son aquellas herramientas que facilitan la administración de los círculos de calidad. El conocimiento y aplicación de estas herramientas será la clave para que tanto al facilitador como el líder del círculo de calidad tengan éxito en la implantación del programa. Las herramientas en cuestión son las siguientes: Historia y Filosofía de los Círculos de Calidad; papel de los participantes; planeación y arranque; operación y mantenimiento; conducción de las reuniones; entrenamiento;

evaluaciones; reportes; bibliografía y nuevas ideas.

En cada una de las herramientas, tanto en las técnicas como en las operaciones, se hace énfasis sobre el aspecto humano que es el factor fundamental para el éxito del Programa de Círculos de Calidad.

Si el facilitador y el líder tienen conocimiento de la Ingeniería Humana (Relaciones Humanas y Comunicación), y la aplican desde el primer momento: entonces el Círculo de Calidad cumplirá con su función.

#### IMPLANTACION DE UN PROGRAMA DE CIRCULOS DE CALIDAD

El objetivo de un Círculo de Calidad es la solución participativa de problemas, por lo tanto si hay desperdicio, demasiados retrasos, incumplimiento de los programas, retrabajos, moral baja o comunicación deficiente; entonces, el establecimiento de un Programa de Círculos de Calidad estará justificado.

#### PASOS PARA FORMAR UN CIRCULO DE CALIDAD

- Un equipo. El primer paso es iniciar con un equipo formado por un Gerente dispuesto a comprometerse a respaldar - este Programa, un Facilitador capaz y con iniciativa, y - un Supervisor que tenga convicción y voluntad para dirigir el Círculo de Calidad.

- Selección del Facilitador. Para implementar el Programa de Círculos de Calidad, se selecciona un organizador (un facilitador), quien coordinará el programa; lo ideal es que pertenezca a la misma organización, que tenga experiencia, que sea un promotor, un maestro, con facilidad en la comunicación y diplomático.
  
- Entrenamiento del Facilitador. El facilitador asiste a un curso de entrenamiento que imparta alguna institución o empresa de prestigio, seriedad y experiencia vivencial respecto a las actividades y logros de los Círculos de Ca lidad.
  
- Entrenamiento de Líderes Potenciales. El siguiente paso es describir el papel de los líderes de los círculos a Su pervisores, Gerentes y Jefes de Departamento; y entrenarlos como Líderes Potenciales. Una vez entrenados, los lí deres invitan entonces a sus trabajadores a formar voluntariamente un círculo.
  
- Formación del Círculo de Calidad. Un Círculo de Calidad es un grupo de personas de la misma área de trabajo, que se reúnen en forma voluntaria para resolver participativa mente problemas mediante el uso de técnicas creativas. - Para formar este grupo de personas, primero se les debe - invitar a que participen por medio de una orientación en que se muestran los beneficios como miembros voluntarios. Una vez que hayan aceptado, se procede al entrenamiento.
  
- Énfasis sobre el Apoyo Gerencial. Cuando se forman los - Círculos de Calidad, es imperativo hacer notar que el pa pel de la Gerencia es de apoyo y ayuda.

- Aplicación de las Técnicas de Círculos de Calidad.

Los grupos de trabajo utilizan las técnicas básicas durante las reuniones que son herramientas que permiten abordar -- creativamente los problemas.

#### ENTRENAMIENTO.

Los Círculos de Calidad no son sesiones de golpes. Los miembros no son obligados a quebrarse la cabeza tratando de encontrar soluciones a un problema.

Se les entrena paso a paso en los procedimientos de selección, investigación y solución de problemas. Cada miembro muestra nuevas formas de solución. Es una experiencia de creatividad, de espontaneidad y expansión mental; todo en un ambiente de compañerismo y cordialidad.

Por lo anterior, el entrenamiento es el ingrediente más importante de un Programa de Círculos de Calidad. Es el pilar que sostiene dicho Programa y merece toda la atención.

#### PLANEACION DE LAS SESIONES.

El instructor debe prepararse cuidadosamente para cada sesión y la primera etapa es la planeación de las sesiones. Se considera que el instructor está familiarizado con el curso y su contenido y que conoce el tema general que va a ser cubierto.

a) Objetivo de la sesión.

Cada sesión debe tener un objetivo principal. El simple hecho de escribir el objetivo le causará al instructor que piense los caminos y los medios para cumplir con los resultados deseados. Se procede entonces a elaborar un bosquejo de la sesión, ubicando las ideas y los hechos en su orden apropiado para una presentación lógica y una comprensión rápida.

b) Ganando el interés.

Lo primero que el instructor debe hacer en cualquier sesión es ganar el interés. El debe hacer o decir algo que cause en los asistentes un interés sobre lo que él está pensando. El interés se obtiene de diversas maneras. Puede empezar la clase haciendo preguntas de situaciones previas, esto tiene un doble propósito; despierta el interés y se empieza a usar la terminología nueva. El Instructor puede relacionar un incidente que ilustre una aplicación de la teoría. Que diga alguna broma que tenga aplicación real. Puede empezar la lección mostrando el porque se necesita el conocimiento de la sesión, éste es un factor motivacional real y debe usarse con más frecuencia porque tiende a conectar la experiencia presente, con la del futuro. Otra forma de despertar el interés, es ayudando al participante a recalcar un incidente o una experiencia pasada con relación a un tema común.

Para lograr esta actividad motivacional el Instructor (que en el caso que nos ocupa, sería tanto el Facilitador como el Líder) debe poseer cualidades dentro del ámbito de la comunicación eficaz y las relaciones humanas, y así despertar un interés vehemente. Una lección que no contiene algo nuevo que impulse al estudiante y lo motive a empeñarse

hacia un completo entendimiento del tema se arruinaría - desde el inicio, porque el estudiante se fastidiaría.

c) Presentación del nuevo material.

La presentación del nuevo material debe limitarse a un - tiempo moderadamente corto. Las nuevas ideas deben darse desde el comienzo de la clase, cuando el instructor tenga el más alto control sobre los procesos de pensamiento de los estudiantes y antes de que lleguen a cansarse o fatigarse mentalmente. Para asegurar firmemente las nuevas - ideas en la mente del estudiante, sin perder el tiempo, - la presentación del nuevo material debe ser seguido inme- diatamente por una discusión respecto a la aplicación del mismo. Cuando el estudiante vea el uso del material, él naturalmente lo retendrá más y estará mejor capacitado pa- ra darle uso.

d) Aplicación del nuevo material.

La aplicación se puede hacer muy real por varios medios, si es posible, debe permitírsele al estudiante que apli- que él mismo los nuevos principios mediante problemas, ex- perimentos o un trabajo real. El instructor debe planear las herramientas, los problemas, las hojas de trabajo u - otros medios para una aplicación efectiva. Estas herra- mientas deben obtenerse antes de la clase. Esto significa un trabajo adicional, pero significará una comprensión más rápida y menos dolores de cabeza para el instructor.

e) Evaluación.

Una vez terminada la aplicación del material el instruc- tor debe usar algún método para evaluar si los estudian- tes han asimilado y entendido la lección.

Ellos debieran aprender algo que no conocían antes de la clase, y deben ser capaces de hacer algo que no podían. En todo caso, ellos dependen grandemente de los métodos y de la eficacia del instructor. Si el promedio de los estudiantes no entendieron los principios del nuevo material, entonces el instructor no los motivó debidamente y no se esforzó por relacionar sus experiencias con el nuevo tema.

#### HERRAMIENTAS DE LA PRESENTACION VISUAL

Una ayuda visual es cualquier cosa que dé sustancia a las palabras del Instructor. Puede ser algo burdo, un modelo hecho en el taller o un tablero con señales sofisticadas. No importa la forma, la ayuda visual enfatiza la comunicación de las palabras y aclara su intención. Las principales ayudas visuales son: Los pizarrones; carteles; diapositivas; cine y videocintas; y retroproyectores.

#### MODELOS DE ENTRENAMIENTO

Como se mencionó en el inciso 5.4, el Programa de Círculos de Calidad cuenta con dos herramientas que son: Las Técnicas y las Operaciones. El Líder de un Círculo de Calidad debe conocer y aplicar las dos herramientas. Sin embargo, los miembros deben manejar solamente las técnicas. Partiendo de este criterio, se tienen dos modelos de entrenamiento, uno para Líderes y otro para Miembros.

MODELO DE ENTRENAMIENTO PARA LIDERES:

Historia y Filosofía	45 min.
Audiovisual de Introducción	15 min.
Tormenta de Ideas	60 min.
Selección de Problemas	30 min.
Recopilación de Datos	30 min.
Diagrama de Causa y Efecto	60 min.
Principio de Pareto	50 min.
Dinámica (Baraja)	60 min.
Gráficas	60 min.
Revisión Gerencial	30 min.
Estudio de un Caso	30 min.
Dinámica (Revisión Gerencial)	120 min.
Repaso de Técnicas	60 min.
Resumen Operaciones	60 min.
Papel de los Participantes	60 min.
Planeación y Arranque	30 min.
Conducción de Reuniones	30 min.
Operación y Mantenimiento	60 min.
Entrenamiento	30 min.
Evaluaciones	30 min.
Reportes	30 min.
Nuevas Ideas	30 min.
Dinámica (Sobrevivientes)	60 min.
Repaso General	60 min.
Retroalimentación	60 min.
<b>T O T A L</b>	<b>20 horas</b>



## MODELO DE ENTRENAMIENTO PARA MIEMBROS (FORMACION DEL CIRCULO DE CALIDAD)

Historia y Filosofia	1:00 hora
Tormenta de Ideas	1:30 hora
Selección de Problemas	1:00 hora
Diagrama de Causa y Efecto	1:30 hora
Principio de Pareto	1:30 hora
Recopilación de Datos	1:00 hora
Gráficas	1:30 hora
Revisión Gerencial	<u>1:00 hora</u>
T O T A L	10:00 horas

Quando se inician las actividades del Círculo de Calidad en una empresa es conveniente empezar con uno de dos círculos pilotos en cada empresa, ya que la experiencia que se adquiere permite hacer correcciones y mejoras con un mínimo de desorden y confusión. De esta manera se puede eliminar cualquier inconveniente o error antes de implantar los Círculos en toda la planta.

## 5.5 OPERACION

Los pasos que sigue un Círculo de Calidad son:

- a) Identificación de los problemas
- b) Selección del problema
- c) Análisis del problema
- d) Recomendación a la gerencia

### a) IDENTIFICACION DE LOS PROBLEMAS

La identificación de los problemas proviene de cualquiera de las siguientes áreas:

Miembros del Círculo de Calidad, Gerencia y Staff o Expertos Técnicos.

### b) SELECCION DEL PROBLEMA

En la selección del problema, los miembros del Círculo de Calidad, la Gerencia o los Expertos Técnicos; deben saber escoger entre los distintos problemas, identificando el que sea el más potencial para resolverlo primero.

c) ANALISIS DEL PROBLEMA

El análisis del problema lo realiza el Círculo de Calidad, con la ayuda, si es necesaria, de los expertos técnicos apropiados.

d) RECOMENDACION A LA GERENCIA

La recomendación a la Gerencia la hace directamente a su Gerente el Círculo de Calidad, usando una técnica de comunicación - llamada: Presentación a la Gerencia.

La presentación a la Gerencia es donde el líder y los miembros del Círculo de Calidad describen a su Gerente sobre qué proyectos han estado trabajando, y qué recomendaciones desean hacer respecto al mismo. Los participantes usan diagramas que han - preparado, siendo esta forma de comunicación, participación y reconocimiento por todos.

Una presentación deberá hacerse cuando sea necesario mostrar - proyectos terminados, hacer recomendaciones y suministrar el - estado de proyectos a largo plazo. Se recomienda que se haga dicha presentación cada tres meses, ya que sostiene la moral - con la oportunidad periódica de tratar con el Gerente y de reasegurarse el apoyo de las actividades de los Círculos de Calidad.

Las condiciones o requerimientos para que operen los Círculos de Calidad son los siguientes:

1. Debe haber participación voluntaria
2. Debe haber una recompensa para los participantes
3. Debe haber reconocimiento para los participantes
4. Debe haber un esfuerzo de la administración en aceptar y poner en práctica las ideas del Círculo de Calidad

5. Debe haber continuidad
6. Debe haber personal adiestrado en el análisis y solución de problemas
7. Debe haber conductores de estos grupos que conozcan las técnicas de análisis de los problemas para asesorar a los trabajadores
8. Debe haber disposición del personal para intervenir
9. Debe haber un apoyo y comprensión total de parte de la Gerencia.

A continuación se enumeran algunos de los temas a tratar en Círculos de Calidad, y el efecto que se produce en las actividades de la organización.

TEMA	E F E C T O
C A L I D A D	Reducción de defectos, incremento del nivel de calidad y calidad uniforme.
C O S T O S	Reducción de costos, desperdicio de materiales y tiempo de máquina mínima, etc.
E F I C I E N C I A	Incremento de productividad, disminución de Horas - Hombre.
E Q U I P O	Desarrollo y mejora de herramienta, - prevención de fallas, desarrollo y mejora de proyectos, automatización, etc.
FALLA EN EL TRABAJO	Prevención de fallas, comprobación de incapacidad, reducción de errores e inspección.
S E G U R I D A D	Minimizar los accidentes de trabajo y fatigas, desarrollo del mejoramiento del medio ambiente.

TEMA

E F E C T O

P R O C E S O S

Estandarización, elaboración de Manuales de Operación, etc.

C O N T R O L

Acción rápida para mejor control.

M O R A L

Mejoramiento de Relaciones Humanas, - Reducción de Ausentismo, Motivación - para mejorar el trabajo, Mayor Desarrollo del Personal.

I N S T R U C C I O N  
E N T R E N A M I E N T O

Propuestas sobre capacitación y entrenamiento más apegados a las necesidades, análisis de problemas y sus alternativas de solución, etc.

O T R O S

Desarrollo y mejora del Método de Trabajo, tanto en Taller como en Oficina, Prevención de Accidentes, Elaboración de Nuevas Formas de Control de Programas de Actividades Técnicas y Culturales, etc.

## 5.6 TECNICAS UTILIZADAS

Las técnicas de los Círculos de Calidad, son las herramientas que facilitan abordar los problemas, y éstas permiten visualizarlos e ilustrarlos con mayor claridad.

Las técnicas más comunes aplicadas en los Círculos de Calidad son:

1. Técnica de Brainstorming
2. Recolección de datos
3. Diagrama de Pareto
4. Diagrama de Causa y Efecto
5. Técnicas de Presentación
6. Histograma
7. Diagrama de Control
8. Estratificación
9. Diagrama de Dispersión

### 1. TECNICA DE BRAINSTORMING.

Es la técnica que se usa para sacar a luz todas las ideas del individuo. Cada miembro por turno dá en voz alta una posible causa del problema.

No existe ningún problema al lanzar ideas no acertadas, debido a que las reglas del Brainstorming no permiten ni las criticas ni el ridículo.

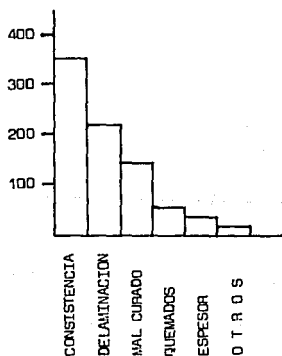
## 2. RECOLECCION DE DATOS.

Antes de poder iniciar el análisis del problema, se deben acumular los datos; éstos frecuentemente lo hacen los miembros del Círculo. Por consiguiente, se necesita entrenamiento en la recolección de datos y técnicas de muestreo para asegurar exactitud y un ahorro de tiempo.

## 3. DIAGRAMA DE PARETO.

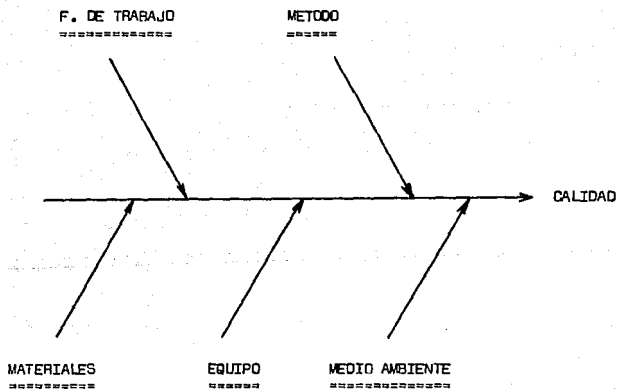
Fue diseñado para que clasificando los defectos encontrados en un producto por orden de importancia, se puedan atacar en forma ordenada cada uno de ellos.

Se presenta un análisis terminado en forma de gráfica con columnas en orden descendente; cada columna representa un problema distinto, la columna más alta es la de la izquierda y es el problema que se resolverá primero, ya que es el más importante.



