

Informador Técnico

CENTRO NACIONAL ASTIN - www.sena-astin.edu.co

PLANTAS PILOTO: Una nueva opción en la Formación Técnica

ASTIN

TARIFA POSTAL REDUCIDA ADPOSTAL No. 1568 VENCE DIC. 2005



SUMARIO

EDITORIAL

- 4** Aura Elvira Narváez
Agudelo
*Subdirectora Centro
Nacional ASTIN*

TENDENCIAS



- 5** **Tecnologías de
materiales
compuestos**
Juan Manuel Escandón

INNOVACIÓN



- 10** **Plantas Piloto: Una
nueva opción en la
formación técnica**
Iber James Quiñones

ACTUALIDAD



- 16** **Coinyección:
«Twinshot»,
tecnología de punta
a bajo costo**
Iber James Quiñones
- 20** **¿Actualizar ó
vender su máquina
antigua?**
José Seiggubar Güiza
Amaya
- 25** **Implementación y
Certificación del
Sistema de Gestión
de Calidad**
Gustavo Adolfo Lenis
Gil

INFORMES TÉCNICOS



- 29** **Técnica de luz
estructurada**
Edgar Fabián Delgado
Erazo

ANALIZADO

- 32** **Deposición y Carac-
terización de Recu-
brimientos de Nitró-
ro de Boro produci-
dos por Pulveriza-
ción Catódica**
Gilberto Bejarano
Gaitán

SERVICIOS



- 41** **Seminarios y
Servicios de
Laboratorios ASTIN
2006**

DIFUSIÓN



- 44** **Sistema de Gestión
Metrológica: Una
forma de asegurar
la calidad**
Edgar Marino Pretel
Otero
- 46** **Un compromiso de
Calidad**
María del Mar Caldas

EDITORIAL



Aura Elvira Narváez Agudelo
Subdirectora Centro ASTIN

El mundo globalizado de hoy nos exige vivir en una

constante evolución, por esta razón, nos sentimos obligados a ser mas rápidos, eficaces y dinámicos. Con miras a cumplir con estas metas, el Centro Nacional ASTIN del SENA Regional Valle se ha dedicado a la Capacitación, Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico de los Subsectores Plástico-Caucho-Metalmecánica-Hidrocarburos-Fibras Sintéticas.

Continuamente estamos formulando proyectos de investigación novedosos, enfocados en la solución de problemas para incrementar la competitividad y productividad de la industria. Desde hace 23 años hemos logrado reforzar este compromiso con la industria colombiana a través de nuestro medio de divulgación Informador Técnico, un espacio dedicado a brindarle respuestas oportunas a las necesidades de información técnica y tecnológica, tanto de los mismos empresarios, como también de estudiantes y funcionarios del SENA, ingenieros, técnicos, y todo aquel que esté interesado en aprender y mantenerse bien informado sobre los sectores industriales.

Sesenta y nueve publicaciones representan la experiencia y la importancia de este medio; sin embargo, en esta edición la revista se presenta como un producto comunicativo diferente, más dinámico, realista y moderno, de acuerdo con las tendencias y exigencias del mercado actual.

En esta ocasión incorporamos contenidos puntuales de vital importancia para nuestros lectores. Se destacan temas como la calidad, actualización de maquinaria, nuevos materiales y las últimas tecnologías en co-inyección. Así como también se ha dedicado un espacio para mostrar los proyectos realizados por nuestro personal, como el diseño y construcción de las Plantas Piloto didácticas del Centro Multisectorial de Barrancabermeja.

*Esperamos entonces que disfruten de esta nueva cara que pretende ser el principio de la **evolución** tanto de la revista como del mismo Centro ASTIN, el cual desea convertirse en el Centro de Desarrollo Tecnológico líder en Colombia y uno de los mejores en Latinoamérica en las tecnologías de Diseño, manufactura, automatización y aseguramiento de la calidad para actualizar la Formación Profesional, apoyar la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en las empresas de las cadenas productivas industriales.*

TECNOLOGÍA DE MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales poliméricos cuentan con características especiales y diversas aplicabilidades que los han convertido en uno de los materiales más utilizados en el medio industrial, tanto así que, en la década de los 90's alcanzaron una cota de 100 millones de toneladas, superando materiales tan convencionales como el acero.

Introducción

Se considera COMPOSITES POLIMÉRICOS aquellos materiales multi fases constituidos por dos o más componentes, en los cuales el polímero forma la fase continua, que contiene cargas o agentes reforzantes cuyas funciones a menudo se

solapan. Así mismo, puede definirse como combinaciones de dos o más materiales formando fases dis-

tintas para obtener determinadas estructuras que permitan aprovechar aquellas propiedades de interés de cada uno de los componentes. Todos aquellos porcentajes menores del 15% se consideran aditivos.

Los constituyentes pueden ser orgánicos, inorgánicos

■ **Juan Manuel Escandón**
Docente del Centro Nacional
ASTIN del SENA

1. Refuerzos con alta resistencia rigidez y matriz que actúa como transferidora de esfuerzos de una fibra a la otra.
2. Matriz con propiedades intrínsecas tanto físicas, químicas o de procesamiento, donde el refuerzo sirve para mejorar, entre otras propiedades, las resistencias al desgarre.
3. Materiales económicos

o metálicos, en forma de partículas, varillas, fibras, láminas, espumas, entre otros. La mayoría de los materiales considerados tradicionalmente como Composites utilizan fibras como refuerzos y conforman una matriz continua que rodea a la fase reforzante.

De la forma como actúa la matriz y el refuerzo encontramos las siguientes categorías:

Dentro del primer grupo se encuentran los composites de altas características que llevan incorporados

altos porcentajes de fibras de elevada resistencia, con una orientación controlada que permite obtener compuestos según requerimientos.

El segundo grupo hace especial énfasis en el mejoramiento de propiedades de una matriz polimérica para ampliar el campo de aplicación y las posibilidades de comercialización de un determinado polímero, generalmente llevan incorporadas pequeñas cantidades de fibra, principalmente cortas y refuerzos de tipo partícula o laminares. Los plásticos reforzados caen dentro de esta categoría.

En la tercera categoría se encuentran los plásticos cuyo fin es mejorar la procesabilidad u otras características del material, apariencia o precio, sin deterioro de sus propiedades físicas, mediante el empleo de cargas.

Composites de características ingenieriles:

En este grupo se encuentran: vidrio con matrices de poliéster y epoxi, laminados con tejidos de vidrios y depósitos obtenidos por devanado de filamentos.

Los composites basados en fibras no son materiales nuevos; de hecho, algunos son de origen natural como la madera, la cual está formada principalmente por fibra de celulosa embebidas en una matriz de lignina. Obviamente, también existen composites fabricados por el hombre; el primero de este género se trató de los bloques basados en paja, como fibra reforzante, y barro como matriz (adobe) que se utilizaban en la construcción.

Pero de los composites que vamos a hablar más detalladamente son los de



altas características, basados en fibras de alta resistencia, dispersas en matrices, bien sea de materiales termoestables o



MATERIAL	MÓDULO ESPECÍFICO (Pulg.)	RESISTENCIA ESPECÍFICA (Pulg.)
Aluminio	1×10^6	1×10^5
Acero inoxidable	1.1×10^6	8.8×10^5
Poliestireno	1.1×10^3	1.85×10^5
Resina epóxica	1.1×10^7	2.2×10^5
Compuesto Vidrio-epóxico uniaxial $\phi_2 = .7$	9.2×10^7	2.6×10^4
Compuesto boro-epóxico uniaxial $\phi_2 = .7$	5.9×10^8	3.7×10^4
Composite grafito-epóxico uniaxial. Fibra de alto módulo, $\phi_2 = .6$	4.9×10^4	2.1×10^4
Composite grafito-epóxico uniaxial. Fibra de bajo módulo, $\phi_2 = .6$	3.0×10^8	3.4×10^6

Tabla 1. Propiedades de algunos composites

termoplásticos y con especial énfasis en la interfase fibra / matriz. Dichos materiales se caracterizan fundamentalmente por su elevada resistencia, alto módulo y su baja densidad. Por ejemplo, los composites basados en fibra de carbono muestran una resistencia y un módulo en la dirección de la orientación de las fibras, del mismo orden de magnitud que las del acero, puesto que su densidad es 5 veces menor. Su resistencia y módulo son 5 veces mayor por unidad de peso.

Este tipo de composites se utiliza en la fabricación de fuselaje de las aeronaves, mástiles, cubiertas y casco de veleros, equipos deportivos tales como cañas de pescar, palos de golf, raquetas de tenis y cada vez más en el campo de la automoción. En muchas ocasiones, los nuevos composites están sustituyendo a los metales en variadas aplicaciones.

En la tabla 1 se puede comparar la resistencia y el módulo específico (resistencia y módulo dividido por la densidad) de diferentes composites poliméricos con diversos metales.

Factores que influyen a los composites poliméricos:

La creencia general era que con la crisis del petróleo los materiales poliméricos derivados del mismo serían influidos negativamente en su desarrollo. Sin embargo, el

efecto ha sido opuesto, ya que tan sólo una pequeña parte del petróleo consumido se emplea en la industria petroquímica mientras que la mayor parte se utiliza como combustible. No obstante, es vital que se descubran otras fuentes de energía que permitan conservar aquellas fuentes de materias primas.

En este momento histórico existe la preocupación de la disipación de la energía de forma irrecuperable; sin embargo, los

MATERIAL	ENERGÍA	
	MJ/Kg	KJ/cm ³
Vidrio de botellas	18	41
Poliétileno de baja densidad (PEBD)	69	64
Poliétileno de alta densidad (PEAD)	70	67
Polipropileno (PP)	73	68
Cloruro de Polivinilo (PVC)	53	69
Poliestireno (PS)	80	84
Poliuretano (PU)	130	100
Polipropileno/fibra de vidrio 30%	90	100
Poliéster/fibra de vidrio 30%	90	150
Fenoplasto	150	200
Acero	45	350
Aluminio	>200	>540
Bronce	95	600

Tabla 2. Energía requerida para la transformación de plásticos

plásticos ofrecen una gran ventaja frente a otros materiales debido a que necesitan pequeñas cantidades de energías para su transformación (tabla 2). Así mismo, las grandes velocidades de producción permiten que las técnicas de transformación de plásticos brinden la posibilidad de obtener infinidad de formas diferentes con la misma técnica de producción, de forma fácil y sencilla.

Todos estos factores han aumentado considerablemente el consumo de los composites poliméricos, tanto así, que se calcula que para esta década se fabricarán más de 100 millones de toneladas / año de polímeros sintéticos.

Tecnología utilizada:

Los composites utilizan una tecnología basada en la gran rigidez y resistencia de las fibras, dispersas a su vez en una matriz polimérica que actúa como vehículo y transfiere los esfuerzos de una fibra a otra. Sus características dependen de múltiples factores: rigidez, resistencia de las fibras, diámetro, longitud, distribución, uniformidad de la fibra, volumen, orientación, integridad de la interfase fibra/matriz (que depende a su vez de la presencia de huecos), resistencia de la

unión en la interfase y finalmente de las propiedades de la matriz polimérica. Los composites están constituidos por una matriz polimérica que forma la fase continua en la que se encuentra embebida la fibra.



Distribución de las fibras según el tipo de composite:

■ Tridimensional: distribución de elementos reforzantes orientados al azar. Por ejemplo: composite cargado con cargas reforzantes tipo partícula.

■ Bi-dimensional: distribución de elementos orientados al azar. Por ejemplo: materiales de fibra de vidrio cortado.

■ De estructura bi-dimensional ordenada y con alta simetría en un plano. Por ejemplo: un tejido impregnado.

■ De estructura altamente ordenada de fibras paralelas. Por ejemplo: Devanado de filamentos o láminas pre-impregnadas con cordones de vidrio impregnados con una resina polimérica.

Lo anteriormente mencionado influye en el comportamiento de las propiedades de los composites, generando que éstas sean más complejas que la de los materiales isotrópicos conocidos. Así, la respuesta del material a un esfuerzo depende de la orientación de aplicación del mismo.

Sólo deformaciones dentro de un composite considerado como un verdadero sistema heterogéneo permite computarizar las propiedades medias de los composites siempre y cuando el refuerzo tenga forma geométrica sencilla y esté colocado de forma regular.

El SENA, primero en la mente de los colombianos

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA es la institución con la imagen más favorable entre los colombianos. Entre 24 entidades y organizaciones sometidas a votación, el SENA obtuvo el 83.7% de imagen favorable. El estudio de investigación fue realizado por varias firmas encuestadoras, entre las que están el Centro Nacional de Consultoría, el Opinómetro Datexco Company y Yanhass, y fue contratado por el Instituto de Ciencia Política y la Fundación Colombiana para la Empresa Privada.

El estudio fue realizado entre el 25 de Junio y el 12 de Julio de 2005 a 2,500 personas de todos los estratos socioeconómicos y cubrió 63 ciudades y municipios colombianos. El nivel de confiabilidad de este estudio de opinión es del 95% y el margen de error es del 2%. La pregunta formulada a los colombianos fue: Califique la imagen favorable que Usted actualmente tiene de las siguientes instituciones. Los colombianos respondieron así:

Es de destacar la imagen favorable que tienen del SENA todos los estratos sociales, pero particularmente el seis (6), que ha otorgado a la institución el 76.9% de imagen positiva y el 0% de imagen negativa. Este porcentaje se

ubica casi al mismo nivel de favorabilidad (79.2%) que tiene el estrato 1, al que pertenece la mayoría de beneficiarios de los programas de formación profesional integral de la entidad.

Institución	%
SENA	83.7
ICBF	75.5
Ejército	75.0
Noticieros	72.7
Sisben	72.2
Noticieros de Radio	67.4
Iglesia	62.7
Presidencia	61.8
Policía Nacional	60.5
Periódicos	56.6
Gobierno	50.0
Revistas	49.8
Alcaldía de su ciudad	46.5
Corte Suprema	43.8
Corte Constitucional	41.2
Partido Liberal	27.5
Sindicatos	24.5
Senado de la República	21.8
Cámara de Representantes	21.2
Partido Conservador	18.3
Partido Polo Democrático	18.1

45948

PLANTAS PILOTO:

Una nueva opción en la Formación Técnica



■ **Iber James Quiñones**

Analista de Información Centro ASTIN

Bairo Vera Mondragón

Coordinador Área I+D Centro ASTIN

De una forma didáctica y práctica, en alianza estratégica los Centros ASTIN, CEAI y Multisectorial de Barrancabermeja del SENA lanzan el proyecto pedagógico de cuatro plantas industriales que pretenden convertirse en herramientas fundamentales para la formación de Tecnólogos Químicos para Operación de Plantas de las diferentes empresas de los sectores Petroquímica y Oleoquímica.

Profesionales de los Centros ASTIN y CEAI del SENA Regional Valle diseñaron y construyeron diversas plantas de procesos químicos, en busca de apoyar los procesos de formación que actualmente ofrece el Centro Multisectorial de Barrancabermeja (CMB), donde se imparten los programas de formación integral de Técnico Profesional Operador de Plantas y Tecnólogo en Procesos Químicos Industriales.

Con la adquisición de las plantas piloto, se tiene la posibilidad de lograr una mejor formación que garantice un gran desempeño de los egresados, lo que favorecerá la productividad y la rentabilidad económica de las empresas de los sectores Petroquímica y Oleoquímica.

Este proyecto dispone de instalaciones adecuadas para que los estudiantes del CMB realicen las prácticas correspondientes a los principales procesos químicos industriales.

Así mismo, se podrán ofrecer servicios tecnológicos para fortalecer los procesos productivos de cada infraestructura de los sectores mencionados, mediante la implantación del Laboratorio de Operaciones Unitarias y los servicios industriales para el funcionamiento de las plantas.

