

40
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES
(EMPRESAS E INSTITUCIONES)
"EL CONTROL DE CALIDAD DENTRO DEL
PROCESO DE PRUEBAS A PLASTICOS"

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
PINDARO LINARES PEREZ

ASESOR: ING. JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA

270162

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO.

1999.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

C. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

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

Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones)

"El Control de Calidad dentro del Proceso de Pruebas a Plásticos"

que presenta el pasante: Píndaro Linares Pérez

con número de cuenta: 8812171-8 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

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

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 15 de Diciembre de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
I y III	Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio	
II	Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez	
IV	Ing. Julio Moisés Sánchez Barrera	

*Dedico este trabajo a mis padres
y hermanas que siempre han estado
apoyándome de manera incondicional
para lograr mis metas.*

*A mis familiares Linares y Pérez que
de una u otra forma han colaborado a
forjar mi personalidad.*

*De manera especial también quisiera
ofrecer este trabajo a mi tía Catila por
todo el cariño que me ha dado.*

*En estas cuantas líneas no puedo dejar
de expresar mi agradecimiento a todos
y a cada uno de mis maestros por el
tiempo dedicado y por todos los
conocimientos que me brindaron.
Gracias por todo y hasta pronto.*

INDICE

• Introducción

Calidad.....	1
Historia de la calidad.....	1
Plásticos.....	3
Historia de los plásticos.....	3
El avance de la química de los plásticos.....	4
La II Guerra Mundial.....	5
El auge de la posguerra.....	6
Tipos de plásticos.....	6
Polimerización.....	6
Posibilidades de procesado.....	7
Naturaleza química.....	7
Fabricación.....	8
Materias primas.....	8
Síntesis del polímero.....	8
Aditivos.....	9
Forma y acabado.....	9
Aplicaciones.....	10
Construcción.....	11
Otras aplicaciones.....	11
Salud y riesgos para el entorno.....	11

• Capítulo 1 Calidad, normatividad y auditorías

1.1.1 Definición de calidad.....	13
1.1.2 Control total de la calidad.....	14
1.1.3 La necesidad de un sistema de calidad total.....	16
1.1.4 Organización necesaria para el control de calidad.....	17
1.2.1 ¿Qué es ISO?.....	18
1.2.2 ¿Qué es la serie ISO 9000?.....	18
1.2.3 ¿Qué norma seleccionar?.....	19
1.3.1 Responsabilidad de la dirección.....	20
1.3.2 Sistema de calidad.....	21
1.3.3 Revisión de contrato.....	21
1.3.4 Control de diseño.....	21
1.3.5 Control de documentos y datos.....	22
1.3.6 Compras.....	22
1.3.7 Control de productos proporcionados por el cliente.....	22
1.3.8 Identificación y seguimiento del producto.....	23
1.3.9 Control de proceso.....	23

1.3.10 Inspección y pruebas.....	23
1.3.11 Control de inspección, medición y equipo de prueba.....	24
1.3.12 Condiciones de inspección y pruebas.....	25
1.3.13 Control de producto no conforme.....	25
1.3.14 Acción correctiva y preventiva.....	25
1.3.15 Manejo, almacenamiento, empaque y entrega.....	26
1.3.16 Control de registros de calidad.....	26
1.3.17 Auditorías internas de calidad.....	26
1.3.18 Capacitación.....	26
1.3.19 Servicio.....	27
1.3.20 Técnicas estadísticas.....	27
1.4.1 Auditoría interna.....	27
1.4.2 Organización.....	28
1.4.3 Faltas de cumplimiento.....	29
1.4.4 Informes de auditoría.....	30
• Capítulo 2 El control estadístico de la calidad	
2.1.1 Herramientas y métodos estadísticos.....	32
Las siete herramientas básicas del control de calidad.....	33
2.1.2 El gráfico de control.....	33
2.1.3 El diagrama de causa efecto.....	35
2.1.4 Gráfico de tendencia.....	36
2.1.5 Diagrama de Pareto.....	37
2.1.6 El histograma.....	38
2.1.7 Diagrama de flujo.....	38
2.1.8 El diagrama de dispersión.....	40
2.2.1 Media.....	42
2.2.2 Tabulación y presentación de datos.....	42
2.2.3 Valores de tendencia central.....	45
2.2.4 Medidas de dispersión.....	46
2.2.5 La Distribución Normal.....	47
2.2.6 Muestreo.....	48
• Capítulo 3 El proceso de pruebas a plásticos	
3.1.1 Agencias de pruebas.....	49
3.1.2 ASTM.....	50
3.1.2 ISO.....	50
3.2.1 Propiedades mecánicas.....	50
3.2.2 Fuerza de tensión.....	51
3.2.3 Tensión.....	52
3.2.4 Estiramiento.....	52
3.2.5 Fuerza de compresión.....	53
3.2.6 Fuerza de corte.....	53

3.2.7	Fuerza de impacto.....	53
a)	Prueba de caída de masa.....	53
b)	Prueba del péndulo.....	54
3.2.8	Resistencia a la flexión.....	54
3.2.9	Fatiga y flexión.....	55
3.2.10	Amortiguación.....	55
3.2.11	Dureza.....	55
3.2.12	Resistencia a la abrasión.....	57
3.3	Propiedades físicas.....	57
3.3.1	Densidad y densidad relativa.....	57
3.3.2	Contracción en el molde.....	59
3.3.3	Tensión de alargamiento.....	59
3.3.4	Viscosidad.....	60
3.4	Propiedades térmicas.....	60
3.4.1	Conductividad térmica.....	61
3.4.2	Calor específico (Capacidad de calor).....	61
3.4.3	Expansión térmica.....	61
3.4.4	Temperatura de deflexión.....	62
3.4.5	Resistencia al frío.....	62
3.4.6	Inflamabilidad.....	63
3.4.7	Índice de fundición.....	64
3.4.8	Temperatura de transición al cristal.....	64
3.4.9	Punto de reblandecimiento.....	65
3.5	Propiedades ambientales.....	65
3.5.1	Propiedades químicas.....	65
3.5.2	Intemperie.....	67
3.5.3	Resistencia ultravioleta.....	67
3.5.4	Permeabilidad.....	67
3.5.5	Absorción de Agua.....	68
3.5.6	Resistencia bioquímica.....	69
3.6	Propiedades ópticas.....	69
3.6.1	Lustre brillante.....	69
3.6.2	Transmisión luminosa.....	69
3.6.3	Color.....	70
3.6.4	Índice de refracción.....	70
3.7	Propiedades eléctricas.....	71
3.7.1	Resistencia de arco.....	72
3.7.3	Fuerza dieléctrica.....	72
3.7.4	Constante dieléctrica.....	72
• Conclusiones.....		73
• Glosario.....		74
• Apéndice.....		79
• Bibliografía.....		81

INTRODUCCION

Calidad

El desarrollo del control de calidad, como lo conocemos hoy, ha abarcado todo este siglo. Desde un punto de vista histórico, los cambios principales en el enfoque al trabajo del control de calidad han ocurrido aproximadamente cada 20 años.

Historia de la calidad

La primera etapa en el desarrollo del campo de la calidad, operador de control de calidad, era parte inherente de la fabricación, hasta el final del siglo XIX. En este sistema, un trabajador, o por lo menos un número muy reducido de trabajadores, tenía la responsabilidad de la manufactura completa del producto y, por lo tanto, cada trabajador podía controlar totalmente la calidad de su trabajo.

En los principios de 1900 se progresó, surgiendo el capataz de control de calidad. Durante este período se puede percibir la gran significación del arribo del concepto de factorías modernas, en las que muchos hombres agrupados desempeñan tareas similares en las que pueden ser supervisados por un capataz, quien entonces asume la responsabilidad por la calidad del trabajo.

Los sistemas de fabricación se hicieron más complicados durante la Primera Guerra Mundial, implicando el control de gran número de trabajadores por cada uno de los capataces de producción. Como resultado, aparecieron en escena los primeros inspectores de tiempo completo y se inició el tercer paso, que podemos denominar control de la calidad por inspección.

Este paso condujo a las grandes organizaciones de inspección en los años de 1920 a 1930, separadas de la producción y suficientemente grandes para ser encabezadas por superintendentes. Este programa permaneció en uso hasta que las necesidades de la enorme producción en masa requerida por la Segunda Guerra Mundial, necesitó del cuarto paso de control de calidad, el que se

designa como control estadístico de calidad. Esta fase fue una extensión de la inspección y se transformó hasta lograr mayor eficiencia en las grandes organizaciones de inspección. A los inspectores se les proveyó con implementos estadísticos, tales como muestreo y gráficas de control. La contribución de más significación del control estadístico de calidad fue la introducción de la inspección por muestreo, en lugar de la inspección al 100%. El trabajo del control de calidad, sin embargo, permaneció restringido a las áreas de producción y creció relativamente lento.

La lentitud del crecimiento del control de calidad tuvo poco que ver con problemas del desarrollo de las ideas técnicas y estadísticas. El crecimiento de conceptos como la gráfica de control y los planes fundamentales de muestreo pronto quedó establecido. Sugerir al ingeniero de diseño que se debe desarrollar y evaluar con experimentos diseñados un nuevo aparato antes de que se envíe a producción.

Las recomendaciones resultantes de las técnicas estadísticas, con frecuencia no podían ser manejadas en las estructuras existentes de toma de decisiones. Ciertamente no estaban siendo manejadas con efectividad por los grupos de inspección existentes. El trabajo que se estaba realizando era aún básicamente la inspección del trabajo en el taller, lo cual nunca pudo abarcar problemas de calidad en realidad grandes como la gerencia del negocio los veía.

Esta necesidad nos llevó al quinto paso, el control total de la calidad. Sólo cuando las empresas empezaron a desarrollar una estructura operativa y de toma de decisiones para la calidad del producto que fuera lo suficientemente efectiva como para tomar acciones adecuadas en los descubrimientos del control de calidad, pudieron las empresas obtener resultados genuinos en mejor calidad y costos menores. Este marco de calidad total hizo posible el revisar las decisiones regularmente, en lugar de ocasionalmente, el analizar resultados en el proceso y tomar la acción de control en la fuente de manufactura o provisión, y, finalmente, el detener la producción cuando fuere necesario.

Plásticos

Otra parte importante para nosotros hoy en día, que inició su desarrollo el siglo pasado fue la industria de los plásticos. La vida sin los plásticos es un poco difícil de imaginar. Actividades diarias confían en los artículos de plástico como: anteojos, teléfonos, partes de automóviles, videocintas, televisores, relojes y computadoras. Todavía hace no más de cien años, los plásticos usados actualmente no existían. Antes del desarrollo de los plásticos comerciales, algunos materiales desplegaron características únicas. Ellos eran fuertes, translúcidos, ligeros y moldeables, pero sólo unas cuantas sustancias combinaban éstas cualidades. Hoy en día estos materiales tienen el nombre de plásticos naturales. Ellos dieron el punto de partida de la corta historia de los materiales plásticos.

Los plásticos son materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nailon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles (se endurecen con el calor).

Historia

El desarrollo de estas sustancias se inició en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Phelan and Collander ofreció una recompensa de 10.000 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural. Una de las personas que optaron al premio fue el inventor estadounidense Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol. Si bien Hyatt no ganó el premio, su producto, patentado con el nombre de celuloide, se utilizó para fabricar diferentes objetos, desde placas dentales a cuellos de camisa. El celuloide tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y de su deterioro al exponerlo a la luz.

Durante las décadas siguientes aparecieron de forma gradual más tipos de plásticos. Se inventaron los primeros plásticos totalmente sintéticos: un grupo de resinas desarrollado hacia 1906 por el químico estadounidense de origen belga Leo Hendrik Baekeland, y comercializado con el nombre de baquelita. Entre los productos desarrollados durante este periodo están los polímeros naturales alterados, como el rayón, fabricado a partir de productos de celulosa.

El avance de la química de los plásticos

En 1920 se produjo un acontecimiento que marcaría la pauta en el desarrollo de materiales plásticos. El químico alemán Hermann Staudinger aventuró que éstos se componían en realidad de moléculas gigantes. Los esfuerzos dedicados a probar esta afirmación iniciaron numerosas investigaciones científicas que produjeron enormes avances en esta parte de la química. En las décadas de 1920 y 1930 apareció un buen número de nuevos productos, como el etanoato de celulosa (llamado originalmente acetato de celulosa), utilizado en el moldeo de resinas y fibras; el cloruro de polivinilo (PVC),

empleado en tuberías y recubrimientos de vinilo, y la resina acrílica, desarrollada como un pegamento para vidrio laminado.

Uno de los plásticos más populares desarrollados durante este periodo es el metacrilato de metilo polimerizado, que se comercializó en Gran Bretaña con el nombre de Perspex y como Lucite en Estados Unidos, y que se conoce en español como plexiglás. Este material tiene unas propiedades ópticas excelentes; puede utilizarse para gafas y lentes, o en el alumbrado público o publicitario. Las resinas de poliestireno, comercializadas alrededor de 1937, se caracterizan por su alta resistencia a la alteración química y mecánica a bajas temperaturas y por su muy limitada absorción de agua. Estas propiedades hacen del poliestireno un material adecuado para aislamientos y accesorios utilizados a bajas temperaturas, como en instalaciones de refrigeración y en aeronaves destinadas a los vuelos a gran altura. El PTFE (politetrafluoretileno), sintetizado por primera vez en 1938, se comercializó con el nombre de teflón en 1950. Otro descubrimiento fundamental en la década de 1930 fue la síntesis del nailon, el primer plástico de ingeniería de alto rendimiento.

La II Guerra Mundial

Durante la II Guerra Mundial, tanto los aliados como las fuerzas del Eje sufrieron reducciones en sus suministros de materias primas. La industria de los plásticos demostró ser una fuente inagotable de sustitutos aceptables. Alemania, por ejemplo, que perdió sus fuentes naturales de látex, inició un gran programa que llevó al desarrollo de un caucho sintético utilizable. La entrada de Japón en el conflicto mundial cortó los suministros de caucho natural, seda y muchos metales asiáticos a Estados Unidos. La respuesta estadounidense fue la *intensificación* del desarrollo y la producción de plásticos. El nailon se convirtió en una de las fuentes principales de fibras textiles, los poliésteres se utilizaron en la fabricación de blindajes y otros

materiales bélicos, y se produjeron en grandes cantidades varios tipos de caucho sintético.

El auge de la posguerra

Durante los años de la posguerra se mantuvo el elevado ritmo de los descubrimientos y desarrollos de la industria de los plásticos. Tuvieron especial interés los avances en plásticos técnicos, como los policarbonatos, los acetatos y las poliamidas. Se utilizaron otros materiales sintéticos en lugar de los metales en componentes para maquinaria, cascos de seguridad, aparatos sometidos a altas temperaturas y muchos otros productos empleados en lugares con condiciones ambientales extremas. En 1953, el químico alemán Karl Ziegler desarrolló el polietileno, y en 1954 el italiano Giulio Natta desarrolló el polipropileno, que son los dos plásticos más utilizados en la actualidad. En 1963, estos dos científicos compartieron el Premio Nobel de Química por sus estudios acerca de los polímeros.

Tipos de plásticos

Puede establecerse la siguiente clasificación de los plásticos: por el proceso de polimerización, por la forma en que pueden procesarse y por su naturaleza química.

Polimerización

Dos procesos básicos de la producción de resinas son la condensación y las reacciones de adición. La condensación produce varias longitudes de polímeros, mientras que las reacciones de adición producen longitudes específicas. Por otro lado, las polimerizaciones por condensación generan subproductos en pequeñas cantidades, como agua, amoníaco y etilenglicol.

mientras las reacciones de adición no producen ningún subproducto. Algunos polímeros típicos de condensación son el nailon, los poliuretanos y los poliésteres. Entre los polímeros de adición se encuentran el polietileno, el polipropileno, el cloruro de polivinilo y el poliestireno. Las masas moleculares medias de los polímeros de adición son generalmente mayores que las de los polímeros de condensación.

Posibilidades de procesado

El plástico se procesa de formas distintas, según sea termoplástico o termoendurecible. Los termoplásticos, compuestos de polímeros lineales o ramificados, pueden fundirse. Se ablandan cuando se calientan y se endurecen al enfriarse. Lo mismo ocurre con los plásticos termoendurecibles que están poco entrecruzados. No obstante, la mayoría de los termoendurecibles ganan en dureza cuando se calientan. El entrecruzado final que vuelve rígidos a los termoendurecibles se produce cuando se ha dado forma al plástico.