#### 4. DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO

Como su nombre lo indica el Diagrama Causa Efecto, nos permite analizar las causas una a una que intervienen en un proceso y que en determinado momento pueden afectarlo, se dibuja un diagrama con la apariencia del esqueleto de un pescado, mientras se está haciendo el brainstorming del problema, buscando causas posibles.





## 5. TECNICAS DE PRESENTACION

Lo tiene que hacer varias veces al año el Círculo de Calidad; efectuando una presentación al gerente sobre lo que han realizado por medio de diagramas y gráficas de control, proporcionándole también las recomendaciones más adecuadas.

## 6. HISTOGRAMA

Es una gráfica que expone la distribución de algo que se ha medido, cada columna del histograma representa una cierta medida.

## 7. DIAGRAMAS DE CONTROL

Son gráficas de líneas que registran el número de defectos en cada periodo (turno, día, semana, etc.), y la diferencia entre gráficas, son los límites de control.

Estos límites describen el nivel de defecto real. Se entrena a los integrantes del Círculo de Calidad a usar e interpretar esta herramienta de prevención de problemas.

## 8. ESTRATIFICACION

Consiste en analizar los problemas existentes por partes, ya que dicho problema puede existir en una pequeña área de un departamento específico y no en todo el departamento.

## 9. DIAGRAMAS DE DISPERSION

Muestra las relaciones entre variables

### 5.7 LOS SINDICATOS Y SU RELACION

Los sindicatos han aceptado los Círculos de Calidad muy rápido y - sin oposición, ya que se han dado cuenta que aumentan la seguridad del trabajo, cuando la calidad del producto es alta y los costos - se mantienen bajos.

El hecho de que el programa sea voluntario, es una razón importante de porque los sindicatos no se oponen a los Círculos de Calidad. Los Círculos de Calidad funcionan igualmente bien en compañías con o sin sindicatos.

### 5.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

De acuerdo a numerosos estudios que se han realizado, las ventajas de los Círculos de Calidad son:

1. Ayuda directamente a la mejora de la calidad.
2. Puede ser implantada con base en un programa piloto.
3. Se aprovechan los beneficios de una inversión en capacitación.
4. Se incrementa la moral de los trabajadores al aumentar el valor de su contribución.
5. Se desarrolla al personal, al favorecer su actividad pensante y realizadora.
6. Se obtiene un incremento en la eficiencia en el trabajo.
7. Se propicia el enriquecimiento de experiencias entre el personal, al interactuar miembros de los círculos con nombrados durante sus levantamientos de información.

8. No es impuesto a los trabajadores.
9. Se mejora el ambiente de trabajo.
10. Facilita la comunicación.

#### DESVENTAJAS.

1. La empresa tiene que acostumbrarse a que los empleados -  
traten de resolver sus problemas de trabajo.
2. No todas las mejoras se traducirán en ahorros cuantitati-  
vos.
3. La administración tendrá que ser paciente al esperar re-  
sultados, pues el trabajador empieza una nueva forma de  
participación más activa.
4. Se tendrá que hacer reuniones en horas de trabajo.
5. Puede ser que no tenga éxito si los trabajadores no son  
adecuadamente inducidos.

## VI. CONCLUSIONES

1. Una mejor productividad se obtiene mediante un adecuado control de los procesos.

Una herramienta fundamental para el control adecuado de los procesos, es el control estadístico del proceso; basado en las Técnicas Estadísticas.

2. Para un adecuado funcionamiento del Control Estadístico del proceso, es necesario mantener un ambiente en el cual todos impulsemos un mejoramiento que "nunca termine" en calidad y productividad, basado en los Círculos de Calidad como aspecto humano en el Control Total de la Calidad.

3. El Control Estadístico del Proceso, mediante las técnicas estadísticas, nos va a permitir hacer mejoras en el proceso, obteniendo una mejora en la calidad de nuestros productos y servicios, y así obtener beneficios como: - disminuir costos; menos retrabajo; disminución de errores; evitar retrasos; eliminar tropiezos; y el uso adecuado de tiempo máquina, materiales. Beneficios que nos van a permitir mejorar la productividad.

4. Las técnicas estadísticas, dándoles un uso adecuado, nos pueden ayudar a la solución de los problemas de control de variabilidad en la calidad de los productos manufacturados, al través de una adecuada toma de decisiones.

La solución de los problemas de variabilidad requerirá - en gran parte de la cooperación de todo el personal de la empresa (desde obreros hasta directivos).

Por lo tanto es necesario que el personal esté concientizado sobre la calidad de los productos.

5. Las Gráficas de Control, son una de las técnicas estadísticas que proporcionan información útil a los ingenieros de diseño, de producción y de control de calidad; para el logro, mantenimiento y mejora de los niveles de calidad de los productos. Ya que nos muestran el comportamiento de las operaciones de un proceso.
6. La interpretación y elaboración de las gráficas, deberá hacerse por personal capacitado, de esta manera no representa mucha dificultad para la interpretación y elaboración a los operadores de la línea de producción.
7. Para el cliente son de suma importancia en el Estadístico de Calidad a cliente, ya que por medio de éste se encuentra informado de la calidad de sus productos.
8. Las gráficas de control, nos ayudan a evaluar nuestro proceso, además, la utilización de gráficas en la evaluación de calidad de productos utilizados en nuestro proceso nos ayudarán a evaluar a nuestros proveedores.
9. A largo plazo el inspector de control de calidad es sustituido, puesto que el operador tendrá controlada su operación.

10. Con los Círculos de Calidad, se puede crear un ambiente de trabajo adecuado en el cual todo el personal impulsen un mejoramiento constante en calidad y productividad.
11. Con los Círculos de Calidad, dan oportunidad de capacitar a los trabajadores de una nueva manera, dando oportunidad de: desarrollar su inteligencia; cultivar su creatividad y ampliar su campo de actividad.
12. Los Círculos de Calidad, resuelven los problemas que mayor afectan a su área de trabajo del trabajador, no solamente los relativos a calidad.  
Además de los beneficios adquiridos por la solución de — problemas, se obtienen beneficios mayores que desprenden de la nueva conciencia de trabajo.
13. Un funcionamiento adecuado de el Control Estadístico del Proceso, y los Círculos de Calidad, constituyen uno de — los mejores caminos para mejorar la calidad y productividad.

## A P E N D I C E

### ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PRODUCTOS DE FIBRA DE VIDRIO

#### PRODUCTOS DE FIBRA DE VIDRIO COMO AISLANTE TERMICO Y ACONDICIONADOR ACUSTICO

##### VITROFORM 450

**DESCRIPCION:** Los aislamientos preformados Vitroform 450, - están fabricados con fibra de vidrio aglutinada con resina fenólica de fraguado térmico y moldeados para ajustarse a la superficie de la tubería de medidas comerciales tanto de fierro como de cobre.

**PRESENTACION:** El Vitroform 450 se surte en forma de medias cañas, en diversos diámetros y espesores. Cada tramo lleva consigo dos flejes de aluminio de - 1.91 cm de ancho, con los que se sujetan fácilmente los preformados.

**CARACTERISTICAS:** Conductividad térmica: 0.224 BTU. in/sqft. hr. °F (0.0278 kcal. m/m<sup>2</sup>hr. °C) a 75° F(24°C) de temperatura promedio.

Densidad: 5 lbs/cft(80Kg/m<sup>3</sup>).

Absorción de humedad: 0.2% por volumen de 96 hrs. a 120°F y 95% H.R.

Corrosión de acero y aluminio: No se provoca o acelera.

Calor específico: 0.20 BTU/lb/°F.

Valor de permeancia al vapor de agua: Con recubrimiento de Pyrovit, 0.01 granos por hr. - por pie<sup>2</sup> por pulgada de mercurio.

Capilaridad: Despreciable (después de 24 hrs.).

Difusividad térmica: 0.015 sqft/hr. a 75°F — (24°C) de temperatura promedio (0.0014 m<sup>2</sup>/hr.).

ASTM; Sigue la norma C-547-clase I

**DIMENSIONES:**

Vitroform 450 se fabrica en longitudes de 91 cm para diámetros nominales de tubería de cobre de 13 a 76 mm. y en espesores de 19 y 25 mm. Para tuberías de fierro de diámetros nominales de 13 a 305\* mm en espesores de 19,25,38 y 51 mm.

**TOLERANCIAS:**

Espesor	-3.0	a	+6.0mm
Largo	-3.0	a	+3.0mm
Diámetro interior.			+3.0mm
Densidad	-10	a	+10%

**USOS Y VENTAJAS:**

Se recomienda para el aislamiento térmico de tuberías que conducen vapor, agua caliente, agua fría, líneas de refrigeración y todo tipo de fluido que interese mantenerle su temperatura.



**VENTAJAS:**

- \* Máxima eficiencia térmica.
- \* Incombustible.
- \* Dimensionalmente estable.
- \* Inorgánico.
- \* No favorece la corrosión.
- \* Fácil de instalar y manejar.
- \* Económico.

La variación en diámetros y espesores permite - colocar un preformado encima de otro, cuando el espesor requerido sea mayor a los obtenidos normalmente. (véase tuberías anidadas.).

## ESPESORES RECOMENDABLES

### AISLAMIENTO VITROFORM PARA TUBERIAS CALIENTES T. a = 27° C (80° F)

Presión Gauge		hasta 15 psi										hasta 15 psi																			
Temp. Operación		hasta 85°C (185°F)										hasta 93°C (200°F)										hasta 121°C (250°F)									
Dif. Temp.		36°C - 65°F										66°C - 131°F										94°C - 170°F									
Diámetro Nominal del tubo		E.R.		P.C.		E		T.S.		E.R.		P.C.		E		T.S.		E.R.		P.C.		E		T.S.							
Pulg.	m.m.	Pulg.	m.m.	BTU/m.h.	%	°C	°F	Pulg.	m.m.	BTU/m.h.	%	°C	°F	Pulg.	m.m.	BTU/m.h.	%	°C	°F	Pulg.	m.m.	BTU/m.h.	%	°C	°F						
1/2	12.7	3/4	19.1	29	78	31.1	87.9	1	25.4	46	82	35.5	92.3	1	25.4	59	84	35.4	95.7	1	25.4	84	35.4	95.7							
3/4	19.1	3/4	19.1	34	79	31.4	88.6	1	25.4	52	83	33.9	93.0	1	25.4	67	86	35.8	96.5	1	25.4	67	86	35.8	96.5						
1	25.4	3/4	19.1	40	80	31.7	89.0	1	25.4	61	84	34.4	93.9	1	25.4	77	86	35.4	97.6	1	25.4	77	86	35.4	97.6						
1 1/4	32.0	3/4	19.1	46	82	31.8	89.2	1	25.4	70	84	34.7	94.5	1	25.4	89	88	36.9	98.4	1	25.4	89	88	36.9	98.4						
1 1/2	38.0	3/4	19.1	51	82	31.9	89.4	1	25.4	85	84	35.8	96.4	1	25.4	98	88	37.2	99.9	1	25.4	98	88	37.2	99.9						
2	51.0	1	25.4	42	87	30.7	87.2	1	25.4	88	86	35.2	95.3	1	25.4	115	89	37.7	99.8	1	25.4	115	89	37.7	99.8						
2 1/2	64.0	1	25.4	49	88	30.8	87.6	1	25.4	103	87	35.5	95.9	1	25.4	133	89	38.2	100.7	1	25.4	133	89	38.2	100.7						
3	76.0	1	25.4	56	89	30.9	87.1	1	25.4	118	87	35.7	96.3	1	25.4	153	90	38.4	101.1	1	25.4	153	90	38.4	101.1						
4	102.0	1	25.4	69	89	31.1	88.0	1	25.4	144	88	36.0	96.8	1	25.4	187	90	38.8	101.8	1	25.4	187	90	38.8	101.8						
5	127.0	1	25.4	81	89	31.2	88.1	1	25.4	171	88	36.2	97.1	1	25.4	222	90	39.0	102.2	1	25.4	222	90	39.0	102.2						
6	152.0	1	25.4	95	89	31.3	88.4	1	25.4	201	88	36.4	97.6	1 1/2	38.0	194	91	39.2	99.3	1	25.4	194	91	39.2	99.3						
8	203.0	1	25.4	119	89	31.4	88.5	1	25.4	251	88	36.6	97.9	1 1/2	38.0	239	93	39.3	99.6	1 1/2	38.0	239	93	39.3	99.6						
10	254.0	1	25.4	146	89	31.4	88.6	1	25.4	306	88	36.6	98.2	1 1/2	38.0	291	94	39.6	99.0	1 1/2	38.0	291	94	39.6	99.0						
12	304.0	1	25.4	170	90	31.5	88.7	1	25.4	357	88	36.8	98.3	1 1/2	38.0	335	93	39.6	99.1	1 1/2	38.0	335	93	39.6	99.1						

Presión Gauge		hasta 52 psi										hasta 228 psi										hasta 406 psi									
Temp. Operación		hasta 149°C (300°F)										hasta 204°C (399°F)										hasta 233°C (450°F)									
Dif. Temp.		122°C - 220°F										137°C - 219°F										205°C - 370°F									
Diámetro Nominal del Tubo		E.R.		P.C.		E		T.S.		E.R.		P.C.		E		T.S.		E.R.		P.C.		E		T.S.							
Pulg.	m.m.	Pulg.	m.m.	BTU/m.h.	%	°C	°F	Pulg.	m.m.	BTU/m.h.	%	°C	°F	Pulg.	m.m.	BTU/m.h.	%	°C	°F	Pulg.	m.m.	BTU/m.h.	%	°C	°F						
1/2	12.7	1	25.4	76	86	37.9	100.3	1 1/2	38.0	112	88	38.9	102.0	2 L	50.8	121	90	37.2	98.9	2 L	50.8	121	90	37.2	98.9						
3/4	19.1	1	25.4	86	87	38.6	101.4	1 1/2	38.0	126	89	39.7	103.5	2 N	50.8	134	91	37.8	100.1	2 L	50.8	134	91	37.8	100.1						
1	25.4	1	25.4	100	88	39.3	102.8	1 1/2	38.0	142	90	40.4	104.8	2 L	50.8	150	92	38.5	101.3	2 L	50.8	150	92	38.5	101.3						
1 1/4	32.0	1 1/2	38.0	102	90	39.8	96.5	1 1/2	38.0	162	91	41.3	106.4	2 N	50.8	171	92	39.4	102.9	2 N	50.8	171	92	39.4	102.9						
1 1/2	38.0	1 1/2	38.0	111	90	36.2	97.2	1 1/2	38.0	178	91	41.9	107.4	2 N	50.8	185	93	39.8	103.7	2 N	50.8	185	93	39.8	103.7						
2	51.0	1 1/2	38.0	127	91	26.6	97.9	2	50.8	172	93	38.1	100.5	2	50.8	209	93	40.4	104.8	2	50.8	209	93	40.4	104.8						
2 1/2	64.0	1 1/2	38.0	146	91	37.1	98.8	2	50.8	196	93	38.7	101.6	2	50.8	238	94	41.7	106.2	2	50.8	238	94	41.7	106.2						
3	76.0	1 1/2	38.0	166	92	37.4	99.4	2	50.8	223	94	39.2	102.5	2	50.8	271	94	41.9	107.4	2	50.8	271	94	41.9	107.4						
4	102.0	1 1/2	38.0	202	92	38.0	100.4	2	50.8	265	94	39.5	103.6	2	50.8	322	94	42.6	108.7	2	50.8	322	94	42.6	108.7						
5	127.0	1 1/2	38.0	239	92	34.4	101.1	2	50.8	312	94	40.4	104.7	2 1/2 N	68.5	326	95	39.6	103.3	2 1/2 N	68.5	326	95	39.6	103.3						
6	152.0	1 1/2	38.0	251	93	37.7	99.8	2	50.8	357	94	40.8	105.4	2 1/2 L	68.5	371	96	40.1	104.2	2 1/2 L	68.5	371	96	40.1	104.2						
8	203.0	1 1/2	38.0	310	93	37.9	100.2	2	50.8	443	95	41.4	106.6	2 1/2 L	68.5	451	96	40.6	105.1	2 1/2 L	68.5	451	96	40.6	105.1						
10	254.0	1 1/2	38.0	376	94	38.2	100.7	2	50.8	527	95	41.7	107.0	2 1/2 L	68.5	534	96	40.9	105.2	2 1/2 L	68.5	534	96	40.9	105.2						
12	304.0	1 1/2	38.0	433	94	38.2	100.8	2	50.8	600	95	41.7	107.1	2 1/2 N	68.5	612	96	41.2	106.1	2 1/2 N	68.5	612	96	41.2	106.1						

E.R.: Espesor Recomendado.  
 P.C.: Método de corte.  
 E: Tipo de Espuma.  
 T.S.: Temperatura superficial por cm. de espesor.  
 Y.A.: Temperatura ambiente.  
 N: Espesores que no son de fabricación estándar.