■ Entidades beneficiadas

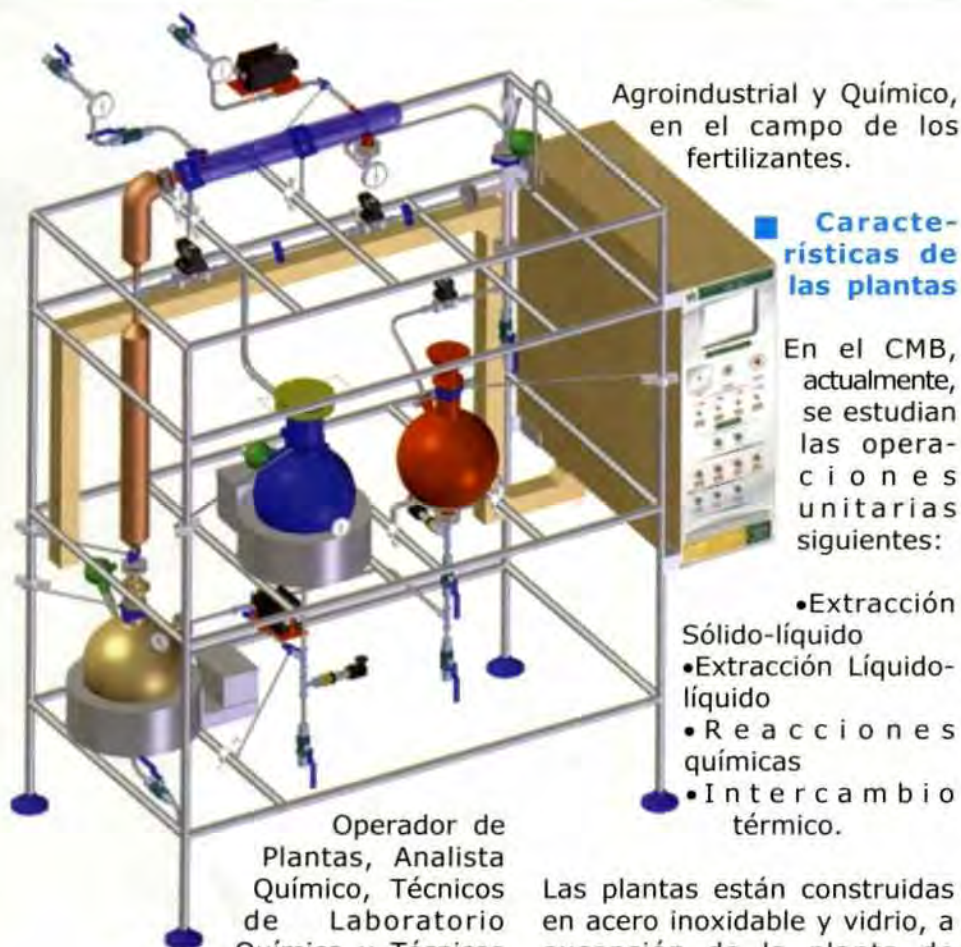
El desarrollo del proyecto aporta beneficios, tanto a los Centros de Formación del SENA involucrados (CMB, ASTIN y CEAI), como a los

sectores industriales mencionados:

■ Los Centros de Formación del SENA:

El Centro Multisectorial de Barrancabermeja modernizará su infraestructura, mediante la implantación del Laboratorio de Operaciones Unitarias y los servicios industriales para el funcionamiento de las plantas, mejorando así, la calidad de la formación profesional, ya que los alumnos podrán realizar prácticas más cercanas a los procesos realizados en la mayoría de las plantas químicas industriales.

Las especialidades del centro que se beneficiarán con este laboratorio son las siguientes: Tecnólogo en Procesos Químicos Industriales, Técnico Profesional



Agroindustrial y Químico, en el campo de los fertilizantes.

■ Características de las plantas

En el CMB, actualmente, se estudian las operaciones unitarias siguientes:

- Extracción Sólido-líquido
- Extracción Líquido-líquido
- Reacciones químicas
- Intercambio térmico.

Operador de Plantas, Analista Químico, Técnicos de Laboratorio Químico y Técnicos en Instrumentación y Control de Procesos.

Por otra parte, los Centros ASTIN y CEAI lograron la adquisición del *Know how* en cuanto a diseño, fabricación y puesta a punto de plantas piloto didácticas, además de la experiencia en el desarrollo de proyectos mediante la articulación de los tres centros.

■ Los Sectores Productivos:

Los sectores industriales favorecidos son: Petroquímica, donde se realiza la refinación del crudo y los subproductos de la misma, Oleoquímica, con la refinación de aceite comestible y los sub-sectores

Las plantas están construidas en acero inoxidable y vidrio, a excepción de la planta de intercambio térmico, en la cual tanto la estructura como la tubería de interconexión de equipos son de acero inoxidable.

La innovación del proyecto lo constituye la disposición de los equipos y los instrumentos de medición y control, la incorporación de un PC para control automático del proceso y un tablero de control equipado con PLC, pantalla gráfica y panel de operación, permitiendo que éstas puedan operarse de modo manual o automático.

En el CMB, actualmente, se estudian las operaciones unitarias siguientes:

- Extracción Sólido-líquido
- Extracción Líquido-líquido
- Reacciones químicas
- Intercambio térmico.

Cuando se utiliza el sistema de control manual, se realiza la lectura correspondiente en cada uno de los elementos de indicación de las variables asociadas al proceso, como nivel, presión, flujo, temperatura, pH, etc. De esta manera, es posible manipular los actuadores correspondientes a los lazos de control, como las válvulas reguladoras, válvulas de control y las unidades de regulación de energía eléctrica.

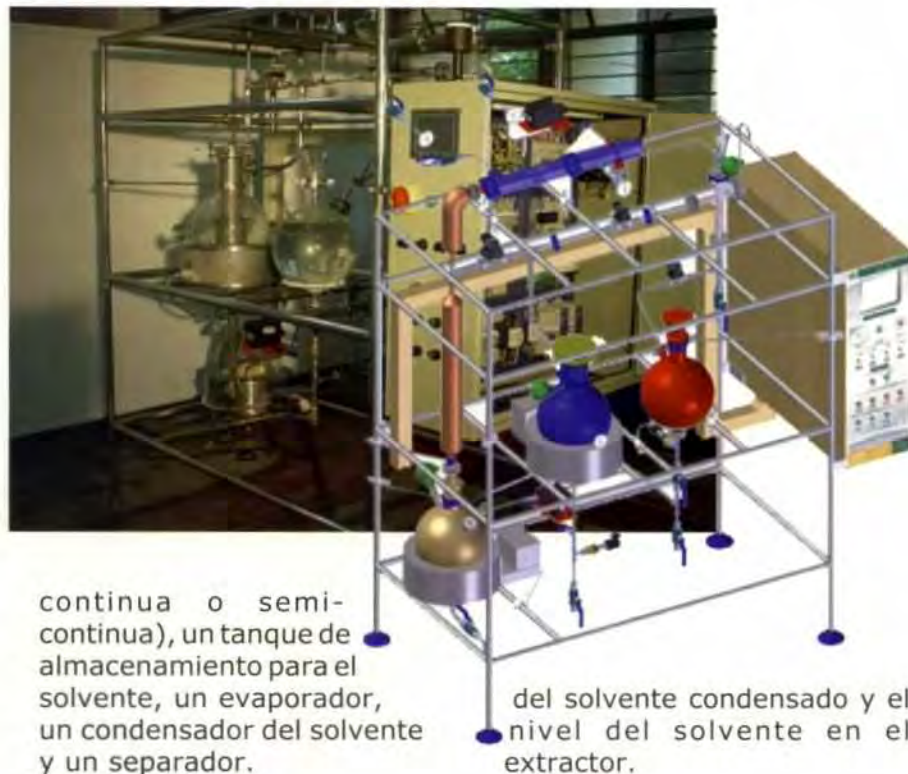
Por otra parte, en el sistema de control automático, los transmisores de las variables (nivel, presión, flujo, temperatura, pH, etc.) envían la señal a los canales de entrada en el PLC. La comparación entre el valor medido y el valor de referencia produce un error que es procesado para dar lugar a la señal de manipulación de los actuadores correspondientes a los lazos de control de las variables (válvulas reguladoras, válvulas de control y unidades de regulación de energía eléctrica).

Planta de extracción Sólido-líquido (Figura 1)

Permite la separación de uno o más componentes (sólido) presentes en un sólido. En este proceso, el sólido se pone en contacto con un líquido (solvente), en el cual el soluto es soluble y, de esta manera, pasa del sólido al líquido, llevándose a cabo la extracción.

La planta consta de un extractor tipo inmersión de varias etapas, que puede trabajar por lotes (batch) o de manera

Figura 1. Planta de extracción Sólido-líquido



continua o semi-continua), un tanque de almacenamiento para el solvente, un evaporador, un condensador del solvente y un separador.

En esta planta, la variable a medir es el nivel del tanque de solvente, y las variables a controlar son las temperaturas del evaporador, del extractor,

del solvente condensado y el nivel del solvente en el extractor.

Aplicaciones:

La planta permitirá:

- Estudiar los fenómenos de transferencia de masa de los sistemas sólido-líquido.
- Observar el proceso de inmersión del solvente en el sólido.
- Calcular las unidades de transferencia de masa y la altura de una unidad de transferencia.
- Analizar la influencia de la temperatura del solvente y de la preparación del sólido en la eficiencia de la extracción.
- Realizar los respectivos balances de masa y energía, entre otros.

En cuanto a las prácticas a realizar por los estudiantes, se tiene prevista la extracción de los siguientes componentes: α -y β -xantofilia de la espinaca, β -caroteno, xantofilia de la zanahoria y aceites de semillas.

■ Planta de extracción Líquido-líquido (Figura 2)

Se emplea para la separación de uno o más componentes de una mezcla líquida, poniéndola en contacto con un solvente; uno de los líquidos presentes en la mezcla migra hacia el solvente, produciéndose la separación.

A su vez, la planta posee una columna de extracción tipo agitada, con suministro continuo de solvente y alimento mediante bombas dosificadoras y tanques de almacenamiento para las cuatro corrientes líquidas. Además, dispone de dos tanques



Figura 2. Planta de extracción Líquido-líquido

separadores para los flujos que salen de la columna.

Las variables de proceso a medir son los niveles de los tanques de almacenamiento, los flujos de extracto y refinado y la temperatura del extractor; mientras que las variables a controlar son los flujos de alimento y solvente, la velocidad de agitación y el nivel de la interfase líquido-líquido.

Aplicaciones:

Los estudiantes podrán realizar prácticas como la extracción de ácido acético de la mezcla cloroformo-ácido acético (utilizando como solvente agua) y la extracción de ácido benzoico y ácido acético de disoluciones acuosas, utilizando como solventes tolueno y éter isopropílico, respectivamente.

Además, en esta planta será posible:

- Estudiar la hidrodinámica y la transferencia de masa de los sistemas líquido-líquido.
- Aprender la dispersión de las fases ligeras y pesadas.
- Calcular las unidades de transferencia de masa y la altura de cada unidad de transferencia.
- Analizar la influencia de los flujos de los líquidos y la agitación del sistema sobre la eficiencia de la extracción.

■ Planta de reacciones químicas (Figura 3)

Se utiliza para estudiar la reacción entre dos o más

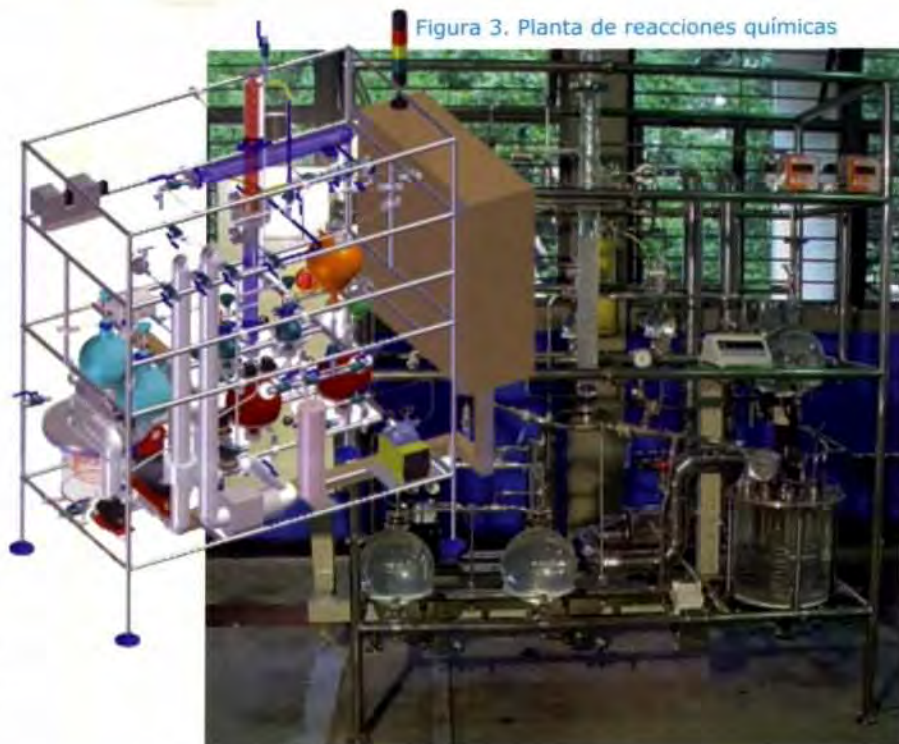


Figura 3. Planta de reacciones químicas

componentes para la formación de otros productos.

En esta planta, los reactivos se ponen en contacto en un reactor, donde se miden y se controlan las variables de operación

involucradas en el proceso. La planta (Figura 3) posee un reactor tipo tanque agitado para trabajo semicontinuo o batch, una columna de rectificación provista de un condensador de cabeza, un

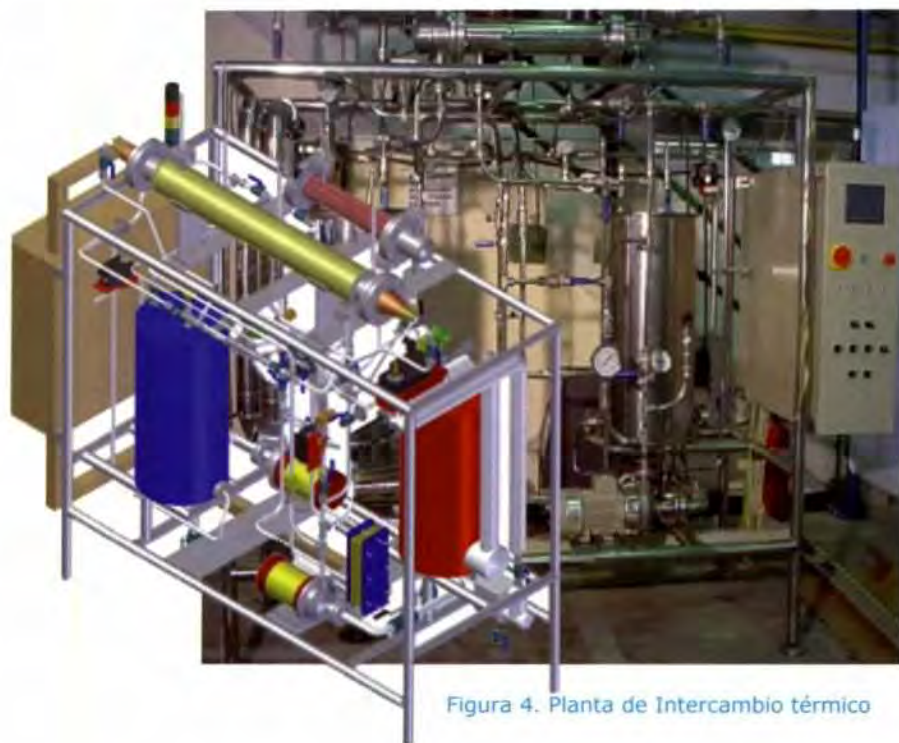


Figura 4. Planta de Intercambio térmico

tanque separador, una bomba de vacío y tanques para el almacenamiento de los reactivos y productos.

Las variables de proceso a controlar son: La temperatura, el pH, la velocidad del agitador y el tipo de agitación en el reactor y las variables a medir son: La presión y temperatura en el reactor, la conductividad eléctrica y el flujo de gases del extractor.

Aplicaciones:

- Estudio de las principales reacciones químicas (cinética y termodinámica).
- Efectuar prácticas con diversos tipos de reacciones (reversibles, irreversibles y múltiples).
- Evidenciar la influencia de la temperatura y del pH en la eficiencia de la reacción.

Las reacciones objeto de estudio serán: La transesterificación, la hidrólisis del acetato de metilo y las cinéticas de descomposición del peróxido de hidrógeno y de algunas reacciones iónicas.

■ Planta de Intercambio térmico (Figura 4)

Permite el estudio de los sistemas de transferencia de calor (enfriamiento y calentamiento) entre fluidos que están separados por una pared metálica. Posee tres intercambiadores de calor con la misma superficie de intercambio, dos tanques de almacenamiento y dos bombas; los intercambiadores pueden operar en contracorriente o en paralelo.

Las variables a controlar son: La temperatura, el flujo hacia los tanques de agua (fría y caliente) y la temperatura en los intercambiadores. Así mismo, las variables a medir son: La temperatura del agua de enfriamiento y en los intercambiadores y la presión de las bombas de agua y a la salida de los intercambiadores.

Aplicaciones:

Los estudiantes podrán:

- Verificar los coeficientes de conducción, convección y los coeficientes totales de transferencia de calor.
- Realizar balances térmicos.

Las prácticas pueden realizarse con fluidos como agua caliente y fría, variando las siguientes condiciones de operación: Tipo de intercambiador, temperatura y flujo de los tanques de agua, además del tipo de flujo (contracorriente o paralelo).