Naturaleza química

La naturaleza química de un plástico depende del monómero (la unidad repetitiva) que compone la cadena del polímero. Por ejemplo, las poliolefinas están compuestas de monómeros de olefinas, que son hidrocarburos de cadena abierta con al menos un doble enlace. El polietileno es una poliolefina. Su monómero es el etileno. Otros tipos de polímeros son los acrílicos (como el polimetacrilato), los estirenos (como el poliestireno), los halogenuros de vinilo (como el cloruro de polivinilo), los poliésteres, los poliuretanos, las poliamidas (como el nailon), los poliéteres, los acetatos y las resinas fenólicas, celulósicas o de aminas.

Fabricación

La fabricación de los plásticos y sus manufacturados implica cuatro pasos básicos: obtención de las materias primas, síntesis del polímero básico, composición del polímero como un producto utilizable industrialmente y moldeo o deformación del plástico a su forma definitiva.

Materias primas

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban con resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), el furfural (de la cáscara de la avena), aceites (de semillas), derivados del almidón o el carbón. La caseína de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados. A pesar de que la producción del nailon se basaba originalmente en el carbón, el aire y el agua, y de que el nailon 11 se fabrique todavía con semillas de ricino, la mayoría de los plásticos se elaboran hoy con derivados del petróleo. Las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

Síntesis del polímero

El primer paso en la fabricación de un plástico es la polimerización. Como se comentaba anteriormente, los dos métodos básicos de polimerización son la condensación y las reacciones de adición. Estos métodos pueden llevarse a cabo de varias maneras. En la polimerización en masa se polimeriza sólo el monómero, por lo general en una fase gaseosa o líquida, si bien se realizan también algunas polimerizaciones en estado sólido. Mediante la polimerización en solución se forma una emulsión que se coagula seguidamente. En la polimerización por interfase los monómeros se disuelven

en dos líquidos inmiscibles y la polimerización tiene lugar en la interfaz entre los dos líquidos.

Aditivos

Con frecuencia se utilizan aditivos químicos para conseguir una propiedad determinada. Por ejemplo, los antioxidantes protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores ultravioleta lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos.

Muchos plásticos se fabrican en forma de material compuesto, lo que implica la adición de algún material de refuerzo (normalmente fibras de vidrio o de carbono) a la matriz de la resina plástica. Los materiales compuestos tienen la resistencia y la estabilidad de los metales, pero por lo general son más ligeros. Las espumas plásticas, un material compuesto de plástico y gas, proporcionan una masa de gran tamaño pero muy ligera.

Forma y acabado

Las técnicas empleadas para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen de tres factores: tiempo, temperatura y fluencia (conocido como deformación). La naturaleza de muchos de estos procesos es cíclica, si bien algunos pueden clasificarse como continuos o semicontinuos.

Una de las operaciones más comunes es la extrusión. Una máquina de extrusión consiste en un aparato que bombea el plástico a través de un molde con la forma deseada. Los productos extrusionados, como por ejemplo los tubos, tienen una sección con forma regular. La máquina de extrusión

también realiza otras operaciones, como moldeo por soplado o moldeo por inyección.

Otros procesos utilizados son el moldeo por compresión, en el que la presión fuerza al plástico a adoptar una forma concreta, y el moldeo por transferencia, en el que un pistón introduce el plástico fundido a presión en un molde. Algunos plásticos, y en particular los que tienen una elevada resistencia a la temperatura, requieren procesos de fabricación especiales.

Aplicaciones

Los plásticos tienen cada vez más aplicaciones en los sectores industriales y de consumo.

Empaquetado

Una de las aplicaciones principales del plástico es el empaquetado. Se comercializa una buena cantidad de LDPE (polietileno de baja densidad) en forma de rollos de plástico transparente para envoltorios. El polietileno de alta densidad (HDPE) se usa para películas plásticas más gruesas, como la que se emplea en las bolsas de basura. Se utilizan también en el empaquetado: el polipropileno, el poliestireno, el cloruro de polivinilo (PVC) y el cloruro de polivinilideno. Este último se usa en aplicaciones que requieren estanqueidad, ya que no permite el paso de gases (por ejemplo, el oxígeno) hacia dentro o hacia fuera del paquete. De la misma forma, el polipropileno es una buena barrera contra el vapor de agua; tiene aplicaciones domésticas y se emplea en forma de fibra para fabricar alfombras y sogas.

Construcción

La construcción es otro de los sectores que más utilizan todo tipo de plásticos, incluidos los de empaquetado descritos anteriormente. El HDPE se usa en tuberías, del mismo modo que el PVC. Éste se emplea también en forma de lámina como material de construcción. Muchos plásticos se utilizan para aislar cables e hilos, y el poliestireno aplicado en forma de espuma sirve para aislar paredes y techos. También se hacen con plástico marcos para puertas, ventanas y techos, molduras y otros artículos.

Otras aplicaciones

Otros sectores industriales, en especial la fabricación de motores, dependen también de estas sustancias. Algunos plásticos muy resistentes se utilizan para fabricar piezas de motores, como colectores de toma de aire, tubos de combustible, botes de emisión, bombas de combustible y aparatos electrónicos. Muchas carrocerías de automóviles están hechas con plástico reforzado con fibra de vidrio.

Los plásticos se emplean también para fabricar carcasas para equipos de oficina, dispositivos electrónicos, accesorios pequeños y herramientas. Entre las aplicaciones del plástico en productos de consumo se encuentran los juguetes, las maletas y artículos deportivos.

Salud y riesgos para el entorno

Dado que los plásticos son relativamente inertes, los productos terminados no representan ningún peligro para el fabricante o el usuario. Sin embargo, se ha demostrado que algunos monómeros utilizados en la fabricación de plásticos producen cáncer. De igual forma, el benceno, una materia prima en la fabricación del nailon, es un carcinógeno. Los problemas de la industria del plástico son similares a los de la industria química en general.

La mayoría de los plásticos sintéticos no pueden ser degradados por el entorno. Al contrario que la madera, el papel, las fibras naturales o incluso el metal y el vidrio, no se oxidan ni se descomponen con el tiempo. Se han desarrollado algunos plásticos degradables, pero ninguno ha demostrado ser válido para las condiciones requeridas en la mayoría de los vertederos de basuras. En definitiva, la eliminación de los plásticos representa un problema medioambiental. El método más práctico para solucionar este problema es el reciclaje, que se utiliza, por ejemplo, con las botellas de bebidas gaseosas fabricadas con tereftalato de polietileno. En este caso, el reciclaje es un proceso bastante sencillo. Se están desarrollando soluciones más complejas para el tratamiento de los plásticos mezclados de la basura, que constituyen una parte muy visible, si bien relativamente pequeña, de los residuos sólidos.

С
В
Е
Т
С
К
И
Е

CAPÍTULO 1 CALIDAD, NORMATIVIDAD Y AUDITORIAS

1.1.1 Definición de calidad.

Dentro de nuestra vida diaria dependemos de muchos productos industriales para satisfacer nuestras necesidades básicas: alimentación, vivienda, transporte, trabajo. Independientemente de que sean bienes o servicios, los productos de este tipo deben ser aptos para el uso destinado. Si llegan a fallar pueden provocar desde incomodidades, pérdidas económicas, hasta heridas y muertes.

La calidad de un producto se puede definir como la aptitud para su uso, es decir un producto puede ser más o menos apto para su uso.

Cuando alguien adquiere un producto, se tienen ciertas expectativas, el uso que se le dará, apariencia y funcionamiento, pero también vemos el prestigio de la marca y el precio del producto. Un precio alto crea expectativas más altas que un precio bajo.

Si al usar un producto, responde a las expectativas del cliente, dirá que el producto es de calidad aceptable. Si se ve defraudado, considerará que el producto es de baja calidad. Por lo tanto se puede también definir la calidad por la capacidad para satisfacer las expectativas del consumidor (cliente).

Por lo que podemos observar, el concepto de calidad es relativo, ligado no solamente al producto, sino más bien la relación producto-usuario. Esta relación no resulta fácil y está sometida a una evolución continua. La calidad adquiere un significado diferente según el tipo de producto y de producción a que se refiere.

Respecto a esto último, podemos establecer dos tipos principales de producción:

a) La producción sobre pedido, es decir a partir del pedido concreto de un cliente.

b) La producción en serie, destinada a un conjunto de clientes, la mayoría desconocidos.

En el primer caso el cliente y sus exigencias son conocidas y la calidad deseada puede ser objeto de un contrato específico. En el segundo caso la calidad se estudia de conformidad con las exigencias hipotéticas de un determinado sector del mercado.

Podemos concluir que es la calidad tanto como el precio lo que vende hoy, y la calidad lo que atrae de regreso a los clientes por una segunda, tercera o vigésima vez. La calidad la determina el cliente, no el ingeniero ni mercadotecnia ni la gerencia y se basa en la experiencia del cliente con el producto o servicio medida contra sus requisitos.

La calidad consiste en cumplir y exceder las expectativas del cliente para preservar el futuro del negocio. La meta consiste en contar con una mejora continua de la calidad que se filtre a todos los procesos, todos los productos y todos los servicios de la empresa.

1.1.2 Control total de la calidad.

A lo largo de nuestra existencia dentro de las sociedades industrializadas nos vemos sometidos a diversos sistemas de control, por citar algunos ejemplos: el control de natalidad, el control de enfermedades o el control de emisiones. La Enciclopedia Encarta en su versión de 1998 define como control a "la comprobación, inspección, intervención o también al mando, dirección o regulación de cierto proceso". Cuando utilizamos la frase "control total de la calidad" nos referimos al sistema integral que abarca a toda la compañía, es decir:

El control total de la calidad es el esfuerzo de varios grupos en una empresa con el fin de producir mejoras importantes y confiabilidad del producto.

Dentro de la frase "control de calidad", la palabra "calidad" no tiene el significado de "mejor" en un sentido absoluto, sino significa "lo mejor para ciertos requisitos del cliente". Cuales son estos requisitos podríamos preguntar y son: a) el uso real, y b) precio de venta del producto. Como ya mencionamos un precio más alto genera mayores expectativas en el uso.

Dentro de la frase "control de calidad", la palabra "control" representa un instrumento el cual consta de cuatro pasos:

1. Fijación de estándares de calidad.
2. Logro de conformidad con estos estándares.
3. Acción cuando se exceden los estándares.
4. Planificación para mejoras en los estándares.

Además, el control total de la calidad produce importantes y progresivas reducciones en los costos de calidad, ¿Cómo es esto?, muy sencillo, los costos se reducen porque hay menos errores, por lo cual necesitamos menos correcciones, menos compensaciones de los errores, menos problemas y existe un mejor aprovechamiento de los equipos, de los insumos, de las instalaciones y de las personas.

No se puede esperar, sobre todo en procesos en los cuales intervienen en gran medida personas que nunca haya fallas, pero sí que la frecuencia, sobre todo de las fallas debidas al sistema se reduzca cada vez más. ¿Totalmente? ¿A cero? No, pero sí cada vez más, hasta aprovechar la máxima capacidad de cada sistema.

Cuando llegamos a la máxima capacidad, se crea la necesidad de innovar el sistema para con este nuevo sistema continuar el mismo proceso de reducción de los errores y mejorar e innovar el producto.

A medida que bajan los costos por el menor número de errores, correcciones, compensación de errores, desperdicio y problemas, la productividad de la empresa se incrementa, los precios pueden reducirse y los clientes se sienten satisfechos por los mejores productos que reciben con un menor precio.

Con productos de mejor calidad, a un precio más bajo, los comentarios de los clientes satisfechos y un poco de creatividad mercadotecnia se puede lograr un mejor posicionamiento del producto en la mente de clientes externos y una mayor participación en el mercado.

Mejorando sistemáticamente la calidad del producto, bajando su precio e incrementando la participación en el mercado, hay más posibilidades de permanecer en el negocio, con lo cual además existen más posibilidades de proporcionar nuevos empleos.

1.1.3 La necesidad de un sistema de calidad total

Un sistema de calidad total es la estructura funcional de trabajo acordada en toda la compañía y en toda la planta, documentada con procedimientos integrados técnicos y administrativos efectivos, para coordinar y guiar a la fuerza laboral, las máquinas y la información de las formas mejores y más prácticas para asegurar la satisfacción del cliente con la calidad y costos económicos de calidad.

Todo este proceso no puede lograrse mediante la concentración en una sola área de la compañía y planta. Los métodos elaborados para el control de calidad de mercancías o servicios forman un conjunto prácticamente ilimitado, y varían desde extensos programas de control de calidad hasta programas que casi no identifican los verdaderos problemas de calidad. Si se supone deseable un determinado tipo de control de calidad, es necesario considerar los medios para lograrlo.

Dada la naturaleza del control de calidad, no existe un producto o servicio fabricado por el hombre que sea perfecto y, en consecuencia este libre de riesgo. El objetivo principal del control de calidad es la minimización de estos riesgos. Esta tarea se topa a menudo con otros departamentos que por naturaleza sostienen puntos de vista opuestos. El departamento de producción tiene que fabricar a un costo mínimo y la inspección representa un costo adicional, al que se deben agregar los de desperdicio, recuperación y reproceso.

Una de las metas del departamento de diseño es la minimización del costo. Las especificaciones del control de calidad tienden a hacer que el diseño sea más costoso. El personal de *compras* se podría molestar cuando se rechaza el lote de algún proveedor. Es decir, casi todos los departamentos en una organización industrial tienen fricciones con el control de calidad. Existen soluciones prácticas a los problemas industriales y es necesario encontrar los medios para adaptarse a la solución cuando se resuelve una controversia.

Otro síntoma de un control de calidad deficiente es la carencia de registros completos, que son importantes por dos razones. La primera consiste en contar con bases para establecer pronósticos, todo lo aprendido constituye el historial del producto y el pronóstico es simplemente una *proyección* del pasado hacia el futuro. Si no existe un registro, sólo la memoria humana (sujeta a fallas) sirve de base para establecer pronósticos. La segunda razón es que es un instrumento de defensa. Si se demuestra que un producto rinde un servicio defectuoso, es muy conveniente verificar que haya sido inspeccionado antes de salir al mercado. Si faltan los registros, generalmente se concluye que la inspección de dicho producto no se realizó en forma adecuada, o bien, que el artículo no se inspeccionó.

Lo adecuado o inadecuado de cualquier departamento depende básicamente de dos aspectos: la naturaleza de la organización y el personal que realiza el trabajo. Este último es el más importante de los dos. Empleados serios, dedicados, inteligentes y con espíritu de cooperación, pueden lograr que la peor organización de control de calidad funcione razonablemente bien, pero esta labor se facilita si la organización es el resultado de un análisis detenido de las nociones expuestas a continuación.

1.1.4 Organización necesaria para el control de calidad.

El control de calidad es, por naturaleza, una actividad que debe realizar un grupo de personas especializadas. La autoridad del departamento va desde una simple recomendación hasta una autoridad total sobre la producción. La

eficiencia de un departamento de control de calidad depende de la habilidad de sus ingenieros para identificar, investigar, resolver e implantar las soluciones a un problema de calidad.

1.2.1 ¿Qué es ISO?

La Organización Internacional para la Normalización tiene sus orígenes en la Federación Internacional de Asociaciones Nacionales de Normalización (1926-1939). De 1943 a 1946, el Comité Coordinador de las Naciones Unidas para la Normalización (UNSCC) actuó como *organización interina*. En octubre de 1946, en Londres, se acordó en el nombre de Organización Internacional para la Normalización. La organización, conocida como ISO (Del inglés International Standards Organization), celebró su primera reunión en junio de 1947 en Zurich.

1.2.2 ¿Qué es la serie ISO 9000?

De manera oficial, la serie ISO 9000-9004 existe desde 1987, cuando la Organización Internacional para la Normalización en Ginebra publicó los cinco documentos siguientes:

ISO 9000-1 (ANSI/ASQC Q9000-1-1994, NMX-CC-002/1:1995 IMNC)

Normas de aseguramiento y administración de la calidad: lineamientos para la selección y uso

ISO 9001 (ANSI/ASQC Q9001-1994, NMX-CC-003:1995)

Sistemas de calidad, modelo para el aseguramiento de la calidad en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.

ISO 9002 (ANSI/ASQC Q9002-1994, NMX-CC-004:1995)

Sistemas de calidad: modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción, instalación y servicio.

ISO 9003 (ANSI/ASQC Q9003-1994, NMX-CC-005:1995)

Sistemas de calidad: modelo para el aseguramiento de la calidad en la inspección y pruebas finales.

ISO 9004-1 (ANSI/ASQC Q9004-1-1994, NMX-CC-006/1:1995)

Elementos de administración y sistemas de calidad: lineamientos.

Las normas encerradas entre paréntesis corresponden a los equivalentes de la norma internacional ISO a las normas nacionales estadounidense y mexicana respectivamente.