Los Espesores están basados sólo por aislamiento de tuberías horizontales.  
 Los Espesores que no son estándares ni estándares, ni por aislamiento.

## ESESORES RECOMENDABLES

AISLAMIENTO VITROFORM<sup>®</sup> PARA TUBERIAS FRIAS T<sub>a</sub> = 27° C (80° F)  
HUMEDAD RELATIVA 80%

TEMPERATURA DE OPERACION		0°C a 7°C (32°F a 45°F)			7°C a 12°C (45°F a 54°F)			-12°C a -3°C (-10°F a -20°F)			-3°C a -12°C (-23°F a -10°F)			-12°C a -24°C (-10°F a -10°F)				
DIFERENCIA DE TEMPERATURAS		0°C a 7°C (32°F a 45°F)			7°C a 12°C (45°F a 54°F)			12°C a 17°C (54°F a 63°F)			17°C a 21°C (63°F a 70°F)			21°C a 27°C (70°F a 80°F)				
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.R.		E.C.		E.R.		E.C.		E.R.		E.C.		E.R.		E.C.		
mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	
1/2	12.7	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
3/4	19.1	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
1	25.4	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
1 1/4	32.0	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
1 1/2	38.1	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
2	50.8	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
2 1/2	63.5	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
3	76.2	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
4	101.6	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
5	127.0	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
6	152.4	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
8	203.2	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
10	254.0	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
12	304.8	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4

AISLAMIENTO VITROFORM<sup>®</sup> PARA TUBERIAS FRIAS T<sub>a</sub> = 27° C (80° F)  
HUMEDAD RELATIVA 80%

TEMPERATURA DE OPERACION		0°C a 7°C (32°F a 45°F)			7°C a 12°C (45°F a 54°F)			-12°C a -3°C (-10°F a -20°F)			-3°C a -12°C (-23°F a -10°F)			-12°C a -24°C (-10°F a -10°F)				
DIFERENCIA DE TEMPERATURAS		0°C a 7°C (32°F a 45°F)			7°C a 12°C (45°F a 54°F)			12°C a 17°C (54°F a 63°F)			17°C a 21°C (63°F a 70°F)			21°C a 27°C (70°F a 80°F)				
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.R.		E.C.		E.R.		E.C.		E.R.		E.C.		E.R.		E.C.		
mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	
1/2	12.7	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
3/4	19.1	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
1	25.4	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
1 1/4	32.0	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
1 1/2	38.1	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
2	50.8	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
2 1/2	63.5	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
3	76.2	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
4	101.6	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
5	127.0	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
6	152.4	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
8	203.2	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
10	254.0	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4
12	304.8	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4	11.9	1	25.4

### MECANISMO Y NECESIDAD DE LA BARRERA DE VAPOR EN LAS INSTALACIONES FRIAS.



AMPLIAMIENTO VITROFORM\* PARA TUBERIAS FRIAS T.<sub>a</sub> = 27° C (80° F)  
HUMEDAD RELATIVA 90%

TEMPERATURA DE OPERACION			1°C (-18°C (0°F) a 6°F)			-15°C (-3°F (-17°F a -10°F))			-25°C (-13°C (-11°F a -6°F))			-51°C (-60°C (-11°F a -20°F))							
DIFERENCIA DE TEMPERATURAS			1°C (25°C (81°F a 85°F))			2°C (45°C (113°F a 117°F))			4°C (55°C (131°F a 143°F))			10°C (115°C (141°F a 200°F))							
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO			E.R.		G.C.		E.R.		G.C.		E.R.		G.C.		E.R.		G.C.		
Pulg.	m.m.	Pulg.	m.m.	BTU/h·ft	Pulg.	m.m.	BTU/h·ft	Pulg.	m.m.	BTU/h·ft	Pulg.	m.m.	BTU/h·ft	Pulg.	m.m.	BTU/h·ft	Pulg.	m.m.	BTU/h·ft
1/2	12.7	1/2	38.1	18.7	1 1/2	38.1	15.3	3/4	19.0	19.3	1 1/2	38.1	23.6	4.9	125.0	31.7			
3/4	19.1	1 1/2	38.1	12.8	1 1/2	38.1	15.8	3/4	19.0	21.3	1 1/2	38.1	25.4	4 1/2	114.3	29.8			
1	25.4	1 1/2	38.1	12.5	1 1/2	38.1	16.9	3/4	19.0	21.6	1 1/2	38.1	29.3	4 1/2	114.3	36.3			
1 1/4	32.0	1 1/2	38.1	15.6	1 1/2	38.1	20.0	3/4	19.0	25.5	1 1/2	38.1	31.4	4 1/2	114.3	46.1			
1 1/2	38.1	1 1/2	38.1	17.1	1 1/2	38.1	22.8	3/4	19.0	26.9	1 1/2	38.1	33.8*	5 A	127.0	46.8			
2	51.0	2	51.0	16.5	2	51.0	22.4	3/4	19.0	29.4	4 A	102.0	33.2	5 A	127.0	45.2			
2 1/2	64.0	2	51.0	18.0	2	51.0	26.1	3/4	19.0	32.0	4 W	102.0	38.9	5 1/2 A	139.7	47.2			
3	76.0	2	51.0	21.4	2 1/2	63.5	29.4	4 A	102.0	34.2	4 1/2 A	104.3	40.9	5 1/2 A	139.7	52.4			
4	102.0	2	51.0	25.7	2 1/2	63.5	34.5	4 A	102.0	38.9	4 1/2 A	104.3	47.1	6 A	152.4	56.7			
4	127.0	2	51.0	29.0	2 1/2	63.5	35.3	4 A	102.0	45.9	5 A	127.0	50.5	6 A	152.4	64.8			
6	152.0	2	51.0	34.1	2 1/2	63.5	40.7	4 1/2 A	104.3	47.3	5 A	127.0	56.2	6 1/2 A	165.1	69.4			
8	203.0	2	51.0	42.3	2 1/2	63.5	49.9	4 1/2 A	104.3	57.3	6 A	152.0	67.3	6 1/2 A	165.1	81.9			
10	254.0	2	51.0	50.0	4 A	102.0	52.9	4 1/2 A	104.3	65.8	6 1/2 A	165.1	73.6	7 A	177.8	89.0			
12	304.0	2	51.0	57.8	4 A	102.0	60.1	5 A	127.0	70.4	5 1/2 A	139.7	82.2	7 A	177.8	99.7			

Exp. Exponer directamente.

Ins. Insular de la fibra.

W. En el espacio de un solo tubo o dos adyacentes.

A. Exponer solo tubos con amoldamiento de fibra en el espacio. Exponer solo un tubo con un amoldamiento, no con amoldamiento. Los espesores en pulg. del tubo se basan en las tablas de factores de ajuste.

TABLA PARA ANIDAMIENTOS DE VITROFORM\*

Diámetro nominal del Tubo		ESPESOR NOMINAL DE FIBRA DE VIDRIO							
Pulg.	m.m.	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	6"
1/2	12.7	1/2 x 1 S 2 1/2 x 1 S	1/2 x 1 S 2 1/2 x 1 1/2 S	1/2 x 1 S 2 1/2 x 2 S	1/2 x 1/2 S 1 1/2 x 1 S 3 1/2 x 2 E	NO	NO	NO	NO
3/4	19.1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1	25.4	1 x 1 S 3 x 1 S	1 x 1 S 3 x 1 1/2 S	1 x 1 1/2 S 4 x 1 1/2 S	1 x 1 1/2 S 4 x 2 E	1 x 1 S 3 x 1 S 5 x 2 S	1 x 1 S 3 x 1 1/2 S 6 x 2 S	NO	NO
1 1/4	32.0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1 1/2	38.0	1 1/2 x 1 S 3 1/2 x 1 E	1 1/2 x 1 S 3 1/2 x 1 1/2 E	1 1/2 x 1 S 3 1/2 x 2 E	NO	NO	NO	NO	NO
2	51.0	S	2 x 1 S 4 x 1 1/2 S	2 x 1 1/2 S 5 x 1 1/2 S	2 x 2 S 6 x 1 1/2 S	2 x 2 S 6 x 2 S	NO	2 x 1 1/2 S 5 x 1 1/2 S 8 x 2 S	2 x 2 S 6 x 2 S 10 x 2 S
2 1/2	64.0	S	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3	76.0	S	3 x 1 S 5 x 1 1/2 S	3 x 1 1/2 S 6 x 1 1/2 S	3 x 1 1/2 S 6 x 2 S	3 x 1 1/2 S 6 x 1 S 8 x 1 1/2 S	NO	NO	NO
4	102.0	S	4 x 1 S 6 x 1 1/2 S	4 x 1 S 6 x 2 S	4 x 2 S 8 x 1 1/2 S	4 x 2 S 8 x 2 S	4 x 2 S 8 x 2 1/2 E	NO	NO
5	127.0	S	5 x 1 1/2 S 8 x 1 S	5 x 1 1/2 S 8 x 1 1/2 S	5 x 1 1/2 S 8 x 2 S	NO	NO	NO	NO
6	152.0	S	6 x 1 S 8 x 1 1/2 S	6 x 1 S 8 x 2 S	6 x 2 S 10 x 1 1/2 S	6 x 2 S 10 x 2 S	6 x 2 S 10 x 2 1/2 E	6 x 2 S 10 x 1 S 10 x 2 S	NO
8	203.0	S	8 x 1 S 10 x 1 1/2 S	8 x 2 S 12 x 1 S	8 x 2 S 12 x 1 1/2 S	8 x 2 S 12 x 2 S	8 x 2 S 12 x 2 1/2 E	NO	NO
10	254.0	S	10 x 1 S 12 x 1 1/2 S	10 x 1 S 12 x 2 S	10 x 1 S 10 x 2 1/2 E	NO	NO	NO	NO

S: VITROFORM STANDARD.

E: VITROFORM Especial.

**LIMITACIONES:**

El Vitroform 450 podrá usarse para aislar tuberías que operen en temperaturas de  $-84^{\circ}\text{C}$  - hasta  $232^{\circ}\text{C}$  ( $-120^{\circ}\text{F}$  hasta  $450^{\circ}\text{F}$ ) su almacenaje deberá hacerse en lugares protegidos de la intemperie.

**ESPECIFICACIONES  
PARA INSTALAR  
VITROFORM**

1. La superficie de las tuberías deberá encontrarse completamente limpia y seca antes de colocar el aislamiento. Es recomendable aplicar una mano de pintura anti corrosiva a la superficie del tubo.
2. Cuando la superficie de la tubería esté lista para ser aislada se aplicará el aislamiento Vitroform de acuerdo con el espesor indicado, seleccionando de acuerdo a las tablas según se trate de bajas o altas temperaturas.

El Vitroform se instala colocando las medias cañas en torno a la tubería. Si se recubre con manta, ésta deberá restirarse y aplicar sobre ella los flejes de aluminio, o bien alambre galvanizado con objeto de que el aislamiento quede sujeto firmemente a la tubería.

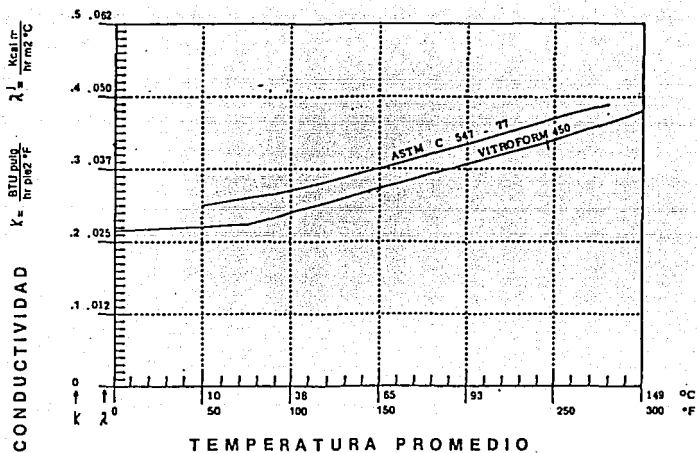
3. Para los acabados finales se recomienda - tomar en consideración si la instalación es fría o caliente, si está en el interior o a la intemperie, si hay o no cierto abuso mecánico.

4. Si la instalación es caliente y está situada en el interior y donde no esté sometida a ningún abuso mecánico, podrá dejarse la cubierta de manta como acabado final. O si se prefiere, se podrán aplicar dos manos de pintura impermeable como acabado final sobre la manta.
5. Si la instalación es caliente y está situada en el interior, pero donde exista abuso mecánico, se recomienda protegerse con un recubrimiento rígido como lámina galvanizada o de aluminio, en el espesor que se prefiere. Generalmente es de calibre 26 a 32. Los traslapes de las láminas deberán ser al menos de 2" (5.1 cm). Las láminas se sujetarán con flejes galvanizados o de acero inoxidable de 3/4" (1.27 cm) colocados de 9" a 12" (22.9 a 30.5 cm) centro a centro.
6. Para instalaciones calientes a la intemperie, el aislamiento deberá protegerse como se explicó en el punto 5, pero sellando las juntas de las chaquetas de lámina con un impermeabilizante de reconocido prestigio.
7. Para instalaciones frías se recomienda el uso del Vitroform con cubierta de Pyro-Vit. El Pyro-Vit actúa como barrera de vapor con una permanencia de 0.01 gramos por hr. por pie<sup>2</sup> por pulgada de mercurio. Todos los materiales aislantes en el mercado para instalaciones frías requieren de -

barrera de vapor que evitará condensaciones o formaciones de hielo dentro del aislamiento.

8. En instalaciones frías interiores sin abuso mecánico se podrá instalar el Vitroform, dejando como acabado el Pyrovit con sus juntas longitudinales y transversales debidamente selladas con un material que constituya barrera de vapor. Los flejes ayudarán también a mantener la cubierta.
9. Para instalaciones frías a la intemperie se recomienda instalar el material en la forma descrita en el punto 8, pero protegiendo la instalación con una chaqueta de lámina galvanizada o de aluminio, calibre 26 a 32, como se mencionó en el punto 6. La chaqueta metálica va sobre la cubierta de Pyrovit, debidamente sellada como se mencionó. Las juntas de la cubierta metálica deben sellarse con un material impermeabilizante. Es muy importante que la barrera de vapor no tenga ninguna perforación y si la hay, deberán sellarse perfectamente.

CONDUCTIVIDAD TERMICA VITROFORM 450





## VITROFORM 850

**DESCRIPCION:** Aislamiento preformado para tuberías, fabricado con fibra de vidrio aglutinada con una resina - especial para soportar altas temperaturas y moldeado para ajustarse a la superficie de la tubería de medidas comerciales.

**PRESENTACION:** Se surte en forma de medias cañas de 91 cm. de longitud en diversos diámetros y espesores. Cada preformado va acompañado con dos flejes de aluminio para sujetarlos.

**CARACTERISTICAS:** Conductividad térmica: a  $0.0278 \text{ kcal m/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . ( $0.224 \text{ BTU in/hr.sq.ft.}^\circ\text{F}$ ) a  $24^\circ\text{C}$  ( $75^\circ\text{F}$ ) de temperatura promedio.

Densidad:  $80 \text{ Kg/m}^3$  ( $51\text{b/cu.ft.}$ ).

Corrosión de acero y aluminio: No se provoca o acelera.

Capilaridad: Despreciable (después de 24 hrs.).

Cumple con la norma ASTM C547-77 materiales clase 2.

**DIMENSIONES:** Vitroform 850 se fabrica para diámetros nominales de tuberías de fierro de 19 a 762 mm. En espesores de 25,38,51,63,76,89 y 102 mm.

<b>TOLERANCIAS:</b>	Espesor	-3.0	+6.0mm
	Largo	-0.3	+0.6mm
	Diámetro interior	-0	+0.3mm
	Densidad	$\pm 10\%$	

**USOS Y VENTAJAS:** Este producto es ideal para aislar tuberías calientes en plantas termo-eléctricas, en la industria petroquímica y en todas aquellas aplicaciones en las que se requiera aislar tuberías que conduzcan fluidos con temperaturas hasta de 454°C (850°F).

Ventajas que ofrece Vitroform 850:

- \* Máxima eficiencia térmica.
- \* Incombustible.
- \* Dimensionalmente estable.
- \* Resistente al impacto.
- \* Inorgánico.
- \* No favorece la corrosión.
- \* Fácil de instalar y manejar.
- \* Económico.