Además del montaje de cada planta, se incluyó la respectiva documentación técnica con los planos (mecánicos y eléctricos), manuales de operación y mantenimiento (tanto mecánico como eléctrico, de instrumentación y control automático) y los catálogos de los proveedores de los equipos y accesorios; igualmente, los docentes y alumnos del Centro Multisectorial de Barrancabermeja fueron capacitados en la operación y mantenimiento de las plantas.

Este proyecto aporta beneficios que redundan en la calidad de la educación, no sólo de los Centros de Formación del SENA, sino

también de universidades, Centros de Investigación, colegios técnicos y demás instituciones educativas. Las especialidades del Centro Multisectorial de Barrancabermeja que se beneficiarán con este laboratorio son las siguientes: Tecnólogo en Procesos Químicos Industriales, Técnico Profesional Operador de Plantas, Analista Químico, Técnicos de Laboratorio Químico y Técnicos en Instrumentación y Control de Procesos. De la misma manera, se verán beneficiadas las empresas pertenecientes a los siguientes sectores industriales: Petroquímica, donde se realiza la refinación del crudo y los subproductos de la misma, Oleoquímica, con la refinación de aceite comestible y los subsectores Agroindustrial y Químico, en el campo de los fertilizantes.

Equipo de trabajo y colaboradores:

Dirección General SENA

Dirección de formación profesional:

- Dr. Jhon Jairo Díaz Londoño. *Director.*

Grupo Sectorial y pertinencia de la Formación Profesional Integral:

- Dr. Giovany Orozco Parra. *Coordinador.*
- Ingeniero Jairo Iván Marín Másmela. *Asesor.*

Dirección Administrativa y financiera

- Dr. Orbidio Velandia Niño. *Director.*

Grupo Convenios y Contratos:

- Dra. Liliana Herrera Leguizamón. *Coordinadora.*
- Profesional Nubia Becerra Marmolejo. *Asesora.*
- Profesional Constanza Monsalve Saénz. *Asesora.*

Grupo de bienes, servicios y logística:

- Doctora María Ignacia Valencia de Arango. *Coordinadora.*
- Profesional Edgar Hernán Gutiérrez Umaña. *Asesor*

Centros SENA

Centro de Nacional ASTIN

- Ingeniera Aura Elvira Narváez Agudelo. *Subdirectora - Supervisora del proyecto.*
- Ingeniero Bairo Vera Mondragón. *Instructor - Director del proyecto.*
- Ingeniero Luis Fernando Medina Navarro. *Instructor - Coordinador operativo del proyecto.*
- Ingeniero Javier Alberto González. *Instructor.*
- Ingeniero Carlos Alberto Vásquez Osorio. *Instructor.*
- Ingeniera Alejandra Suárez Ramírez. *Instructora.*
- Ingeniero Diego Vidarte Mayor. *Instructor.*
- Ingeniero Mauricio Correa Quintana. *Instructor.*
- Licenciado Flavio Peña Pérez. *Instructor.*
- Técnico Carlos Hider Hernández Ocampo.
- Técnico Edward Rivera Mena.
- Técnico Henry Holguín Romero.
- Alumnos de los cursos de modelado tridimensional en el pro/engineer y solid edge.

Centro de Electricidad y Automatización Industrial CEAI

- Doctor William Rosero Aguilar. *Subdirector.*

- Ingeniero Jorge Enrique Moreno Serrano. *Instructor - Coordinador operativo del proyecto.*
- Ingeniero Jaime Diego Arias Figueroa. *Instructor.*
- Ingeniero Walter Adolfo Arredondo Paternina. *Instructor.*
- Estudiantes en práctica: Edwin Ramírez

Alumnos de los cursos:

- Control de procesos con PLC
- Instrumentación Industrial
- Electricidad Industrial
- Interfase hombre-máquina.

Central Didáctica

- Técnico Jaime Lenis Vidal.
- Técnico Luis Eduardo Reina Clavijo.
- Técnico Rodrigo Palacios Sinisterra.

Centro Multisectorial de Barrancabermeja CMB

- Doctor Cesar Manuel Portacio Serpa. *Subdirector - Coordinador operativo del proyecto*
- Ingeniera Diana Carol Vergel Corredor. *Instructora.*
- Químico Orlando Enrique Ortega Flores. *Instructor.*
- Ingeniero Jorge Enrique Olarte Duran. *Instructor.*
- Técnico Armando Ribon Pedroza. *Instructor.*
- Arquitecto José Eduardo Suárez Roa. *Instructor.*
- Técnico Frank Ricaurte Feijoa. *Instructor.*

Alumnos de los cursos:

- Analista químico
- Tuberos montadores
- Oficial de enchapes
- Oficial de estructuras



44512



■ **Iber James Quiñones**
Analista de Información Centro ASTIN - SENA

El Moldeo por Coinyección es considerado como una técnica que puede ayudar a reducir los costos de producción, si se combina en una misma pieza un porcentaje de un material de menor costo recubierto por otro de calidad superior y que se expone en la superficie.

Los métodos tradicionales de coinyección han sufrido limitaciones relacionadas con el costo de la maquinaria y con la complejidad del proceso. Por un lado, el costo de la maquinaria de coinyección ha sido alto, debido a que ha requerido, por lo menos, dos máquinas inyectoras montadas en un mismo chasis.

Este factor ha impedido que esta técnica se difunda ampliamente en la industria del moldeo por inyección de productos plásticos. Por otro lado, la configuración de las máquinas tradicionales de coinyección hace que la operación sea compleja, dificultándose la sincronización

de los equipos para introducir las resinas respectivas en el molde, lo que a su vez representa una fuerte inversión económica por la dificultad en encontrar talleres especializados y con experiencia para solucionar con éxito los problemas de coinyección.

Con la segunda versión de la tecnología **Twinshot**, se pueden manipular dos materiales fundidos en un mismo conjunto de plastificación, en una inyectora convencional para el uso de un solo material.

Hoy, se pueden producir piezas de dos materiales a manera de emparedado, empleando una cámara de inyección convencional de «Twinshot Technologies».

Este diseño simple permite reducir costos de producción y de amortización del equipo, factores que lo hacen más asequible a una mayor cantidad de empresas de inyección.

■ ¿Cómo funciona?

El sistema consta de una única cámara de plastificación, un husillo que funciona en dos etapas y dos tolvas de alimentación que funcionan independientemente. La proporción de materiales inyectados se controla por medio de un alimentador de resina externo montado sobre cada una de las tolvas. La resina fundida en la primera etapa evita mezclarse con la de la segunda,

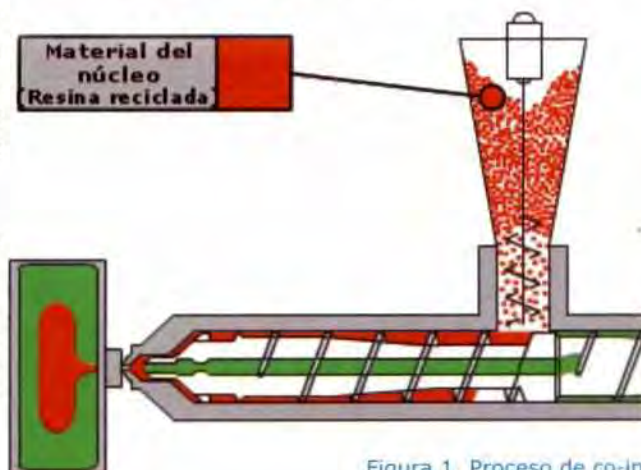


Figura 1. Proceso de co-in

fluyendo a través de un canal central de esta última etapa. Este diseño puede instalarse en cualquier máquina de inyección convencional sin necesidad de modificar el molde.

Otras ventajas de esta segunda versión son la recuperación más rápida del sistema, debido a que las dos resinas se plastifican de forma simultánea; la posibilidad de instalar un rango más amplio de tamaños de husillos, en particular en el rango de husillo de menor diámetro; un menor costo de la inversión de capital, ya que se requiere emplear un solo husillo, y la posibilidad de procesar un rango más amplio de combinaciones de resinas, usando perfiles independientes de temperaturas. El paso del material hacia la cavidad del molde se hace mediante un patrón de flujo laminar, de tal manera que la resina acumulada en el frente forma la piel de la pieza moldeada, mientras que el material localizado en la parte posterior llena el centro.

Los materiales a plastificar no deben reaccionar químicamente, y deben moldearse a temperaturas similares (puede ajustarse una dife-

rencia de 50°C entre ambas temperaturas de fusión). Los materiales no deben unirse entre sí, aunque puede producirse delaminación entre capas cuando hay compatibilidad química.

La operación de una máquina para coinyección Twinshot es idéntica a la de las máquinas de inyección convencionales, a excepción de la operación del tornillo de la zona de recuperación, ciclo durante el cual la relación del material del núcleo al de la superficie puede controlarse con un control simple RPM en la alimentación o con alimentadores gravimétricos.

La tecnología Twinshot trabaja con cualquier molde de colada fría. La relación del material del núcleo al de la superficie depende de la viscosidad relativa de ambos materiales, al igual que de la geometría de las piezas.

■ Ahorros en costos

El ahorro en los costos de la materia prima es probablemente el beneficio principal de cualquier tecnología de coinyección. Con el proceso «Twinshot», se puede reemplazar



Figura 2. Máquina para co-inyección de un solo cilindro

entre el 25% y el 35% del peso de un producto con materiales de menor costo. Los ahorros también se pueden lograr mediante la introducción de materiales espumados que, en el proceso, se recubren con una piel de acabado estético. Estos materiales permiten la inyección de las piezas en prensas de menor fuerza de cierre y su correspondiente menor costo/hora de inyección.

Otra aplicación de importancia es el uso de materiales reforzados que reemplazan a los pigmentos en el centro de la pieza. El costo del refuerzo puede ser compensado con el pigmento reemplazado. Un beneficio adicional, en este caso, es el refuerzo de la pieza.

Se considera la baja inversión inicial como un aspecto muy importante en comparación con la tecnología de coinyección actual. El incremento en el costo de una máquina nueva adaptada al sistema «Twinshot» puede ser de un 25% aproximadamente,

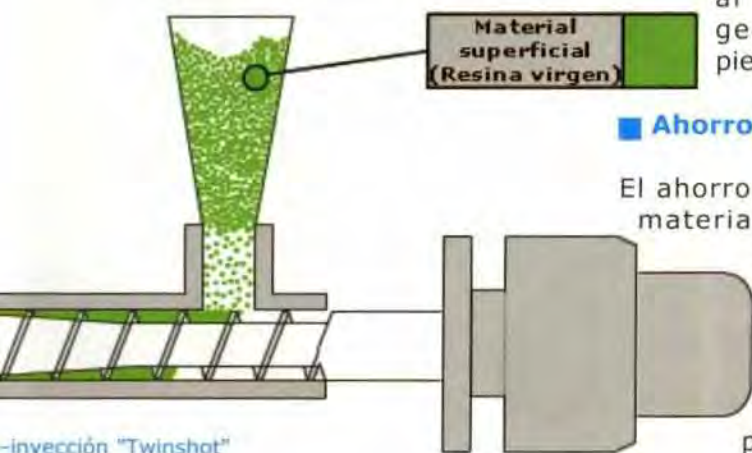




Figura 3. Sillas para niños discapacitados: Soportes de ABS en un centro de ABS espumado reciclado

en comparación con una máquina de un solo material. La reconversión de un equipo ya existente puede costar un 30% del valor de un sistema de coinyección tradicional.



Figura 4. (a) Materiales reforzados

El proceso no requiere practicar modificaciones a la inyectora; sólo requiere reemplazar: el barril, el husillo, la válvula y una segunda tolva de alimentación, muy sencilla, de bajo precio, y de muy fácil manejo, pues no hay PLC u otro método de manejo del equipo.

Si se trabaja con espumados, se puede reducir, de modo significativo, la fuerza de cierre en la inyectora, casi en un 60%.



Figura 4. (b) Soporte de PP



externo-interno de polímeros que se pueden trabajar.

■ ¿Cuándo se recomienda aplicar este proceso?

- Cuando se pueden introducir dos materiales: uno caro y otro barato, para reducir el costo de la pieza final.
- En juguetería, poniendo una resina virgen en el exterior, y otra, de recuperado o molido de la planta en el interior.
- En cosmética, cuando se desea acabar con los rechupes de los estuches, que tanto preocupan a las firmas de maquillajes. Éste es el ejemplo más interesante para el uso de materiales espumados en el interior de la pieza.

Hoy por hoy, se puede afirmar que sólo la imaginación es la que pone límites a las combinaciones de material

■ Limitaciones del proceso

Como en cualquier proceso de coinyección, la tecnología «Twinshot» está adaptada a piezas de geometría simple fabricadas en moldes de pocas cavidades. El balance del llenado es muy importante y, en este caso, se han logrado productos con secciones tan delgadas como de 1,3 mm, y con centros que contienen más del 50% del material de relleno.

Se dan pocos eventos en los que el proceso «Twinshot» no puede intervenir: en el moldeo de una manera selectiva, ni puede operar con sistemas de colada caliente. Los moldes de varias cavidades sólo pueden ser utilizados si se equilibra la velocidad de llenado para cada cavidad. Pueden presentarse problemas con moldes que tengan grandes diferencias en su geometría.



Figura 4. (c) Piezas con centro espumado



Figura 4. (d) Estuche para cepillos

Las máquinas Twinshot no pueden convertirse en equipos para sobremoldeo de dos colores, lo cual sí es posible con las máquinas de coinyección convencionales, mediante la instalación de un sistema de recolección de materiales.

■ Productos y usos

«Community Enterprises» emplea este sistema para fabricar una silla para el baño de discapacitados. La silla, modelo «Blue Wave Bath», está fabricada con soportes de ABS coinyectados con un centro de ABS espumado proveniente, en su totalidad, de material reciclado de la industria electrónica.

Este centro es encapsulado por la resina de ABS virgen, la cual es plastificada en la segunda etapa del husillo. La presión en la prensa requerida

para hacer las piezas de ABS es un 30% de la que se empleaba cuando el proceso era de monoinyección.

Los productos se obtienen ahora con un menor grado de deformaciones, sin hundimientos y sin rebabas.

Además, la tecnología Twinshot permite encapsular materiales de bajo costo, y pueden emplearse materiales reciclados, fuera de especificación o remolidos; en la figura 4(b) se muestra un soporte hecho en polipropileno con 27% de un núcleo de PP remolido.

También permite el encapsulamiento de materiales espumados para reducir deformaciones y alabeos, y para mejorar la relación resistencia-peso. Igualmente, el encapsulamiento de materiales reforzados dentro de superficies de gran acabado.

En conclusión la técnica del twinshot no sólo produce piezas de excelente calidad, sino que también reduce los costos de producción.

Fuente:

Catálogo «Co-injection Technology for conversion of Conventional Machines into Multi-Material Systems».

www.twinshot.com
www.spirex.com
www.immnet.com
www.plasticstechnology.com



Figura 4. (e) Rines para automóviles.

AHORA EN RADIO EI SENA presenta

Radiodifusora Nacional de Colombia
Lunes a viernes
 6:00 am. (570 AM)
 6:00 pm. (95.9 FM)

Emisoras de la Policía (92.4 FM)
Lunes a viernes 7:50 am.

Emisoras del Ejército (93.4 FM)
Lunes a viernes 7:50 am

¿ACTUALIZAR O VENDER



■ **José Seiggubar Güiza Amaya**
Instructor Centro Nacional ASTIN

su máquina antigua ?

La demanda de máquinas eficientes crece sin parar. Constantemente la tecnología supera los límites de lo posible para ofrecer maquinaria de última calidad que ayude a mejorar la productividad y competitividad de las empresas.

Pero, ¿Qué se debe hacer con la maquinaria antigua? El Centro ASTIN del SENA tiene la alternativa perfecta: La actualización. Un proceso que evalúa y estudia la posibilidad de repotenciar su máquina antigua, dejándola en óptimo estado para la producción.

El presente artículo cuenta la experiencia que tuvo el Centro ASTIN en la actualización de una máquina inyectora alemana marca DEMAG, de 150 Ton, que estaba sin usar por obsolescencia de elementos de control que no eran producidos por el fabricante.

Se hizo una evaluación de los diferentes sistemas que la componen: Eléctrico, mecánico, hidráulico, de PLC, etc.

Se trabajó en equipo multidisciplinario para lograr

Actualizar maquinaria obsoleta se convierte en una nueva alternativa que brinda beneficios económicos y de conocimiento técnico para la empresa. La experiencia del Centro ASTIN en máquinas inyectoras ha generado un método que analiza los aspectos técnicos a tener en cuenta para obtener buenos resultados en este mejoramiento.

que la inyectora se incorporara nuevamente a la producción.