1.2.3 ¿Qué norma seleccionar?

- a) ISO 9001: conveniente cuando se necesita demostrar la capacidad del proveedor para controlar los procesos y para diseñar. Se previenen no conformidades en todas las etapas desde diseño hasta el servicio.
- b) ISO 9002: se utiliza para demostrar que el proveedor tiene capacidad para controlar los procesos de productos conformes, omitiendo el diseño.
- c) ISO 9003: se usa para demostrar la capacidad del proveedor para seleccionar y controlar la disposición de cualquier producto no conforme durante la inspección y pruebas finales. Omite las secciones control de diseño, compras, control de proceso y servicio.
- d) ISO 9004: concebida para las organizaciones que proporcionan servicios, las cuales deben remitirse a esta norma.

Elementos del sistema de calidad ISO.

Título	Normas		
	9001	9002	9003
1. Responsabilidad de la dirección	P	P	P
2. Sistema de calidad	P	P	P

3. Revisión de contrato	P	P	P
4. Control de diseño	P	Ⓢ	Ⓢ
5. Control de documentos y datos	P	P	P
6. Compras	P	P	Ⓢ
7. Control de productos entregados por el cliente	P	P	P
8. Identificación y seguimiento del producto	P	P	P
9. Control de proceso	P	P	Ⓢ
10. Inspección y pruebas	P	P	P
11. Control de equipo de inspección, medición y pruebas	P	P	P
12. Condiciones de inspección y pruebas	P	P	P
13. Control de producto no conforme	P	P	P
14. Acciones correctiva y preventiva	P	P	P
15. Manejo, almacenamiento, empaque y entrega	P	P	P
16. Control de registros de calidad	P	P	P
17. Auditorías internas de calidad	P	P	P
18. Capacitación	P	P	P
19. Servicio	P	P	Ⓢ
20. Técnicas estadísticas	P	P	P

P = Elemento presente, requisito amplio. P = Presente, menos estricto. Ⓢ = Elemento no presente.

Las siguientes páginas son una descripción de cada punto de los requerimientos de la norma ISO.

1.3.1 Responsabilidad de la dirección

Qué se debe hacer:

- La dirección con la responsabilidad administrativa debe definir una política de calidad, los objetivos y el compromiso con la calidad.
- La política debe ser consistente con las metas, expectativas y necesidades de los clientes.
- La política debe entenderse, implantarse y mantenerse en todos los niveles de la empresa.

1.3.2 Sistema de calidad

- Los procedimientos documentados se deben preparar de acuerdo con los requerimientos de las normas ISO.
- Además, los procedimientos que se documentan deben implantarse de hecho.
- El proveedor deberá considerar:
 - La preparación de planes de calidad.
 - La identificación de procesos, equipo y recursos para lograr la calidad requerida.
 - La actualización del control de calidad.
 - La identificación y preparación de registros.

1.3.3 Revisión de contrato

- Verificar que los requerimientos se definan y documenten de forma adecuada.
- Resolver diferencias.
- Capacidad de cumplir el contrato.
- Las correcciones al contrato se transfieren a las funciones involucradas.
- Se mantienen registros de revisión.

1.3.4 Control de diseño

- El proveedor instalará y mantendrá procedimientos documentados de control y verificación del diseño de producto para asegurar la observancia de especificaciones. La norma supone la existencia de éstas.
- La función de diseño consiste de los ocho pasos siguientes:
 1. Planeación de diseño y desarrollo.
 2. Interfaces organizacional y técnica.
 3. Aportes al diseño.
 4. Rendimiento del diseño.
 5. Revisión de diseño (es preciso mantener los registros).

6. Verificación de diseño.
7. Validación de diseño.
8. Cambios de diseño

1.3.5 Control de documentos y datos

- El personal autorizado debe aprobar los documentos y datos.
- Los documentos se encuentran en los lugares donde se les requiere.
- Los documentos obsoletos se eliminan de inmediato o se garantiza que no se empleen en forma no intencional y se identifican en forma conveniente.
- Las mismas funciones que realizaron la revisión original, revisarán y aprobarán los cambios a los documentos y datos.

1.3.6 Compras

- Evaluar la capacidad de los subcontratistas para cumplir los requerimientos del subcontrato.
- Definir el tipo y alcance de control que se ejerce sobre los subcontratistas.
- Mantener registros de los subcontratistas aceptables.
- El documento de compra deberá definir con claridad el producto.
- Los documentos de compra se revisarán y aprobarán para verificar que se adecuan a los requerimientos especificados.

1.3.7 Control de productos proporcionados por el cliente

- Este párrafo se redacta para los casos en los que un producto que el cliente entrega para su incorporación a los insumos o en actividades conexas. En tales casos, el proveedor contará con procedimientos documentados para el control, verificación, almacenaje y mantenimiento de producto del cliente. Esto es, si un cliente entrega (proveedor) componentes que a su vez se incorporan en el producto final (entregado) o si proporciona herramientas, moldes, equipo, maquinaria, etc., para fabricar o armar un producto, se tendría la necesidad de dirigirse a este párrafo.

- La verificación del proveedor no exime al cliente de la responsabilidad de entregar productos aceptables.

1.3.8 Identificación y seguimiento del producto

- Donde sea apropiado, la identificación y seguimiento de los productos se mantendrá y documentará desde su recibo y durante todas las etapas de producción, entrega e instalación.
- Si la rastreabilidad es un requerimiento específico, será necesario implantar un procedimiento que defina la forma de identificar los artículos o lotes.

1.3.9 Control de proceso

El proveedor asegurará que los procesos que afectan directamente la calidad se encuentran bajo condiciones controladas, lo que significa:

- El procedimiento documentado para producción, instalación y/o servicio.
- Uso de producción, instalación y/o servicio de equipos, y del entorno conveniente de trabajo.
- Cumplimiento de normas y códigos, planes de calidad y/o procedimientos documentados.
- Vigilancia de los parámetros de producto y características de proceso.
- Aprobación y mantenimiento del equipo de proceso.
- Criterios bien definidos para la mano de obra.
- Identificación y calificación de los procesos especiales, equipos y operadores de tales procesos.

1.3.10 Inspección y pruebas

Se establecerán procedimientos para definir las actividades siguientes:

- El producto que llega no deberá utilizarse o procesarse hasta que se inspeccione (según procedimientos documentados) o por cualquier otro medio se verifica su conformidad con los requerimientos especificados. El

alcance de la inspección de recepción dependerá del control que ejerza el subcontratista y la prueba de cumplimiento del mismo.

- Si el producto que se recibe se libera con anterioridad a la verificación para su uso urgente, se identificará y registrará positivamente para permitir su recuperación en caso de incumplimiento.
- Retener el producto hasta que se reciban y verifiquen todas las pruebas o inspecciones.
- La inspección final, que se realiza de acuerdo con los procedimientos, o definida en el plan de calidad, garantizará que el producto final cumple con los requerimientos especificados.
- El producto no se liberará hasta que se concluyan en forma satisfactoria todas las actividades (inspección) y se autoricen los documentos y datos asociados.
- La evidencia de las actividades arriba enunciadas se demostrará por medio de registros que indiquen con claridad si el producto pasó una inspección y/o prueba. Si el producto no aprueba se aplicará el párrafo de Control de producto no conforme.
- La intención de estas cláusulas es asegurar que el proveedor realiza las inspecciones y/o pruebas de productos que se requieran desde la recepción hasta la inspección final. Es preciso conservar los registros que identifican el resultado de la inspección o prueba.

1.3.11 Control de inspección, medición y equipo de prueba

La cláusula también cubre el equipo de pruebas para la inspección. El párrafo se aplica a inspección, medición y equipo de prueba usado por el proveedor para demostrar la conformidad de producto a los requerimientos especificados. Se incluyen varios requisitos:

- Determinar las medidas a realizar y la exactitud necesaria.
- Identificar el equipo capaz de afectar la calidad del producto, calibrarlo y ajustarlo en el intervalo prescrito.

- Definir el proceso de calibración y mantener registros del mismo.
- Asegurar las condiciones ambientales convenientes para la calibración.
- Asegurar el buen funcionamiento de equipo por medio del almacenaje y manejo apropiados.

1.3.12 Condiciones de inspección y pruebas

- Para identificar las condiciones de inspección y prueba se utilizarán los medios convenientes que indiquen el cumplimiento o falta del mismo con respecto al desempeño en dicha inspección o prueba.

1.3.13 Control de producto no conforme

Como en otros párrafos, se requieren procedimientos que definan la responsabilidad por la revisión y la autoridad para disponer del producto fuera de cumplimiento. Esto involucraría, entre otras cosas:

- Descripción y registro de la naturaleza del incumplimiento y de la reparación.
- Es preciso informar de las reparaciones que no se ajustan a requerimientos especificados con anticipación para determinar las concesiones con el cliente.
- Reinspección del producto reparado y/o retrabajado.

1.3.14 Acción correctiva y preventiva

El procedimiento incluirá como acciones correctivas:

- Manejo eficaz de las quejas del cliente.
- Investigar la causa de incumplimiento y registrar los resultados de dicha investigación.
- Determinar la acción correctiva necesaria para eliminar la causa del incumplimiento.
- Asegurar que la acción correctiva es eficaz.

El proveedor deberá como acciones preventivas:

- Detectar, analizar y eliminar las causas potenciales de incumplimiento.
- Iniciar la acción preventiva.
- Informar con toda oportunidad, para revisión de la dirección, la acción que se toma.

1.3.15 Manejo, almacenamiento, empaque y entrega

La intención de estos párrafos consiste en asegurar que se producto se maneja, empaqa, y es conservado de tal manera que se eviten daños o deterioros. Además de la norma, se requiere que el proveedor evalúe, a intervalos apropiados, la condición del almacenaje de producto respecto a un posible deterioro.

- *Requerimientos similares cubren el empaque y la entrega.*

1.3.16 Control de registros de calidad

Es preciso mantener registros de calidad, incluyendo los de subcontratistas, para demostrar el cumplimiento a los requerimientos específicos y la operación eficaz del sistema de calidad. Estos registros deben almacenarse de modo que se impidan daños o deterioros y se retienen durante cierto lapso que el proveedor determine.

1.3.17 Auditorías internas de calidad

- Se deben conducir auditorías documentadas y formales del sistema de calidad en los intervalos prescritos por personal independiente al de la actividad que se revisa.
- Las acciones correctivas deben ser manejadas por la gerencia apropiada.
- Se requieren actividades de seguimiento para verificar la eficacia de la implantación.

1.3.18 Capacitación

- Se identificarán las necesidades de capacitación de las personas que desempeñen actividades que afecten la calidad.
- La norma reconoce la educación, experiencia o capacitación.
- Se deberán mantener los registros de capacitación.

1.3.19 Servicio

Si se requiere el servicio (es decir, mantenimiento del producto, los procedimientos deberán definir los requerimientos de servicio.

1.3.20 Técnicas estadísticas

- El proveedor debe identificar las necesidades de las técnicas estadísticas.
- Debe establecer los procedimientos para implantar y controlar la aplicación de las técnicas estadísticas identificadas.

1.4.1 Auditoría interna

Las series ISO 9000 especifican que se deben conducir auditorías internas. La importancia en las primeras etapas es un plan de auditoría bien preparado y una lista de verificación de preguntas (en caso de no saber qué preguntar). Durante el primer par de auditorías se recomienda que dos o tres auditores internos revisaran el mismo departamento. La ventaja de hacerlo es que permite que cada miembro del equipo piense en la siguiente pregunta en tanto un compañero del equipo sigue adelante en la línea de la entrevista.

Es preciso tener cuidado de no hacer demasiadas preguntas, con rapidez, ni de manera simultánea al auditado. Tomar turnos y ser paciente. Por último, no sentirse obligados a investigar hasta encontrar lo que se considere una cantidad apropiada de faltas de conformidad. En la mayoría de los casos no será necesario buscar durante mucho tiempo antes de descubrir faltas de conformidad, o bien que el auditado las presente.

Es posible que los equipos de auditoría interna enfrenten una dificultad más: la ausencia de un sistema de aseguramiento de la calidad totalmente

documentado. Si bien puede ser difícil desarrollar una lista de verificación sin la ayuda de un manual de calidad, es posible preparar tales listas. Cuando se revisa un sistema no documentado, los auditores enfrentan el desafío adicional de descubrir y comprender de manera literal el sistema al mismo tiempo que lo auditan. Con tal situación se recomendaría contratar los servicios de un consultor, que podría evaluar la forma más eficiente la aptitud para ISO 9000.

1.4.2 Organización

La preparación de una auditoría interna no requiere, por lo general, tanto tiempo como el que se necesita para preparar una auditoría independiente o externa. Esto es debido a que si bien los auditores internos no revisan su propio departamento, tienen (o deberían tener) una comprensión más profunda de la empresa que cualquier auditor externo. Será necesaria alguna preparación de cualquier modo, en particular en las primeras etapas. Se recomiendan las siguientes actividades:

- Asegurarse que las personas a quienes se auditará están bien conscientes de los diversos requerimientos de ISO 9000. Una forma sencilla y parcialmente eficaz de hacerlo es, cuando menos, distribuir copias de la norma a todas las personas involucradas. Se hace énfasis en “parcialmente” porque la norma aún necesita interpretarse y aplicarse a las necesidades de la empresa.
- Definir el propósito y alcance de la auditoría. El alcance deberá definir que se revisará y contra qué norma o párrafo dentro de la norma.
- Calcular la cantidad de recursos (tiempo y personal) que se requerirán. El tamaño del equipo de auditoría variará de acuerdo a las dimensiones de la organización. Es imperativo que más de una persona comparta las responsabilidades de la auditoría. De no hacerlo se corre el riesgo de agotar a la persona. Además el proceso de auditoría interna es demasiado importante para confiarlo a una sola persona.

No existe un número adecuado o una fórmula científica que puede aplicar para determinar el número correcto de auditores internos, excepto decir que ser

mayor que uno. Las empresas de tamaño medio deberían tener al menos de dos a seis personas a cargo de las auditorías (por lo menos un auditor en jefe y de uno a cinco auditores).

- Programar el día y hora de la auditoría (asegurarse que no existan conflictos de programación con el auditado).
- Determinar los métodos de revisión que adoptará el equipo. Dentro de las opciones podría ser:
 1. Seguir el flujo del producto hacia abajo (por ejemplo, desde compras y mercadería hacia la inspección de y hasta embarques).
 2. Revertir el proceso y moverse en la dirección contraria.
 3. Asignar los párrafos apropiados (ISO 9000) a los miembros de equipo y reunirse de manera periódica para consultar y compartir notas.
 4. Desarrollar un estilo propio que podría incluir una combinación de las opciones anteriores.
- En las primeras auditorías, quizá se desee desarrollar una lista de verificación que ayudará a recordar las preguntas que se habrán de hacer. ¿Qué documentación se desean ver? La lista de verificación no es más que un recordatorio de lo que se necesita hacer.
- Establecer una lista de los documentos que se necesitarán durante la auditoría. Familiarizarse con el contenido de los documentos escritos. Revisar las secciones apropiadas del manual de calidad, que mediciones efectuar. Esto ayudará a determinar las preguntas que se habrán de hacer.
- Si el auditor no está familiarizado con el proceso, un esquema de este, si existe, podría ser útil. Si no se dispone de uno, hacer que alguien explique el flujo. Esto ayudará a formular preguntas específicas durante la revisión.

1.4.3 Faltas de cumplimiento

A la falla en la satisfacción de un requerimiento específico de la norma, se le llama falta de cumplimiento, o bien fracaso en el desempeño de una tarea o

conjunto de tareas especificadas en el manual de calidad (por ejemplo, el manual de calidad y los procedimientos de apoyo).

Al examinar los incumplimientos, se debe considerar no sólo la frecuencia de ocurrencia. Sino asimismo la gravedad del incumplimiento. No obstante, se deben anotar todos los incumplimientos y discutirlos durante la reunión de cierre, pues indican que quizá sea necesario ajustar un elemento del sistema. Acaso el procedimiento que se revisó ya no es aplicable y requiere de actualizarse, tal vez el operador necesita un poco más de capacitación, etc.

El propósito de una auditoría interna es encontrar en forma constante maneras de mejorar un sistema y no sólo descubrir fracasos dentro del mismo, las auditorías internas serán, por lo tanto, una valiosa herramienta.