**ESPEORES**

**RECOMENDABLES:**

Temp. de Operación		hasta 260°C(500°F)	hasta 371°C(700°F)	hasta 454°C(850°F)
Diám. Nominal		Esp.Rec.	Esp.Rec.	Esp.Rec.
mm	in	mm	in	mm
19	3/4	51 2	51 2	63 2 1/2
25	1	51 2	51 2	63 2 1/2
32	1 1/4	51 2	51 2	63 2 1/2
38	1 1/2	51 2	51 2	76 3
51	2	51 2	63 2 1/2	76 3
63	2 1/2	51 2	63 2 1/2	76 3
76	3	51 2	76 3	89 3 1/2
102	4	51 2	76 3	89 3 1/2
127	5	63 2 1/2	76 3	102 4
152	6	63 2 1/2	76 3	102 4
203	8	63 2 1/2	89 3 1/2	102 4
254	10	63 2 1/2	89 3 1/2	114 4 1/2*
304	12	63 2 1/2	89 3 1/2	127 5 *
355	14	63 2 1/2	89 3 1/2	127 5 *
406	16	63 2 1/2	89 3 1/2	127 5 *
457	18	63 2 1/2	89 3 1/2	127 5 *
508	20	63 2 1/2	89 3 1/2	127 5 *
559	22	63 2 1/2	89 3 1/2	127 5 *
610	24	63 2 1/2	89 3 1/2	127 5 *

\* Instálase en dos capas, la primera en tres pulgadas de espesor y la segunda con aislaforno o anidado.

Estos espesores pueden variar con las condiciones de cada proyecto.

Nuestro Departamento Técnico le proporcionará la asistencia necesaria para optimizar costos de adquisición y operación.

#### LIMITACIONES:

No debe usarse para temperaturas de operación superiores a 454°C (850°F), ni inferiores a -84°C (120°F).

Cuando el producto está expuesto a una temperatura de 454°C (850°F) el producto sufrirá lo siguiente:

- a) Desprendimiento de humo en cantidad mínima - durante 12 minutos, después desaparece.
- b) Un 60% de su espesor del lado caliente sufrirá descomposición de binder.
- c) La resistencia mecánica no es afectada notablemente por la descomposición del binder. - La descomposición del binder es la evaporación del aglutinante de la fibra, quedando - de un color blanco.

Nota: Esto no afecta la funcionalidad térmica - del aislante, su almacenaje deberá hacerse en lugares protegidos de la intemperie.

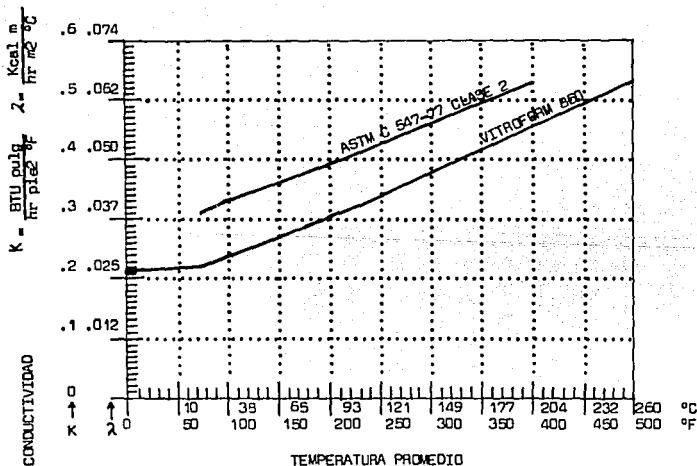
#### ESPECIFICACIONES: DE INSTALACION

1. La superficie de las tuberías deberá encontrarse perfectamente limpia y seca antes de colocar el aislamiento.

2. Aplíquese Vitroform 850 en el espesor seleccionado en la tabla colocando las medias cañas en torno a la tubería. Si se recubre con manta, ésta deberá restirarse y aplicar sobre ella los flejes de aluminio, de 1.27 cm. colocados de 22.9 cm. a 30.5 cm. centro a centro, o bien, alambre galvanizado, con objeto de que el aislamiento quede firmemente sujeto a la tubería.
3. En la selección de acabados finales tómese en cuenta si la instalación está en el interior a la intemperie y si se verá sometida a abuso mecánico.
4. Si la tubería está situada en el interior y no se encuentra sometida a abuso mecánico podrá dejarse una cubierta de manta como acabado final o, si se prefiere, aplicar sobre la manta dos manos de pintura impermeable. Otra práctica muy común consiste en aplicar una mano de almidón para hacer que la manta se restire perfectamente.
5. Para instalaciones que tienen que soportar abuso mecánico se recomienda protegerla con chaqueta de lámina metálica (lámina galvanizada o de aluminio, generalmente en calibres 26 a 32). Los traslapes de las láminas deberán ser por lo menos de 5 cm. Las chaquetas se sujetarán con flejes galvanizados o de acero inoxidable.

6. Para tuberías con venas de vapor longitudinales, con un cuchillo hágase una ranura longitudinal para alojar a la vena. En los casos en los que la vena sea helicoidal, seleccionese un Vitroform 850 con un diámetro interior mayor y, en caso de quedar algún hueco, rellénesse con fibra blanca RW-4200.
  
7. En tuberías situadas en la intemperie las juntas de las chaquetas deberán ser bota-aguas y, en caso necesario, podrán sellarse con algún impermeabilizante de reconocido prestigio.

CONDUCTIVIDAD TERMICA VITROFORM 850



RW - 4300 y RW - 4500

COLCHONETAS ARMADAS

DESCRIPCION: Aislamientos flexibles de fibra de vidrio aglutinadas con aceite lubricante para protegerlas de la abrasión, con distintos recubrimientos metálicos en ambas caras.

PRESENTACION: En forma de colchonetas en dos diferentes densidades y con los siguientes armados metálicos que facilitan su instalación formando una base apropiada para los acabados.

RECUBRIMIENTOS CARACTERISTICAS DE  
LOS RECUBRIMIENTOS

- |   |   |
|---|---|
| Tipo 1: cara exterior con metal desplegado<br>cara interior con malla de gallinero                                  | 1) Metal desplegado<br>barnizado de 600 gr/m <sup>2</sup><br>y 2.5X 1.3 cm. |
| Tipo 2: cara exterior con malla de gallinero<br>cara interior con malla de gallinero                                | 2) Malla de gallinero   |
| Tipo 3: cara exterior con metal desplegado<br>cara interior con metal desplegado                                    | calibre 22 galvanizado<br>de 2.5 ó 1.9 cm.                                  |
| Tipo 4: cara exterior con metal desplegado<br>cara interior con alambre respuntes<br>do o tiras de metal desplegado | 3) Alambre galvanizado<br>calibre 18,20 ó 22                                |

El tipo 1: es el más usual. La cara exterior con metal desplegado facilita la colocación del acabado.

El tipo 2: se recomienda cuando se necesita una superficie elástica que se adapte a las irregularidades de las superficies de los equipos. La malla de gallinero no retiene los acabados usuales pero podría usarse lámina metálica.

El tipo 3: se recomienda donde se requiere una colchoneta de gran rigidez. El metal desplegado sobre la superficie caliente es - ventajoso porque forma cámaras de aire. El metal desplegado exterior facilita la instalación de los acabados.

El tipo 4: se recomienda para tuberías o equipo con curvatura pequeña.

CARACTERISTICAS.  
DIMENSIONES Y  
TOLERANCIAS:

MATERIAL	DENSIDAD		CONDUCTIVIDAD		ESPESOR	ANCHO	LARGO
	kg/m <sup>3</sup>	lb/pie <sup>3</sup>	TERMICA		cm	cm	cm
			$\lambda$ Kcal-m hr m <sup>2</sup> °C	k BTU-pulg hr pie <sup>2</sup> °F			
RW-4300	48.	3.0	0.0272	0.226	2.5 a 10.2	61	244
RW-4600	96	6.0	0.0280	0.223	2.5 a 10.2	61	244
Tolerancias	±10%	±10%	- - -	- - -	0.3 a ±0.6	±0.6	±0.6

USOS Y VENTAJAS: Constituyen un producto ideal para el aislamiento de equipos industriales que operan a altas temperaturas hasta de 538°C (1000°F). Son especiales para equipos que presentan superficies irregulares. Por sus características, las colchonetas armadas de fibra de vidrio blanca se usan en el aislamiento de calderas, hornos industriales, etc.

VENTAJAS:

- \* Alta eficiencia térmica.
- \* Resistencia a la vibración.
- \* No favorece la corrosión.
- \* Fácil instalación.

- \* Obtención de acabados tersos.
- \* Larga duración.
- \* Economía.

ESPEORES

RECOMENDABLES:

T A B L A " A "  
"Espesores" recomendables para tuberías (cm)

Temperaturas de operación °C	Temperaturas de operación °F	Diam.tuberías 5.1 a 10.1 cm (2 a 4")	Diam.tuberías 11.4 a 15.2 cm (4 1/2 a 6")	Diam.tuberías 17.7 cm o más (7" ó más)
hasta 121	hasta 250	2.5 (1")	2.5 (1")	2.5 (1")
121 a 177	250 a 350	3.8 (1 1/2")	3.8 (1 1/2")	3.8 (1 1/2)
177 a 232	350 a 450	3.8 (1 1/2")	3.8 (1 1/2")	5.1 (2")
232 a 288	450 a 550	3.8 (1 1/2")	5.1 (2")	5.1 (2")
288 a 343	550 a 650	5.1 (2")	5.1 (2")	6.4 (2 1/2)
343 a 399	650 a 750	5.1 (2")	6.4 (2 1/2")	6.4 (2 1/2)
399 a 454	750 a 850	6.4 (2 1/2")	6.4 (2 1/2")	7.6 (3")
454 a 538	850 a 1000	7.6 (3")	7.6 (3")	10.1 (4")

T A B L A " B "

"Espesores" recomendados para equipos con temperaturas hasta de 538°C (1000°F)

Temperaturas de operación °C	Temperaturas de operación °F	espesor recomendado		tem. aprox. de superficie obtenida	
		Pulg	cm	°C	°F
hasta 93	hasta 200	1	2.5	35	96
93 a 149	201 a 300	1 1/2	3.8	38	101
150 a 204	301 a 400	2	5.1	41	106
205 a 260	401 a 500	2	5.1	48	119
261 a 315	501 a 600	2 1/2	6.4	50	123
315 a 371	601 a 700	3	7.6	54	130
372 a 426	701 a 800	3 1/2	8.9	57	136
427 a 482	901 a 900	4	10.1	51	142
483 a 532	901 a 1000	5	12.7	61	142

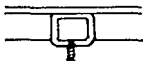
LIMITACIONES: Producto diseñado para aislar equipos calientes o tuberías que operan hasta 538°C (1000°F). El material no deberá estar a la intemperie durante su almacenamiento o instalación.



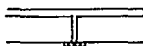
**ESPECIFICACIONES  
DE INSTALACION:**

1. Se selecciona el espesor de las colchonetas armadas de acuerdo a las tablas A o B, según se trate de equipo o tubería caliente con temperatura hasta de 1000°F. Deberá seleccionarse el tipo de recubrimiento de acuerdo a la tabla antes incluida.
2. Sobre la superficie de la tubería o equipo caliente, limpia y seca se aplican las colchonetas. En equipos redondos de más de 36" de diámetro exterior, se fijan mediante flejes metálicos de 3/4" a distancias de 12" a 18" entre centros. Los bordes metálicos son unidos a tope y atados con alambre galvanizado destemplado de calibre N°. 16. Las colchonetas deben unirse entre sí también con alambre galvanizado. En superficies grandes planas o irregulares, las colchonetas deberán fijarse sobre sujetadores soldados apropiados a distancias de 12" a 18" entre centros. Atense los bordes que se unen a tope en su debido lugar. Las colchonetas deben unirse entre sí a tope con alambre galvanizado N°. 16. En equipos grandes a temperaturas de más de 600°F se requieren juntas de expansión a no más de 16 pies entre centros.

Alternativas para fijar las colchonetas armadas.



Con alambre soldado a la superficie del equipo.



Espiga de cabeza grande soldada a la superficie.



Perno soldado a la superficie con rondana y tuerca.



Lengüeta soldada con rondana.

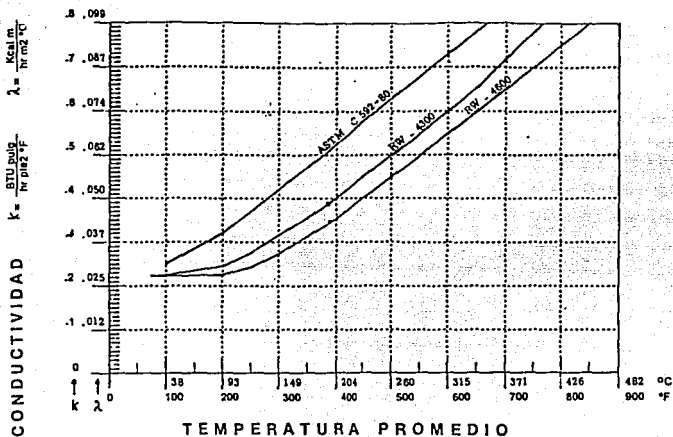
3. En equipos calientes bajo techo: se aplica una capa de 1/2" de cemento aislante y se deja secar. Este puede constituir el mínimo acabado. Si se prefiere uno mejor, aplíquese encima del anterior un adhesivo de base resina, manta de 6 a 8 onzas y finalmente un adhesivo aislante.

En equipos a la intemperie: aplíquese con llana dos capas de impermeabilizante a base asfalto o vinilo que sea resistente a la intemperie, de 1/8" cuando menos, preferiblemente con un tejido de fibra de vidrio entre las 2 capas.

4. Para equipos fríos bajo techo: aplíquese una capa de 1/2" de cemento aislante sobre la colchoneta, déjese secar, adhiérase foil de aluminio de 0.0025" - traslapando las juntas 3" y sellando con un material que sea barrera de vapor, aplíquese adhesivo aislante a base de resina, manta de 6 a 8 oz y una capa final con brocha del adhesivo aislante.

5. Para equipos fríos a la intemperie: se aplica la capa de 1/2" de cemento aislante. Déjese secar. Con llana se aplican 2 capas de 1/8" de espesor de material impermeabilizante asfáltico o vínlifico. Adhiérase foil de aluminio de 0.0025" traslapando 3" y sellando con un material que sea barrera de vapor. Aplíquese con llana dos capas de 1/8" de espesor o más de un impermeabilizante asfáltico o vínlifico con tela de vidrio entre las dos capas. Deberá tenerse cuidado de no romper el foil de aluminio.

CONDUCTIVIDAD TERMICA DE COLCHONETAS



## A I S L A F O R M

### DESCRIPCION:

Aislamiento de fibra de vidrio aglutinada con una resina especial para soportar altas temperaturas. Consistente en tiras de fibra semirígida adheridas a un foil de aluminio, orientadas perpendicularmente a su superficie lo cual, a un tiempo, lo hace flexible para adaptarse alrededor de las tuberías y le proporciona la resistencia mecánica necesaria para hacerlo durable y presentable.

### PRESENTACION:

Se fabrica en rollos en diferentes espesores y longitudes, cada rollo de Aisleform se surte acompañado de un rollo de cinta autoadherible para sujetar y sellar el aislamiento.

### CARACTERISTICAS:

Densidad		Conductividad térmica	
kg/m <sup>3</sup>	lb/pie <sup>3</sup>	$\frac{\text{kcal-m}}{\text{hr. m } ^\circ\text{C}}$	$\frac{\text{BTU-in}}{\text{hr. sqft } ^\circ\text{F}}$
48.0	3.0	0.03345	0.270
Tolerancias $\pm 10\%$			

El valor de la densidad es nominal el control del producto se realiza sobre la conductividad térmica a  $24^\circ\text{C}(75^\circ\text{F})$ .

### DIMENSIONES:

	Espesor cm	Ancho cm	Longitud cm
	3.8	91.4	823
	5.1	91.4	510
	6.3	91.4	792
	7.6	91.4	640
Tolerancias	-0.3 a +0.6	$\pm 0.3$	-0 a +15

USOS Y VENTAJAS:

Este producto esta diseñado para usarse como aislamiento térmico en tuberías de 20.3 cm (8") en adelante, se corta y adapta a la superficie de tuberías fácilmente. Puede usarse para aislar bridas, válvulas, grupos de tuberías y tuberías con venas de vapor. Puede aplicarse sobre aislamiento existente para incrementar el espesor y satisfacer las necesidades de conservación de energía. Este producto es dimensionalmente estable, no favorece la corrosión, bacterias, hongos y está clasificado como incombustible. Con este producto se elimina la necesidad de tener existencias de una gran cantidad de preformados para tubería, reduciéndose con esto espacio para almacenaje y la inversión en inventarios.

Bajo costo de instalación por lo sencillo de sus técnicas de aplicación, mayor resistencia térmica.

