

Programas de Actividades Curriculares – Plan 94A

Carrera: Ingeniería Mecánica

METROLOGÍA E INGENIERÍA DE CALIDAD

Área: Organización y Producción

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Nivel: 5º año **Tipo:** Obligatoria

Modalidad: Anual

Carga Horaria total: Hs Reloj: 96 Hs. Cátedra: 128

FUNDAMENTACIÓN

En la ORDENANZA Nº 741 del Consejo Superior Universitario de la Universidad Tecnológica Nacional, de febrero de 1994, aprueba el PLAN CURRICULAR de Ingeniería Mecánica (Plan 94). Por otra parte como consecuencia del proceso de Acreditación de las carreras de Ingeniería realizado por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria el Consejo Superior Universitario de la Universidad Tecnológica Nacional, establece la Ordenanza 1027, de agosto de 2004, que adecua el Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Mecánica y ratifica en su Anexo I a la asignatura Metrología e Ingeniería de Calidad, su programa sintético y sus relaciones de correlatividad con otras asignaturas de la carrera.

Dentro de las tareas establecidas para el Ingeniero Mecánico se encuentra el “Estudio, factibilidad, proyecto, planificación, dirección, construcción, instalación, puesta en marcha, operación, modificación, transformación e inspección de: sistemas mecánicos y térmicos, los laboratorios relacionados y los sistemas de control y robótica industrial”. Por otra parte las incumbencias también alcanzan a los estudios y asesoramientos de distinto tipo entre los que se encuentran los relacionados con Higiene, Seguridad Industrial, y Contaminación Ambiental.

De, de los considerandos del PLAN CURRICULAR, surgen una serie de cuestiones importantes relativas al perfil profesional, que se deben tener en cuenta a la hora de proponer una orientación de la asignatura Metrología e Ingeniería de Calidad. En efecto pueden señalarse:

Respecto a la profesión del Ingeniero: "El ingeniero por la esencia de su quehacer, está motivado y formado para crear bienes y servicios. El país necesita reconstruir prácticamente toda su infraestructura básica, que muestra signos manifiestos de obsolescencia y requiere también mejorar e incrementar su aparato industrial sobre bases modernas, técnicamente y económicamente eficientes".

En tal sentido la asignatura bajo análisis puede y debe realizar un aporte a tales objetivos. La necesidad de recuperación del sentido tecnológico en Ingeniería Mecánica, se relaciona entre otros aspectos con un profesional que halla internalizado los conceptos y el valor de EL MUNDO DE LA PRECISIÓN MECÁNICA , ya que es en este campo dónde la tecnología mecánica apoyada por otras tecnologías ha producido los avances más espectaculares. Debe ser entonces una de las misiones de la asignatura.

En este campo el Ingeniero Mecánico debe comprender, ser capaz de concebir y aplicar los sistemas de medición, instrumentales, equipos y demás componentes que permitan sostener el sistema metrológico de referencia de la instalación industrial moderna. No solo es necesario el conocimiento sobre tipos y usos del instrumental comúnmente utilizados, sino fundamentalmente que el profesional cuente con los criterios necesarios para resolver la solución integral de los diversos problemas metrológicos que se presentan en el diseño y la construcción mecánicos.

A modo de síntesis sobre este primer aspecto podría concluirse que el conocimiento del Ingeniero Mecánico sobre Metrología Técnica debe estar enfocado a lograr:

1. El perfeccionamiento de la base científica de las mediciones como campo derivado de la Física y de las leyes de la probabilidad y la estadística.
2. Un criterio de precisión mecánica que permita sustentar las decisiones ingenieriles sobre tolerancias, instrumental y mediciones.