1.4.4 Informes de auditoría

Una vez que se concluye la revisión, se deberá seguir un informe formal de la auditoría (que debe ser informativo y conciso). Se debe ser capaz de establecer:

- La naturaleza de la falta de conformidad, es decir si fue una evidencia verbal o escrita.
- Dónde ocurrió (departamento, línea de ensamble, persona entrevistada, etc.).
- Cuándo ocurrió (fecha, algunos ponen la hora).
- El párrafo aplicable de ISO 9000. Algunos auditores tienden a olvidar que están revisando la norma ISO 9000.
- La sección del manual de calidad de la empresa.

Si todos están de acuerdo con las faltas de conformidad, el próximo paso será proponer un programa respecto a la fecha y forma de resolver las faltas de conformidad.

La auditoría interna es una importante actividad que permite a los departamentos mejorar su función en forma continua. Cuando no se toman en serio o se entienden mal, señal por lo general de compromiso ejecutivo limitado, quedan pendientes las acciones correctivas. Los jefes de departamento

incapaces o que *no desean corregir el sistema* suponen injustamente que es responsabilidad del equipo de auditoría interna o del gerente de calidad realizar todas las acciones correctivas. No es el caso. La función de los auditores internos es señalar diferencias, discrepancias o inexactitudes dentro del sistema. Además, como *no son los responsables directos del departamento que se audita, no pueden, ni se debe esperar que lo hagan, corregir las mismas faltas de conformidad que hacen surgir*. Estos puntos son responsabilidad directa del departamento que no cumple.

Cuando se llevan a cabo en forma apropiada, las auditorías internas de calidad brindan *información valiosa* que debe permitir evaluar la eficacia del sistema. Si el sistema es ineficaz, es responsabilidad de la empresa mejorarlo. Los auditores internos deberán recordar siempre que la auditoría de calidad debe ser un proceso de comunicación en dos sentidos respecto al cual es posible reunir información sobre la forma de *mejorar el sistema*. Las auditorías internas no deben confundirse con las externas ni deben conducirse como tales.

U
R
N
E
T
E
R
N
I
T
Y

CAPITULO 2

EL CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD

La competencia global es un hecho en la vida de la mayoría de las industrias. En la industria de los plásticos, la competencia alrededor del mundo afecta tanto a las pequeñas compañías como a las grandes. Muchas compañías han enfocado sus esfuerzos en el mejoramiento de la calidad de sus productos. Ellos esperan resistir la competencia ofreciendo a los consumidores productos dignos de confianza de alta calidad. De cualquier forma, para que hagan productos de alta calidad, las materias primas y los procesos deben también ser de alta calidad.

La compra de materiales de calidad es por sí mismo, una tarea compleja. Frecuentemente, un problema mayor en la adquisición de materiales es saber cuan uniformes o consistentes son ellos. Los agentes de ventas describen el grado de uniformidad en términos estadísticos. Los agentes de compras y otras personas envueltos en la compra de materias primas necesitan entender conceptos básicos de estadística.

Similarmente, manufacturar productos de calidad envuelve variaciones de control en los procesos de producción para que los productos sean uniformes y consistentes. Para reducir variaciones no deseadas en productos, el personal de manufactura busca minimizar cambios aleatorios en el proceso. Este esfuerzo también recae en estadísticas, porque los procedimientos estadísticos pueden con exactitud documentar la repetición del equipo de producción.

El entendimiento y uso de estadísticas es esencial para las compañías tanto como su pelea para resistir la competición global. Este capítulo introducirá unas técnicas estadísticas básicas.

2.1.1 Herramientas y métodos estadísticos

Las múltiples herramientas y métodos que pueden utilizarse para disminuir la diferencia entre las necesidades del cliente y la ejecución del proceso son nombradas las siete herramientas básicas del control de calidad.

Las siete herramientas básicas del control de calidad

El grupo de herramientas y métodos, a los que se conoce como las siete herramientas básicas del control de calidad, constituye la columna central de todo esfuerzo de mejoramiento de la calidad; son extremadamente útiles al estudiar la efectividad de las medidas preventivas puestas en marcha. Estas herramientas son utilizadas por todo el personal en la organización. Aquí se incluye tanto al personal asalariado como a los trabajadores por hora, y son:

1. El gráfico de control.
2. El diagrama de causa-efecto.
3. El gráfico de tendencia.
4. El diagrama de Pareto.
5. El histograma
6. El diagrama de flujo.
7. El diagrama de dispersión.

Se brinda una descripción de cada una a continuación:

2.1.2 El gráfico de control.

Conocido también como gráfico de control estadístico de calidad y como gráfico de control estadístico del proceso, se usa para analizar rápidamente el comportamiento de los procesos a través del tiempo y detectar variaciones con relación a una medida de tendencia central.

Consiste en un sistema de coordenadas, en el cual se indica el tiempo en el eje horizontal y en el vertical las mediciones efectuadas. Los puntos se unen mediante líneas rectas.

Permite graficar el desarrollo de un proceso en relación tanto a una medida de tendencia central como a la variabilidad del mismo. Los límites superiores e

inferiores se determinan estadísticamente. De acuerdo a estudios hechos por Shewhart, confirmados posteriormente por otros estadísticos, tanto los límites superiores como los inferiores se establecen en tres desviaciones estándares hacia arriba y tres hacia abajo (fig.2.1).

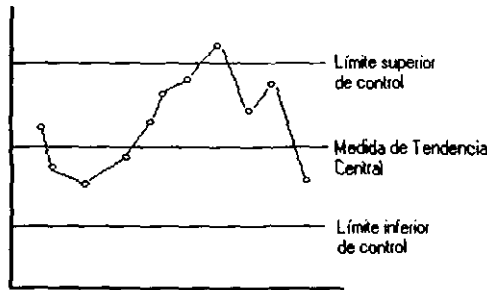


Fig. 2.1 Gráfico de control

Si las variaciones se encuentran dentro de los límites, sus orígenes se denominan causas comunes o sea aquellas desviaciones que resultan de las muchas causas que afectan en forma permanente el proceso del servicio (duplicidad de actividades, personal no capacitado adecuadamente, operaciones innecesarias, falta de operaciones, instalaciones inadecuadas, falta de claridad en los procedimientos, falta de capacidad del sistema computacional, mala supervisión, etc.).

Generalmente se acepta que se requiere la intervención del sistema en el momento en que se presentan siete puntos seguidos por arriba o por debajo de la línea central y cuando los puntos saltan de un límite a otro. (Son reglas generales, no absolutas).

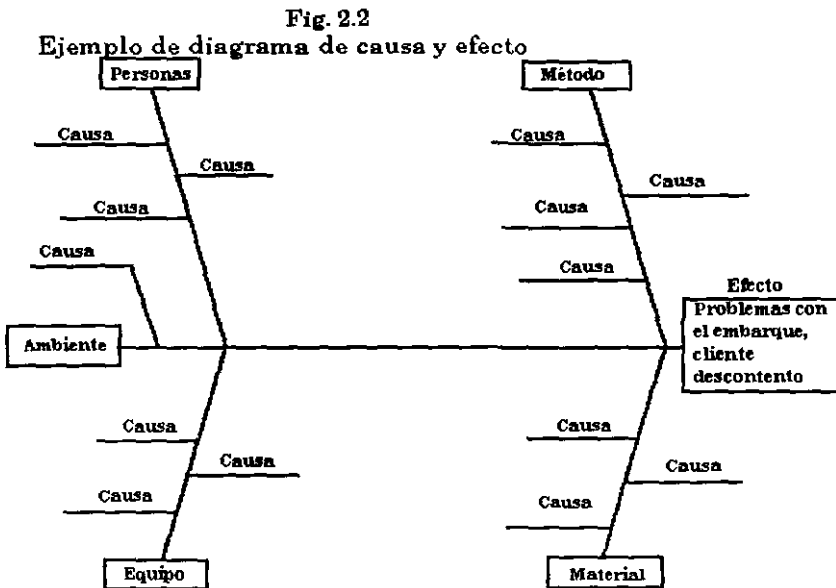
Si las variaciones sobrepasan los límites se está ante una causa especial o sea un fallo debido a acontecimientos efímeros (un corte de energía eléctrica, una caída del sistema computacional, un accidente imprevisto, un trabajador no capacitado que ejecuta el trabajo, etc.).

Como se puede apreciar, no todas estas causas son debidas al empleado de línea; de ahí que Deming insistiera en que sólo el 6% del total de los errores son responsabilidad de mismo y el 85% lo es del sistema que afecta el proceso.

Pasos para aplicar un gráfico de control:

- a.- Identifique el proceso.
- b.- Determine la norma del proceso y los límites máximo y mínimo.
- c.- Obtener periódicamente los datos del comportamiento del proceso.
- d.- Graficar los datos obtenidos.
- e.- Identificar los datos que están fuera de los límites de control, su tendencia y sus posibles causas.
- f.- Atacar las posibles causas más importantes.

2.1.3 El diagrama de causa efecto.



El diagrama de causa efecto, también conocido como diagrama de espinas de pescado o diagrama de Ishikawa, puede utilizarse para organizar las causas de un problema del proceso o producto en un formato lógico. Más aún, los

diagramas de causa-y-efecto son útiles para la identificación de la causa básica de un problema; también con frecuencia son utilizados para organizar la entrada de una sesión de “ideas u opiniones súbitas”. La figura 2.2 muestra un diagrama de causa efecto para los problemas de embarques que originan clientes descontentos.

Se coloca el efecto en la parte derecha y las posibles causas en las partes de arriba y abajo del diagrama.

Pasos para implementar un diagrama de causa-efecto:

- a.- Identifique el problema.
- b.- Clasifique las posibles causas del problema en las categorías.
- c.- Divida las causas principales en sus posibles componentes.
- d.- Ataqué las posibles causas más importantes.

2.1.4 Gráfico de tendencia

Igual que el gráfico de control, consiste en un sistema de coordenadas, en cuyo eje horizontal se indica el tiempo y en el vertical las mediciones efectuadas. Los puntos se unen entre líneas.

En el gráfico de tendencia se presentan los datos en forma gráfica a través de un período de tiempo con objeto de conocer su tendencia. Es llamado también gráfico de línea. Aplicaciones típicas son el análisis mensual de las ventas a través del año.

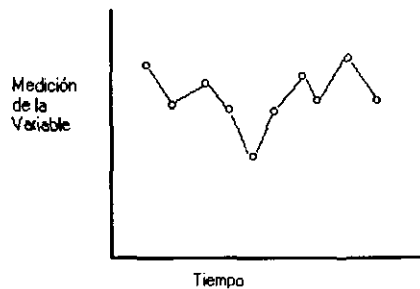


Fig. 2.3 Gráfico de tendencia

Pasos para aplicar un gráfico de tendencia:

- a.- Identificar el problema.
- b.- Obtener periódicamente los datos del comportamiento del problema.
- c.- Graficar los datos obtenidos.
- d.- Unir los puntos de ocurrencia del problema con líneas rectas.
- e.- Identificar los datos que están fuera de la tendencia deseada y sus posibles causas.
- f.- Atacar las posibles causas más importantes.

2.1.5 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto (fig. 2.4) separa los problemas de procedimientos o procesos que son “unos cuantos significativos” de aquellos otros que constituyen “muchos triviales”. De aquí que el diagrama de Pareto pueda emplearse para establecer las prioridades respecto a los problemas de procesos o productos.

Con el se visualizan rápidamente los factores más importantes de una determinada situación y, por consiguiente, las prioridades de las causas a atacar; pues generalmente se obtienen más beneficios atacando primero al factor que incide más en el resultado.

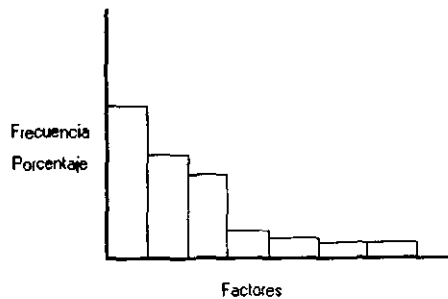


Fig. 2.4 Diagrama de Pareto

En otras palabras: facilita el identificar los problemas más importantes en cuanto a la frecuencia, el tiempo y el costo.

Pasos para aplicar un pareto:

- a.- Identificar el problema que va a ser evaluado.
- b.- Clasificar y enumerar la información de acuerdo al tipo de problema o causa que lo origina.
- c.- Graficar en forma descendente de acuerdo a la frecuencia, el tiempo, el costo, del problema o la causa que lo origina.
- d.- Identificar la causa que se repite más veces, la que causa más retrasos o la que origina más pérdidas.
- e.- Atacar la causa.

2.1.6 El histograma

Se usa para presentar rápidamente la frecuencia con que algo sucede, conjuntando y presentando los datos de acuerdo a su ocurrencia, con lo cual se puede apreciar el conjunto y su variabilidad. También se le conoce como diagrama de distribución de frecuencia (Fig. 2.5).

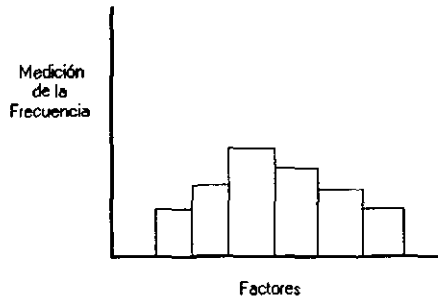


Fig. 2.5 Histograma

Muestra la tendencia de los datos medidos de un factor relevante. Se grafica en unas coordenadas, cuyo eje horizontal se divide de acuerdo con las fronteras de clase, mientras que el vertical se gradúa para medir la frecuencia de las diferentes clases.

2.1.7 Diagrama de flujo

Consiste en presentar gráficamente el desarrollo de un proceso y se utiliza para que todos entiendan rápidamente en qué consiste el mismo. Cuando se busca

mejorar un proceso es conveniente iniciarlo trazando un diagrama de flujo del mismo para que todos entiendan en que consiste y hablen un solo lenguaje al respecto.

El empezar determinando cómo debe funcionar el proceso, para luego trazar en forma gráfica cómo está funcionando en realidad, puede ayudar para descubrir fallas tales como la duplicidad, la ineficiencia y las malas interpretaciones.

Los símbolos más usados actualmente en el diagrama de flujo se han simplificado a los siguientes:

Símbolo de inicio y de término del proceso



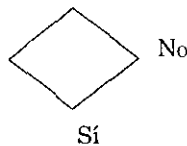
Es un rectángulo redondeado con las palabras inicio o fin dentro del símbolo.

Símbolo de actividad



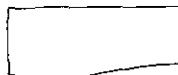
Es un rectángulo, dentro del cual se describe brevemente la actividad que se indica.

Símbolo de decisión

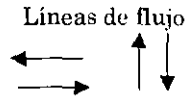


Es un rombo con una pregunta dentro.

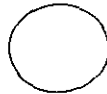
A partir de éste, el proceso se ramifica de acuerdo a las respuestas posibles (generalmente sí o no). Cada camino se señala de acuerdo con la respuesta.



Símbolo de documento



Son flechas que conectan elementos del proceso. La punta de la flecha indica la dirección del flujo del proceso.



Conector

Se utiliza un círculo para indicar el fin o el principio de una página que conecta con otra. El número de la página que precede o procede se coloca dentro del círculo.

Pasos para diseñar un diagrama de flujo:

- a.- Identifique el proceso de la prestación del servicio.
- b.- Determine el inicio y el final del mismo
- c.- Señale las actividades de que se compone.
- d.- Ordénelas siguiendo el orden del proceso.
- e.- Describa las actividades precisando equipo empleado y tiempo utilizado.
- f.- Grafique el proceso utilizando símbolos.

2.1.8 El diagrama de dispersión

Es un método para representar en forma gráfica la relación entre dos variables (si el comportamiento de una influye o no en el comportamiento de la otra y, si influye, en qué medida lo hace).

Se utiliza para encontrar las relaciones entre dos variables o para encontrar relaciones causa-efecto. En el eje vertical de las coordenadas se representa una variable (el efecto) y en el eje horizontal la otra (la causa). Si hay correlación, ésta puede ser positiva o sea cuando al crecer una variable la otra también lo



Fig 2.6 Correlación positiva

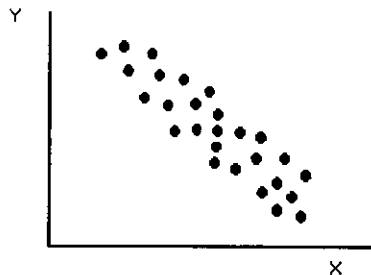


Fig. 2.7 Correlación negativa

hace (fig. 2.6) o negativa, cuando al crecer una la otra disminuye (fig. 2.7). O no existir cuando el cambio en una variable no afecta a la otra (fig. 2.8).