Como resultado se logró la apropiación del know-how en software de control y monitoreo, control de caudal y presión hidráulica, todo esto sólo con el cambio del PLC y un mínimo cambio de elementos eléctricos, sin cambios mecánicos.

■ **Pero, ¿De qué se trató este proceso?**

La actualización tecnológica se efectuó en dos máquinas inyectoras de fabricación

alemana: Una inyectora de marca ARBURG, de 25 Ton. y otra de marca DEMAG, modelo 1991, de 150 Ton., cuyas características son las siguientes:

- Capacidad máxima de plastificación: 230g.
- Distancia entre columnas: 460mm.
- Distancias de cierre: Mínima 220mm, máxima 450mm.
- Carrera máxima de apertura: 450mm.

Esta máquina, además, es hidráulica y de válvulas insertables.

El método que se siguió parte de:

1 El Estudio del estado de arte sobre inyectoras

Se realizó con el fin de conocer qué funciones nuevas tienen las inyectoras actuales, como también las tendencias en productos que se elaboran con mayor demanda en el contexto latinoamericano.

Para ello se recogió toda la información existente sobre la máquina en catálogos,

manuales, planos eléctricos e hidráulicos y fichas técnicas de los elementos principales.

En esta fase, la información del estado del arte fue comparada con las funciones actuales, al igual que la comunicación con el proveedor, solicitando los repuestos y recibiendo la respuesta negativa de que estaban descontinuados, quedando solo la opción de venderla a bajo precio o la actualización mediante la ingeniería a la inversa.

Aparte del *know-how*, principalmente lo que es costoso es la fundición y el tratamiento del acero, razón por la cual, si la estructura metálica está buena y se adapta a las nuevas formas de producción industrial, se confirma la decisión de actualizarla.

2 Evaluación Financiera

En esta fase se tienen los elementos más importantes para el análisis económico y

técnico, y se decide entre la venta o la actualización.

Toda decisión de actualización tecnológica en maquinaria y equipo debe estar precedida de una evaluación financiera, en la que se contemplen aspectos económicos, tales como el valor de la inversión (si se decide adquirir un equipo nuevo vs. la inversión en la actualización del equipo en uso); se comparan también los flujos de caja que genera cada activo durante su vida útil, relacionados con los costos de mantenimiento, consumos de energía o gas, beneficios tributarios por la depreciación, generación de mayores ventas, ahorros en herramientas, entre otros.

Se decide, entonces, por aquella alternativa que genere un flujo de caja menor para el empresario y que cumpla con todos sus requerimientos de productividad y calidad.

3 Actualización de la inyectora

Para esta fase, se organizó un equipo con personal técnico en inyección, hidráulica y automatización. No se necesitó recurso alguno en mecánica, porque la máquina estaba en buenas condiciones cuando se presentó la falla.

Se realizó una desagregación tecnológica, que consiste en analizar la máquina en los diferentes sistemas que la componen: Eléctrico (Potencia y control), mecánico, neumático, hidráulico, con el fin de determinar el mantenimiento o cambio de alguna de sus partes y conocer cómo se realiza el funcionamiento, el control y su participación en la secuencia de la máquina.

3.1 Sistema mecánico

Los cambios en la estructura mecánica de la máquina no se presentan tan rápido como en los otros sistemas, como en los controles neumático e hidráulico; y, con la evaluación de un mecánico experto, se puede llegar a determinar la vida útil o productiva de la estructura mecánica.

En casos necesarios, la máquina se desmonta entera y se procede a la limpieza y verificación de todos sus componentes. Los elementos más castigados suelen ser el cierre y el husillo de la máquina, cuyo mal funcionamiento afecta básicamente los acabados de la pieza.

3.2 Sistema hidráulico



Figura 1. Consola de control inyectora ARBURG - Centro ASTIN



Figura 2. Inyectora DEMAG - Centro ASTIN

En el análisis de este sistema se deben revisar, principalmente, los siguientes aspectos: Grado de obsolescencia, desgastes de la bomba, de las válvulas o electroválvulas y de los cilindros, entre otros.

También cabe preguntarse si es económico el tipo de bomba hidráulica que tiene la máquina, ya que el consumo de energía eléctrica es un componente importante en el costo de operación. Un ejemplo de lo que se ofrece hoy en hidráulica para inyectoras es la instalación hidráulica de las máquinas para moldeo por inyección de termoplásticos de la serie SEPLAS, la cual utiliza una bomba de pistones axiales y caudal variable, con regulación proporcional de caudal y presión.

Además, sus componentes son elegidos entre los de mayor efectividad y actualización tecnológica; el uso de bombas de caudal variable y válvulas proporcionales reduce considerablemente el consumo de energía (-42%) frente a sistemas convencionales¹.

3.3 Sistema neumático

La neumática de las inyectoras, por lo general, se ubica en los equipos periféricos, que actúan sincronizadamente con el ciclo de trabajo completo de entrada y salida de la inyectora para la colocación de insertos metálicos (como el extractor y el posicionador de piezas). Como ejemplo, comercialmente se pueden apreciar robots que ejecutan estas acciones.

3.4 Sistema eléctrico



Figura 3. Detalle inyectora DEMAG

■ Potencia:

Podemos identificar los siguientes factores, con respecto a la potencia eléctrica:

Motores, contactores, relés térmicos, estado del cableado, transformadores, resistencias calefactoras, fusibles, sensores, etc.

■ Control electromagnético automático

Si el control sólo se realiza con elementos discretos como contactores, temporizadores, programadores mecánicos de secuencia o de levas, sus funciones o pasos de secuencia son rígidos y no se pueden programar en secuencias diferentes (como viene de fábrica). En este caso, la máquina no sería flexible a las necesidades de producción de la industria actual.

■ Control automático digital

Si el control es digital o por tarjetas electrónicas, son posibles más pasos de secuencia; es probable que no se necesite algún cambio, pero vale la pena observar y evaluar el número de paradas de la máquina por daños en el control y en el tiempo de reparación.

Estos sistemas electrónicos se vuelven obsoletos en poco tiempo, siendo el mayor problema la consecución de la tarjeta original por parte del proveedor, dejándole la opción del «cacharreo» de reparación a técnicos que se ven obligados a trabajar sin planos, a colocar repuestos no originales en algunos casos o a largas esperas por el repuesto, ocasionando

paradas de la máquina, pérdidas de producción, además de la rigidez de la programación frente a las necesidades de la producción flexible de hoy.

Si es programable por PLC (autómatas), esta tecnología es la más utilizada actualmente, y su masificación y oferta han permitido bajar los precios de sus componentes, pero hay que tener cuidado con el ciclo de vida o las generaciones de los PLC's, porque hay repuestos de generaciones anteriores que ya no se consiguen (hardware's

descontinuados); esto sucede con máquinas de más de 20 años de uso. Por lo demás, es ideal que toda máquina tenga un PLC en su control y se recomienda solicitarlo a un proveedor local que le garantice el suministro de repuestos o módulos de la misma marca o compatibles.

Otro aspecto importante es el software de programación de los PLC's, los cuales se deben adquirir con su respectivo entrenamiento en programación, o en su defecto, contratar una empresa externa que se encargue de la programación y automatización

de la máquina, trabajando en equipo con electricistas de la empresa. Esto tiene como ventaja la autonomía de la empresa para la corrección de fallas en tiempos mínimos.

Para la programación de la inyectora DEMAG del Centro ASTIN, nos apoyamos en el manual técnico, complementado con la experiencia de los expertos en el manejo de la misma. En la Figura 5 se muestran las consolas de

control por PC de ambas inyectoras, que se comunican con el PLC que realiza el control.

■ ¿Qué se ofrece actualmente en control de inyectoras?

El control por PLC que actualmente se ofrece tiene las siguientes características técnicas:

- ✓ Comando por PLC con módulo de usuario, compuesto por un monitor a color de pantalla sensible al tacto para visualización y modificación de variables.
- ✓ Mandos manuales con botoneras de uso industrial de alta confiabilidad.
- ✓ Programación sencilla para el operador, comunicación con un PC, memoria interna para 32 moldes.
- ✓ Control proporcional de temperatura con rutinas de alarma.
- ✓ Detención automática del equipo por alarmas no atendidas.
- ✓ Control de calidad (carrera de post inyección y tiempo de ciclo).
- ✓ Contadores de piezas total y parcial.



- ✓ Transductores de posición ultrasónica (BTL) en carreras de cierre e inyección con precisión de 0.05mm.
- ✓ Señal para dispositivos externos (transportadores, desvíos, envasadores, robots), tanto por contadores como por errores de calidad.
- ✓ Control proporcional de presión y velocidad.
- ✓ Programación de encendido de calefacción con reloj de tiempo real.
- ✓ Se cambió el PLC existente por un PC de uso general por obsolescencia del módulo de comunicación y la interfase hombre-máquina (Principalmente del tablero de mando y la pantalla graficadora).
- ✓ Se instaló una aplicación de software SCADA con el fin de manejar los parámetros de proceso (presión, temperatura y carreras) y de utilizar los diferentes modos de operación (manual, automático, ciclo en vacío, etc.).
- ✓ Se diseñó el software *Ladder* y se preparó el documento en español, a cambio de la versión en alemán o inglés, con modismos propios de estos idiomas y estrategias de control confusas para entenderlas, ya que en parte estaban dirigidas a los módulos averiados.
- ✓ Se adquirió experiencia en actualización de inyectoras, desde el punto de vista de la automatización, además la inyectora actualizada quedó con las funciones que se necesitan para los procesos de entrenamiento que se adelantan hoy en el Centro ASTIN.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los logros obtenidos fueron gratificantes, ya que los costos de actualización fueron bajos al no necesitarse la intervención de la casa matriz de Alemania. Además, el costo del retorno de la inyectora a la producción fue también bajo, debido a que el cambio se realizó en el control por PLC y con personal del Centro ASTIN, centrándonos en el control en un 90% y en adecuaciones eléctricas el 10%.

Otros resultados fueron los siguientes:

- ✓ Además de las funciones normales de trabajo, a la máquina se le adicionaron funciones actuales, como intrusión y gota fría, permitiendo mejorar su funcionamiento y productividad.



Figura 4. Detalle inyectora ARBURG

Referencias

<http://www.relacind.com.ar/setin>

Implementación y Certificación

■ **Gustavo Adolfo Lenis Gil**

Asesor de Gestión de Calidad CENTRO ASTIN

El Tratado de Libre Comercio aparece hoy como la opción más importante y viable que tiene Colombia en el contexto de la integración internacional. Por lo tanto, es una prioridad que la mayoría de las empresas entiendan a fondo la magnitud del cambio que viene y las opciones que se abren, para diseñar las estrategias necesarias para salir adelante.

La calidad es un punto clave para ser competitivos en el mercado mundial, es por eso que la mayoría de las empresas deben implementar en todos sus procesos productivos de bienes y servicios, un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) que debe estar enfocado en el mejoramiento continuo y la innovación; para así, lograr aprender a capitalizar las experiencias e incorporarlas, con rapidez y adecuación, a las variantes del entorno económico, satisfaciendo las

necesidades y expectativas de los clientes.

Las empresas de nuestro país se están motivando a implementar un SGC, generalmente basado en las normas de la serie ISO 9000. Sin embargo, muchas de estas organizaciones no alcanzan el nivel de mejoramiento esperado, debido a que, en muchas ocasiones, los empresarios, directivos y ejecutivos confunden la obtención de un Certificado de Conformidad con la obtención de niveles de desempeño. El sólo certificado no es garantía para llegar a los altos niveles presentados por entidades de categoría mundial.

Por esta razón cabe resaltar que no menos importante que la certificación, es implementar un SGC para que contribuya, con la gestión de la organización, al cumplimiento del objeto social y al logro de la visión. Es, pues, una herramienta de la dirección

para sortear con éxito los obstáculos que nos impone el presente siglo.

La norma ISO 9001:2000 y el sistema de gestión de Calidad

Al implementar un SGC de conformidad con la norma ISO 9001: 2000, se deben tener en cuenta las diferentes etapas que garanticen la obtención de un certificado de conformidad que se proyecte hacia el mejoramiento continuo y la innovación. Dichas etapas están basadas en el ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar).

ETAPAS:

1 Sensibilización

Esta etapa es determinante en la implementación. Es vital comenzar por crear o desarrollar

del Sistema de Gestión de Calidad

una cultura organizacional propia y el ambiente propicio para las actividades venideras. La sensibilización debe estar enfocada en los diferentes niveles de las organizaciones:

Nivel básico de operación:

Se debe preparar al personal para adoptar o incorporar a su trabajo diario pequeños detalles o rutinas que, por lo general, se omiten o se consideran irrelevantes. Por ejemplo: diligenciar un formato en el momento y hora indicada. Así mismo, motivar para que participen en la elaboración de los documentos y propuestas que beneficien los procesos en los cuales participan (ver principios de calidad).

PRINCIPIOS DE CALIDAD

- 1 ENFOQUE AL CLIENTE
- 2 LIDERAZGO
- 3 PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL
- 4 ENFOQUE BASADO EN PROCESOS
- 5 ENFOQUE DE SISTEMA PARA LA GESTIÓN
- 6 MEJORA CONTINUA
- 7 ENFOQUE BASADO EN HECHOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN
- 8 RELACIONES MUTUAMENTE BENEFICIOSAS CON EL PROVEEDOR

NORMA ISO 9000:2000

Casi en la mayoría de los casos, el personal operativo es muy receptivo a este tipo de programas, pero es quizás el más sensible, por tal motivo no

se pueden crear falsas expectativas. Lo más nocivo para un SGC es motivar al personal y no dar continuidad a la implementación porque el personal puede perder credibilidad en los líderes del proyecto.

Los niveles intermedios:

Son de vital importancia por ser el enlace entre la dirección y la operación. Por tal razón son los encargados de canalizar las ideas del personal operativo y ponerlas en paralelo con las directrices administrativas. En dicho nivel, el personal debe tener un amplio conocimiento de la operación para saber en qué momento delegar, dirigir o controlar. Por lo tanto, es necesario motivarlos, haciéndoles énfasis en la responsabilidad y autoridad frente al SGC.

En el nivel directivo:

Es donde se debe realizar una sensibilización más profunda. Por lo general, las direcciones expresan su apoyo destinando los recursos necesarios, sin embargo, esto no es suficiente, el comportamiento y el conocimiento de la dirección sobre el tema es vital para el éxito del proceso. La participación activa de los directivos en los procesos de implementación hace la diferencia entre el éxito o el fracaso.

Actualmente es muy común observar a altos directivos de las organizaciones enseñando a los operarios como realizar e interpretar una gráfica de control con los datos y situaciones reales. Estos detalles, tan

sencillos aparentemente, hacen la diferencia y evidencian la aplicación de los principios de calidad enunciados en la norma ISO 9000:2000, Liderazgo y Participación del Personal. Sin embargo, todavía prevalecen los casos en los que al interactuar con los gerentes acerca de sus actividades del SGC, éstos contestan con parquedad y, de inmediato, invocan la presencia del encargado de la implementación o la de sus asistentes.

2 Direccionamiento y Documentación

En esta etapa, se empieza a consolidar todo aquello que se ha pensado para el funcionamiento del SGC.

Estrategias:

A nivel directivo, debe plantearse el direccionamiento de la organización, en especial para dar cumplimiento a la norma ISO 9001, en lo referente a la Política de Calidad (Capítulo 5.3), Objetivos de Calidad (Capítulo 5.4) y Planificación del SGC (Capítulo 5.4).

A nivel ejecutivo y operativo, comienza a documentarse lo que hace la organización, establecer la estructura documental, identificar y caracterizar los procesos (Capítulo 4.1), realizar los procedimientos documentados que exige la norma y escribir los procedimientos necesarios que soporten la operación de la organización: qué se hace, cómo se hace, quién lo hace, dónde se hace, cuándo se hace, por qué se hace y dónde queda registrado.

3 Difusión y Capacitación

En esta etapa lo importante es realizar la entrega de los documentos del SGC al personal de la organización, capacitándolo en su uso y disponibilidad. La consulta de los documentos debe constituirse en un hábito; en la medida en que se logre, se estará contribuyendo a desarrollar la cultura de calidad de la empresa.

4 Consolidación

Una vez difundidos los documentos, se debe evidenciar su funcionamiento. Por lo tanto, empezamos a utilizar los formatos para obtener registros, muchos de ellos ya eran parte de las rutinas de la organización, sin embargo ahora dicho procedimiento se realizará con mayor control y cuidado tanto en el diligenciamiento como en el análisis de la información.

Es en esta etapa donde se generarán las acciones correctivas, preventivas y de mejoramiento. Aquí se registra: los responsables asignados, acciones concretas, seguimientos y evaluaciones de la eficacia.