ESPESORES RECOMENDADOS PARA  
AISLAR TUBERIA CON AISLAFORM

Diam.	hasta 121°C (200°F)	hasta 149°C (300°F)	hasta 204°C (400°F)	hasta 260°C (500°F)	hasta 371°C (700°F)	hasta 454°C (850°F)
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
203	38	51	69	76	102	114*
254	38	51	69	76	102	114*
305	38	51	69	76	102	114*
356	38	51	69	76	102	127*
405	38	51	69	76	114*	127*
457	38	51	69	89	114*	127*
608	38	59	76	89	114*	127*
610	38	69	76	89	114*	127*
762	38	69	76	89	114*	127*

\* Requiere anidarse. 147

#### LIMITACIONES:

No deberá instalarse en tuberías cuya temperatura de operación sea superior a 454°C(850°F), ni inferior a -51°C(-60°F).

Cuando el producto está sometido a una temperatura arriba de los 260°C(500°F), el aglutinante de la fibra de vidrio sufrirá una descomposición que consiste en que la superficie interna del aislante cambiará de color café claro a color blanco, - esto disminuya ligeramente su consistencia pero - no afecta la funcionalidad térmica del aislante. El material no se recomienda para tuberías de diámetros menores a los mostrados en la siguiente - tabla:

Diámetro mm	Espesor mm
203	38
254	51
305	63
356	76

#### ESPECIFICACIONES DE INSTALACION

Solo se requieren: cinta métrica o regla de longitud mayor a 92 cm; marcador; cuchillo y engrapadora.

1. Córtese el material a la longitud que se indica en la tabla o que resulte de aplicar la fórmula.
2. Remuévase la fibra de vidrio de tal forma que en un extremo se deje una pestaña de 7,6 cm - (3") de ancho.
3. Colóquese el aislamiento alrededor de la tubería.

4. Siempre que el foil de aluminio vaya a quedar como acabado final, la pestaña deberá engraparse sellándose las juntas con cinta adhesiva, - sólo en el caso de que inmediatamente se fuera a colocar un acabado de lámina o mastic podrá omitirse el engrapado y en este caso deberá colocarse un pedazo de cinta adhesiva a manera - de fleje en la parte central del tramo.

En el caso de tuberías frías deberán sellarse perfectamente las juntas o cualquier perforación con material bituminoso que constituya barrera de vapor.

En las tuberías calientes podrá dejarse como acabado el foil de aluminio como ya se mencionó, o aplicarse chaqueta de lámina o un acabado impermeable dependiendo de las necesidades de la instalación.

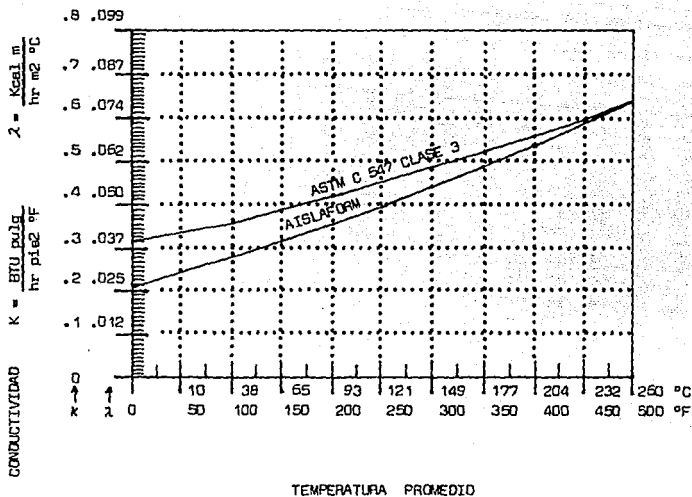
Longitudes a las que debe cortarse el aislaforn

diámetro nominal cm	E s p e s o r e s			
	3,8 cm	5,1 cm	6,3 cm	7,6 cm
20.3	100	108*	116*	124*
25.4	117	125	133*	141*
30.5	133	141	149	157*
35.5	143	151	159	167
40.6	159	167	175	183
45.7	175	183	191	199
50.8	191	199	207	215
61.0	223	231	239	247
76.2	271	271	287	295

Para diámetros que no aparecen en esta tabla usar la fórmula: Longitud en cm. = (diámetro exterior - real de tubería en cm. + 2 espesor en cm.)  $3.1416 \div 7.6$ . No debe olvidarse remover una tira de fibra de vidrio de 7.6 cm., de ancho con objeto de dejar una pestaña en uno de los extremos.

\* Estos diámetros resulta un poco más difícil instalar. Se recomienda Vitroform 450 o Vitroform 850 en su lugar.

CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL AISLAFORM





# V I T R O T E R M

**DESCRIPCION:** Aislamiento termoacústico flexible de fibra de vidrio aglutinado con una resina fenólica termo fija.

**PRESENTACION:** En forma de rollos recubiertos en una de sus caras con una película vinílica flexible de color blanco. Este recubrimiento sobresale 5 cm. en ambas orillas de los rollos, lo cual es aprovechado para instalar el material.

**CARACTERISTICAS,  
DIMENSIONES Y  
TOLERANCIAS**

DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD TERMICA		ESPE- SORES	ANCHO	LAR- GO
	$\lambda$	K			
kg/m <sup>3</sup> lb/pie <sup>3</sup>	Kcal-m hr m <sup>2</sup> °C	BTU in hr sq ft°F	cm.	cm.	cm.
20	1.25	0.0316	0.255	2.5 y 5.1	110 1524
<b>TOLERANCIAS</b>					
+10% + -10%	-----	-----	-----	-0.3a + 0.6	+0.6 -0a+30

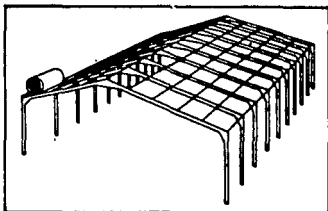
Conductividad térmica a 24°C(75°F) de temperatura promedio.

**USOS Y VENTAJAS:**

Se usa como aislante termoacústico en techos de naves industriales proporcionando las siguientes ventajas:

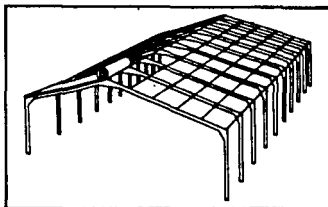
- \* Mayor confort durante el año.
- \* Costos más bajos de calefacción o aire acondicionado.
- \* Más reflexión de luz.
- \* Mejor apariencia.
- \* Incombustible.
- \* No causa corrosión en cobre, acero o aluminio.
- \* Larga duración.
- \* Efectiva barrera de vapor por su película plástica.

ESPECIFICACIONES  
DE INSTALACION



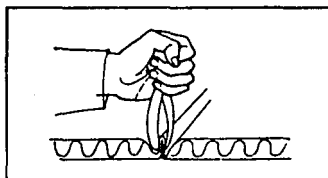
1. FIJAR EL EXTREMO DEL VITROTERM

El extremo debe fijarse de tal forma que el material quede sujeto a lo largo de todo su ancho, para que al tensarlo no se produzcan concentraciones de esfuerzos que puedan dañarlo.



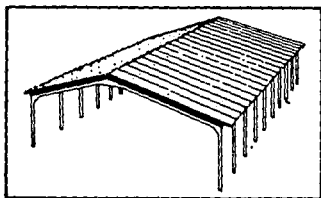
2. DESEÑROLLAR

Esta operación debe realizarse dando una ligera tensión al material, con objeto de que su superficie sea prácticamente plana.



3. UNIR LA PELICULA DE PVC CON LA DEL ROLLO QUE SE EXTENDIO ANTERIORMENTE.

Puede usarse grapas o pegamento.



#### 4. COLOCAR LA LAMINA

Fijándola a la estructura y sellando juntas.

#### LIMITACIONES:

Este producto no deberá exponerse a la intemperie durante su almacenamiento o instalación.

El producto está garantizado para recuperar el espesor nominal dentro de las tolerancias establecidas cuando es desenrollado, siempre y cuando no haya excedido un período de seis meses después de haberse fabricado.

RF - 4000 RF - 7000

AISLAMIENTOS

SEMIRIGIDOS Y RIGIDOS

**DESCRIPCION:** Aislamientos termoacústicos de color amarillo, fabricado con fibra de vidrio aglutinada con resina fenólica de -  
fraguado térmico.

**PRESENTACION:** Se presentan en placas semirígidas y rígidas en varias -  
densidades, medidas y espesores que satisfacen los requ<sub>er</sub>  
rimientos de aplicación.

**CARACTERISTICAS:**

Material	Densidad		Conductividad $\lambda$	Térmica k
	kg/m <sup>3</sup>	lb/pie <sup>3</sup>		
			$\frac{\text{Kcal m}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$	$\frac{\text{BTU in}}{\text{hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$
RF-4100	16,0	1,0	0.0341	0.275
RF-4150	24,0	1,5	0.0306	0.247
RF-4200	32,0	2,0	0.0291	0.235
RF-7400	64,0	4,0	0.0301	0.243
RF-7600	96,0	6,0	0.0276	0.223

Las conductividades térmicas están dadas a 24°C(75°F) de  
temperatura promedio.

Absorción de Humedad: Menos de 5% en peso, durante 96 hrs  
a 49°C(120°F).

**DIMENSIONES Y  
TOLERANCIAS**

Material	Espesor cm	Ancho cm	Largo cm
RF-4100	2.5, 3.8 y 5.1	61	122
RF-4150	2.5, 3.8 y 5.1	61	122
RF-4200	2.5, 3.8 y 5.1	61	122
RF-7400	2.5 y 3.8	61	122
RF-7600	2.5 y 3.8	61	122

**Tolerancias: Materiales RF-4000**

**Espesor:**

**\*\*Empaque estandar +/-0.3 cm**

Empaque a compresión, el máximo espesor no debe exceder al nominal en +/-0.3 cm.

**Ancho: -0.3 a + 1.0 cm**

**Largo: -0.3 a + 1.0 cm**

**\*\* Nota:** Se considera empaque estándar para materiales semirígidos tubos de polietileno calibre 500 con los extremos abiertos y para materiales rígidos papel semikraft (27 lb/pulg<sup>2</sup> de resistencia mínimo)

**Nota:** Después de remover el empaque a compresión y dejar caer el material desde una altura de 50 cm., el material debe recobrar el espesor en la siguiente forma:

1. Las piezas medidas al menos deben recobrar el 95% del nominal.
2. 90% de las piezas deben recobrar el espesor nominal o más
3. Las piezas que excedan del espesor nominal deben ser capaces de comprimirse al nominal aplicando una presión o carga que no exceda de 10 lb/pie<sup>2</sup>.

**Tolerancias: Materiales RF-7000**

**Espesor: - 0.1 a + 0.3 cm.**

**Ancho: - 0.3 a + 0.6 cm.**

**Largo: - 0.3 a + 0.6 cm.**

#### USOS Y VENTAJAS:

Constituyen el aislamiento ideal para aparatos domésticos como refrigeradoras, congeladores, cuartos frigoríficos, camiones fríos, furgones, etc., así mismo de equipos que operen en rangos de temperatura de  $-84^{\circ}\text{C}$  hasta  $232^{\circ}\text{C}$ .

Por sus características acústicas son apropiados para tratamientos acústicos de salones, auditorios, cines, estudios de radio y televisión, etc. y en forma especial para este propósito se recomienda el material se mirigido RF-4200, cuyo coeficiente de absorción de so nido es de 0,92 a 500 ciclos en un espesor de 2,5 cm.

#### Ventajas:

- \* **Máxima eficiencia térmica:** Lo cual se traduce en menores espesores necesarios y menor costo.
- \* **Incombustibles:** Lo cual evita accidentes y grandes pérdidas.
- \* **Elasticidad:** Propiedad de la fibra de vidrio que - hace que ocupe plenamente los espacios, sin dejar - huecos sin aislamiento.
- \* **Dimensionalmente estables:** No se deforman, alargan o contraen o agrietan.
- \* **Inorgánicos:** Lo cual asigna su larga duración ya - que no procrea hongos y bacterias.
- \* **No favorecen la corrosión:** En cobre; acero o aluminio.
- \* **Fácil de instalar y manejar.**
- \* **Económicos.**
- \* **Puede empalmarse para formar el espesor requerido.**

#### RECUBRIMIENTOS:

Los materiales RF-4000 y RF-7000 pueden ser surtidos - con recubrimiento de neopreno que se aplica a razón de  $500 \text{ gr/m}^2$ . Se usan para tratamiento interior de ductos de aire acondicionado. Es aconsejable el material RF-4200 hasta velocidades del aire de 1200 f.p.m. Para -

velocidades más altas y hasta 6000 f.p.m. y bajo especiales y estrictas especificaciones, son recomendables los materiales rígidos RF-7000. El producto puede ser colocado con seguros mecánicos o con adhesivos compatibles con la fibra de vidrio.

**ESPEORES  
RECOMENDABLES**

Para altas temperaturas					
Temperatura de Operación °C		Temperatura de Operación °F		Espesor recomendado cm.	P.C.
hasta 65	65	hasta 149	149F	1,9	231
de 66 a 93	93	de 150 a 200	200	2,5	298
de 94 a 149	149	de 201 a 300	300	3,8	395
de 150 a 204	204	de 301 a 400	400	6,4	344
de 205 a 232	232	de 401 a 450	450	7,6	331

Para bajas temperaturas							
Condiciones de humedad 90% H.R.		85% H.R.		80% H.R.		H.R.	
temperatura de operación °C		°F		cm. GC		cm GC	
Hasta 10	10	hasta 50	50	5.1	37	2.5	71
de 9 a 1	1	de 48 a 33	33	7.6	38	3.8	74
de 0 a -17	-17	de 32 a 1	1	10.1	48	6.4	76
-18 a -34	-34	de 0 a -30	-30	14.0	49	8.9	77
-35 a -51	-51	-31 a -50	-50	17.8	50	10.1	86
-52 a -84	-84	-51 a -120	-120	21.6	57	12.7	98

Nota: La temperatura ambiente considerada en las dos - tablas es 25°C.

E.R.: Espesor Recomendado.

P.C.: Pérdida de Calor en  $BTU/m^2-h$ .

G.C.: Ganancia de Calor en  $BTU/m^2-h$ .

Estas tablas son aplicables a ambos materiales, RF-4000 semirígido y RF-7000 rígidos. Deberá tenerse presente que las tablas muestran espesores promedios, al variar la conductividad térmica y la densidad de los materiales

traerá consigo una variación en la pérdida o ganancia de calor. Se recomienda en caso de duda calcular el espesor.

#### LIMITACIONES:

Diseñados para temperaturas de operación de  $-84^{\circ}\text{C}$  - hasta  $232^{\circ}\text{C}$  ( $-120^{\circ}\text{F}$  hasta  $450^{\circ}\text{F}$ ).

El producto no deberá exponerse a la intemperie durante su almacenamiento o instalación.

#### Descomposición del aglutinante:

Cuando la placa de fibra de vidrio se coloca sobre una superficie caliente arriba de  $176^{\circ}\text{C}$  ( $350^{\circ}\text{F}$ ), perderá algo de su aglutinante sobre el lado expuesto, debido a la descomposición del mismo.

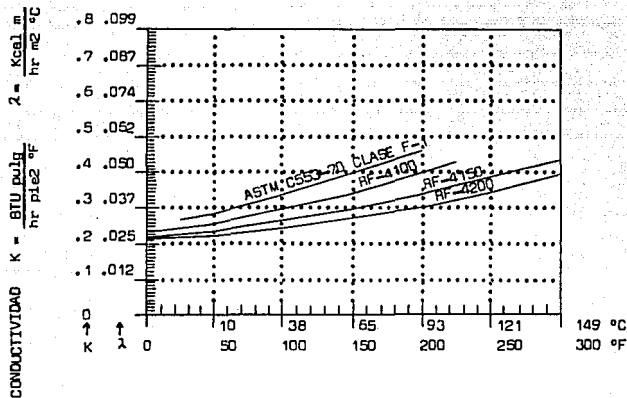
A temperaturas mayores de  $204^{\circ}\text{C}$  ( $400^{\circ}\text{F}$ ), el aislamiento cambiará a blanco en la superficie interna y en el área intermedia se tomará grisacea, la capa externa permanecerá dorado a café que es el color característico del aislamiento. Las características térmicas del aislamiento no serán afectadas por las pérdidas del aglutinante, solo habrá un decremento en la resistencia mecánica de éste.