Pasos para elaborar un diagrama de dispersión:

- a.- Obtenga por lo menos 30 pares de valores de las variables que están siendo investigadas.
- b.- Analice los rangos dentro de los cuales se encuentran los valores y úselos para determinar las escalas de los ejes X (causa) y Y (efecto).
- c.- Grafique los datos.
- d.- Decida si existe o no correlación.
- e.- Actúe sobre la causa cuando sea necesario.

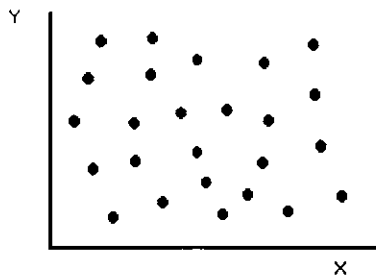


Fig. 2.8 No existe correlación

Todas éstas herramientas y métodos proporcionan un poderoso conjunto de dispositivos de diagnóstico que pueden emplearse para reducir la diferencia entre las necesidades del cliente y la ejecución del proceso.

2.2.1 Media

Comparaciones de tamaño y forma abundan en la vida diaria. Cuando alguien dice, "mira ese gran auto," un auto promedio es el punto de comparación. Cuando un hombre alto pasa caminando, él sobresale a causa de su diferencia de estatura con un hombre promedio.

La mayoría de las mujeres están usualmente cerca de una altura promedio. Muchas mujeres son algo más altas o más bajas que el promedio. Cuando una mujer extremadamente alta pasa caminando, una comparación mental respecto al promedio la identifica como alta. Una comparación diferente, no al promedio, pero al rango de posibilidades de peso de posibilidades de altura la ubicaría como rara o única.

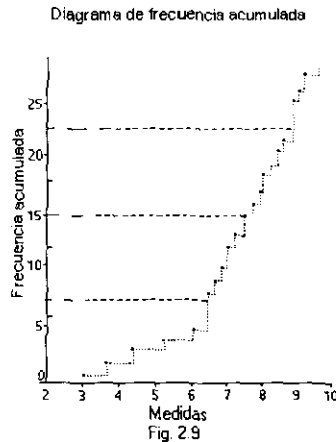
Cuando calculamos un promedio, el primer paso es definir el tipo de promedio. La media, la mediana y la moda son promedios, pero aquí sólo trataremos la media ya que es la más importante. Para calcular la media, agregue los valores en un grupo creando una suma. Entonces divida la suma por el número de valores en el grupo. Usualmente designamos a la media con la letra μ (mu) del alfabeto griego o con \bar{x} testada.

2.2.2 Tabulación y presentación de los datos

Los datos recogidos deben ser organizados, tabulados y presentados para que su análisis e interpretación sean rápidos y útiles. Por ejemplo, para estudiar e interpretar la distribución de los valores de una prueba de alargamiento en una muestra con 30 elementos, primero se ordenan los valores orden creciente: 3.0; 3.5; 4.3; 5.2; 6.1; 6.5; 6.5; 6.5; 6.8; 7.0; 7.2; 7.2; 7.3; 7.5; 7.5; 7.6; 7.7; 7.8; 7.8; 8.0; 8.3; 8.5; 8.8; 8.8; 9.0; 9.1; 9.6; 9.7; 10 y 10. Esta secuencia indica, a primera vista, que el máximo valor de estiramiento es un 10, y el mínimo es un 3; el rango, diferencia entre el máximo y el mínimo es 7.

En un diagrama de frecuencia acumulada, como el de la figura 1, los valores aparecen en el eje horizontal y el número de elementos en el eje vertical izquierdo, con el correspondiente porcentaje a la derecha. Cada punto

representa el número total de elementos que han obtenido un valor menor o igual que el total dado. Por ejemplo, el punto *A* corresponde a 7.2, y según el eje vertical, hay 12 elementos, o un 40%, con medidas menores o iguales que 7.2.



Para analizar las medidas obtenidas por 10 muestras de 30 elementos cada una en cuatro pruebas distintas (un total de 1.200 resultados), hay que tener en cuenta que la cantidad de datos es demasiado grande para representarlos como en la figura 2.9. El estadístico tiene que separar los datos en grupos elegidos previamente denominados *intervalos*. Por ejemplo, se pueden utilizar 10 intervalos para tabular los 1.200 resultados, que se muestran en la columna (a) de la tabla de distribución de datos adjunta; el número de calificaciones por cada intervalo, llamado frecuencia del intervalo, se muestra en la columna (c). Los números que definen el rango de un intervalo se denominan límites. Es conveniente elegir los límites de manera que los rangos de todos los intervalos sean iguales y que los puntos medios sean números sencillos. Una medida de 8,7 se cuenta en el intervalo entre 8 y 9; una medida igual a un límite de intervalo, como 9, se puede asignar a cualquiera de los dos intervalos, aunque se debe hacer de la misma manera a

lo largo de toda la muestra. La frecuencia relativa, columna (d), es la proporción entre la frecuencia de un intervalo y el número total de datos. La frecuencia acumulada, columna (e), es el número de elementos con medidas iguales o menores que el rango de cada intervalo sucesivo. Así, el número de elementos con medidas menores o iguales a 3 se calcula sumando las frecuencias de la columna (c) de los tres primeros intervalos, dando 53. La frecuencia acumulada relativa, columna (f), es el cociente entre la frecuencia acumulada y el número total de pruebas.

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
INTERVALOS	MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ACUMULADA RELATIVA
0-1	0,5	20	0,017	20	0,017
1-2	1,5	15	0,012	35	0,029
2-3	2,5	18	0,015	53	0,044
3-4	3,5	25	0,021	78	0,065
4-5	4,5	44	0,037	122	0,102
5-6	5,5	88	0,073	210	0,175
6-7	6,5	222	0,185	432	0,360
7-8	7,5	335	0,279	767	0,639
8-9	8,5	218	0,182	985	0,821
9-10	9,5	215	0,179	1.200	1,000
PRUEBAS 1,2,3,4, CLASES 1-10; 1.200 MEDICIONES					

Los datos de una tabla de distribución de frecuencias se pueden representar gráficamente utilizando un histograma o diagrama de barras (como en la figura 2.10), o como un polígono de frecuencias acumuladas (como en la figura 2.11). El histograma es una serie de rectángulos con bases iguales al rango de los intervalos y con área proporcional a sus frecuencias. El polígono de la figura 2.11 se obtiene conectando los puntos medios de cada intervalo de un histograma de frecuencias acumuladas con segmentos rectilíneos.

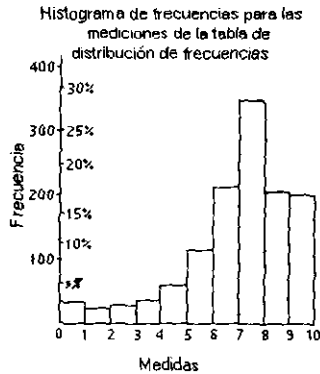


Fig. 2.10

En los periódicos y otros medios de comunicación los datos se representan gráficamente utilizando símbolos de diferente longitud o tamaño que representan las distintas frecuencias.

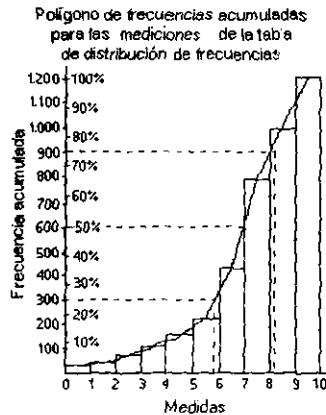


Fig. 2.11

2.2.3 Valores de la tendencia central

Una vez que los datos han sido reunidos y tabulados, comienza el análisis con el objeto de calcular un número único, que represente o resuma todos los datos. Dado que por lo general la frecuencia de los intervalos centrales es

mayor que el resto, este número se suele denominar valor o medida de la tendencia central.

Sean x_1, x_2, \dots, x_n los datos de un estudio estadístico. El valor utilizado más a menudo es la media aritmética o promedio aritmético que se escribe \bar{x} , y que es igual a la suma de todos los valores dividida por n :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

El símbolo Σ , o sumatoria, denota la suma de todos los datos. Si las x se agrupan en k intervalos, con puntos medios m_1, m_2, \dots, m_k y frecuencias f_1, f_2, \dots, f_k , la media aritmética viene dada por

$$\frac{\sum f_i m_i}{\sum f_i}$$

donde $i=1, 2, \dots, k$.

La mediana y la moda son otros dos valores de la tendencia central. Si las x se ordenan según sus valores numéricos, si n es impar la mediana es la x que ocupa la posición central y si n es par la mediana es la media o promedio de las dos x centrales. La moda es la x que aparece con mayor frecuencia. Si dos o más x aparecen con igual máxima frecuencia, se dice que el conjunto de las x no tiene moda, o es bimodal, siendo la moda las dos x que aparecen con más frecuencia, o es trimodal, con modas las tres x más frecuentes.

2.2.4 Medidas de dispersión

Normalmente la estadística también se ocupa de la dispersión de la distribución, es decir, si los datos aparecen sobre todo alrededor de la media o si están distribuidos por todo el rango. La desviación típica es otra medida de la dispersión, está definida en términos aritméticos como se explica a continuación. La desviación de un elemento del conjunto es su diferencia con

respecto a la media; por ejemplo, en la sucesión x_1, x_2, \dots, x_n la desviación de x_i es $x_i - \bar{x}$, y el cuadrado de la desviación es $(x_i - \bar{x})^2$. La varianza es la media del cuadrado de las desviaciones. Por último, la desviación típica, representada por la letra griega sigma (σ), es la raíz cuadrada de la varianza, y se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} [(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2]} = \sqrt{\frac{1}{n} \Sigma (x_i - \bar{x})^2}$$

Si la desviación típica es pequeña, los datos están agrupados cerca de la media; si es grande, están muy dispersos.

2.2.5 La Distribución Normal

Una distribución es una colección de valores. Un grupo de números usados para el cálculo de la media es una distribución. Virtualmente cualquier colección de números es una distribución. De cualquier forma el análisis estadístico consiste de unas pocas distribuciones estándar para explicar los incontables grupos de colecciones de datos. Sólo trataremos la distribución normal por ser la de uso más extendido.

Para que una distribución sea normal, esta debe exhibir dos características. Primero, debe mostrar tendencia central. Eso significa que los valores deben rondar alrededor de un punto central. Segundo, debe estar centrada alrededor de la media, en otras palabras, debe ser simétrica.

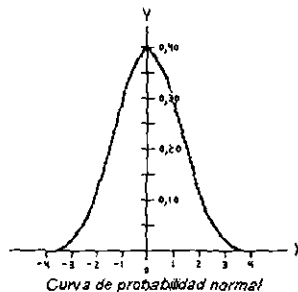


Fig. 2.12

Los matemáticos notaron que las curvas de campana describían muchas medidas físicas, incluyendo altura, peso, temperatura. Ellos trabajaron para identificar una curva de campana genérica que pudiera ser usada para explicar detalles acerca de curvas únicas. Esta curva genérica es la curva de distribución *normal estándar* (fig. 2.12), la cual tiene importantes características. Tiene una media de cero y una desviación estándar igual a uno.

2.2.6 Muestreo

Los planes de muestreo indican el número de unidades del producto que han de inspeccionarse de cada lote, es decir, el tamaño de la muestra, así como el criterio para determinar la aceptabilidad del lote. Es necesario establecer el plan de muestreo correspondiente, que puede ser, simple, doble o múltiple.

Plan de muestreo simple, es el que considera una sola muestra de cada lote.

Plan de muestreo doble, es el que considera dos muestras de cada lote.

Plan de muestreo múltiple, es el que considera más de dos muestras.

El muestreo simple, tiene la ventaja de ser sencillo de aplicar, siendo fácil establecer en la fabricación la rutina del procedimiento. La ventaja principal de los muestreos dobles y múltiples, es que los tamaños de las muestras son más pequeños, siendo generalmente menor el número *total* de unidades inspeccionadas, especialmente si la calidad es buena, pues entonces las decisiones se toman con la primera muestra. También tienen la ventaja psicológica de tener menos dudas con los resultados, ya que un lote *no es rechazado sino después* de ver varias muestras. Por otra parte, los muestreos dobles y múltiples son más difíciles de aplicar, y los gastos de inspección son más irregulares, fluctuando con la calidad del producto.

U
R
N
E
T
I
C
A
N
A

CAPITULO 3

EL PROCESO DE PRUEBAS A PLASTICOS

Virtualmente cada segmento de la industria de los plásticos recae en directamente hacer pruebas dentro de sus actividades. Los fabricantes prueban sus materias primas para mantener el control de sus procesos y las características de sus productos. Los diseñadores basan su selección de plásticos para nuevos productos en los resultados de pruebas estándar. Los creadores de moldes y herramientas dependen y se apegan a estos factores para construir moldes, los cuales producirán partes finales que cumplirán con requerimientos dimensionales. Los fabricantes de plásticos usan resultados de pruebas para ayudar a establecer parámetros del proceso. El personal de control de calidad, revisaran si los productos cumplen los requerimientos de los usuarios, los cuales usualmente necesitan pruebas estándar. Un completo entendimiento de las pruebas es esencial para muchas posiciones dentro de la industria de los plásticos.

Este capítulo discutirá las más comunes pruebas para plásticos, las cuales han sido agrupadas en categorías.

3.1.1 AGENCIAS DE PRUEBAS

Varias agencias nacionales e internacionales establecen y publican especificaciones para pruebas para materiales industriales. En los Estados Unidos los estándares generalmente vienen desde el Instituto Americano Nacional de Estándares, los servicios militares de los Estados Unidos y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés American Society for Testing and Materials). Una mayor organización internacional similar a la ASTM es la ya vista en el primer capítulo Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés).

3.1.2 ASTM

La ASTM es una sociedad técnica internacional, sin fines de lucro dedicada a "... la promoción de los conocimientos de los materiales de ingeniería, y la estandarización de especificaciones y métodos de pruebas". La ASTM publica especificaciones para pruebas de la mayoría de los materiales industriales. Las pruebas de plásticos vienen bajo la jurisdicción del comité ASTM D en plásticos. La ASTM anualmente publica el libro ASTM de estándares, el cual incluye aproximadamente 15 volúmenes. La mayoría de los volúmenes consisten de varias secciones, cada una delimitada y separada. Una total revisión de los estándares del ASTM comprende entre alrededor de 70 secciones. La sección tres del volumen 8 tratan a los plásticos.

3.1.3 ISO

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) contiene las organizaciones nacionales de estándares de arriba de 90 países. "El objeto de ISO es la promoción del desarrollo de estándares en el mundo con una vista a facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios, y el desarrollo de cooperación en la esfera de las actividades intelectual, científica, tecnológica y económica". El manual 21 de estándares ISO consiste en dos volúmenes e incluye pruebas en materiales plásticos y productos.

Varias compañías en el mundo están agregando los métodos ISO a sus capacidades de pruebas. Fabricantes que esperan iniciar ventas de materiales en Estados Unidos, Europa y Asia o aquellos que desean expandir sus operaciones allende sus fronteras, necesitan conocer los estándares ISO. Algunas compañías consideran seriamente entre sus planes la introducción de los métodos ISO.

3.2.1 Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas de un material describen como este responde a la aplicación de una fuerza o una carga. Existen solamente tres tipos de fuerza mecánica que pueden afectar a los materiales. Son compresión, tensión y corte (fig. 3.1). Las pruebas mecánicas consideran éstas fuerzas separadamente y en combinación. Las pruebas de tensión, compresión y corte miden solamente una fuerza, mientras las pruebas de flexión, impacto y dureza envuelven dos o más fuerzas simultáneas.

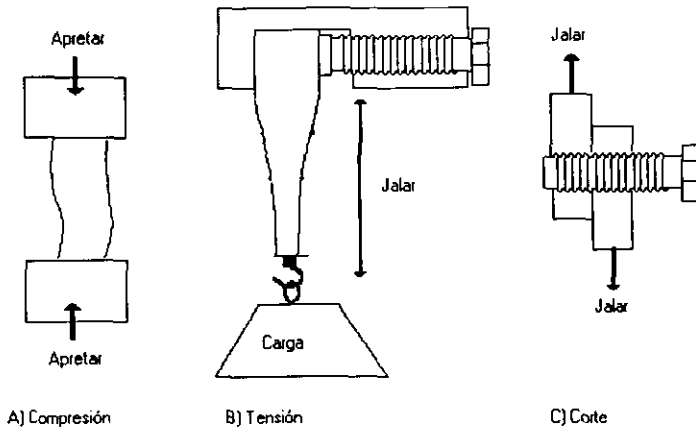


Fig. 3.1 Tres tipos de fuerza

Breves discusiones de pruebas seleccionadas para propiedades mecánicas prosiguen. Las pruebas tratadas son: fuerza de tensión, fuerza de compresión, fuerza de corte, fuerza de impacto, resistencia a la flexión, fatiga, dureza y resistencia a la abrasión.