En este punto existe una dinamización en el control de documentos, por lo tanto, se realizarán las modificaciones a los mismos, ya sea porque se percibe que lo escrito no corresponde a la realidad de la empresa o porque se han generado acciones correctivas o preventivas cuyas conclusiones proponen cambios en la documentación.

5 Examen

Como su nombre lo indica, aquí es donde se examinan las actividades antes emprendidas, para establecer la conformidad del SGC con respecto a la norma guía.

Se aplicarán, entonces, los procedimientos de auditorías internas, en donde es de esperarse que aparezcan un buen número de no conformidades y observaciones, en particular, por dos razones:

- Los auditores internos en su afán de realizar bien su trabajo, unido a su poca experiencia, califican como

«no conformidad» aquellos detalles irrelevantes.

- Los auditados dejan de cumplir algunos de los detalles escritos en la documentación, reflejándose la falta de consulta de los documentos del SGC.

Por esta razón, es imprescindible buscar el acompañamiento de un experto para que el entrenamiento del equipo auditor se complemente.

6 Revisión

Conciene a la alta dirección de la organización, la cual debe plantear la revisión minuciosa

PROCEDIMIENTOS DOCUMENTADOS EXIGIDOS EN LA NORMA ISO 9001:2000

- CONTROL DE DOCUMENTOS
- CONTROL DE REGISTROS
- ACCIONES CORRECTIVAS
- ACCIONES PREVENTIVAS
- AUDITORÍAS INTERNAS
- CONTROL DE NO CONFORMES

de las actividades planeadas del SGC. Evaluando el cumplimiento y eficacia de los lineamientos estratégicos y de actividades tales como acciones correctivas, preventivas, auditorías, análisis del entorno y de la percepción de la satisfacción del cliente, se determinará si el SGC es o no adecuado para la organización. Es normal que en esta etapa surjan ajustes o planes de mejora que ayuden a la eficacia del SGC de la organización.

7 Certificación

Es una instancia muy esperada por todas las personas de la organización: se recibe la auditoría, y se otorga el certificado, premio a la ardua labor emprendida.

Por lo tanto, es muy importante realizar la selección adecuada del organismo certificador, teniendo en cuenta su cubrimiento, reconocimiento legal, seriedad y reputación, así como los costos de la certificación y su mantenimiento. Además, deben analizarse aspectos tales como el cubrimiento de mercado de los productos (nacional o internacional).

No obstante, es importante recordar que la certificación es un contrato con un reglamento que la organización se compromete a cumplir, en especial con el uso debido de los

sellos y su relación con la publicidad, convirtiéndose en un tema delicado y de difícil manejo en algunas compañías.

8 Mantenimiento del Sistema de Gestión de Calidad

Aquí es donde empieza el camino hacia el mejoramiento y la innovación. Por lo tanto, se deben concentrar todos los

sea permanente, ya que el mejoramiento continuo es una actividad que nunca debe parar.

Podemos afirmar que cuando una organización obtenga un SGC maduro, con vida propia y dinámico, se acercará a un comportamiento de compañía de categoría mundial.

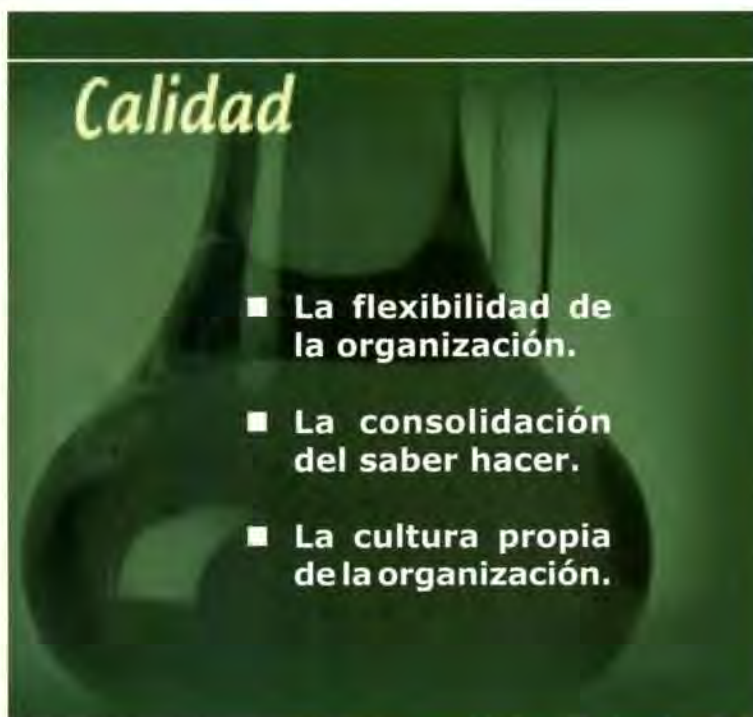
BIBLIOGRAFÍA

RIOS-ORTÍZ, Elkin L. «Las normas ISO 9000 como medio para lograr una mayor competitividad en las empresas del Valle de Aburrá». Revista Facultad de Ingeniería, No. 28, Abril 2003, págs. 149 - 155. Universidad de Antioquia, Colombia.

GARCÍA - DELGADO, Raúl A. «La cultura de la calidad». Revista Ingenium Industrial, No.1, Abril 2002, págs. 12-14. Universidad Santiago de Cali, Colombia.

PERVAIZ MIAN, Khalid. «How executive and managers can support TQM». Journal KENSHU, No. 163, págs. 6-8, Spring 2002. AOTS-JAPAN.

KASHIF, Hessameddin Aref. «Quality Culture and Quality Control Circles». Journal KENSHU, No. 163, págs. 9-12, Spring 2002. AOTS - JAPAN.



esfuerzos en el mejoramiento de los procesos en áreas significativas que empiecen a reflejar la importancia de establecer un SGC, así como también en los cambios a nivel documental, en donde se empieza a percibir.

A las etapas anteriores se le pueden asignar fechas y responsables, para evidenciar su cumplimiento. No obstante es importante que la etapa 8

49516

TÉCNICA DE LUZ ESTRUCTURADA

■ **Edgar Fabián Delgado Erazo**

Grupo de Óptica y Láser. Ingeniería Física
Universidad del Cauca
Popayán - Colombia

El problema de la metrología y el control de calidad han atraído la mirada de la comunidad científica del mundo, quienes con el ánimo de encontrar mayor rapidez y confiabilidad en sus mediciones han diseñado y construido un sistema de metrología y reconstrucción 3-D que permita realizar análisis de piezas opacas especialmente de uso industrial, aplicables en el campo médico en el diseño y la construcción de prótesis, y en los entornos virtuales en la elaboración de efectos especiales en animación.

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA

Para una mejor comprensión del funcionamiento del sistema, se han simplificado sus componentes como lo indica la figura 1.

El sistema óptico de iluminación láser genera un plano de luz en el espacio tal como lo muestra la figura 1. Dicho plano de luz se observa en forma de línea sobre la plataforma porta objetos. En presencia de un objeto dicha línea se deforma y esta deformación es capturada por

Resumen Técnico

Al proyectar un patrón láser de geometría conocida sobre la pieza, con un ángulo de incidencia adecuado a través de una cámara digital, se podrá capturar la deformación que dicho patrón sufre sobre la pieza. Mediante técnicas de procesamiento de imágenes y planteamientos teóricos del comportamiento de la perspectiva, puede analizarse esa deformación y con ayuda del computador se construye el análisis dimensional de la pieza de estudio

la cámara a través de una imagen.

El sistema de desplazamiento, permite tomar varias imágenes a través de toda la superficie del objeto para realizar su reconstrucción. A través de algoritmos de procesamiento de imágenes, se adelgaza la línea láser en cada imagen hasta que la línea tenga el ancho de un píxel, pero sin que se pierdan las dimensiones reales del objeto. Cada píxel iluminado es

1. Sistema Óptico de Iluminación
2. Sistema de Desplazamiento Lineal
3. Sistema de Adquisición de Imágenes
4. Sistema de Procesamiento y Análisis de la Información

El presente artículo describe tanto el diseño como la implementación de un sistema de metrología tridimensional basado en la técnica de Triangulación Láser por luz estructurada, para metrología y reconstrucción de piezas industriales.

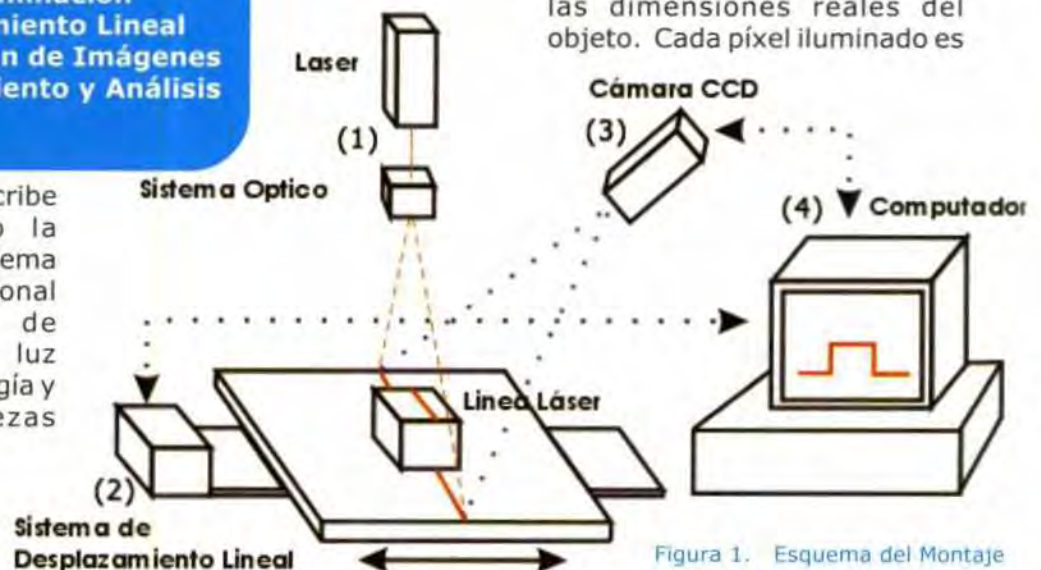


Figura 1. Esquema del Montaje General

llevado a través de un cambio de coordenadas (del mundo hasta la cámara) y luego a través de las ecuaciones de calibración experimental del sistema que se obtienen del esquema de la figura 2.

Realizando un análisis teórico del comportamiento de las coordenadas (U,V) de la imagen con respecto las coordenadas X,Y,Z se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$Z(U) = \frac{K_x U}{M \left[\tan(\beta) + K_x \frac{U}{f} \right]} \quad (1)$$

$$F(Z) = \frac{Y}{V} = K_y \frac{d_0}{f} - \frac{K_y \cos(\beta)}{f} Z \quad (2)$$

donde (U,V) son las direcciones vertical y horizontal de cada píxel iluminado y (Z,Y) las dimensiones vertical y horizontal (en mm) que dicho píxel representa en el espacio real, $K_x = M/m$ y $K_y = N/n$, son factores de conversión.

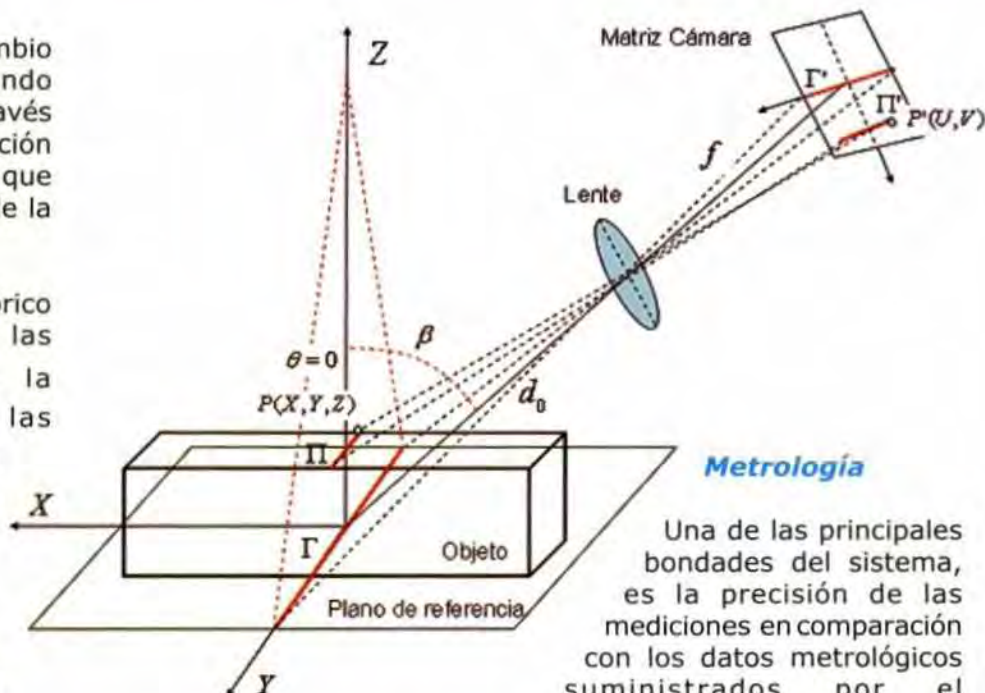


Figura 2. Geometría para la creación de las curvas de calibración

■ RESULTADOS

Reconstrucción 3D

Consiste en representar virtualmente y con dimensiones reales, un objeto físico tridimensional. En las figuras 3, 4 y 5 se presenta un ejemplo de reconstrucción de un soporte metálico para motores de vehículos, al que se le tomaron y analizaron 150 imágenes.

Metrología

Una de las principales bondades del sistema, es la precisión de las mediciones en comparación con los datos metrologógicos suministrados por el laboratorio de metrología del CDT ASTIN (SENA) de una pieza de referencia. La tabla 1 muestra la comparación de los datos obtenidos por el laboratorio del ASTIN y los del sistema desarrollado.

Donde D1, D2, D3, D4 y L2, L3, L4 y L5 son diámetros y longitudes del eje escalonado. De aquí puede observarse que el sistema láser desarrollado es bastante confiable ya que ofrece un promedio de error de 1.1% en comparación a los datos suministrados por el laboratorio de metrología.

Parámetro	Medición CDT ASTIN (mm)	Medición Sistema Láser		Error (mm)	Error relativo (%)
		píxeles	(mm) ± 0.1		
D1	17.983	39	18.44	-0.45	2.5
D2	23.565	52	24.33	-0.76	3.2
D3	34.679	73	34.32	0.35	1.0
D4	48.253	102	48.21	0.04	0.8
L2	20.6172	33	20.41	0.20	0.9
L3	40.3332	66	40.36	-0.02	0.1
L4	55.5142	92	55.37	0.14	0.2
L5	70.2032	119	70.30	-0.09	0.1
			Promedio	0.24	1.1%

Tabla 1. Metrología del eje escalonado con los dos sistemas



Figura 3. Fotografía Pieza Original

observar la deformación de la línea se les llama *puntos ciegos del sistema* y son un aspecto inevitable en cualquier sistema de triangulación láser.

En conclusión, se diseñó y construyó un sistema de reconstrucción 3D económico, que ofrece reconstrucciones iguales o mejores a las vistas en cualquiera de los artículos científicos publicados en el país. La principal innovación de este sistema, es la reconstrucción ya que ofrece mediciones muy confiables, tomando datos donde un instrumento de medición común como una cinta métrica o un calibrador, son ineficaces.

BIBLIOGRAFIA

PATÍÑO VANEGAS, Alberto. Sistema Óptico para la Extracción de Parámetros Metrológicos del Pie. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga (Colombia). 2004.

PAJARES GONZALO, DE LA CRUZ JESUS M.. Visión por Computador. Imágenes Digitales y Aplicaciones. ALFAOMEGA/RA-MA. Ciudad de México. MEXICO. 2002.

A su vez se observa como en la figura 5, la reconstrucción es bastante fiel en puntos donde la pieza es uniforme y donde la línea del haz láser es visible a la cámara. A los puntos donde la línea láser no toca al objeto, o los puntos donde la cámara no puede

HEIKKILA, Janne. A Four-step Camera Calibration Procedure with Implicit Image Correction. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Oulu. 2001.