Un segundo aspecto se refiere a las "bases económicamente eficientes" que sin duda constituyó siempre, una de las preocupaciones de los ingenieros fabriles. Hoy, evidentemente, este concepto esta ampliado debido a la complejidad de los mercados, productos y de la innovación tecnológica, que lleva a que las empresas tengan que enfocar una estrategia más allá de la eficiencia. Solo a través de modelos de Calidad Total es posible abordar estos nuevos problemas. Esto involucra nuevos conocimientos y nuevas actitudes de los Ingenieros Mecánicos, que ahora deben comprender problemas y participar en tareas multidisciplinarios. En tal sentido la asignatura debe tener un rol concreto: el conocimiento de los sistemas integrados de calidad y el desarrollo de la capacidad de diálogo en este campo con profesionales de otras disciplinas.

En esta línea el Ingeniero Mecánico debiera comprender acabadamente la idea de sistemas de calidad, lo cual lo lleva a conectarse o retomar el campo de la Organización Industrial. También debe conectarse con conceptos de Estrategias de Calidad Total, dado que en su rol profesional es posible que esté a cargo de la dirección de áreas de calidad debiendo estar en condiciones de encarar la capacitación e inducción de otros sectores de la empresa. Las posibilidades de éxito en la implementación de sistemas de calidad se encuentran condicionadas a la problemática de las relaciones humanas, campo que si bien no específico de la asignatura se relaciona así íntimamente, a través de las personas involucradas en procesos de cambio y mejora continua de procesos productivos y no productivos y la aplicación de otras herramientas tales como los círculos de calidad.

Esta última condición implica también, la necesidad de mejorar las condiciones de comunicación del profesional Ingeniero Mecánico no solo a colegas sino a otros individuos dentro de distintos tipos de organizaciones. En tal sentido contribuye a este aspecto de la formación profesional, la preparación y realización de exposiciones orales y públicas a las que se acude para el tratamiento de algunas temáticas de Ingeniería de Calidad, dentro del diseño de la asignatura.

En lo referente a las técnicas estadísticas, la formación debe realizarse a través del medio informático, desde el diseño y redacción de manuales de calidad, normas y procedimientos, pasando por las bases de datos como los registros de estado de calibración del instrumental, hasta la aplicación de gráficas de control estadístico y de software específico de control de calidad deberán ser lo habitual en particular en las prácticas de Laboratorio de Metrología.

Con relación a la FORMACIÓN PRACTICA el Laboratorio de Metrología, además de encarar un plan de equipamiento en la línea de dotarlo de capacidad no solo académica sino de servicios a terceros, dentro de lo cual la incorporación de algún tipo de máquina de medir por coordenadas debería ser un objetivo de medio plazo, debería replantearse la capacitación de los docentes involucrados a

través de un programa de actualización sistemático. Todo esto permitiría además concretar la acreditación del Laboratorio de Metrología e Ingeniería de Calidad, como laboratorio de calibración.

En síntesis y siguiendo la línea del documento antes citado(Plan 94), esta asignatura debe contribuir directamente al campo de la "JERARQUÍA DE APLICACION" fijada para el Ingeniero Mecánico, pero también debe crear bases sólidas para que el futuro profesional pueda abordar posteriormente la "JERARQUIA DE DESARROLLO".

Metrología e Ingeniería de Calidad brinda una excelente oportunidad para la articulación con el 2º y 3º nivel de Postgrado. La Facultad Regional Buenos Aires ya cuenta con algunos Postgrados que podrían constituirse en los naturales pasos posteriores en la formación profesional del Ingeniero Mecánico dentro del concepto de Educación Permanente, a partir de las bases creadas, por Metrología e Ingeniería de Calidad, entre otras asignaturas. En particular se observa la posibilidad de articulación con la Maestría en Ingeniería de Calidad.

Queda asimismo como propuesta a desarrollar la investigación y el desarrollo de nuevas líneas de investigación y postgrado, con temáticas específicas vinculadas al campo de la Metrología e Ingeniería de Calidad. A modo de ejemplo una vez lograda la acreditación del Laboratorio de Metrología, se abren dos líneas de investigación posibles: La primera se refiere a los procesos de intercomparación de mediciones entre distintos laboratorios acreditados nacionales y extranjeros, con el consiguiente desarrollo de los estudios científicos sobre procedimientos para la determinación de la incertidumbre de medición de casos específicos y su posterior transferencia al medio académico e industrial. En otro sentido es posible apuntalar conocimientos en el campo del control estadístico de procesos.