3.2.2 Fuerza de tensión

El cálculo de la fuerza de tensión requiere unidades del Sistema Internacional por la masa y una unidad derivada de aceleración. Por definición

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración}$$

La unidad de masa es el kilogramo, y la unidad de aceleración es metros por segundo al cuadrado. El valor estándar para la aceleración causada por la

gravedad en la tierra es 9.80665 metros por segundo al cuadrado. Este valor, 9.807 m/s² es llamada constante de gravedad. La unidad de fuerza del SI es el newton, el cual es la fuerza de gravedad actuando en un kilogramo.

$$1 \text{ newton} = 1 \text{ kilogramo} \times 9.807 \text{ m/s}^2$$

3.2.3 Tensión

La presión es una fuerza aplicada sobre un área. El término técnico para la presión es tensión: La unidad métrica para la presión es el pascal (Pa). Un pascal equivale a la fuerza de un newton extendida en el área de un metro cuadrado. La fuerza de tensión es medida en pascales y es el radio de la fuerza que jala en newtones y la sección de área de la muestra en metros cuadrados.

3.2.4 Estiramiento

Las fuerzas que jalan usualmente causan que el material se deforme por adelgazamiento en el ancho o alargamiento en la longitud. El cambio en la

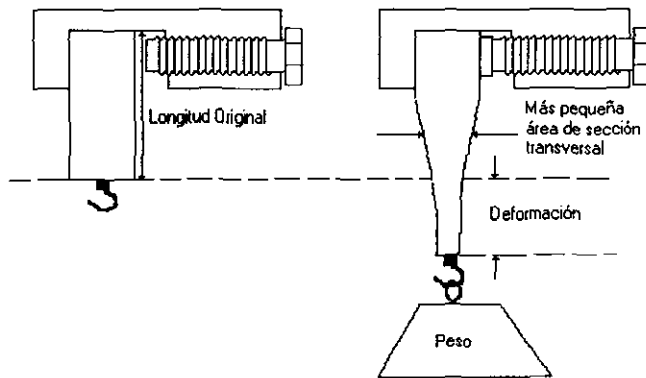


Fig. 3.2 Estiramiento es la deformación que se sufre debido a una fuerza que tira longitud en relación con el largo original es llamado estiramiento (fig. 3.2).

El estiramiento es medido en milímetros por milímetro. Esto puede ser expresado como un porcentaje, y es llamado entonces porcentaje de elongación.

Para convertir el estiramiento en metros por metro en un porcentaje, solamente multiplicamos por 100 y agregamos el signo de porcentaje. El estiramiento sólo es visible cuando las pruebas de tensión deforman con facilidad al material.

3.2.5 Fuerza de compresión

La fuerza de compresión es un valor que muestra cuanta fuerza es necesaria para romper o aplastar un material.

Los valores de fuerza de compresión pueden ser usados para distinguir entre tipos de plásticos y comparar plásticos con otros materiales. La fuerza de compresión es especialmente significativa en las pruebas de plásticos celulósos o espumosos.

Cuando calculamos la fuerza de compresión, las unidades necesitadas son múltiplos de los pascales, como kPa, MPa y GPa. Para determinar la fuerza de compresión dividimos la máxima carga (fuerza) en newtones por el área de la muestra en metros cuadrados.

3.2.6 Fuerza de corte

La fuerza de corte es la máxima carga necesitada para producir una fractura por la acción de corte. Para calcular la fuerza de corte, dividimos la fuerza aplicada por la sección de área transversal.

3.2.7 Fuerza de impacto

La fuerza de impacto no es una medida de la fuerza necesaria para romper una muestra. Es el indicador de la energía absorbida por la muestra anterior a su fractura. Existen dos métodos básicos para probar la fuerza de impacto. a) Prueba de caída de masa, y b) Prueba del péndulo.

a) Prueba de caída de masa

La prueba de caída de masa envuelve el descenso de una bola de masa conformada para darle peso sobre la superficie plástica. Contenedores, cascos y recipientes para comida son usualmente probados de ésta manera.

Cuando probamos películas, un dardo burdo es usado en lugar de la bola de masa. Esta prueba puede ser repetida con varios pesos. Si es dañada, la muestra mostrará grietas, astillas y otras fracturas.

b) Prueba del péndulo

La prueba del péndulo es la energía de un martillo oscilando para pegar a una muestra de plástico. El resultado es una medida de energía o trabajo absorbida por el espécimen.

Los martillos de la mayoría de las máquinas probadoras de plásticos tienen una energía cinética.

En el método de la viga simple, la pieza prueba es soportada en ambos extremos pero no en medio. El martillo pega a la prueba en el centro. Las pruebas de impacto pueden especificar muestras con o sin mellas. En la prueba de viga simple, las mellas o muescas están en un lado lejano para el impacto. La prueba de viga cantiliver, la muesca esta en el mismo lado donde es golpeada. En ambas pruebas, la profundidad y el radio de la muesca pueden alterarse dramáticamente con la fuerza del impacto, especialmente si el polímero exhibe sensibilidad a las muescas.

La humedad en los plásticos puede también influenciar la fuerza de impacto. Dado que las medidas de impacto deben tomar el espesor de la muestra en cuenta, los valores de fuerza-impacto son expresados en joules por metro cuadrado.

3.2.8 Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una medida de cuanta fuerza (carga) puede ser aplicada a un material antes de que se rompa. Ambas fuerzas, tensión y compresión, están involucradas en el momento de la prueba. La muestra ASTM es soportada en bloques prueba de 100 mm separados. El procedimiento ISO

varía el lapso de acuerdo al grosor de la muestra. La carga es aplicada en el centro.

Porque la mayoría de los plásticos no se rompen cuando se doblan, la resistencia a la flexión o fractura no puede ser calculada fácilmente. En el método ASTM, la mayoría de los termoplásticos y elastómeros son medidas cuando el 5 por ciento de tensión ocurre en las muestras. Este es encontrado por la medida de la carga en pascales que causa que la muestra se alargue 5 por ciento. En el procedimiento ISO, la fuerza es medida cuando la flexión iguala 1.5 veces el espesor de la muestra.

3.2.9 Fatiga y flexión

Fatiga es un término usado para expresar el número de ciclos que una muestra puede resistir antes de que se fracture. Las fracturas por fatiga son dependientes de la temperatura, tensión, frecuencia, amplitud y modo de tensión.

Si la carga (fuerza) no excede el punto de cedencia, algunos plásticos pueden ser tensionados para un gran número de ciclos sin falla. En la producción integral de bisagras y cajas con tapa de una pieza, la fatiga característica de los plásticos debe ser considerada.

3.2.10 Amortiguación

Los plásticos pueden absorber o disipar vibraciones. Esta propiedad es llamada amortiguación. En un promedio, los plásticos tienen diez veces más capacidad de amortiguación que el acero. Engranajes, cojinetes, instrumentos de almacenaje, y aplicaciones en arquitectura de los plásticos hacen efectivo su uso como reductores de vibración.

3.2.11 Dureza

El término dureza no describe una sola o definida propiedad mecánica de los plásticos. Rasguños, manchas y la resistencia a la abrasión están cercanamente

relacionados a la dureza. La superficie de desgaste del piso de vinyl y las manchas de lentes ópticos de computadoras son afectados por muchos factores. Como sea, una lejana definición aceptada de la dureza es la resistencia a la compresión, corte y rasguños.

Existen muchos tipos de instrumentos usados para medir la dureza. Ya que cada instrumento tiene su propia escala para medir, los valores deben también identificar la escala usada. Dos pruebas de uso bastante limitado para probar plásticos son la escala Mohs y el escleroscopio.

La escala de dureza Mohs es usada por geólogos y minerólogos. Esto es basado en el hecho que los materiales más duros rayan a los más suaves. El escleroscopio es una prueba de dureza no destructivo. El instrumento mide la repercusión del peso de un martillo en caída libre.

Los instrumentos de prueba de mellas son usados para medidas cuantitativas más sofisticadas. Rockwell, Barcol, Brinell y son bien conocidas herramientas de pruebas.

La prueba Brinell relaciona la dureza al el área de mella. *Números típicos de dureza Brinell para plásticos seleccionados son: acrílico, 20, poliestireno, 25; polietileno, 2.*

La prueba Rockwell relaciona la dureza a la diferencia en la profundidad de penetración de dos diferentes cargas. La carga menor (usualmente 10 kg) y la carga mayor (desde 60 a 150 kg) son aplicadas a la bola formada para mellar. *Números típicos de pruebas Rockwell para ciertos plásticos son acrílico, M 100 , poliestireno, M 75; polivinil, M 115; polietileno, R 14.*

Para plásticos suaves y flexibles, el durómetro de puntal puede ser usado. Hay dos rangos de dureza en el durómetro. El tipo A usa una varilla despuntada forma mellas para probar el plástico suave. El tipo D usa una varilla puntiaguda para mellar y medir los materiales más duros. La lectura o valor es tomado después de 1 a 10 segundos de la aplicación de presión a mano. El rango de escala es de 0 a 100.

La prueba Barcol es similar a la del durómetro de puntal, tipo D. Este también usa una varilla puntiaguda para formar mellas.

3.2.12 Resistencia a la abrasión

La abrasión es un proceso de desgaste más allá de la superficie de un material por fricción. Las pruebas Williams, Lambourn y Tabor miden el desgaste y la resistencia de los materiales a la abrasión. En cada prueba, se desgasta por fricción la muestra, removiendo algún material. La cantidad de material perdido (masa o volumen) indica que tan bien la muestra resiste el tratamiento abrasivo.

3.3 Propiedades físicas

En contraste con las propiedades mecánicas, las cuales requieren las fuerzas básicas de tensión, compresión, corte, las propiedades físicas de los plásticos pueden no envolver esas fuerzas. La estructura molecular del material regularmente afecta las propiedades físicas. Unas cuantas propiedades recibirán atención. Ellas son densidad relativa, contracción de molde, tensión de deslizamiento y viscosidad.

3.3.1 Densidad y densidad relativa

Densidad es la masa por unidad de volumen. En unidades derivadas del Sistema Internacional la unidad para medir la densidad es kilogramos por metro cúbico, pero también es comúnmente expresado en gramos por centímetro cúbico.

La densidad relativa es el ratio de masa de un volumen dado de material a la masa de un igual volumen a 23 °C. La densidad relativa es una cantidad adimensional, y será la misma en cualquier sistema de medición.

La densidad relativa de un número de materiales seleccionados se da en la siguiente tabla(3.1). Nótese que existen materiales que tienen una densidad menor a 1.0, lo cual significa que ellos flotan en el agua.

Tabla 3.1 Densidades relativas de materiales seleccionados (basadas en el agua)

SUBSTANCIA	DENSIDAD RELATIVA
Maderas	
Fresno	0.73
Abedul	0.65
Pino	0.57
Abeto	0.39
Roble rojo	0.74
Nogal	0.63
Líquidos	
Acido muriático	1.20
Acido nítrico	1.217
Bencina	0.71
Queroseno	0.80
Turpentina	0.87
Agua 20 °C	1.00
Metales	
Aluminio	2.67
Bronce	8.50
Cobre	8.85
Hierro fundido	7.20
Hierro forjado	7.70
Acero	7.85
Plásticos	
ABS	1.02-1.25
Acrílico	1.17-1.20
Celulósicos	1.15-1.40
Poliésteres	1.4
Epóxicos	1.11-1.80
Fluoroplásticos	2.12-2.2
Ionomeros	0.93-0.96
Fenoplastos	1.25-1.55
Poliamides	1.09-1.14
Policarbonato	1.2-1.52
Poliestireno	1.01-1.46
Siliconas	1.05-1.23
Vinilos	1.2-1.55

Un método simple para determinar la densidad relativa de un cuerpo es pesar la muestra en el aire y en agua (ASTM D-792). Un cable fino puede ser usado para suspender la muestra de plástico en el agua de una balanza de laboratorio. Otro método dado en ASTM D-1505 es una columna pendiente-densidad. Esta columna es compuesta de capas de líquidos los cuales van en densidad decreciente desde el fondo al tope. La capa a la cual la muestra se hunde

muestra su densidad. Una columna de pendiente-densidad es usualmente compleja y requiere mantenimiento para limpiar la columna y para verificar que las capas son de la densidad especificada.

Una aproximación más simple es crear uno o más mezclas de líquidos de densidad conocida. Para densidades más grandes que el agua, se prepara una solución de agua destilada y nitrato de calcio la cual es medida con un hidrómetro con graduación técnica. Agregar nitrato de calcio hasta que una la densidad deseada es obtenida. Para densidades menores que el agua, mezclar agua con alcohol isopropílico para lograr una densidad seleccionada.

Cuando se conduce una prueba de densidad, se debe recordar que la suciedad, grasa, y las raspaduras pueden atrapar aire en la muestra y causar resultados inexactos. La presencia de rellenos, aditivos y vacíos pueden también alterar la densidad relativa.

3.3.2 Contracción en el molde

La contracción (lineal) en el molde influye en el tamaño de las partes moldeadas. Las cavidades en el molde típico son más largas que las deseadas en partes terminadas. Cuando la contracción de las partes es completa, deben ellas entonces satisfacer especificaciones dimensionales.

Las partes moldeadas encogen cuando se cristalizan, o endurecen en un molde. La contracción también continúa por algún tiempo después del moldeado. Para permitir un completo encogimiento postmoldeado, no se toman medidas hasta que han pasado 48 horas.

La contracción en el molde es el radio de decremento en el largo de la longitud original. El resultado es reportado en mm/mm.

3.3.3 Tensión de alargamiento.

Cuando una masa suspendida de muestra prueba, causa que la muestra cambie su forma sobre un periodo de tiempo, el esfuerzo es llamado alargamiento.

La prueba de tensión de alargamiento reporta el resultado en milímetros, como un porcentaje y como un módulo.

El alargamiento y el flujo frío son propiedades muy importantes a considerar en la designación de vasijas de presión, tubos y vigas donde la carga constante (presión o tensión) pueden causar deformación o cambios de dimensiones. Los tubos de PVC pasan por pruebas de alargamiento especializados para medir su habilidad para resistir presiones dadas sobre un tiempo y para determinar la fuerza de estallamiento o ruptura.

3.3.4 Viscosidad

La propiedad de un líquido que describe su resistencia interna al flujo es llamada viscosidad. Entre más lento es el flujo del líquido, más grande es su viscosidad. La viscosidad es medida en pascales-segundos (Pa x s) o unidades llamados poises.

La viscosidad es un factor importante en el transporte de resinas, la inyección de plásticos en un estado líquido. Rellenos, solventes, agentes sicotrópicos (materiales que son como gel hasta que se agitan) grado de polimerización y densidad, todos pueden afectar la viscosidad. Un centipoise equivale a 0.01 poise. En el sistema métrico, un centipoise equivale a 0.001 pascal-segundo.

3.4 Propiedades térmicas

Las más importantes propiedades térmicas de los plásticos son: conductividad térmica, calor específico coeficiente de expansión térmico, resistencia al frío, razón de inflamación, inflamabilidad, índice de fundición, punto de transición al cristal y punto de reblandecimiento.

Cuando los plásticos son calentados, moléculas y átomos en el interior del material comienzan a oscilar más rápidamente. Esto causa que las cadenas moleculares se alarguen. Más calor puede causar pérdida de fuerza debido al resbalamiento entre moléculas por las más débiles fuerzas entre ellas. El

material puede convertirse en un líquido viscoso. En los plásticos, las uniones no son fácilmente liberadas. Ellas deben estar rotas o descompuestas.

3.4.1 Conductividad térmica

La conductividad térmica es la proporción de transmisión de energía calorífica de una molécula a otra. Por la misma razón molecular que los plásticos son aisladores eléctricos, ellos son también aisladores térmicos.

La conductividad térmica es expresada como un coeficiente. La conductividad térmica es llamada factor k . Los valores de k de la mayoría de los plásticos no conducen el calor tan bien como la misma cantidad de metal.

3.4.2 Calor específico (Capacidad de calor)

El calor específico es la cantidad de calor requerido para aumentar la temperatura de una unidad de masa a un kelvin, o un grado Celsius. Puede ser expresado en joules por kilogramo por kelvin ($J/kg.K$). Los valores de la mayoría de los plásticos indican que ellos requieren más grandes cantidades de energía calorífica para aumentar su temperatura que el agua, dado que el calor específico del agua es 1. La cantidad de calor específico puede ser expresado en joules por gramo por grado Celsius ($J/g.^{\circ}C$)

3.4.3 Expansión térmica

Los plásticos se expanden a mucha mayor proporción que los metales. Esto hace difícil unir metales y plásticos. El coeficiente de expansión es usado para determinar la expansión térmica en longitud, área o volumen por unidad de temperatura creciente. Esto es expresado como una razón por grado Celsius.