COCK J.D. El Método de la Triangulación Aplicado en un Scanner Láser para Objetos Tridimensionales. Ingeniería Mecánica. Revista Universidad EAFIT. 2000

3D Scanners. Digitalizadores Láser. www.3dscanners.com

Robotics Online. www.roboticsonline.com



Figura 4. Creación de Nube de puntos

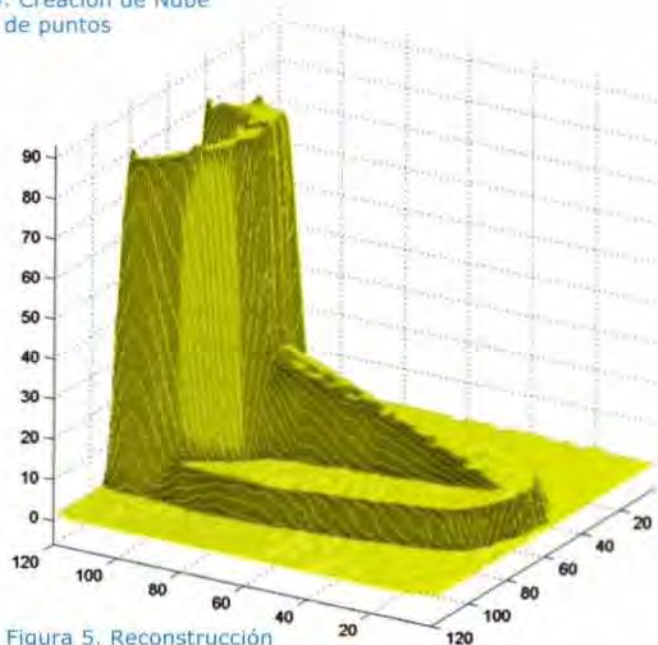


Figura 5. Reconstrucción tridimensional de la pieza

45850

Abstract

Boron nitride (BN) is an important technological material with thermal, electrical, and mechanical properties that approach those of diamond. BN may be formed in three main crystalline forms: cubic (c-BN), wurtzite (w-BN), and hexagonal (h-BN). c-BN is the most attractive BN structure due to a unique set of properties. Three factors are common to all successful PVD c-BN experiments: bombardment of the growing film by energetic ions (generally 100-500 eV), an elevated substrate temperature (300-400 °C optimum), and the achievement of the correct film stoichiometry. In this work the literature was reviewed on the physical vapour deposition and characterization of c-BN thin films, placing special emphasis on the substrate bias (d.c. or r.f.) as a dominant effect on the c-BN content onto films. BN thin films were prepared using d.c. and r.f. negative substrate bias. Threshold bias for formation of c-BN phase was identified for both cases. Films were characterized by Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR) used for phase identification, Atomic Force Microscope (AFM) and Scanning Electronic Microscope (SEM) for morphological structural characterization. Characterization of thin films obtained is according to layer structural models proposed in the literature.

Keywords: cubic boron nitride, magnetron sputtering, physical vapour deposition.

Resumen

El nitruro de boro (BN) es un material de gran importancia tecnológica, con propiedades térmicas, eléctricas y mecánicas que se aproximan a las del diamante. El nitruro de boro se puede formar principalmente en tres estructuras cristalinas: cúbico (c-BN), wurtzite (w-BN) y hexagonal (h-BN). El c-BN es la estructura más interesante, debido a su conjunto único de propiedades. Tres parámetros son comunes a todos los experimentos PVD para la producción exitosa de c-BN: Bombardeo de la película en crecimiento con iones energéticos (generalmente 100-500eV), elevada temperatura del sustrato (300-400°C) y la correcta estequiometría en la película. En este trabajo se revisó la literatura de deposición física de vapor y caracterización de películas delgadas de c-BN, poniendo especial énfasis en el voltaje de polarización del sustrato (d.c. y r.f.) como efecto dominante en el contenido de c-BN dentro de la película. Se prepararon películas delgadas de BN usando voltaje de polarización del sustrato d.c. y r.f. Se identificó el voltaje crítico para la formación de la fase c-BN en ambos casos. Las películas se caracterizaron por medio de espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR), usada para la identificación de fase, Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) para la caracterización morfológica. La caracterización de las películas obtenidas está de acuerdo con el modelo estructural de capas propuesto en la literatura.

Palabras claves: Nitruro de boro cúbico, pulverización catódica, deposición física de vapor.

Deposición y caracterización recubrimientos de Nitruro de producidos por Pulverización

■ Bejarano G., G.¹ Caicedo R., J.M.¹, Prieto P.², Zambrano, G.², Baca, E.², Moran, O.²

¹ Grupo de Ingeniería y Desarrollo de Materiales, CDT-ASTIN, SENA. Cali-Colombia

² Departamento de Física, Centro de Excelencia en Nuevos Materiales, Universidad del Valle, Colciencias contrato 0043-2005

Generalidades del Nitruro de Boro

En el Nitruro de Boro (BN), al igual que en el carbono (C), se pueden formar tres estructuras cristalinas: cúbica (c-BN), wurtzita (w-BN) y hexagonal (h-BN); éstas son análogas al diamante cúbico, diamante hexagonal y al grafito, respectivamente⁽¹⁾. Las dos primeras estructuras están enlazadas con hibridación sp^3 y la tercera con hibridación sp^2 .

El nitruro de boro hexagonal fue preparado por primera vez a mediados del siglo XIX, el cual permaneció como una curiosidad de laboratorio por más de cien años, hasta que se hicieron las primeras formas de h-BN por métodos de alta temperatura y alta presión en 1957. El nitruro de boro hexagonal es la única fase hallada en la naturaleza⁽²⁾.

La modificación cúbica del nitruro de boro (c-BN) es una fase tipo diamante de enlaces sp^3 con estructura cúbica zincblende. Los primeros

reportes de películas delgadas de c-BN depositadas por sputtering reactivo a altas frecuencias aparecen a principios de 1970. Sin embargo, no fue sino hasta 1987 que las películas delgadas preparadas por el método de evaporación reactiva PVD (Deposición Física de Vapor) fueron concluyentemente caracterizadas como c-BN⁽²⁾.

El nitruro de boro cúbico es la forma alotrópica más interesante, debido a su único conjunto de propiedades que lo hacen el material más interesante, y en algunas propiedades superior, después del diamante cúbico. Algunas de sus propiedades más relevantes son: dureza y conductividad térmica altas, amplia brecha de energía, posibilidad de ser dopado tipo n o tipo p , su inactividad química y su alta estabilidad térmica. El nitruro de boro cúbico es mejor que el diamante para

aplicaciones de mecanizado de alta velocidad relacionadas con materiales ferrosos, debido a que el diamante reacciona con el hierro y algunos de sus elementos de aleación formando carburos, que conllevan a un desgaste rápido de las herramientas fabricadas en diamante.

La deposición de nitruro de boro es normalmente asistida por bombardeo iónico, método por el cual las películas crecen en una secuencia de un material amorfo (a-BN), uno turbostrático (t-BN), con los planos basales perpendiculares a la superficie, y finalmente el cúbico (c-BN), con los planos (111) paralelos a los planos basales de la capa (t-BN), tal como se muestra en la Figura 1^{(3),(4)}.

Todos los métodos de deposición asistidos por bombardeo iónico generan iones con energías que van de decenas a cientos de

de Boro Catódica

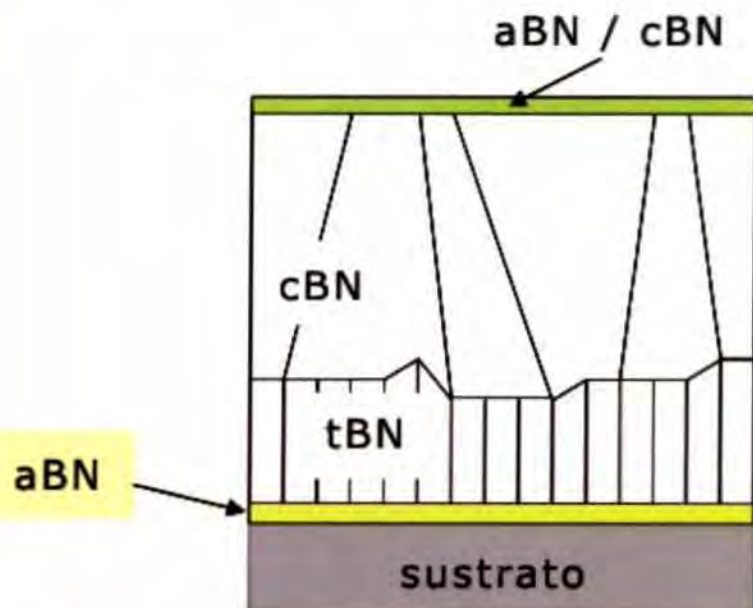


Figura 1. Estructura de capas de BN en forma de película delgada

Condiciones Experimentales

Blanco	h-BN 99.9% una pulgada
Gases Utilizados	95% Argon; 5% Nitrógeno
Presión de Fondo	2×10^{-5} mbar
Presión de Trabajo	4×10^{-2} mbar
Temperatura del Substrato	900°C
Bias d.c.	-50V; 70V; 100V; 200V; 250V
Potencia aplicada al Blanco	120W r.f.
Densidad de potencia	~ 24 W/cm ²
Distancia Blanco Substrato	5. cm
Substratos	Silicio Si (100)

Tabla 1. Condiciones experimentales utilizadas durante el proceso de deposición con polarización d.c.

electrón-voltios (eV), los cuales producen películas de c-BN, pero al mismo tiempo inducen significativas tensiones compresivas, lo que conduce a la delaminación de las películas y, por lo tanto, limitan el espesor de la deposición de las mismas hasta aproximadamente 100nm⁽⁵⁾.

Este trabajo se centra en determinar la dependencia de la evolución de la fase cúbica del BN con el voltaje Bias aplicado al sustrato, para encontrar el valor óptimo de dicho parámetro para la deposición del BN cúbico.

DETALLES EXPERIMENTALES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Películas depositadas por r.f. magnetron sputtering reactivo con polarización d.c. del sustrato.

En el Laboratorio de Películas Delgadas del Departamento de Física de la Universidad del Valle se depositaron películas delgadas de BN sobre sustratos de silicio (100), utilizando el sistema magnetron sputtering.

El sistema utilizado consta de un magnetron de una pulgada de diámetro Torus-1, de la firma Kurt Lesker, (Fuente de radio frecuencia Advanced Energy 13.56

MHz) con acople de impedancias, sistema de bombeo turbomolecular Alcatel-27000, medidores de presión, sistema de calentamiento Euroterm (Temperatura ambiente hasta 1000°C) y una fuente d.c. MDX 1K Advanced Energy para polarización del sustrato.

El blanco consiste en un disco de nitruro de boro hexagonal (h-BN) de una pulgada de diámetro con un espesor de ~ 3

mm y una pureza del 99.9%. La cámara de deposición fue evacuada a una presión base de 2×10^{-5} mbar. Se utilizó una atmósfera de argón (95%) y N₂ (5%) a una presión de trabajo de 4×10^{-2} mbar. Durante la deposición, el sustrato se calentó a 900°C. El blanco fue sometido a pre-sputtering durante 15 minutos, con una densidad de potencia de ~ 24 W/cm² y una presión de 4×10^{-2} mbar; idénticas condiciones se emplearon durante el proceso de deposición. Los sustratos de silicio con orientación (100), fueron limpiados en un sistema de ultrasonido, inmersos en una secuencia de acetona y etanol durante 15 min por cada ciclo.

Con el fin de estudiar los efectos del voltaje de polarización d.c. del sustrato sobre el contenido de fase cúbica en las películas, se polarizó el sustrato con un voltaje de polarización (Bias d.c.) entre -50V y -250V. En la Figura

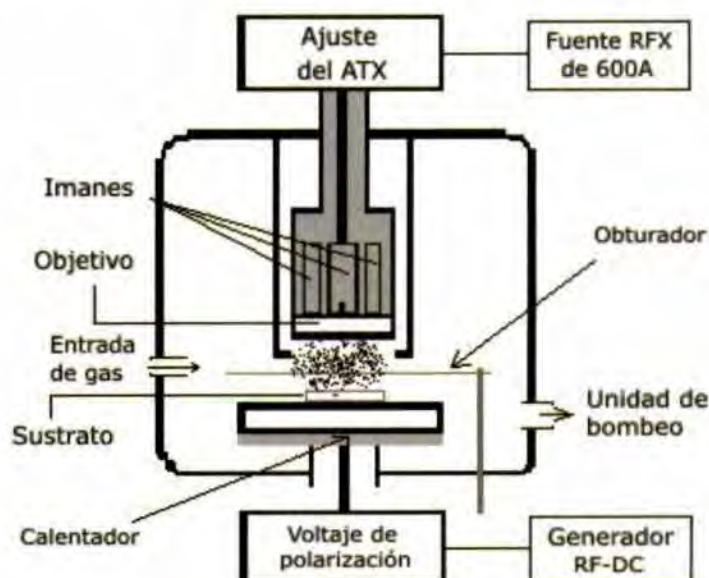


Figura 2. Esquema del sistema r.f. magnetron sputtering.

2 se muestra un esquema del sistema r.f. magnetron sputtering utilizado para la deposición de las películas. La Tabla 1 resume las condiciones experimentales utilizadas durante el proceso de deposición.

Películas depositadas por r.f. magnetron sputtering reactivo con polarización r.f. del sustrato.

En el Laboratorio de Recubrimientos Duros del Centro de Desarrollo Tecnológico CDT ASTIN del SENA se depositaron películas delgadas de BN sobre sustratos de silicio (100), utilizando su planta semi-industrial de recubrimientos duros. El sistema utilizado consta de cuatro cañones de magnetron sputtering de cuatro pulgadas de diámetro Torus-4, de la firma Kurt Lesker, tres fuentes de radio frecuencia Advanced Energy (13.56 MHz) RFX de 600A, con sus respectivos acoples de impedancia, sistema de bombeo turbomolecular Alcatel-ATP 400, medidores de alta y baja presión Pirani MKS, cátodo frío MKS, sistema de calentamiento Athena 500 por radiación (Temperatura ambiente hasta 350°C) y tres fuentes d.c. MDX 500 Advanced Energy, además cuenta con controladores de presión Baratron MKS y flujómetros digitales para cuatro diferentes tipos de gases.

El blanco consiste de un disco de nitruro de boro hexagonal (h-BN) de cuatro pulgadas de diámetro con un espesor de ~5 mm y una pureza del 99.9%. La cámara de deposición fue evacuada a una presión base de 4×10^{-6} mbar. Se utilizó una atmósfera de argón (95%) y N_2 (5%), a una presión de trabajo de 4×10^{-2} mbar. Durante la deposición, el sustrato se calentó a 300°C. El blanco

fue sometido a pre-sputtering durante 15 minutos con una densidad de potencia de $\sim 7 \text{ W/cm}^2$ y una presión de 4×10^{-2} mbar; idénticas condiciones se emplearon durante el proceso de deposición.

Los sustratos de silicio fueron limpiados en un sistema de ultrasonido, inmersos en una secuencia de acetona y etanol durante 15 min por cada ciclo. Con el fin de estudiar los efectos del voltaje de polarización r.f. del sustrato sobre el contenido de fase cúbica en las películas, se polarizó el sustrato con un voltaje (Bias r.f.) entre -50V y -350V.

En la Figura 3 se presenta una fotografía del arreglo experimental de la planta de recubrimientos duros.

La Tabla 2 resume las condiciones experimentales utilizadas durante el proceso de deposición con polarización r.f.