#### ESPECIFICACIONES DE INSTALACION

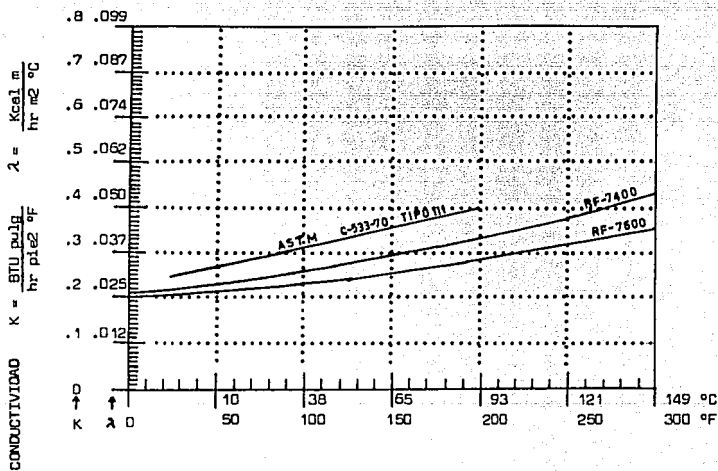
Siendo tan amplio el campo de aplicación de los materiales semirígidos RF-4000 y rígidos RF-7000, no es posible recomendar una especificación generalizada para la instalación de estos productos. Por este motivo podemos asesorarlo en la formulación de la especificación adecuada para cada caso en particular.



CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL RF - 4000



CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL RF - 7000



# V I T R O T E C

**DESCRIPCION:** Aislamiento termoacústico formado de fibra de vidrio - aglutinada con una resina fenólica de fraguado térmico, especialmente desarrollado para aislamiento de techos.

**PRESENTACION:** Se surte en placas y en dos diferentes tipos: Vitrotec 65 y Vitrotec 85, llevando en una de sus caras un recubrimiento de papel krasfalto, el cual evita que la fibra absorba el asfalto usado durante la impermeabilización.

**CARACTERISTICAS,  
DIMENSIONES Y  
TOLERANCIAS**

Tipo	Espesor cm	Densidad lb/pie <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	Conductancia BTU/sq. ft °F	Resistencia térmica R = 1/c
65	2.5	6.5 104.1	0.222	4.505
	3.8		0.148	6.757
85	2.5	8.5 136.1	0.223	4.484
	3.8		0.148	6.726

Tolerancias -1,0 a + 0,3 + -10%

Ancho: 81 y 91 cm.

Largo: 122 cm. en ambos tipos.

Tolerancias: ancho = ± 0.5 cm.

largo: ± 0.6 cm. en ambos tipos.

**USOS Y VENTAJAS:**

1. Vitrotec 65: Por sus características constituye el aislamiento ideal para techos de residencias y construcciones de poco tránsito siendo la máxima carga permanente que soportará de 1300 kg/m<sup>2</sup>.

2. Vitrotec 85: Es el aislamiento más adecuado para techos que estarán expuestos a mucho tránsito, lo cual le permite soportar cargas permanentes hasta de 4800 kg/m<sup>2</sup>.

Solo el aislamiento de techos Vitrotec, pueda ofrecer las siguientes ventajas:

- \* Alta eficiencia térmica.
- \* Estabilidad dimensional garantizada.
- \* Superficie apropiada para impermeabilizar.
- \* Estructura fibrosa que evita ampollamientos.
- \* Incombustibilidad.
- \* Facilidad y rapidez de instalación.
- \* Ligereza.
- \* No favorece la corrosión.
- \* Larga duración por ser inorgánico.
- \* Forma con la impermeabilización un sistema monolítico.
- \* Económico.

#### LIMITACIONES:

Vitrotec no debe usarse sobre superficies cuya temperatura sea mayor de 232°C y donde se excedan las cargas permanentes antes citadas.

Vitrotec deberá colocarse interiormente en forma de falso plafón en los casos de techos con curvatura pronunciada o con pendiente mayor de 34%.

Vitrotec debe conservarse seco y limpio en lugares protegidos de la intemperie.

#### ESPECIFICACIONES DE INSTALACION

El espesor que debe usarse, varía según sea el tipo de techo, el % de humedad relativa durante el invierno en el interior de la construcción, y el costo de

la calefacción o aire acondicionado.

Usualmente para edificios con calefacción se usa un factor "U" de 0.15 o menos, y para edificios con aire acondicionado de 0.10 BTU/hr pie<sup>2</sup> °F o menos.

Barrera de Vapor. En todos los casos deberá tomarse en cuenta la acción de una barrera de vapor y su localización más adecuada, pues de otra forma se expondrá el techo, cualquiera que fuera el aislamiento a perjudiciales condensaciones de vapor de agua.

Vitrotec puede aplicarse sobre cualquier superficie si ésta se encuentra lisa, limpia y seca. Su adhesión a la superficie se hace con asfalto caliente (75°C) en contacto con la cara que no está cubierta con papel krasfalto. Cuando la pendiente de la cubierta es mayor de 17%, las placas de Vitrotec, deberán fijarse mecánicamente a aquélla. Las juntas formadas por la dimensión más corta de las placas, deben ser discontinuas (petatillo).

En el perímetro de las cubiertas o de las protuberancias existentes en aquéllas, deberá colocarse, fijándolo mecánicamente un listón de madera de 7.5 cms. de ancho y espesor igual al del aislamiento Vitrotec.

Tanto el aislamiento como los listones, deberán impermeabilizarse adecuadamente.

CALCULO DEL COEFICIENTE DE  
TRANSMISION TOTAL DE CALOR "U"

Materiales que integran la sección del techo	Resistencias térmica "Y"	Resistencias total "R"	Valor de "U"
A	a		
B	b		
C	c		
D	d	R = a+b+c+d	1/R

Obtenido el valor de U, se tiene:

$$Q_{s.a.} = U_{s.a.} \times T \text{ y } Q_{c.a.} = U_{c.a.} \times T$$

$Q_{s.a.} - Q_{c.a.}$  = Cantidad de calor en BTU (sft-h) detenida por el aislamiento.

$$\frac{Q_{s.a.} - Q_{c.a.}}{Q_{s.a.}} \times 100 = E$$

- E = Eficiencia del aislamiento .  
 $U_{s.a.}$  = Coeficiente de transmisión total sin aislamiento.  
 $U_{c.a.}$  = Coeficiente de transmisión total con aislamiento.  
 $Q_{s.a.}$  = Pérdida de calor sin aislamiento en BTU(sft-h).  
 $Q_{c.a.}$  = Pérdida de calor con aislamiento en BTU(sft-h).  
 T = Diferencia de Temperatura en °F, entre las caras de la sección considerada.

Con objeto de facilitar los cálculos anteriores, se incluyen la siguientes tablas que muestra la resistencia térmica de varios materiales:

Material	Resistencia
1. Enladrillado incluyendo mortero e impermeabilización	0.73
2. Losa de concreto de 8 cm.	0.26
3. Losa de concreto de 10 cm.	0.33
4. Losa de concreto de 15 cm.	0.50
5. Losa de concreto con block hueco de 10cm.	0.71

6.	Losa de concreto con block hueco de 20cm.	1.11
7.	Losa de concreto con block hueco de 30cm.	1.28
8.	Aplanado de yeso de 1.5 cm.	0.32
9.	Películas de aire en superficies exterior e interior	0.77
10.	Láminas de asbesto cemento de 0.7 cm.	0.06
11.	Láminas de aluminio o de fierro.	0.00
12.	Techos de madera de 3.81 cms.	1.40
13.	Atico (no mayor de 25 cm.)	0.78
14.	Falso plafón de yeso de 1.9 cm. con metal desplegado	0.47
15.	Plafón de fibra de madera.	2.00
16.	Plafón de lana mineral.	3.00
17.	Plafón de fibra de vidrio.	4.25

---

## A I S L H O G A R

**DESCRIPCION:** Aislhogar, producto termoacústico de fibra de vidrio aglutinada con resina fenólica de fraguado térmico.

**PRESENTACION:** Rollos flexibles de color rosa, recubiertos en una de sus caras con papel kraft (80 gr/m<sup>2</sup>).

**CARACTERISTICAS:** Conductividad térmica: 0.32 BTU. in/hr.sq.ft. °F a 75 °F (0.0396) Kcal m/hr m<sup>2</sup> °C(a 23.8 °C).

Densidad: 0.68 lbs/cft(10.9 kg/m<sup>3</sup>)

Normas: Incombustible, cumple con las especificaciones Federales (USA) HH-1-S21 C tipo II.

Resistencia Térmica: considerada a 75°F.(23°C).

Espesor	R
5.1 cm	6
7.6 cm	10

**DIMENSIONES:**

	Espesores	Ancho	Largo
<b>TOLERANCIAS:</b>	5.1 y 7.6 cm mínimo    mínimo 4.5 cm    7.0 cm	61 y 122 cm ± 0.6 cm	1524 cm. - 0 a + 15 cm.

**TOLERANCIAS:**

**USOS Y VENTAJAS:**

Diversidad en usos en la construcción:

1. Aislamiento interior de muros de mampostería.
2. Aislamiento en el interior de cancelas divisorias pre fabricados.
3. Aislamiento complementario encima de un falso plafón.
4. Aislamiento de cierto tipo de pisos.
5. Aislamiento de granjas avícolas.



Por sus características, economía, facilidad de manejo, costo o instalación, se hace indispensable en el mercado de la construcción obteniéndose los siguientes beneficios:

- \* Hacer confortable la temperatura de cualquier habitación, oficina o local, pues usado como aislamiento, reduce las ganancias de calor en verano o las pérdidas del mismo en invierno.
- \* En el caso de locales con calefacción y sistemas de aire acondicionado, su aplicación presenta grandes ahorros en el uso de energéticos, cuyo precio es cada vez mayor. Por otra parte, en habitaciones aisladas térmicamente, los equipos requeridos son de menor capacidad y costo.
- \* Se obtienen condiciones de mayor tranquilidad por ser el Aislhogar un material absorbente de ruidos.
- \* En el aislamiento de granjas avícolas, representa grandes economías.

El Aislhogar por ser incombustible, le proporcionará seguridad adicional contra riesgos de incendio, lo que no puede decirse de otros materiales combustibles o con retardantes al fuego.

Recupera su forma cuando cesan las presiones que lo deformaban.

#### LIMITACIONES:

1. La absorción de humedad del aislamiento no deberá exceder del 5% .
2. No deberá exponerse a la intemperie durante su almacenamiento o instalación.

3. El aislamiento no deberá exponerse a temperaturas arriba de los 232°C (450°F).
4. El producto está garantizado para recuperar el espesor nominal dentro de las tolerancias establecidas cuando es desenrollado, siempre y cuando no haya excedido un periodo de seis meses después de haberse fabricado.

#### ESPECIFICACIONES DE INSTALACION

1. Aislamiento interior de muros de mampostería. Los muros de cualquier habitación pueden ser aislados usando tiras de madera de 5.1 X 7,6 cm ó 2.5 X 5.1 cm. (2"X3" ó 1"X 2") espaciados 61 cm (24") el Aisl hogar es empotrado en los espacios libres entre bastidores de madera. Encima de todo el conjunto y - si el caso lo amerita, es decir, si las diferencias entre las temperaturas exterior e interior llegan a ser grandes (como en las zonas de clima extremo); convendrá colocar barrera de vapor. Esta puede ser de polietileno de 0.004" ó 0.005" de espesor.

Posteriormente y sobre la barrera de vapor, se procederá a colocar el tipo de acabado que se desee, - pudiendo ser un lambrín de madera, o placas de yeso (tablaroca). En el caso de tablaroca podrá adherirse plástico para muros o papel tapiz, etc.

2. Aislamiento en el interior de cancelas divisorias - prefabricadas.

Tanto en cancelería prefabricada metálica o a base de placas de yeso (tablaroca) o de madera; el Aisl hogar por sus características termoacústicas y su - elasticidad, es ideal para esta aplicación.

Los materiales rígidos de la cancelería operan rompiendo las ondas sonoras. El Aislhogar de 5.1 cm de espesor y comprimido en su colocación a 3.8 cm en la cavidad de la cancelería, absorberá el ruido.

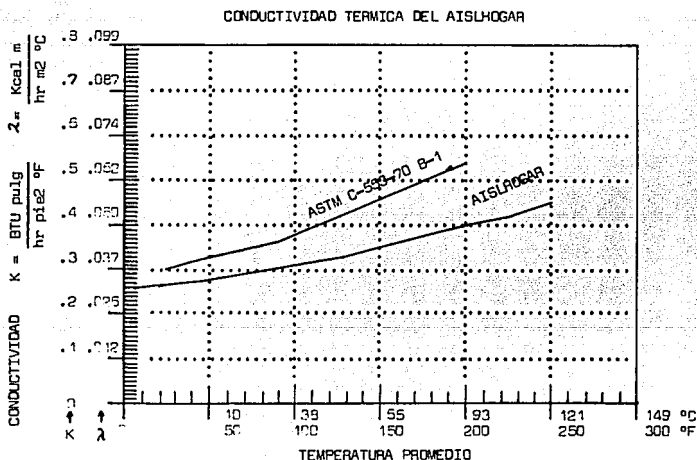
De acuerdo a los diferentes diseños de los fabricantes de cancelería pueden obtenerse diferentes tipos apropiados para divisiones de alcobas, o especiales para obtener alta privacidad como se requiere en ciertas oficinas. En todos estos tipos de cancelería, el Aislhogar se hace imprescindible.

3. Aislamiento complementario encima de un falso plafón. Se pueden presentar diversos casos a este respecto: Puede tenerse un falso plafón de un material que sea o no sea aislamiento térmico, pero que los requisitos del equipo de aire acondicionado demanden un aislamiento.
4. Aislamiento en cierto tipo de pisos. En cierto tipo de pisos, como los de duela de madera, suelen instalarse comúnmente, sobre el firme de concreto, una estructura de madera sobre la cual se fija la duela. En estos casos es posible rellenar los huecos de la citada estructura de madera con Aislhogar de 7.6 cm de espesor. Esto proporcionará gran confort en las habitaciones, térmica y acústicamente.
5. Aislamiento en granjas avícolas. Dos grandes errores se cometen con mucha frecuencia en la construcción de un gallinero: Un aislamiento inadecuado o nulo y una mala ventilación. El aislamiento térmico debe ser el necesario para poder eliminar las cargas máximas del calor del verano o del frío del invierno. En la misma forma, se debe proveer de superficies que puedan limpiarse fácilmente.

Sistema de instalación del Aishogar en el techo de un gallinero:

El procedimiento es muy sencillo y económico:

1. Instálense alambres calibre 18, espaciados a 45.7cm
2. Desenróllense sobre los alambres, los rollos de - Aishogar y júntense bien.
3. Instálense una adecuada barrera de vapor, abajo del Aishogar (pueda usarse polietileno de 0.006" ó - 0.008" de espesor. Traslápense las juntas por lo menos 10 cm.
4. Sállense las juntas de la barrera de vapor.



RF - 3000

AISLAMIENTO FLEXIBLE  
 DE FIBRA DE VIDRIO

**DESCRIPCION:** Aislamientos térmicos y acústicos formados por fibra de vidrio de baja densidad y aglutinados con resina fenólica. - Este producto tiene apariencia de fieltro de color variable desde amarillo dorado al café amarillento.

**PRESENTACION:** Los aislamientos flexibles se presentan en rollos y en los siguientes tipos:

Sin recubrimiento y con recubrimiento de Bond Aluminio de 0.001" ó aluminio de 0.0025".

Para otros recubrimientos consulta con nuestro departamento de ventas.

**CARACTERISTICAS:**

MATERIAL	DENSIDAD		CONDUCTIVIDAD TERMICA	
	kg/m <sup>3</sup>	lb/pie <sup>3</sup>	$\kappa$	$\lambda$
			BTU-pulg hr pie <sup>2</sup> °F	Kcal./m hr m <sup>2</sup> °C
RF-3075	12.0	0.75	0.294	0.0364
RF-3100	16.0	1.00	0.269	0.0333
RF-3150	24.0	1.50	0.235	0.0291

Las conductividades térmicas están dadas a 24°C(75°F) de temperatura promedio.

**DIMENSIONES:**

MATERIAL	ESPESORES	ANCHOS	LARGO
RF-3075	2.5, 3.8 y 5.1 cm	61 y 122 cm	1524 cm
RF-3100	2.5, 3.8	61 y 122	1524
RF-3150	2.5	61 y 122	1524
Tolerancias	-0.3 a +0.6	0.5	-0 a +15

#### USOS Y VENTAJAS:

Los aislamientos flexibles en rollos para ductos de aire acondicionado proporcionan economía al evitar pérdidas o ganancias de calor en los ductos, permitiendo en esa forma, operar los sistemas de aire acondicionado a menor costo.

Los aislamientos flexibles también se usan en carrocerías de automóviles, autobuses, embarcaciones, etc., además del aislamiento térmico, proporcionan un tratamiento acústico debido a las altas cualidades de absorción de sonido de la fibra de vidrio.