Dado que el área es un producto de dos longitudes, el valor del coeficiente debe duplicarse. Similarmente, debemos triplicar el valor del coeficiente para obtener la expansión térmica para volumen. La tabla 3.2 muestra las expansiones térmicas para materiales seleccionados.

Tabla 3.2 expansiones térmicas para materiales seleccionados

SUBSTANCIA	COEFICIENTE DE EXPANSIÓN LINEAL X 10 ⁻⁶ , MM/MM* °C
No plásticos	
Aluminio	23.5
Bronce	18.8
Ladrillo	5.5
Concreto	14.0
Vidrio	9.3
Granito	8.2
Hierro colado	10.5
Mármol	7.2
Acero	10.8
Madera, pino	5.5
Plásticos	
Epoxy	40-100
Aminoplasto-formaldehído	20-57
Fenol-formaldehído	30-45
Poliamide	90-108
Poliétileno	110-250
Polvinilideno-clorhídrico	190-200
Politetrafluoro-etileno	50-100
Siliconas	8-50

3.4.4 Temperatura de deflexión

La temperatura de deflexión (formalmente llamada distorsión al calor) es la más alta temperatura continua de operación que el material resistirá. En general, los plásticos no son usualmente usados en medios con alto calor. Sin embargo, algunos fenoles especiales han sido sujetos a temperaturas tan altas como 2760 °C.

En adición a las pruebas estándar, un número de pruebas no estandarizadas provee información acerca de la deflexión al calor de varios plásticos. Los materiales pueden ser probados en un horno. La temperatura es incrementada hasta que el material se carboniza, deforma, o pierde apreciable solidez.

3.4.5 Resistencia al frío.

Como regla, los plásticos tienen buena resistencia al frío. Empaques de comida hechos de polietileno habitualmente resistentes a temperaturas de - 51 °C.

Algunos plásticos pueden resistir a temperaturas extremadamente bajas como -196 °C con poca pérdida de sus propiedades físicas.

3.4.6 Inflamabilidad

La inflamabilidad, también llamada resistencia a la flama, es un término indicando una medida de la habilidad de un material para soportar la combustión. Varias pruebas miden ésta propiedad. En una prueba, una tira de plástico es prendida y la fuente de calor (flama) removida. El tiempo y cantidad de material consumido son medidos y el resultado es expresado en mm/min. Plásticos altamente combustibles, como el nitrato celulésico, tendrán altos valores.

Un término menos usado relacionado a la inflamabilidad es el auto-extinguimiento. Esto indica que el material no continuará ardiendo cuando la flama es removida. Casi todos los plásticos pueden ser hechos auto-extinguibles con los aditivos adecuados.

La tabla 3.3 indica que plásticos arderán cuando se exponen a la flama directa. Para causar auto-ignición, la temperatura debe ser más alta que la temperatura de ignición de una flama directa.

Tabla 3.3 Temperaturas de ignición e inflamabilidad de varios materiales

MATERIAL	TEMPERATURA DE IGNICIÓN A LA FLAMA °C	TEMPERATURA DE AUTO-IGNICIÓN °C	RAZÓN DE INFLAMACIÓN, MM/MIN
Algodón	230-266	254	LI
Papel de imprenta	230	230	LI
Pino	260		LI
Lana	200		LI
Polietileno	341	349	7.62-30.48
Fibra de polipropileno		570	17.78-40.64
Politetrafluoro-etileno		530	NI
Policloruro de vinilo	391	454	AE
Poliestireno	345-360	488-496	12.7-63.5
Polimetacrilato de metilo	280-300	450-462	15.24-40.64
Fibra acrílica		560	LI
Nitrato celulésico	141	141	Rápido

Acetato celulósico	305	475	12.70-50.80
Fibra triacetato celulósico	540	AE	
Etil celulósico	291	296	27.94
Poliamida (Nailon)	421	424	AE
Fenoplastos, fibra de vidrio laminada	475-500	623-645	AE
Aminoplasto, fibra de fibra vidrio laminada	475-500	623-645	AE
Poliuretano espuma rígida	310	416	AE
Siliconas, fibra de vidrio laminada	490-527	550-564	AE

NI-- No Inflamable
 AE-- Auto-Extinguible
 LI-- Lenta inflamación

3.4.7 Índice de fundición

Ambas propiedades la viscosidad y el flujo afectan el procesado de los plásticos y el diseño de moldes. La viscosidad de la fundición provee los datos más exactos, pero los valores del índice de fundición son comunes, quizá porque las pruebas para índice de fundición requieren menos tiempo.

El índice de fundición es una medida de la cantidad de material en gramos que es extruida a través de un pequeño orificio en 10 minutos a una presión y temperatura dada.

Un valor alto de índice de fundición indica una baja viscosidad del material. Usualmente, los plásticos con baja viscosidad tienen relativamente también baja masa molecular. En contraste, los materiales con una alta masa molecular son resistentes al flujo y tienen más bajos valores de índice de fundición.

3.4.8 Temperatura de transición al cristal

A temperatura ambiente, las moléculas en plásticos amorfos están en movimiento, pero este movimiento es usualmente limitado.

Cuando un material amorfo se calienta, el movimiento relativo de las moléculas se incrementa. Cuando el material alcanza una cierta temperatura, éste pierde su rigidez, y se vuelve correoso. Esta temperatura es identificada como la

temperatura de transición al cristal, T_c . Comúnmente la temperatura de transición al cristal es reportada como un rango de temperatura, porque la transición no ocurre a una temperatura específica.

Los plásticos cristalinos contienen ambas regiones, cristalinas y amorfas. Consecuentemente, ellos exhiben dos cambios cuando se calientan. Cuando la temperatura es lo suficientemente alta, las regiones amorfas desde como cristal a flexible. Como la temperatura continúe subiendo, la energía romperá las regiones cristalinas, causando que el material se convierta totalmente en un líquido viscoso. Esta transición ocurre sobre un rango de temperatura limitado. Esto es identificado como T_f la temperatura de fundición.

3.4.9 Punto de reblandecimiento

En las pruebas de punto de reblandecimiento Vicat, una muestra es calentada a una razón de 50 °C por hora. La temperatura a la cual una aguja penetra la muestra 1 mm es el punto de reblandecimiento Vicat.

3.5 Propiedades ambientales

Los plásticos son encontrados en casi todos los ambientes. Ellos son usados como contenedores para químicos, paquetes para almacenaje de comida y también como implantes médicos dentro del cuerpo humano. Antes de que un producto sea diseñado, los plásticos deberán ser probados para resistencia bajo medios ambientes extremos. Las propiedades ambientales de plásticos incluye: resistencia química, intemperie, resistencia ultravioleta, permeabilidad, absorción de agua, resistencia bioquímica y cuarteaduras de tensión.

3.5.1 Propiedades químicas

La afirmación que la mayoría de los plásticos resisten ácidos ligeros, alcaloides, humedad, y químicos caseros, debe ser usada solamente como una ley amplia. Cualquier afirmación acerca de la respuesta de los plásticos a medios ambientes químicos debe ser solamente una generalización. Lo mejor es probar

cada plástico para determinar como puede ser específicamente aplicado y que químicos cada uno pudiera resistir.

La resistencia química de los plásticos dependen, en un amplio grado, de los elementos combinados dentro de las moléculas y en los tipos de fuerzas de los lazos químicos. Algunas combinaciones son muy estables, otras son completamente inestables.

La tabla 3.4 muestra una lista de la resistencia química de un número de plásticos. Esta tabla provee información solamente acerca de materiales naturales. Como sea, rellenos, estabilizadores, colorantes y catalizadores pueden afectar la resistencia química de los plásticos.

La resistencia de los plásticos a solventes orgánicos puede proveer información para la identificación de materiales desconocidos. La reactividad de ambos, plásticos y solventes orgánicos a sido asignada como un parámetro de solubilidad. En principio, un polímero se disolverá en un solvente con un similar o más bajo parámetro de solubilidad. Este principio general puede no aplicarse en todos los casos, debido a la cristalización, lazos de hidrógeno y otras interacciones moleculares.

Tabla 3.4 Resistencia química a temperatura ambiente de plásticos seleccionados

PLÁSTICOS	ACIDOS FUERTES	ALCALIES FUERTES	SOLVENTES ORGÁNICOS
Acetal	Atacado	Resistente	Resistente
Acrílico	Atacado	Ligero	Atacado
Acetato celuloso	Afectado	Afectado	Atacado
Epóxido	Ligero	Ligero	Ligero
Ionómero	Ligero	Resistente	Atacado
Melamina	Ligero	Ligero	Resistente
Fenólico	Resistente	Atacado	Afectado
Fenóxido	Resistente	Resistente	Atacado
Poliámidas	Atacado	Ligero	Resistente
Policarbonato	Resistente	Atacado	Atacado
Policlorotrifluoro-etileno	Resistente	Resistente	Resistente
Poliéster	Ligero	Afectado	Afectado
Poliétileno	Resistente	Resistente	Afectado
Poliamida	Afectado	Atacado	Resistente
Polipropileno	Resistente	Resistente	Resistente

Pohestireno	Afectado	Resistente	Afectado
Politetrafluoro. etileno	Resistente	Resistente	Resistente
Poliuretano	Resistente	Afectado	Ligero
Siliconas	Ligero	Afectado	Ligero

3.5.2 Intemperie

Muchas pruebas ambientales son conducidas en playas, donde las muestras reciben considerable exposición al calor, humedad y rayos solares. Las muestras expuestas son clasificadas en cambio de color, roturas y cuarteaduras, y pérdidas de propiedades físicas. Puesto que las pruebas a la intemperie requieren largos períodos de tiempo, las pruebas aceleradas intentan proveer exposición similar en un tiempo más corto. Estas máquinas exponen las muestras a un continuo cambio de humedad y temperatura, y simulan los rayos solares con una variedad de lámparas que producen luz ultravioleta.

3.5.3 Resistencia ultravioleta

Enlazado con la intempereabilidad está la resistencia de los plásticos a los efectos de la luz solar directa o dispositivos artificiales. La radiación ultravioleta (combinada con agua u otras condiciones de ambiente oxidante) puede causar decoloramiento, desmoronamiento, roturas en la superficie, agrietamiento o pérdida de brillo.

3.5.4 Permeabilidad

La permeabilidad puede ser descrita como el volumen o masa de un gas o vapor penetrando un área o película en 24 horas. La permeabilidad es un importante concepto en la industria del empacamiento de comida. En algunas aplicaciones, una película debe dejar el paso del oxígeno, el cual mantiene carnes y vegetales con apariencia fresca. Otras aplicaciones necesitan selectivamente evitar gases, humedad y otros agentes que contaminarían el contenido de los empaques.

Frecuentemente, los empaques contienen muchas capas de materiales diferentes para lograr el control deseado de permeabilidad.

3.5.5 Absorción de Agua

Algunos plásticos son higroscópicos. Esto significa que ellos pueden absorber humedad, usualmente tomando el agua del aire húmedo. La tabla 3.5 contiene datos de absorción de agua para plásticos higroscópicos seleccionados. Estos materiales requieren secarse antes de entrar a algún proceso que envuelva calor o fundición. Si no es propiamente secado, la humedad en esos plásticos se convertirá en vapor, el cual puede causar defectos en la superficie y vacíos en el material. Para verificar que el equipo secador funciona correctamente, muchas compañías periódicamente prueban muestras para verificar el contenido de humedad.

Tabla 3.5 Absorción de agua

MATERIAL	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA (24 HORAS DE INMERSIÓN)
Policlorotrifluoroetileno	0.00
Poliétileno	0.01
Poliestireno	0.04
Epóxidos	0.10
Policarbonato	0.30
Poliamida	1.50
Acetato celuloso	3.80

Una prueba simple envuelve exactamente el peso de la muestra, calentándolo un horno por un periodo de tiempo, y volviéndolo a pesar para determinar la pérdida de peso. Algunos instrumentos proveen rápidos y exactos resultados basados en éste principio termogravimétrico.

El método termogravimétrico hace la suposición de que toda pérdida de peso representa humedad. Esa suposición no es siempre exacta porque algunos materiales también pierden lubricantes, aceites, y otras sustancias volátiles cuando son calentados. Para conseguir medidas extremadamente exactas de la humedad contenida, un aparato de humedad específica es necesitado.

3.5.6 Resistencia bioquímica

La mayoría de los plásticos son resistentes a bacterias y hongos, de cualquier forma, algunos plásticos y aditivos no lo son. Ellos no pueden ser aprobados por la mayoría de los usuarios para empaquetamiento y como contenedores para comidas o medicamentos. Varios preservativos y agentes antimicrobianos pueden ser agregados a los plásticos para hacerlos resistentes.

3.6 Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas están cercanamente ligadas con la estructura molecular. Por esta razón, las propiedades eléctricas, termales, y ópticas de los plásticos están interrelacionadas. Los plásticos exhiben muchas propiedades ópticas. Entre las más importantes son lustre, transparencia, claridad, color e índice refractivo.

3.6.1 Lustre brillante

El lustre brillante es el factor de reflectancia luminosa relativa de una muestra de plástico. Un lustrómetro dirige luz a la muestra con ángulos de incidencia de 20°, 45° y 60°. La luz que refleja fuera de la superficie es colectada y medida por un dispositivo fotosensitivo. Un espejo perfecto es usado como un estándar y produce valores de 1000 para los ángulos de incidencia de 20° y 60°. Los resultados que las pruebas en muestras de plásticos proveen datos comparativos que pueden clasificar y estimar lisura de la superficie. Comparaciones solamente pueden ser hechas entre muestras de tipos similares. Por ejemplo películas opacas no pueden ser comparadas con películas transparentes.

3.6.2 Transmisión luminosa

Una apariencia nublada o lechosa en los plásticos es conocida como niebla. Un plástico de terminado transparente es uno que absorbe muy poca luz del

espectro visible. La claridad es una medida de la distorsión vista cuando se mira a través de un plástico transparente. Todos estos términos se relacionan a la prueba para la transmisión luminosa.

La transmisión luminosa es el radio de luz transmitida a luz incidente. En esta prueba, un rayo de luz pasa a través del aire y dentro de un receptor. Este mide la luz incidente. Después de colocar una muestra, la luz entonces brilla a través de ella y dentro del receptor. El radio de lectura a través de la muestra y la lectura a través del aire provee una medida del total de transmisión.

Los plásticos amorfos huecos son los más transparentes de los plásticos. Rellenos, colorantes, y otros aditivos, a veces en pequeñas cantidades, interfieren con el paso de luz.

3.6.3 Color

La absorción selectiva de luz resulta en color. Un problema relacionado a las partes de plásticos pintadas es el igualamiento del color. Cuando partes pintadas hechas por un fabricante necesitan igualarse al color de partes que provienen de otra fuente, la medida del color es crucial.

Corrientemente, los sistemas de medida del color usan tres componentes, delta L (luminosidad), delta C (cromático) y delta H. Cuando las compañías fabricantes aceptan que se necesitan mediciones de color para las partes, y cuando ellas tienen idénticos o similares equipos de medición de color, entonces las igualaciones de color son generalmente aceptables.

Los equipos de medición de color utilizan computadoras que guardan y comparan datos, y foto celdas para obtener las lecturas de color de partes o muestras.

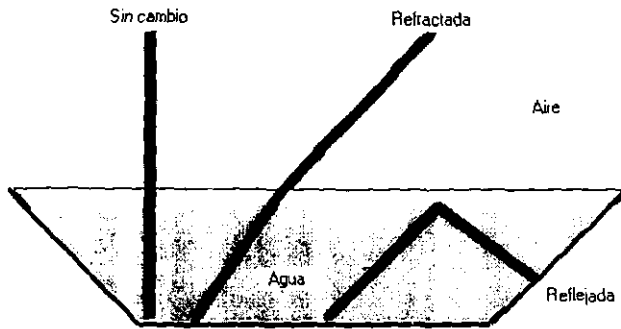
3.6.4 Índice de refracción

Cuando la luz entra a un material transparente, parte de ésta es reflejada y otra es refractada. El índice de refracción n puede ser expresado en términos del ángulo de incidencia i y el ángulo de refracción r :

$$n = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$$

donde r e i son tomados relativamente a la perpendicular de la superficie al punto de contacto (fig. 3.3)

Fig. 3.3 Reflexión y refracción de la luz en un recipiente con agua



El índice de refracción para la mayoría de los plásticos transparentes es alrededor de 1.5. Esto no es mucha diferencia de la mayoría de las ventanas de cristal. La tabla 3.6 da los índices de refracción de plásticos seleccionados.