Resultados y análisis

Las películas de nitruro de boro fueron analizadas mediante las siguientes técnicas:



Figura 3. Planta piloto de recubrimientos duros del CDT ASTIN SENA

Condiciones Experimentales	
Blanco	h-BN 99.9% 4.Pulgadas
Gases Utilizados	95% Argon; 5% Nitrógeno
Presión de Fondo	4×10^{-6} mbar
Presión de Trabajo	4×10^{-2} mbar
Temperatura del Sustrato	300°C
Bias r.f.	-50V; 90V; 120V; 150V; 350V
Potencia aplicada al Blanco	550 W r.f.
Densidad de potencia	$\sim 7 \text{ W/cm}^2$
Distancia Blanco Sustrato	7.cm
Sustrato	Silicio Si (100)

Tabla 2. Condiciones experimentales con polarización r.f. del proceso de deposición

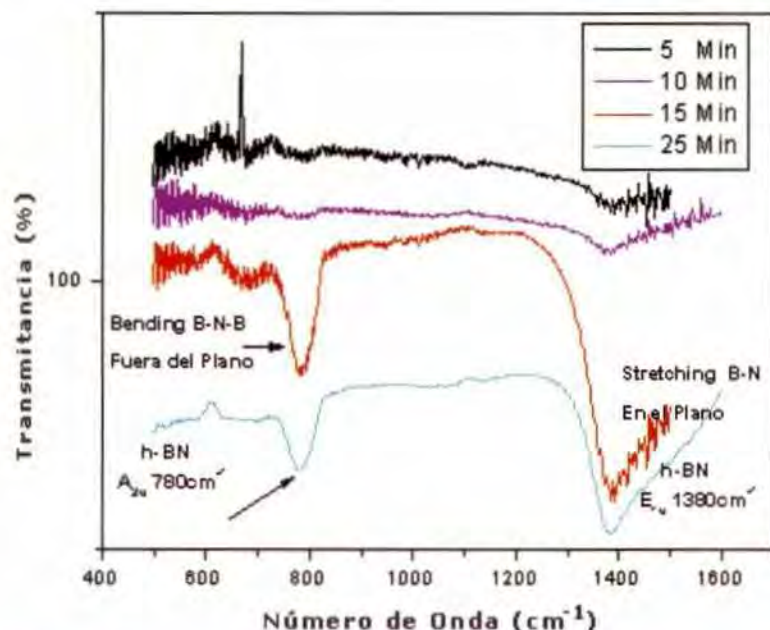


Figura 4. Efecto del tiempo de deposición sobre la intensidad de la señal

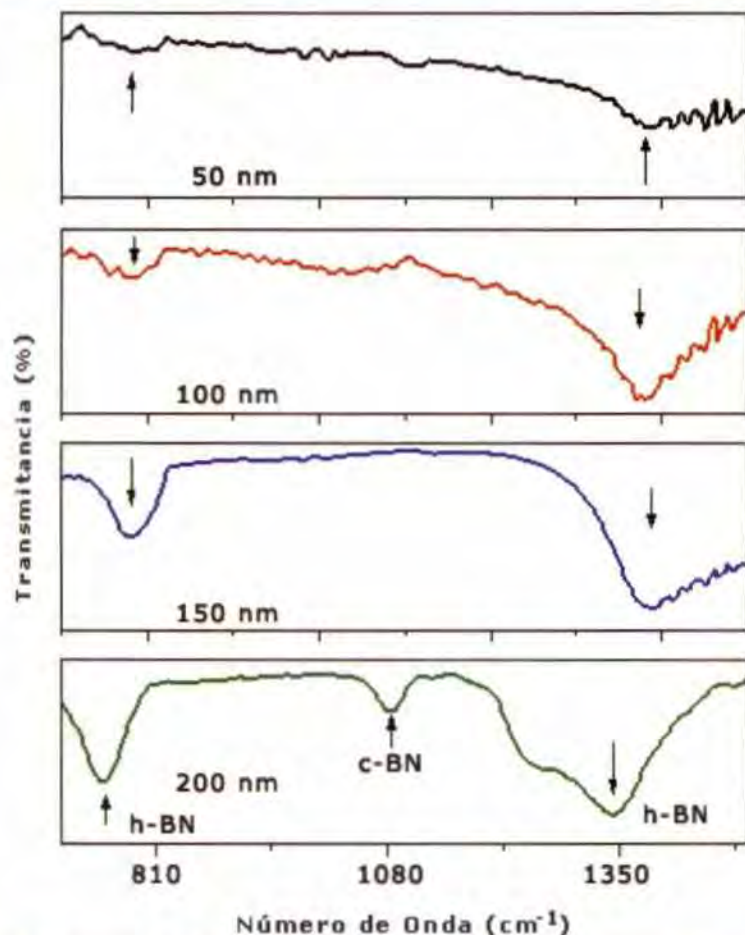


Figura 5. Espectros FTIR de películas de BN con diferentes espesores. Bias-120V d.c.

Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR), Microscopia de Fuerza Atómica (AFM) y Microscopia Electrónica de Barrido (SEM). La primera técnica se usó con el objetivo de detectar la hibridación de los enlaces sp^2 y sp^3 y, con ello, los porcentajes obtenidos de fase hexagonal y cúbica del nitruro de boro, y las últimas dos para la caracterización morfológica de las películas.

Análisis de FTIR

Las películas delgadas de nitruro de boro tienen tres modos activos en infrarrojo que están relacionados con la estructura cristalina de la película. Las frecuencias características del BN corresponden a tres fonones. Las bandas en el espectro de IR ubicadas a 780cm^{-1} y 1380cm^{-1} se relacionan respectivamente con el Bending B-N-B y el Stretching B-N dentro y fuera de los planos de la estructura cristalina hexagonal. La banda ubicada a 1100cm^{-1} se relaciona con el Stretching B-N de la estructura cristalina cúbica (5),(6),(7).

Con el objetivo de estudiar la evolución de la fase en función del tiempo de deposición, se prepararon películas crecidas durante 5, 10, 15 y 25 min. La Figura 4 muestra espectros de FTIR para películas de BN crecidas en las condiciones indicadas en la Tabla 1, sin utilizar voltaje de polarización.

Con el propósito de investigar la dependencia de la evolución de fase con el espesor, se prepararon películas delgadas de BN con diferentes espesores entre 50 y 200 nm, utilizando los parámetros indicados en la

Tabla 1 y manteniendo el voltaje de polarización constante en -120V d.c. Los espesores se midieron con RBS.

Los resultados muestran que la absorbancia de la fase hexagonal se incrementa con el tiempo después de los 50 nm, mientras que la absorbancia de la fase cúbica solo aparece después de los 200 nm. Estos resultados se pueden observar en la Figura 5.

Estos resultados muestran claramente que las películas obtenidas poseen una estructura de capas bien definida: Primero se forma una estructura con hibridación de enlace sp^2 y luego una capa de c-BN con hibridación de enlace sp^3 , y no consisten en una mezcla de fases en la misma capa. Estos análisis están de acuerdo con los reportes de Tsuda et al.⁽⁸⁾, es decir, la capa que contiene sólo c-BN únicamente puede crecer si se ha depositado una capa inicial adyacente al sustrato y con hibridación de enlace sp^2 . Los resultados también concuerdan con el modelo estructural de capas reportado por Zhang, Chan, Bello y Lee⁽³⁾.

Con el fin de estudiar la influencia del voltaje de polarización del sustrato sobre la formación de las fases hexagonal y cúbica, se depositaron películas de BN en las condiciones mostradas en las Tablas 1 y 2.

Los espectros FTIR de películas delgadas de BN preparadas con diferentes voltajes de polarización d.c. se muestran en la Figura 6. Para voltajes mayores a 100V, la presencia de la fase c-BN se identifica mediante el modo Óptico Transversal (TO) reflejado en la banda ubicada a 1100cm^{-1} .

Algunos autores sugieren que la formación de c-BN resulta como consecuencia de la acumulación de tensiones en la película, mientras otros proponen que el papel que juega el bombardeo de los iones energéticos es el rompimiento del enlace de los átomos de la superficie y el suministro de la energía cinética

hexagonal termodinámicamente estable a una estructura cúbica de alta energía. Esta transformación requiere de un cambio en la hibridación del enlace de sp^2 a sp^3 , acompañada de una reducción del espaciamiento interplanar, el cual no puede ser consumado sin el rompimiento del enlace y el cambio en la naturaleza

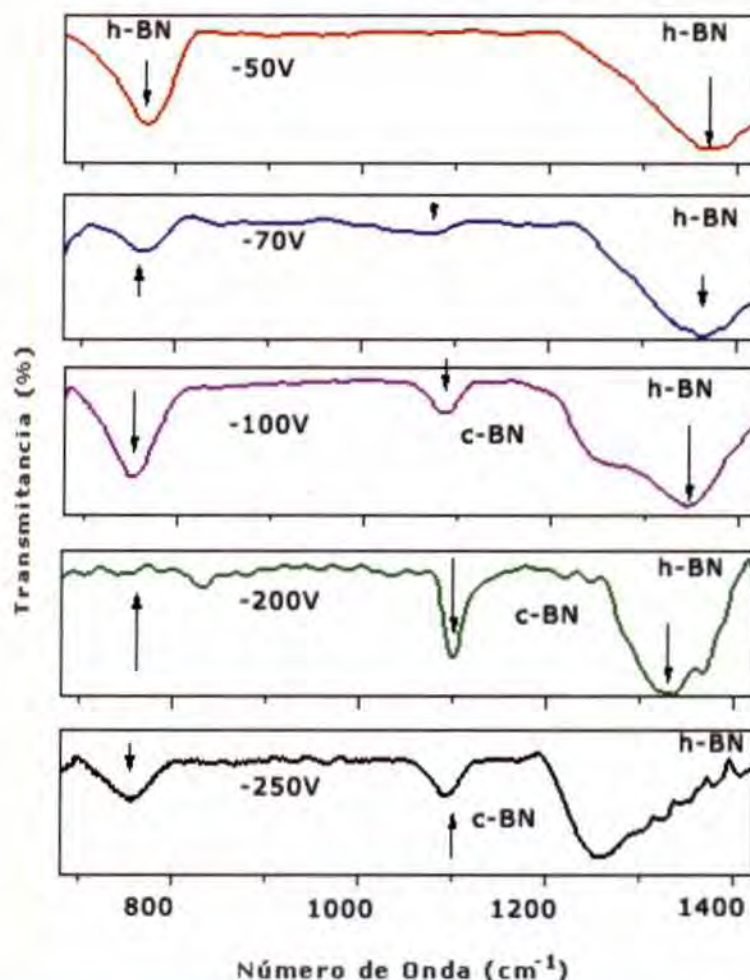


Figura 6. Espectros FTIR de películas de BN con diferentes voltajes de polarización d.c.

necesaria para la formación del c-BN.

La existencia de este voltaje crítico para la formación del c-BN se puede entender considerando cómo el BN se transforma de una estructura

química del mismo⁽⁹⁾. Resulta claro que sin la energía generada en las especies por el voltaje de polarización, las películas de BN crecerían en la estructura h-BN, la cual es de mínima energía y termodinámicamente más estable. Para voltajes de

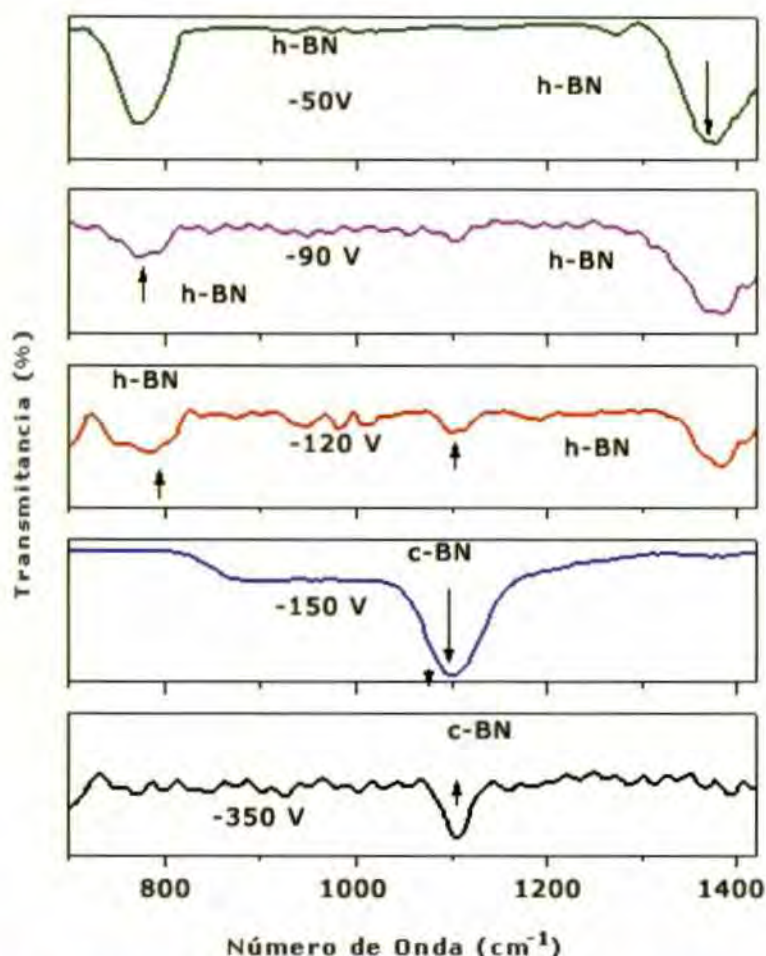


Figura 7. Espectros FTIR de películas de BN con diferentes voltajes de polarización r.f.

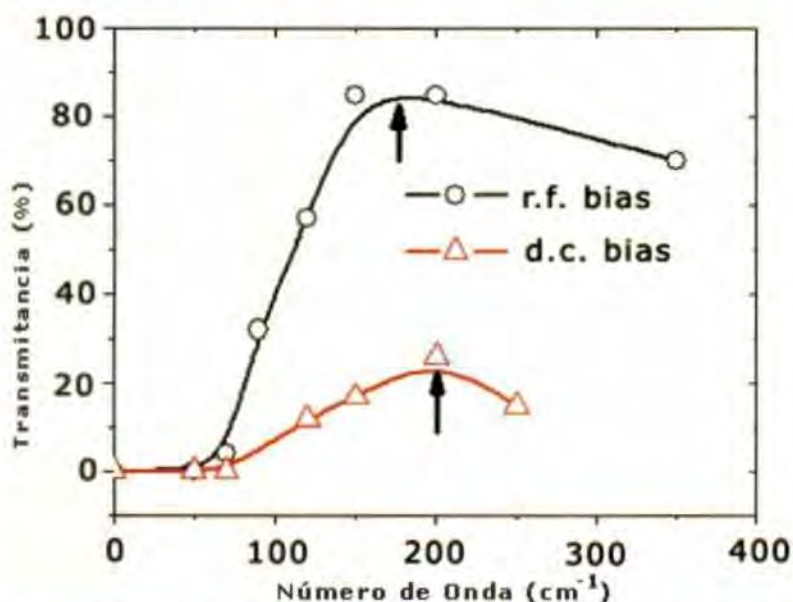


Figura 8. Influencia del voltaje de polarización d.c. y r.f. en la fracción de fase cúbica de películas delgadas de nitruro de boro

polarización entre -70V y -200V, la Figura 6 muestra que la fracción de c-BN en las películas se incrementa hasta un valor máximo, decreciendo rápidamente con incrementos adicionales en el voltaje de polarización. Este comportamiento se puede entender a través del fenómeno de re-sputtering o proceso de pulverización inverso de la película depositada.

Cuando la energía cinética de los iones resultantes es excesiva, el nitrógeno (de característica volátil) se desprende más fácilmente que el boro, resultando en el proceso de re-sputtering, el cual disminuye la concentración de nitrógeno en la película de BN. Se ha reportado la observación de enlaces B-B en películas deficientes de nitrógeno a causa del re-sputtering. Estas condiciones van en detrimento de la formación de c-BN, por el estrecho rango estequiométrico en el que se produce la formación del c-BN; por esta razón, las películas con altos contenidos de c-BN tienden a tener relaciones B/N ($0.9 < B/N < 1.1$) cercanas a la unidad⁽¹⁰⁾.

Análogamente, en la Figura 7 se muestran espectros FTIR correspondientes a películas preparadas con diferentes voltajes de polarización r.f. El pico de absorción alcanza su máximo valor del 85% de c-BN para un voltaje de polarización de -150V r.f., indicando las condiciones más favorables para la formación de esta fase. Allí empieza el proceso de re-sputtering y, con ello, una disminución en el contenido de la fase cúbica del BN. El valor

crítico para la formación del c-BN aparece a -90V .

Dado que el pico de h-BN a 1400 cm^{-1} y el pico c-BN a 1100 cm^{-1} poseen similares coeficientes de absorción, la fracción de fase cúbica en las películas se puede calcular por medio de un ajuste de las bandas a una función tipo Lorentziana. Calculando el área bajo la curva se puede obtener un estimativo de los porcentajes de cada una de las fases (h-BN y c-BN) presentes en la película.

Tras el ajuste sistemático de los espectros, cálculos de áreas y estimados de porcentajes para las dos fases presentes en cada película, en la Figura 8 se presenta el comportamiento de la fracción de fase cúbica, tanto para voltajes de polarización d.c. como de r.f. Aquí, se observan los voltajes de polarización críticos (mínimos) para la formación de la fase de c-BN para ambos tipos de polarización del sustrato (r.f. y d.c.), así como los valores máximos porcentuales de la fase cúbica c-BN de nuestras muestras.

Caracterización morfológica con SEM

La Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) revela la delaminación de las películas de BN crecidas con altos voltajes de polarización, que producen tensiones compresivas en las películas. La Figura 9 corresponde a la micrografía de una película depositada con -350V r.f. y la Figura 10 a una depositada con un Bias de -120V r.f.