Los aislamientos flexibles son:

- \* Incombustibles
- \* Dimensionalmente estables
- \* Ligeros
- \* Fáciles de instalar
- \* Inorgánicos
- \* Inodoros
- \* No absorben humedad
- \* Económicos

#### ESPEORES RECOMENDABLES

Las recomendaciones que se hacen a continuación son para aislar ductos que operan a baja temperatura en los que siempre se deberá usar rollos flexibles con foil de aluminio en su cara externa y sellado con una barrera de vapor.

DIFERENCIA DE TEMPERATURA °C	ESPESOR RECOMENDADO		GANANCIA DE CALOR BTU Kcal/hrm <sup>2</sup> hr.sqft		HUMEDAD RELATIVA PERMISIBLE %
16.59	2.5	1	6.9	0.856	89
19.36	2.5	1	8.0	0.992	88
22.12	3.8	1 1/2	6.4	0.794	90
24.89	3.8	1 1/2	7.2	0.893	88
27.65	5.1	2	5.9	0.732	90

NOTA: Los anteriores espesores recomendados están dados para una temperatura ambiente de 32°C.

**LIMITACIONES:**

Los rollos de fibra de vidrio flexible no deberán exponer se a la intemperie, ni durante su almacenaje, ni en su instalación.

Diseñados para operar entre -84°C y 232°C.

El producto está garantizado para recuperar el espesor nominal dentro de las tolerancias establecidas cuando es desenrollado, siempre y cuando no haya excedido un periodo de seis meses de haberse fabricado.

**ESPECIFICACIONES  
DE INSTALACION:**

Los rollos flexibles con recubrimiento de foil de aluminio o bond aluminio son apropiados para aislar ductos del sistema de aire acondicionado.

Se instalan en el exterior del ducto, con aplicación de un buen adhesivo compatible con la lámina galvanizada del ducto y la fibra de vidrio.

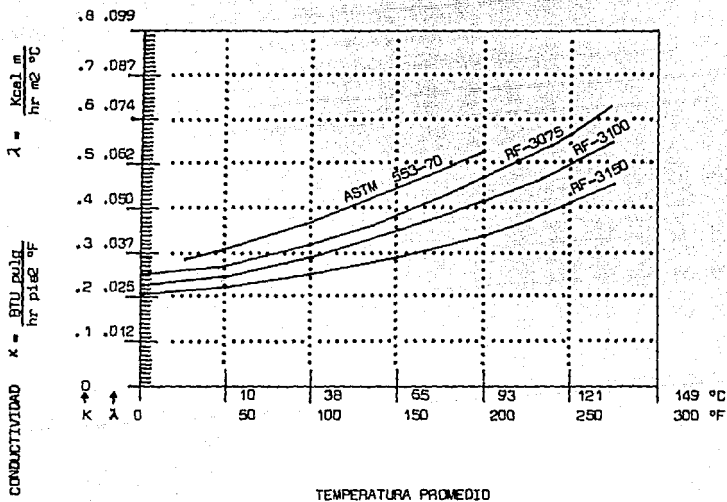
Posteriormente se fleja la fibra para mantenerla en su lugar, el flejado deberá ser ligero. Cuando por alguna circunstancia el ducto esté al exterior, el aislamiento deberá protegerse contra la intemperie aplicando un forro de manta y posteriormente una pintura impermeabilizante o cualquier membrana impermeable sellada, y como acabado una pintura reflectiva.

En sistemas de aire acondicionado localizados en zonas geográficas cuya humedad relativa y temperatura o solo su temperatura sean extremas, se instalarán los rollos flexibles en la misma forma antes descrita pero tomando extremas precauciones en el sellado de las juntas longitudinales y transversales del recubrimiento con un material que sea barrera de vapor de buena calidad, deberá cuidarse de sellar las rasgaduras que por accidente se presenten durante la instalación, este sellado deberá ser hecho también con la misma barrera de vapor que se esté usando.

Asimismo cuando el ducto esté al exterior, el trabajo de protección de los rollos flexibles con estos recubrimientos deberá hacerse tomando extremas precauciones en el sellado de las juntas.



CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL RF - 3000



# V I T R O C O R A

**DESCRIPCION:** Material fabricado con fibra de vidrio aglutinada con una resina termo-fija, diseñado esencialmente como plafón termoacústico.

**PRESENTACION:** En forma de placas, recubiertas en su cara aparente con - una película de cloruro de polivinilo de color blanco en tres diferentes acabados.

- \* Corteza.
- \* Stuco
- \* Rústico

**CARACTERISTICAS,  
DIMENSIONES Y  
TOLERANCIAS**

Esp. cm.	Ancho cm.	Largo cm.	Conductividad térmica* BTU in/sq ft h F	Coefficiente de reduc- ción de sonido (N.R.C.)
1,5	61 y	122	0.235	0,70
2,5	122	122	0.248	0,75

\* a 24°C(75°F) de temperatura promedio.

**Tolerancias:**

Ancho:  $\pm 0.3$  cm.

Largo:  $\pm 0.3$  cm.

Espesor:  $\pm 0.3$  cm para un espesor de 2.5 cm.

- 0.1 a + 0.3 cm. para un espesor de 1.5 cm.

**USOS Y VENTAJAS:**

Especial para aplicarse en:

- |               |                |  |
|---------------|----------------|--|
| * Oficinas    | * Restaurantes | * Cines y Teatros                          |
| * Hoteles     | * Escuelas     | * Auditorios                               |
| * Residencias | * Tiendas      | * Estudios de radio,<br>cine y televisión. |

En lugares donde se instalan equipos de aire acondicionado y de calefacción, el Vitrocor proporciona verdadera economía. Debido a su eficiencia térmica se puede enfriar o calentar el medio ambiente interior de un edificio con un equipo de menor capacidad, con la consiguiente economía en la inversión inicial, o usar el equipo ya instalado menor número de horas, prolongando su vida y disminuyendo los gastos de operación.

El desgaste físico o nervioso se limita al máximo con la colocación de plafones de Vitrocor, porque elimina y reduce al mínimo los ruidos agotadores que produce el medio ambiente en escuelas, oficinas, fábricas, hospitales, tiendas y almacenes, edificios comerciales, residencias, etc., lo cual se traduce en una mayor eficiencia en el trabajo, tranquilidad y bienestar.

Ventajas que ofrece el Vitrocor:

- \* Diversidad en modulaciones: Por la facilidad con que se puede cortar a diversos tamaños.
- \* Máxima eficiencia térmica: Facilita mantener uniforme la temperatura escogida, independiente de las condiciones externas.
- \* Alta eficiencia acústica: Controla por absorción los ruidos indeseables.
- \* Resistencia al fuego: La fibra de vidrio es incombustible por lo que ayudará a bajar las pólizas de seguros de los edificios donde se instala.
- \* Estabilidad dimensional: No presenta expansiones ni contracciones con los cambios de temperatura. No presenta torceduras.

- \* Inorgánico: No se descompone, no se pudre, no crea bacterias o insectos.
- \* Reflexión de la luz: 79%
- \* Fácil de manejar y de instalar.
- \* Plafón registrable: Que permite el acceso a instalaciones de tuberías o eléctricas.
- \* Bajo peso instalado: 2 kg/m<sup>2</sup>.
- \* Larga duración: Por ser inorgánico.
- \* Permite el uso de lámparas de tamaños standard.
- \* Fácil conservación: La película que recubre una de las caras evita la acumulación de polvo y puede ser fácilmente limpiada con un lienzo húmedo o detergente suave.
- \* Gran belleza decorativa.
- \* Muy económico.

**LIMITACIONES:**

El material no deberá instalarse en áreas expuestas a temperaturas mayores de 60°C (140°F), ni aquellas donde estén presentes vapores químicos tales como laboratorios, cuartos y construcciones usadas para manufacturas de productos químicos, tampoco se recomienda instalarse en los siguientes tipos de áreas: baños; regaderas; albercas y áreas circundantes a instalaciones de vapor, asimismo donde el material está sujeto a abusos físicos, donde el lavado se efectúe por vapor o humedad como: lecherías; granjas y cuartos de embotellado.

No deberá soportar cargas, ni limpiarse con solventes cetónicos. Bajo condiciones críticas de alumbrado, el producto puede presentar una apariencia no uniforme en la superficie debido a las características inherentes del producto.

No está diseñado para evitar que la luz de un foco posterior a la cara del plafón se filtre.

Ocurre un cambio de color sobre el plafón debido a la oxidación en la superficie tratada, este cambio es uniforme y solamente se nota cuando se compara con material nuevo.

#### ESPECIFICACIONES DE INSTALACION

Debido a que las placas Vitrocor se pueden quitar sin sufrir daño alguno, permiten el acceso a las instalaciones ocultas, eléctricas y sanitarias, facilitando el trabajo de mantenimiento en el edificio y reduciendo considerablemente sus costos.

Es tan fácil colocar un plafón Vitrocor que cualquiera puede hacerlo. El material se puede cortar con cuchillo. Todos los tipos de suspensión mecánica que ofrecemos son sencillos de instalar. Constan de una moldura alrededor de las paredes colgantes del techo de alambre, de las cuales van suspendidas las demás piezas que son a base de T y ángulos. Sobre la suspensión aparente se colocan las placas de Vitrocor. Los módulos de las placas de Vitrocor y de su suspensión son compatibles con los sistemas standard de iluminación.

En áreas donde hay una diferencia de presión entre el atico y el área del cuarto, cualquier movimiento de los paneles — causada por el abrir y cerrar de puertas, puede ser corregido con la instalación de clips sobre los cuatro lados de la Placa.

Cuando se usen ventiladores en el techo para acondicionar el área, se deben tomar precauciones para que el aire expelido circule hacia afuera para evitar que se ejerza presión sobre el plafón.

La eficiencia máxima en tratamientos acústicos se logra en la frecuencia de 500 ciclos, la cual es la más usual en la vida moderna.

Frecuencia c p s	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficiencias de absorción de ruido. (sabines)	0.60	0.61	0.92	0.83	0.71	0.46

Coefficientes de reducción de ruido (N.R.C.): 0.75

Dimensiones de la placa: 2.5X 61 X 122 cm.

Peso unitario: 0.60 Kg/m<sup>2</sup>

R W - 4000

F I B R A   B L A N C A

**DESCRIPCION:** Producto desarrollado para altas temperaturas de color blanco con apariencia semejante al algodón, consistente en fibra de vidrio aglutinada con aceite lubricante que lo hace manejable y protege las fibras de la abrasión.

**PRESENTACION:** Se surte en rollos de diversos espesores y densidades.

**CARACTERISTICAS:**

MATERIAL	DENSIDAD		CONDUCTIVIDAD TERMICA	
	kg/m <sup>3</sup>	lb/pie <sup>3</sup>	$\frac{\text{Kcal-m}}{\text{m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}}$	$\frac{\text{BTU pulg.}}{\text{pie}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}}$
RW-4100	16	1.0	0.0341	0.275
RW-4150	24	1.5	0.0306	0.247
RW-4200	32	2.0	0.0291	0.235
RW-4300	48	3.0	0.0280	0.226
Tolerancia $\pm 10\%$ $\pm 10\%$				

**PROPIEDADES FISICAS:** El valor de la densidad es nominal, las conductividades térmicas están dadas a 24°C(75°F) de temperatura promedio.

Calor específico: 0.20 BUT/lb. °F

Absorción de humedad: menos de 2% en volumen durante 96hrs, a 120°F y 95% H.R.

Resistencia a la vibración: No sufre deterioración.

Difusividad térmica: 0.015 sft. por hr. a 75 °F.

Absorción de sonido: constituye un material económico que ayuda a resolver un gran número de problemas de control de sonido.

**DIMENSIONES Y  
TOLERANCIAS**

MATERIAL	ESPESORES*	ANCHO	LARGO
RW-4100	3.8 y 5.1 cm	61 y 122 cm	1524 cm
RW-4150	2.5, 3.8 y 5.1 cm	61 y 122 cm	1524 cm
RW-4200	2.5 y 3.8 cm	61 y 122 cm	1524 cm
RW-4300	2.5 cm	61 y 122 cm	1524 cm
Tolerancias - - -		± 2.5 cm	- 15 + 30 cm

\* Nota: Espesores no medibles, sólo para control de densidad.

**USOS Y VENTAJAS:**

El campo de aplicaciones de la fibra de vidrio blanca es sumamente extenso y variado por sus características:

- \* Alta eficiencia térmica.
- \* Alta eficiencia acústica.
- \* Flexible.
- \* Inorgánico.
- \* Larga duración.
- \* Ligero.
- \* Elástico.
- \* No favorece la corrosión.

Por las ventajas anteriores este material ofrece la solución perfecta de muchos problemas de aislamiento para temperaturas de operación hasta 538°C(1000°F).

La elasticidad de esta fibra de vidrio garantiza que - el espacio donde se usa se llena completamente, asegurando una alta eficiencia térmica por lo que es ideal para el aislamiento de calentadores de agua domésticos, estufas y hornos.

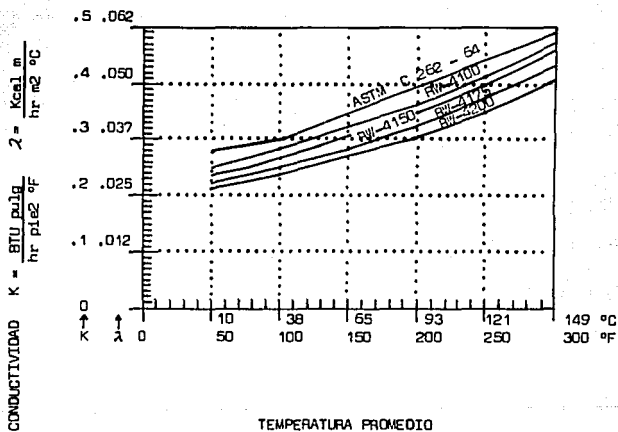


**LIMITACIONES:**

Temperatura máxima de operación 538°C(1000°F).

El producto no deberá exponerse a la intemperie durante su almacenaje o instalación.

**CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL R W - 4000**



## PRODUCTOS DE FIBRA DE VIDRIO COMO REFUERZO DE PLASTICOS

### ROVING.

Es la mecha de fibra de vidrio (haz) formada por un conjunto de filamentos dispuestos en forma paralela, con ligera torsión, con el único fin de formar una bobina fácilmente manejable.

#### Presentación:

Existen dos tipos básicos de mecha de roving: Mecha roving normal y roving T-30.

Mecha roving normal.- Los filamentos están agrupados dispuestos en forma de mecha de acuerdo al diámetro de los monofilamentos y al número de hilos (carretes), en la mecha ésta tendrá una determinada densidad lineal (gramos/kilómetro = TEX)

### MECHA ROVING T - 30

Todo el conjunto de filamentos están agrupados formando un solo hilo (cabo), de acuerdo al tipo de T-30, ésto determinará el TEX (gramos/kw.)

Rendimiento: Es el número de gramos en un kilómetro (TEX) en una mecha de roving.

$$\text{TEX} = \frac{\text{grs}}{1000 \text{ mts.}}$$

**Presentación:**

**Características físicas:**

	<b>TIPO DE BINDER</b>	<b>APARIENCIA DE CARRETE</b>
	447	verde
	849	blanco
832, 885 y	951	amarillo paja
	432	blanco brillante

TIPOS DE ROVING:

<u>APRESTO</u>	<u>TEX</u>	<u>TIPOS DE MECHA</u>	<u>RESINAS A REFORZAS</u>	<u>USO</u>
649	2400 1200	normal normal	tipo poliéster y acrílicas	laminación con- tínua o prefor- ma
447	2400	normal	poliéster	aspersión
447 s/p	2400	normal	poliéster	preformas
885	830	normal	poliéster	termoplásticos
885	4350	normal	poliéster	betatas, masillas, tableros, etc.
951	4350	normal	poliéster	tableros, masi- llas, etc.
432	735	T-30	poliéster o epóxicas	telas patatillo para refuerzos discos abrasivos
432	1200	T-30	poliéster y epóxicas	tejidos rattan, cañas de pescar
432	2400	T-30	poliéster y epóxicas	tejidos ratta, tuberías de gran diámetro
432	M-12	(quesos)	poliéster y epóxicas	tejidos indus- triales o torci- dos
497	735	T-30	poliéster	tanques y embob- binados de tuberías
473	735	T-30	poliéster	tanques y embobi- nados de tuberías
432	1653/0	texturizado	poliéster	telas aislantes

## VITROMAT

Es el filtro que está formado por hilos de vidrio con apresto 849, cortados a 5.08 cms. de longitud, dispuestos en forma multidireccional y aglutinados con una resina compatible, con resina poliéster a la que va a reforzar.