Tabla 3.6 Propiedades ópticas de plásticos

MATERIAL	INDICE DE REFRACCIÓN	TRANSMISIÓN DE LUZ, %
Metil metacrilato	<1.49	94
Acetato celuloso	1.49	87
Acetato polivinil clorhídrico	1.52	83
Polícarbonato	1.59	90
Poliestireno	1.60	90

3.7 Propiedades eléctricas

Las tres propiedades básicas que describen las conductas eléctricas de los plásticos son: resistencia de arco, fuerza dieléctrica y constante dieléctrica. El

enlace covalente predominante de los polímeros limita su conductividad y causa que la mayoría de los plásticos sean aisladores eléctricos. Con la adición de rellenos tales como el grafito o metales, los plásticos pueden ser hechos conductivos o semiconductivos.

3.7.1 Resistencia de arco

La resistencia de arco es una medida del tiempo necesitado para que una corriente eléctrica dada vuelva la superficie de un plástico conductiva por carbonización. La medida es reportada en segundos. Entra más alto valor, más resistido es el plástico al arco. La caída en la resistencia de arco puede ser resultado de químicos corrosivos. Ozono, óxidos nítricos, humedad o el polvo pueden también hacer más bajos los valores.

3.7.3 Fuerza dieléctrica

La fuerza dieléctrica es una medida eléctrica del voltaje requerido para hacer caer el arco a través de un material plástico. Las unidades son reportadas en volts por milímetro de espesor (V/mm). Esta propiedad eléctrica da una indicación de la habilidad de un plástico para actuar como un aislador eléctrico.

3.7.4 Constante dieléctrica

La constante dieléctrica de un plástico es la medida de la habilidad de los plásticos para guardar energía eléctrica. Los plásticos son usados como dieléctricos en la producción de capacitores, los cuales son usados en radios y otros equipos electrónicos. La constante dieléctrica esta basada sobre el aire, el cual tiene un valor de 1.0. Los plásticos con una constante dieléctrica de 5 tendrán cinco veces la capacidad de guardar electricidad del aire o de un vacío. Casi todas las propiedades eléctricas de los plásticos variarán con el tiempo, temperatura o frecuencia.

CONCLUSIONES

Como se pudo apreciar, la introducción de un sistema de calidad a las pruebas realizadas en plásticos es un procedimiento complejo, pero practicable. Si bien estamos en los albores de una normalización mundial, no debemos quedar rezagados dentro de este proceso ya que la administración para la calidad total es una estrategia a largo plazo, para beneficio de la organización misma y la sociedad en su conjunto.

Los sistemas de calidad basados en las normas ISO 9000 están al alcance de toda pequeña o mediana empresa que desee o necesite tenerlo, además de que el desarrollo, implantación, certificación y mantenimiento del sistema es igualmente accesible. La inversión se recupera en forma rápida aun cuando el sistema no esté acreditado.

Para reducir variaciones no deseadas en productos, los procedimientos estadísticos pueden con exactitud documentar la repetición del equipo de producción. Su uso y entendimiento son esenciales para las compañías.

Se han creado muchos métodos y máquinas para pruebas, su uso principal es para investigaciones de materiales. Muchos de estos métodos tienen grandes complicaciones, o son de uso limitado en la manufactura. Debemos utilizar por lo tanto, los que más se acerquen a nuestros intereses y necesidades.

Glosario

Acronitrilo-butadieno-estireno (ABS): El acronitrilo y el estireno líquidos, y el gas butadieno son polimerizados juntos en una variedad de radios para producir la familia de resinas ABS.

Amortiguamiento: La variación en las propiedades, resultado de las condiciones de cargas dinámicas (vibraciones). El amortiguamiento provee un mecanismo para la disipación de la energía sin excesivo aumento de temperatura, previniendo fracturas prematuras.

ASTM: La Sociedad Americana para la Prueba de Materiales (American Society for Testing Materials), es una organización con miembros voluntarios de un amplio espectro, individuales, agencias e industrias, relacionadas con materiales. La ASTM es un recurso para métodos de pruebas, muestras, seguridad de desempeño, guías, efectos de agentes físicos, biológicos, químicos a elementos.

Biodegradable: Un material que se descompone químicamente bajo la acción de bio-organismos.

Calidad: Conjunto de cualidades que constituyen la forma de una cosa y que le confieren aptitud para su uso.

Calor: Una de las formas de la energía, capaz de elevar la temperatura y dilatar, fundir, vaporizar o descomponer un cuerpo.

Campana, curva de: Una representación gráfica de una distribución normal estándar.

Celuloide: Un plástico fuerte, elástico, hecho de nitrocelulosa, alcanfor y alcohol.

Centipoise: La centésima parte de un poise, una unidad de viscosidad. El agua a temperatura de 20° C tiene una viscosidad de un centipoise aproximadamente.

Control de calidad: Un procedimiento para determinar si un producto está siendo manufacturado bajo especificaciones. una técnica de administración para la ejecución de la calidad. La inspección es parte de esta técnica.

Cristal, transición al: El cambio de un polímero amorfo o parcialmente cristalino, de una condición viscosa o semejante al hule, en una dura y relativamente brillante.

Cristalización: El proceso o estado de la estructura molecular de algunos plásticos que denota uniformidad y firmeza de las cadenas moleculares que forman el polímero; usualmente atribuida a la formación de cristales sólidos teniendo una forma geométrica definitiva.

Deslizamiento: La deformación permanente de un material, resultado de la prolongada aplicación de una fuerza debajo de su límite elástico. Un plástico sujeto a una carga por un periodo de tiempo tiende a deformarse más que si la misma carga fuera quitada después de la aplicación. El grado de la deformación es dependiente de la duración de la carga.

Desviación estándar: Una medida de la tendencia de una distribución.

Dieléctrica, fuerza: Una medida del voltaje requerido para romper o arquear a través de un material plástico.

Distribución: Una colección de valores.

Distribución normal: Una distribución simétrica que tiene tendencia central.

Distribución normal estándar: Una distribución con una media de cero y una desviación estándar de uno.

Dureza: La resistencia de un material a la compresión, corte, mella y ralladura.

Elástico, límite: La extensión a la cual un material puede ser deformado antes de tener una deformación permanente. La deformación permanente ocurre cuando un material que ha sido deformado no recobra sus dimensiones originales.

Elastómero: Sustancia parecida al hule que puede ser estirada varias veces y recuperar su longitud original cuando la tensión cesa.

Elongación, porcentaje: El porcentaje que un material es estirado. Esto es usualmente una medida a dos puntos, una cuando una muestra cede y otra cuando se rompe.

Encendido, punto de: La temperatura a la cual se emiten suficientes vapores para formar una mezcla inflamable con el aire cerca de la superficie del líquido.

Energía: Facultad que posee un sistema de cuerpos de proporcionar trabajo mecánico o su equivalente.

Epoxy: Material basado en resinas de oxido etileno, el cual forma fuertes cadenas moleculares.

Estándar: Un documento o un objeto para comparación física o definición de nomenclaturas, conceptos, procesos, materiales, dimensiones, o métodos de prueba.

Expandidos (espumosos), plásticos: Plásticos que son como esponjas.

Extrusión: La compactación y forzado de un material plástico a través de un orificio en una forma continua.

Fatiga: La más alta tensión cíclica que un material puede soportar para un número dado de ciclos antes que una falla ocurra.

Fenoles: Una resina sintética producida por la condensación de alcohol con un aldehído.

Frecuencia: Número de veces que se presenta un dato.

Higroscópico: Tendiente a absorber y retener la humedad.

Histograma: Una gráfica con barras verticales de la frecuencia de valores en una distribución.

Índice de fundición: También llamado índice de viscosidad, es la cantidad de material en gramos que es extruída a través de un orificio en 10 minutos.

Índice de refracción (índice refractivo): El radio de la velocidad de la luz en un vacío relacionado a su velocidad en una muestra transparente. Usualmente varía con la longitud de onda de la luz refractada.

Inflamable: Un material que arde prontamente. Los líquidos inflamables tienen un punto de encendido de 38 °C aproximadamente.

Intervalo: Conjunto de valores que toma una magnitud entre dos límites dados.

ISO: (International Standar Organization). Sociedad internacional que busca una normalización a nivel mundial de diferentes procesos y productos.

Límites: El máximo y mínimo de dimensiones que definen la tolerancia.

Marca de clase: Punto intermedio de cada intervalo o clase. Se calcula:

$$\frac{Li + Ls}{2}$$

Media: El promedio aritmético de los valores en una distribución.

Mediana: Es el dato central en una muestra.

Moda: Dato que se presenta el mayor número de veces.

Módulo: Coeficiente que caracteriza ciertas propiedades mecánicas.

Monómeros: Una molécula simple capaz de reaccionar con otras iguales o desiguales para formar un polímero.

Newton: Unidad de medida de fuerza (símbolo N), equivalente a la fuerza que comunica a un cuerpo de 1 kilogramo de masa una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado.

Pascal: Unidad de medida de presión (símbolo Pa), equivalente a la presión uniforme que, actuando en una superficie plana de 1 metro cuadrado, ejerce una fuerza total de 1 newton sobre dicha superficie.

Plástico: Un adjetivo que significa flexible, capaz de ser modelado por presión.

Plásticos: Una sustancia, usualmente sintética o semisintética que puede ser moldeado en varias formas por calor y presión y mantener esas formas, después que el calor y presión han sido removidos. En su estado terminado, es un sólido rígido o flexible (pero no elástico), conteniendo un polímero de alta masa molecular.

Pruebas: Un término que implica que métodos o procedimientos son usados para determinar propiedades físicas, mecánicas, ópticas, eléctricas, u otras propiedades de un objeto.

Poise: Una unidad para medida de la viscosidad (símbolo P) que vale 10^{-1} pascal-segundo.

Polímero: Un compuesto con alta masa molecular (peso), natural o sintético, cuya estructura puede ser representada por una pequeña unidad repetida (el mero). Algunos polímeros son elásticos y otros plásticos.

Polimerización: El proceso de crecimiento de grandes moléculas a partir de otras pequeñas.

Rango: La diferencia entre el límite superior y el límite inferior de una serie de datos. Se calcula: $R = L_s - L_i$

Resina: Sustancias sólidas o semisólidas, parecidas a la goma que pueden ser obtenidas de ciertas plantas y árboles o ser hechas de materiales sintéticos.

Solvente: Una sustancia, usualmente líquida, en la cual otras sustancias son disueltas. El solvente más común es el agua.

Tensión: Una fuerza produciendo o tendiendo a producir deformación de una sustancia.

Viscosidad. Una medida de la fricción interna resultante cuando una capa de un fluido es movida en relación con otra.

Tabla A-1 Identificación de plásticos seleccionados

PLASTICOS	APARIENCIA	APLICACIONES
ABS	Fuertes, con sonido metálico cuando se les golpea, traslúcidos.	Herramientas caseras, paneles de instrumentos, cajas para embalaje, artículos deportivos.
Acetatos	Fuertes, duros, sonido metálico cuando se golpean, sensación encerada, traslúcidos.	Válvulas de aerosoles, encendedores de cigarros, tuberías, cierres de cremallera.
Acrílicos	Brillantes, duros, transparentes.	Moldes, barnices, ceras.
Aminoplásticos	Duros, brillantes, opacos con alguna translucencia.	Botones de instrumentos, tapas de botellas, mangos de herramientas.
Celulósicos	Variadas, fuertes, transparentes.	Explosivos, envases farmacéuticos, mangos, juguetes.
Fenilo	Duro, brillante, reforzador, transparente.	Adhesivos, bolas de billar, mangos.
Fluoroplásticos	Fuertes, sensación encerada, traslúcidos.	Cubiertas antiadhesivas, cojinetes, rellenos, sellos.
Ionómeros	Fuertes, resistentes a impactos, transparentes.	Contenedores, cubiertas de papel, cristales de seguridad, juguetes.
Poliámidas	Fuertes, sensación encerada, traslúcidos.	Peines, manijas de puertas, engranes.
Policarbonatos	Fuertes, sonido metálico cuando se golpean, traslúcidos.	Películas, lentes, instalación de luces, aplicaciones pequeñas, parabrisas.
Poliésteres	Fuertes, traslúcidos u opacos.	Eléctricas, equipo de laboratorio, tuberías, adhesivos, terminados.
Polioléfinas	Sensación encerada, suaves, traslúcidas.	Alfombras, sillas, platos, jeringas médicas, juguetes.
Poliestireno	Brillante, sonido metálico cuando se golpean, transparentes.	Tapas de botellas, platos, lentes, cajas transparentes.
Siliconas	Fuertes, duros, algo flexibles, opacos.	Organos artificiales, grasas, tintas, moldes, pulidores, impermeabilizantes.
Uretanos	Fuertes, duros, mayormente espumas, flexibles, opacos.	Parachoques, cojines, hilos elásticos, aisladores, esponjas, llantas.
Vinílicos	Fuertes, algo flexibles, transparentes.	Pelotas, muñecas, cubiertas de piso, mangueras de jardín, impermeables, papel tapiz.

ESTA TERCERA NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Tabla A-2 Pruebas de identificación para plásticos seleccionados

PLÁSTICO	TIPO DE FLAMA, HUMO Y PELIGROSIDAD DEL FUEGO	OLOR Y PELIGRO RESPIRATORIO	PUNTO DE FUNDICIÓN °C
ABS (Acrilonitrilo-butadieno-stireno)	Flama amarilla, humo negro, gotea, continúa ardiendo.	Hule, penetrante	100
Acrílico	Flama azul, punta amarilla, ceniza blanca, humo negro, chorrea, continúa ardiendo.	Fruta, floral	105
Acetal	Flama azul, sin humo, gotea, se funde, puede arder, continúa ardiendo.	Formaldehído	181
Acetato celuloso	Flama amarilla o amarilla-naranja a verde, humo negro, chorrea, continúa ardiendo.	Azúcar quemada, papel ardiendo.	230
Etil celuloso	Flama pálida de amarilla a verde-azul con el borde azul, se funde, gotea, gotea mientras arde.	Madera quemada, azúcar quemada.	135
Ionomero	Flama amarilla con el borde azul, continúa ardiendo, suelta algún humo negro, gotea mientras arde.	Parafina.	110
Fenoplasto	Arde, no gotea	Acido	93
Poliámidas	Flama azul, se funde y gotea, auto-extinguible, hace espuma.	Lana o cabello ardiendo.	265
Policarbonato	Se descompone, carboniza, auto-extinguible, denso humo negro, chorrea flamas naranjas.	Característico, dulce, comparable con muestras conocidas.	150
Poliétileno	Flama azul, tope amarillo, las gotas pueden arder, arde rápidamente, continúa ardiendo.	Parafina.	110
Polipropileno	Flama azul, gotea, arde lentamente, ligero humo blanco, se funde, se hincha.	Pesado, dulce, parafina, asfalto ardiendo.	176
Poliestireno	Flama amarilla, humo denso, gotea, continúa ardiendo, forma burbujas.	Gas de alumbrado, dulce, floral.	100
Caseína	Flama amarilla, arde al contacto con la flama, se carboniza.	Leche quemada.	
Epóxido	Flama amarilla, algo de hollín, arroja humo negro, se carboniza, continúa ardiendo.	Fenol, ácido.	
Poliéster	Flama amarilla, borde azul, arde, ceniza y burbujas negras, denso humo negro, no gotea.	Dulce, dulce-amargo, carbón ardiendo.	
Poliuretano	Amarilla con base azul, denso humo negro, chorrea, puede fundirse y gotear, continúa ardiendo.	Acido.	
Siliconas	Poca flama amarilla-blanca brillante, humo blanco, continúa ardiendo.	Ninguno.	

BIBLIOGRAFIA

- Bedini, Gianni & Cachi, Franco.
Moulding machines and moulds for plastics processing.
Editorial Negri Bossi.
- Feingenbaum, Armand V.
Control total de la calidad.
C.E.C.S.A.
- Hernández Zamudio, Juan de la Cruz & Garibay Bermúdez, Juan R.
Apuntes del seminario de titulación "Calidad en las Organizaciones".
Octubre - Noviembre 1998.
FESC - UNAM.
- Lamprecht, James L.
ISO 9000 en la pequeña empresa.
Editorial Panorama.
- Mink, Walter Spe.
Inyección de plásticos.
Ediciones G. Gili, S. A.
- Richardson, Terry L. & Lokensgard, Erik.
Industrial Plastics.
Delmar Publishers Inc.