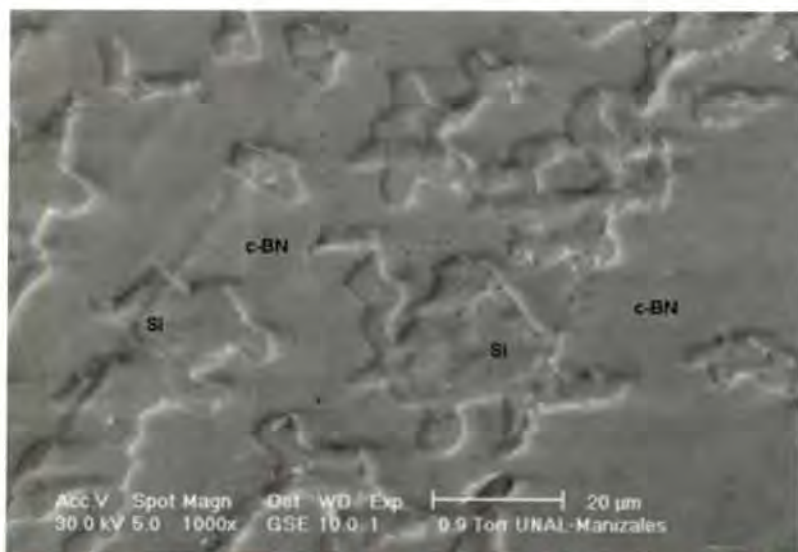


Figura 9. La imagen SEM muestra la delaminación de una película de BN crecida con voltaje de polarización -350V r.f. Escala ($20\text{ }\mu\text{m}$)

Caracterización morfológica con MFA

La micrografía de la Figura 11 corresponde a una imagen de AFM de la película de BN crecida con -200V d.c. y con un contenido de fase cúbica del 25%. En ella, se observan claramente granos de h-BN, rodeados de pequeños granos de la fase c-BN. Estos resultados concuerdan con las

observaciones hechas por Shtansky et al. ⁽¹¹⁾.

Conclusiones

1. Se depositaron exitosamente películas delgadas de nitruro de boro sobre sustratos de Silicio (100) a partir de un blanco de h-BN en una mezcla de argón-nitrógeno. Se identificaron las fases h-BN y c-BN por FTIR,



Figura 10. La imagen SEM muestra la morfología de una película de BN crecida con voltaje de polarización -120V r.f.

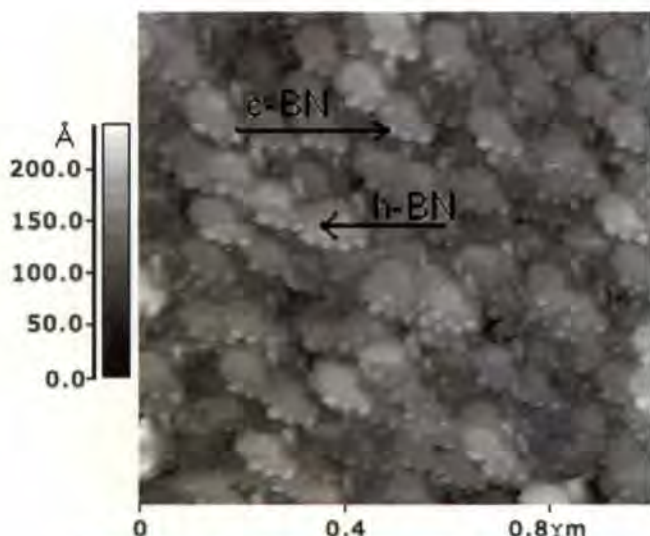


Figura 11. La imagen AFM muestra una película de BN crecida con voltaje de polarización -200V d.c. Escala (1x1 μm)

lográndose una fracción de fase cúbica cercana al 85% con un voltaje bias de -150V r.f.

2. Medidas de FTIR indican que el crecimiento de películas de BN consiste en capas bien definidas con hibridación de enlace sp^2 y sp^3 , y no en una mezcla de las dos fases.
3. Se identificó -100V d.c. y -90V r.f. como voltajes de polarización críticos (mínimos) para la formación del c-BN. El mayor porcentaje de fase cúbica se logró con -200V y -150V para polarización d.c. y r.f., respectivamente.
4. Las medidas de la evolución de la fase con el espesor revelan que el contenido residual de h-BN que aparece en los espectros de FTIR se debe a la capa inicialmente formada en la interfase con el sustrato y a la capa superior que cubre la película.

5. Se puede concluir que el voltaje de polarización del sustrato es el efecto dominante en la formación de la fase de c-BN.

6. Aunque no se realizaron mediciones de tensiones internas, se observó la delaminación de las películas, debido a tensiones

compresivas generadas por el bombardeo iónico con exceso de energía.

Bibliografía

- [1] Ulrich, Lars. Tesis doctoral, Instituto para la Investigación del Plasma, Universidad de Stuttgart, Alemania, 20 de julio 2004.
- [2] Björn, Märlid. Dissertation about Theoretical Modelling of Thin Films Growth in the B-N System. Faculty of Science and Technology, Uppsala University, Sweden. 2001
- [3] W.J., Zhang, C.Y., Chan, I. Bello, S.T., Lee. *CLAPSA 2003*. Deposition and Characterization of Thick c-BN Films Prepared by CVD methods (2003)
- [4] Shuichi, W., Donald, R.W., Phillip, B.A., Kenneth, W.S. and Kazuhisa, M. NASA technical Memorandum 113163. Enero de 1998.
- [5] W.J., Zhang, I., Bello, Y., Lifshitz and S.T., Lee. *MRS Bulletin/March* (2003).
- [6] Ding, X.Z., Zeng, X.T., Ie, H. *Thin Solid Films*, Vol. 429, 1-2(2003) p. 22-27.
- [7] Zhang, X.W., Boyen, H.G., Yin, H., Ziemann, P., Banhart, F. *Diamond and Related Materials* 14 (2005) 1474-1481.
- [8] Osamu Tsuda, Yukiko Yamada, Tsuyoshi Fujii, and Toyonobu Yoshida. *J. Vac. Technol. A* 13(6), Nov/Dic 1995
- [10] Quan Li, Z.F., Zhou, C.S., Lee, S.T., Lee, I., Bello. *Diamond and Related Materials* 10 (2001) 1886-1891
- [11] D.V., Shtansky, Y., Yamada Takamura, T., Yoshida, Y., Ikuhara. *Science and Technology of Advanced Materials*, 1 (2000) 219-225.

Correos de Colombia

ADPOSTAL
Aliamos a todo el mundo!

Llame gratis a nuestras nuevas líneas de atención al cliente

018000-915525
018000-915503

Visite nuestra página web
www.adpostal.gov.co

Seminarios y Servicios de Laboratorios Centro ASTIN 2006

En el Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN del SENA estamos siempre pensando en las necesidades de las empresas de los sectores plástico y metalmecánica, por eso ofrecemos cursos especializados para la formación Complementaria y ocupacional de los trabajadores:

- 
- Afilado de herramientas.
 - Mantenimiento hidráulico en máquinas de transformación de plásticos.
 - Auditorías internas de calidad según norma NTC ISO 9000: 2000.
 - Mantenimiento neumático en máquinas de transformación de plásticos.
 - Construcción de moldes y troqueles con resinas epóxicas
 - Materiales poliméricos y sus características
 - Diseño básico de moldes para inyección de termoplásticos
 - Recubrimientos duros
 - Electroerosionado por penetración e hilo
 - Metrología básica
 - Extrusión de película soplada
 - Metrología específica
 - Extrusión de tubos y perfiles
 - Pruebas y ensayos de materiales metálicos
 - Pruebas y ensayos a materiales poliméricos e interpretación del informe
 - Recubrimientos duros
 - Herramientas estadísticas para el control de la calidad
 - Selección de materiales y tratamientos térmicos
 - Influencia de los aditivos en los materiales poliméricos
 - Inyección de plásticos
 - Interpretación de planos
 - Soldaduras especiales para la reconstrucción de moldes, troqueles y herramientas
 - Tecnología de soplado de cuerpos huecos
 - Manometría, masas y balanzas

Diplomados:

- Gestión metrológica
- Técnicas de ensayo para el control y aseguramiento de la calidad en los procesos del sector metalúrgico y metalmecánico.

Informes:

Centro Nacional ASTIN

Teléfono: 4315855 / 4315800 Ext.1090

Calle 52 #2 bis 15



A su vez, **EL ASTIN** es un Centro de Desarrollo Tecnológico especializado en los campos del diseño, manufactura y gestión de calidad para la transformación de los procesos plásticos y metalmecánicos. Dentro de este marco se encuentran los laboratorios de ensayos y calibración que tienen como política de calidad garantizar la prestación de servicios laboratorios en:

Ensayos a Metales:

- Análisis de composición química a metales
- Ensayo de tracción
- Ensayo de compresión
- Ensayo de flexión

Ensayos Físicos a Polímeros:

- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión a tres puntos
- Resistencia de impacto Charpy
- Resistencia de impacto Izod
- Resistencia a la tracción-impacto
- Resistencia de películas al impacto Gardner
- Resistencia de películas a la tracción
- Resistencia de películas al rasgado Elmendorf
- Coeficiente de fricción estático entre películas
- Porcentaje de contracción de películas termoencogibles
- Índice de fluidez

- Temperatura de reblandecimiento Vicat
- Temperatura de flexión bajo carga Martens
- Durezas por presión de bola. Shore A, Barcol
- Metalografía

Ensayos Químicos a Polímeros:

- Determinación de transiciones térmicas por calorimetría de barrido diferencial.
- Determinación de densidad por el método de inmersión.
- Determinación de cenizas
- Extracción y cuantificación de aditivos en polímeros por el método Soxhlet.
- Prueba de Brushfield.
- Determinación de resistencia a los agentes químicos.
- Determinación del número y espesor de capas de películas.



Metalografía

- Macroataque
- Durezas Rockwell, Brinell, Vickers.
- Microdureza Vickers
- Medición de durezas Rockwell, Vickers en campo con durómetro portátil.

Recubrimientos Duros:

- Deposición de recubrimiento de 4 a 12 micras de TIN, ZrN, CrN, TiAIN y multicapas de estos.
- Medición de espesores y medición de microdurezas HV0.01 de recubrimientos
- Determinación de adherencia



- Medición con equipos digitales.

Asistencia Técnica

- Asesoría a las empresas en las áreas de Metrología, Laboratorios de Ensayo a Materiales Plásticos y Metálicos

Metrología Dimensional

- Calibración de pie de rey
- Calibración de micrómetros.
- Calibración de relojes comparadores
- Medición de acabado superficial.
- Medición en maquina de tres coordenadas.
- Medición con proyector de perfiles.

Informes:**Centro Nacional ASTIN****Beatriz Estela Rueda****Teléfono: 4315800 Ext. 1101****Calle 52 #2 bis 15****¿Desempleado?****- SERVICIO PÚBLICO -
DE EMPLEO****colombianostrabajando.sena.edu.co**

Sistema de Gestión Metrológica:



■ Edgar Marino Pretel Otero
Instructor Laboratorio de Metrología CDT- ASTIN

Una forma de asegurar la calidad

La meta de la mayoría de las organizaciones en Colombia es alcanzar los estándares de calidad que le permitan competir en el mercado mundial. Para lograr dicho objetivo es necesario estudiar continuamente los procesos ejecutados para vislumbrar y analizar las condiciones, tendencias, potencialidades, limitaciones y causas que afectan, positiva o negativamente la productividad de la empresa.

En la búsqueda de la calidad encontramos que la medición es un factor determinante, ya que constituye una herramienta para acercarse al conocimiento de los procesos, que no solo se limita a la recolección de los datos sino que se inserta en un sistema de toma de decisiones. Cuando una organización diseña un conjunto de actividades planeadas y sistemáticas con el objeto de asegurar la confiabilidad de las mediciones, donde interactúan entre sí una serie de elementos tales como: procedimientos, protocolos, planes, procesos, todos en torno a las mediciones, se dice que ha implementado un

SISTEMA DE GESTIÓN METROLÓGICA (SGM).

El Sistema de Gestión Metrológica permite a la Organización:

- Obtener datos exactos tanto en los instrumentos de medición y ensayo, como en los resultados que de éstos se obtienen.
- Planificar con mayor certeza y confiabilidad.
- Tener los elementos necesarios para determinar oportunidades de mejora en los procesos y productos.
- Analizar las situaciones con hechos y datos para la toma de decisiones.
- Conocer a fondo los procesos técnicos, de producción y/o apoyo, para responder con rapidez y acierto a las exigencias del cliente.

Medir adecuadamente es el medio para **GERENCIAR** sobre la base de datos y así, descartar el yo creo, me parece, yo pienso, muchos, pocos, entre otros. Es decir, se debe dejar de lado las opiniones subjetivas y tomar decisiones de acuerdo con las cuantificaciones.



realizadas, por cuanto los datos ayudan a confirmar o replantear la teoría.

Para asegurar en términos metrológicos, es necesario trabajar en el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Revisar las especificaciones o normas relativas a los diferentes procesos.
- Determinar la exactitud de los equipos de medición requeridos en los procesos.
- Elaborar un inventario de los equipos de medición existentes.
- Capacitar al personal profesional y técnico en Metrología.

- Evaluar los costos de adquisición de patrones

- Destinar un lugar para el Laboratorio de Metrología.

CARACTERÍSTICAS DE LA MEDICIÓN

Pertinencia:

Las mediciones practicadas deben ser importantes para los procesos y/o productos, es decir, no se deben realizar mediciones sin objetivo alguno, medir por medir, se debe revisar con periodicidad su pertinencia.

Exactitud:

Es necesario que las medidas tomadas reflejen con fidelidad la magnitud del hecho que se quiere analizar o corroborar. Para lograr una adecuada medición se debe:

- Realizar una buena selección operativa, es decir, definir las características, las unidades, las escalas de medición, el número, las muestras, los cálculos de estimaciones y los errores permisibles.
- Elegir el instrumento de medición con el nivel adecuado de apreciación.

Oportunidad:

La medición es información para conocer a fondo un proceso o producto a fin de tomar decisiones adecuadas; bien sea para corregir o prevenir, por ello la necesidad de contar oportunamente con ella.

Confiabilidad:

La medición no es un acto que se realice una sola vez; por el contrario, es repetitivo y constante. Para estar seguro de lo que se mide y que se han tomado las decisiones acertadas, se debe revisar periódicamente todo el Sistema de Medición de la Organización.

Economía:

Se debe presentar cierta proporcionalidad entre los costos incurridos en las mediciones y los beneficios y relevancia de la decisión que se soporta con los datos obtenidos. Las mediciones deben ajustarse a los criterios de calidad y productividad; de tal manera que adoptar nuevos enfoques y desarrollar capacidades y habilidades para realizarlas, contribuya a disminuir los costos.

En conclusión, implementar un **SISTEMA DE GESTIÓN METROLÓGICA** en una organización, ayuda a conocer en profundidad los procesos, su variabilidad, sus respectivas causas y los mecanismos que se poseen para su control. Este conocimiento es clave para gerenciar los procesos y alcanzar los objetivos planteados.

Referencias:

ICONTEC, Norma 10012-2003
 ICONTEC, Norma ISO 9000-2000
 Pretel, E. y Lenis, G.
Memorias Diplomado en Gestión Metrológica, 2004
 Pretel, E. Notas de Clase



Un compromiso de Calidad



Durante cinco meses, el Centro ASTIN del SENA logró capacitar a ciento veinte funcionarios de la Fuerza Aérea Colombiana en el tema de Implementación y Certificación del Sistema de Gestión de Calidad.

El propósito de dicha formación es lograr que la FAC se convierta en la institución militar de educación superior más prestigiosa en el ámbito nacional como internacional. Para lograrlo es necesario que esta entidad esté certificada en todos sus procesos de investigación y de desarrollo aéreo, para lo cual debe contar

El Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN) del SENA Regional Valle y la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) emprendieron el difícil pero siempre próspero camino hacia la calidad.

con programas académicos acreditados y el talento humano capacitado para ejecutarlos.

Por esta razón, el Centro ASTIN aunó esfuerzos para convertirse en ese ente de apoyo que logrará consolidar la calidad como un factor de vital importancia tanto para la Fuerza Aérea, como para el resto de organizaciones de nuestro país. A través de los cursos cortos, se están dando los primeros pasos para Implementar un Sistema de Gestión de Calidad que ofrece beneficios como:

- Adecuación de los servicios a las expectativas y necesidades de los clientes.
- Disminución de la incertidumbre ante la elección del establecimiento.

- Confianza en la capacidad de respuesta del personal.
- Garantía del servicio.
- Mejoras tanto en el producto como en competitividad.
- Fortalecimiento de la posición negociadora de la empresa frente al resto de los componentes de la cadena de valor.
- Conocimiento de las expectativas de los clientes y su evolución.
- Refuerzo de la motivación del personal y su integración.
- Creación de un instrumento complementario de promoción.

Cada uno de estos beneficios representan las razones suficientes para sentirnos realmente complacidos en apoyar y capacitar al personal de la fuerza Aérea en el camino hacia el mejoramiento continuo y la calidad, cualidades que lograran convertir a la Fuerza Aérea en una entidad colombiana competitiva.





ASTIN

**Centro Nacional
de Asistencia Técnica a la Industria**

*"Transferencia de Tecnología
para el Progreso"*

Calle 52 2Bis - 15 Apartado Aéreo 8053
Tels. (2) 431 58 55 / 431 58 48 Fax: (2) 447 10 75 - 446 71 82
e-mail: astin@sena.edu.co - astin@sena-astin.edu.co
www.sena-astin.edu.co
CALI - COLOMBIA