### FIBRA MULTIDIRECCIONAL

<u>TIPOS DE VITROMAT</u>	<u>MEDIDAS</u>	<u>USOS Y APLICACIONES</u>
300 grs/m <sup>2</sup>	71 x 91.4 cms.	Laminados translúcidos vitrodiesel
450 grs/m <sup>2</sup>	91,4,122,132 cms.	Laminados cantinas, mecatas, muebles, embarcaciones, ac- cesorios.
600 grs/m <sup>2</sup> .	91,4,122,132 cms.	
PETMAT		
450 gr/m <sup>2</sup> . + petatillo 800 grs/m <sup>2</sup> .	122 cms.	Embarcaciones, yates, autos

### CALIDAD

El material no deberá presentar sociedad o grasa, hilos quemados, hilos gruesos, ni otro material extraño.

- 3 cortes como máximo por rollo -

## FILAMENTO TEXTIL CORTADO F.T.C.

Descripción: El FTC está formado por monofilamentos agrupados en hilos o cables cortados a una misma longitud.

Presentación:

- a) a granel en bolsas de polietileno
- b) en cajas con bolsa de polietileno

<u>TIPO</u>	<u>F.T.C.</u>	<u>EMPAQUE</u>	<u>PESO NETO</u> <u>KGS/BOLSA</u>	<u>APLICACION Y USO</u>
849	5.08 cms.	bolsas de polietileno	25.0	laminación continua
885	0.64 cms.	caja y bolsa de polietileno	25.0	masillas para moldeo, en prensa
832	0.64	caja y bolsa de polietileno	25.0	
447	1.27 cms.	caja y bolsa de polietileno	25.0	laminación continua y preforma
849	y 2.54			
432	cms			

Propiedades visuales:

color 885 y 832 : de color blanco a color paja.

Causas de rechazo en todos los tipos: Contaminación por suciedad, grasa, fibras largas y/o materiales extraños.

## PETATILLO

Descripción: El petatillo es un tejido simple (1 arriba y uno abajo) a base de mecha o rovign en pie y trama. El rovign utilizado tiene un apresto compatible con resina poliéster.

Presentación:

<u>TIPO DE PETATILLO</u>	<u>ROVING T-30</u>	<u>HILOS EN PIE/PULG.</u>	<u>TRAMA /PULG.</u>	<u>USO</u>
300 grs/m2.	432 - 735 TEX	10 cabos	8 cabos	para embarcaciones
500 grs/m2.	432 -1200 TEX	6 cabos	5 cabos	y/o malla
850 grs/m2.	432 -2400 TEX	5 cabos	4 cabos	abierta

## FIBRA DE VIDRIO MOLIDA

### DESCRIPCION

Las fibras de vidrio son filamentos de vidrio continuo cortados en varias longitudes especificadas formando pallets, bolas, polvos o una masa suave y resistente y se presentan en diferentes aprestos.

### U S O

Los productos son usados como un refuerzo y un medio de carga en compuestos plásticos para incrementar la resistencia al impacto, proporcionan estabilidad dimensional, la distorsión bajo elevadas temperaturas (la temperatura máxima es controlada por el vehículo en uso).

Las fibras son compatibles con resinas termoplásticas para moldeo (incluyen do teflón) y muchos materiales termofijos, tales como poliéster.

#### RECOMENDACIONES DE USO PRIMARIO

731 DA - Compuestos fenólicos y melamina.

737 AA - Refuerzos para compuestos de moldeo de reacción por inyección - (RIM)

#### PRODUCTOS DISPONIBLES

<u>Nomenclatura</u>	<u>Apresto</u>	<u>Color</u>	<u>Tamaño Cribado (cm)</u>	<u>Apariencia</u>
731 DA	731	Ligeramente gris	0.64 a 0.32	flocular
737 AA	737	Ligeramente gris	0.15 a 0.08	polvo

La medida del tamaño de cribado son el diámetro de los orificios de la criba del molino, la cual controla la longitud de las fibras, sin embargo, - puede ser que se encuentren fibras más largas o más cortas que el tamaño - de cribado especificado. El producto es comparado visualmente y debe estar de acuerdo a nuestro estandar.

#### PROPIEDADES FISICAS SIGNIFICATIVAS

<u>Nomenclatura</u>	<u>Tamaño criba/cm</u>	<u>% Humedad</u>			<u>% Sólidos</u>			<u>Densidad</u>		
		<u>mín.</u>	<u>nor.</u>	<u>máx.</u>	<u>mín.</u>	<u>nor.</u>	<u>máx.</u>	<u>mín.</u>	<u>nor.</u>	<u>máx.</u>
731 DA	0.32	0	0.04	0.20	0.02	0.23	0.53	0.12	0.17	0.22
737 AA	0.64	0	0.02	0.08	0	0.04	0.11	0.21	0.40	0.60



## CARACTERÍSTICAS VISUALES

Las características visuales están definidas como aquellas que son visibles a la vista sin ayuda de algún accesorio a los ojos.

Los recipientes individuales deben estar libres de lo siguiente:

- a) Contaminación por mugre, aceite o grasa.
- b) Presencia de cualquier material extraño.
- c) Nudos pesados o fibras apelmazadas.
- d) Fibras aglutinadas o sueltas, no molidas.
- e) Color fuera de especificación.

### WET CHOP

Descripción:

Filamentos aglutinados con un alto porcentaje de humedad, con longitudes de 3/4 de pulgada y 1/2 pulgada.

A P E N D I C E

T A B L A S

TABLA A Factores y fórmulas de los límites 3-sigma para las gráficas de control de las medianas de los subgrupos, utilizando la mediana de dispersión del subgrupo.

(Tomada de P. C. Clifford, Control Charts Without Calculations: Some Modifications and Some Extensions. - Industrial Quality Control. Vol. 15, Núm. 11, Págs. 40-44, Mayo, 1959).

n	A5	n	A5
		6	0.562
2	2.224	7	0.520
3	1.265	8	0.441
4	0.829	9	0.419
5	0.712	10	0.369

$$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_5 m(R)$$

$$LCI_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_5 m(R)$$

TABLA B. Factores para calcular las líneas de control de las gráficas

Número de observaciones en la muestra $n$	Gráficas para proporción				Gráficas para desviaciones estándar						Gráficas para rango						
	Factores para límites de control				Factores para la línea central			Factores para los límites de control			Factores para la línea central		Factores para los límites de control				
	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	2.121	3.760	1.880	2.659	0.5642	0.7979	0	1.843	0	3.267	0	2.606	1.128	0	3.686	0	3.267
3	1.732	2.394	1.023	1.954	0.7236	0.8862	0	1.858	0	2.568	0	2.276	1.693	0	4.358	0	2.575
4	1.500	1.880	0.729	1.628	0.7979	0.9213	0	1.808	0	2.266	0	2.088	2.059	0	4.698	0	2.282
5	1.342	1.596	0.577	1.427	0.8407	0.9400	0	1.756	0	2.089	0	1.964	2.328	0	4.918	0	2.115
6	1.225	1.410	0.483	1.287	0.8686	0.9515	0.026	1.711	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0	5.078	0	2.004
7	1.134	1.277	0.419	1.182	0.8882	0.9594	0.105	1.672	0.118	1.882	0.113	1.808	2.704	0.205	5.203	0.076	1.924
8	1.061	1.175	0.373	1.099	0.9027	0.9650	0.167	1.638	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.387	5.307	0.136	1.864
9	1.000	1.094	0.337	1.032	0.9139	0.9693	0.219	1.609	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.546	5.394	0.184	1.816
10	0.949	1.028	0.308	0.975	0.9227	0.9727	0.262	1.584	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.973	0.285	0.927	0.9300	0.9754	0.299	1.561	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.812	5.534	0.256	1.744
12	0.866	0.925	0.266	0.886	0.9359	0.9776	0.331	1.541	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.924	5.592	0.284	1.716
13	0.832	0.884	0.249	0.850	0.9410	0.9794	0.359	1.523	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	1.026	5.646	0.308	1.692
14	0.802	0.848	0.235	0.817	0.9453	0.9810	0.384	1.507	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	1.121	5.693	0.329	1.671
15	0.775	0.816	0.223	0.789	0.9490	0.9823	0.406	1.492	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	1.207	5.737	0.348	1.652
16	0.750	0.788	0.212	0.763	0.9523	0.9835	0.427	1.478	0.448	1.552	0.440	1.528	3.532	1.285	5.779	0.364	1.638
17	0.728	0.762	0.203	0.739	0.9551	0.9845	0.445	1.465	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	1.359	5.817	0.379	1.621
18	0.707	0.738	0.194	0.718	0.9576	0.9854	0.461	1.454	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	1.426	5.854	0.392	1.608
19	0.688	0.717	0.187	0.698	0.9599	0.9862	0.477	1.443	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	1.490	5.888	0.404	1.596
20	0.671	0.697	0.180	0.680	0.9619	0.9869	0.491	1.433	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	1.548	5.922	0.414	1.586
21	0.655	0.679	0.173	0.663	0.9638	0.9876	0.504	1.424	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	1.606	5.950	0.425	1.575
22	0.640	0.662	0.167	0.647	0.9655	0.9882	0.516	1.415	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.647	0.162	0.633	0.9670	0.9887	0.527	1.407	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.632	0.157	0.619	0.9684	0.9892	0.538	1.399	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	1.759	6.031	0.452	1.548
25	0.600	0.619	0.153	0.606	0.9696	0.9896	0.548	1.392	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	1.804	6.058	0.459	1.541

CSI

Fuente: ASTM *Manual on Quality Control of Materials*, American Society for Testing and Materials, Filadelfia, Tabla B<sub>2</sub>, pág. 115. Los valores para A<sub>3</sub>, c<sub>4</sub>, B<sub>5</sub>, y B<sub>6</sub> se reproducen con autorización de la American Society for Quality Control.

•  $1 - \sqrt{\frac{3}{2n}}$

••  $1 + \sqrt{\frac{3}{2n}}$

Area Bajo la Curva Normal

P<sub>2</sub> Proporción del resultado del proceso fuera del límite especificado. (para un proceso que está bajo control estadístico y normalmente distribuido).

AREA BAJO LA CURVA NORMAL

z	x,x0	x,x1	x,x2	x,x3	x,x4	x,x5	x,x6	x,x7	x,x8	x,x9
4.0	.00003									
3.9	.00005	.00005	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00003	.00003
3.8	.00007	.00007	.00007	.00006	.00006	.00006	.00006	.00005	.00005	.00005
3.7	.00011	.00010	.00010	.00010	.00009	.00009	.00008	.00008	.00008	.00008
3.6	.00015	.00015	.00015	.00014	.00014	.00013	.00013	.00012	.00012	.00011
3.5	.00023	.00022	.00022	.00021	.00020	.00019	.00019	.00018	.00017	.00017
3.4	.00034	.00032	.00031	.00030	.00029	.00028	.00027	.00025	.00025	.00024
3.3	.00048	.00047	.00045	.00043	.00042	.00040	.00039	.00038	.00035	.00035
3.2	.00069	.00066	.00064	.00062	.00060	.00058	.00056	.00054	.00052	.00050
3.1	.00097	.00094	.00090	.00087	.00084	.00082	.00079	.00075	.00074	.00071
3.0	.00135	.00131	.00126	.00122	.00118	.00114	.00111	.00107	.00104	.00100
2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
2.8	.0025	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
2.4	.0082	.0080	.0079	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
2.2	.0139	.0135	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0115	.0113	.0110
2.1	.0179	.0174	.0170	.0165	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0255	.0250	.0244	.0239	.0233
1.8	.0359	.0351	.0344	.0335	.0325	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.7	.0445	.0435	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.6	.0543	.0537	.0525	.0515	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0605	.0594	.0582	.0571	.0559
1.4	.0822	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.3	.0998	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0839	.0823
1.2	.1191	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
1.1	.1397	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.0	.1587	.1532	.1513	.1491	.1472	.1459	.1446	.1423	.1401	.1379
0.9	.1841	.1814	.1789	.1762	.1735	.1711	.1685	.1650	.1635	.1611
0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1857
0.7	.2470	.2389	.2359	.2327	.2297	.2266	.2235	.2205	.2177	.2148
0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2579	.2545	.2514	.2483	.2451
0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2945	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.4	.3445	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3155	.3121
0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3935	.3897	.3859
0.1	.4502	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4285	.4247
0.0	.5000	.4950	.4920	.4880	.4840	.4800	.4751	.4721	.4681	.4641

## A P E N D I C E

### GLOSARIO DE SIMBOLOS

- L S C** = Límite Superior de Control de una Gráfica.
- LSC $\bar{x}$**  Se refiere al límite superior de control para la gráfica de promedios.
- LSC $R$**  Se refiere al límite superior de control para la gráfica de rangos.
- 
- L I C** = Límite Inferior de Control de una Gráfica.
- LIC $\bar{x}$**  Se refiere al límite inferior de control de una gráfica de promedios.
- LIC $R$**  Se refiere al límite inferior de control de una gráfica de rangos.
- 
- L S E** = Límite Superior Especificado.
- Es el límite superior que marcan las especificaciones de manufactura o de clientes para cierta propiedad del producto.
- 
- L I E** = Límite Inferior Especificado.
- Es el límite inferior que marcan las especificaciones de manufactura o de clientes para cierta propiedad del producto.
- 
- m (R)** = Mediana de un Conjunto de Amplitudes.
- 
- n** = Número de piezas o valores observados en cualquier muestra o subgrupo dados.

- $k$  = Número de Subgrupos.
- $n_1$  = En un muestreo doble, el número de piezas en la primera muestra.
- $n_2$  = En un muestreo doble, el número de piezas en la segunda muestra.
- $P(A)$  = Probabilidad Condicional de que Ocurra A.
- $N$  = Número de veces que efectuamos el experimento o número total de ensayos.
- $N(A)$  = Número de resultados observados favorables al evento A.
- $A_2$  = Coeficiente de  $\bar{R}$  para determinar la distancia de la línea central para los límites de control en una gráfica  $\bar{X}$ . Es igual a  $3/d_2$  y viene dado en la tabla B del apéndice.
- $A_5$  = Coeficiente de  $n(R)$  para determinar la distancia de  $\bar{X}$  a los límites de control 3 sigma en una gráfica  $\bar{X}$  (gráfica de control para medianas). Vease tabla A del apéndice.
- $d_2$  = Factor empleado en relación al muestreo por variables, que es función de  $n$  y expresa la relación entre el valor esperado de  $\bar{R}$  de una serie larga de muestras de una población normal y la de esa población. Los valores de  $d_2$  vienen dados en la tabla B del apéndice.

- $D_3$  = Coeficiente de  $\bar{R}$  para determinar el límite de control inferior 3-sigma de un gráfico para R y viene dado en la tabla B del apéndice.
- $D_4$  = Coeficiente de  $\bar{R}$  para determinar el límite de control superior 3-sigma de un gráfico para R y viene dado su valor en la tabla B del apéndice.
- $X$  = Número que representa un valor de alguna variable. En Control Estadístico de Calidad, X suele ser el valor observado de alguna característica de calidad para una unidad sola. Los valores específicos observados, se pueden designar como  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots, X_n$ .
- $\bar{X}$  = ( $X$  barra). Promedio (media Aritmética) de dos o más valores de X. El promedio de n valores de X es la suma de los valores X dividida entre n.
- $\bar{\bar{X}}$  = ( $X$  doble barra). Promedio de un conjunto de valores de  $\bar{X}$ , llamado a veces gran promedio.
- $\tilde{X}$  = Mediana de un subgrupo.
- $\bar{\tilde{X}}$  = Mediana de un conjunto de medianas de subgrupos.

$\sigma$  = Raíz Cuadrada de la desviación cuadrática (RMS) de un conjunto de números respecto al promedio del ensayo.

$\bar{\sigma}$  = (Sigma barra) Promedio de un conjunto de valores de  $\sigma$



## BIBLIOGRAFIA

- CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD  
Eugene L. Grant  
Richard S. Leavenworth  
C E C S A  
Tercera Edición 1986
  
- ESTADISTICA GENERAL APLICADA  
Fadil H. Zuwaylif  
FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO  
1985
  
- ESTADISTICA APLICADA  
TECNICAS DE LA ESTADISTICA MODERNA, CUANDO Y DONDE  
APLICARLAS  
Bernard Ostla  
LIMUSA-WILEY, S.A.  
México 1970
  
- 1er. ENCUENTRO NACIONAL DE CIRCULOS DE CALIDAD  
MEMORIA  
I.P.N. - ESIME  
México 1984
  
- PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION Y PRODUCTIVIDAD  
1984 - 1988  
PODER EJECUTIVO FEDERAL  
México 1984

- QUALITY CONTROL HAND BOOK  
Juran, J. M.  
Mc Graw - Hill  
Tercera Edición 1974
  
- ESTADISTICA MATEMATICA  
Erwin Kreyszig  
LIMUSA  
México 1979
  
- BOLETIN DE IDEAS ORGANIZACIONALES  
Compañía NESTLE, S. A.