En síntesis la Metrología dimensional, la Metrología científica, la Metrología legal, los instrumentos y sistemas de mediciones han evolucionado y tienen hoy una función esencial en el desarrollo de todo tipo de desarrollo tecnológico y producciones industriales con particular historia y aplicación en el campo de la ingeniería mecánica desde sus orígenes. La cada vez mayor importancia de los sistemas de calidad en las empresas productivas y de servicios requieren además del ingeniero, un adecuado conocimiento de la filosofía, los sistemas y las herramientas de la calidad. Ambos aspectos de la asignatura cobran aún mayor relevancia en un contexto de globalización de los negocios y de la tecnología aplicada por las industrias. Por tales razones la asignatura ocupa un lugar privilegiado en último nivel del plan de estudios constituyéndose en una de las tecnologías aplicadas de profundo carácter formativo y aplicativo del futuro profesional.

OBJETIVOS

Comprender los sistemas de calidad por sectores y sistemas de calidad total. Aplicar las técnicas de las mediciones de magnitudes mecánicas y las técnicas de control en diversos componentes mecánicos. Transferir los conceptos y herramientas de calidad.

Objetivos específicos establecidos por la Dirección de Cátedra

De contenido:

- Conocer y comprender la ubicación de los conocimientos científico y aplicativo correspondientes a la metrología general y a la metrología mecánica en particular
- Conocer, comprender y aplicar las técnicas correspondientes a la evaluación de la calidad y la confiabilidad del proceso de determinación de las mediciones

- Conocer los sistemas de medición convencionales de la metrología técnica y sus criterios de selección. Aplicar el diseño de los sistemas de ajustes, tolerancias y calibradores para el control de especificaciones dimensionales, de forma y posición y de otros parámetros físicos, relacionados con la producción mecánica
- Conocer, aplicar y resolver problemas vinculados con los sistemas de medición de mayor complejidad aplicados a determinaciones de magnitudes y otros parámetros realizadas en laboratorios de metrología, calibración y otras aplicaciones industriales
- Revisar y explicar la evolución histórica de los sistemas de calidad y el estado del conocimiento actual de los sistemas de gestión de la calidad contemporáneos, comprender el rol del ingeniero de calidad y de la ingeniería de calidad y resolver problemas específicos, aplicando las herramientas de la calidad y del aseguramiento de la calidad
- Conocer y aplicar las bases conceptuales y las técnicas del control estadístico de la calidad

De formación profesional:

- Investigar, resolver, presentar y exponer problemáticas reales referidas al rol del ingeniero de calidad en la industria y los servicios

CONTENIDOS

- Contenidos mínimos

Metrología

- Mediciones y errores (Unidades 1 y 4)
- Instrumentos de medición (Unidades 1 y 3)
- Tolerancias y sistemas de ajuste (Unidad 2)
- Mediciones lineales directas e indirectas (Unidades 1, 3 y 4)
- Errores de forma y posición (Unidad 2)
- Mediciones Angulares (Unidad 3)
- Mediciones de roscas (Unidad 3)
- Medición de ruedas dentadas (Unidad 3)
- Rugosidad Superficial (Unidad 3)
- Verificación de Máquinas herramientas (Unidad 3)

Ingeniería de Calidad

- Definiciones (Unidad 5)
- Sistemas de Calidad (Unidad 5)

- Estadística y probabilidad aplicadas al Control de Calidad (Unidad 6)
 - El control de calidad en procesos de fabricación (Unidad 6)
 - Control de aceptación por atributos (Unidad 6)
 - Control de recepción por variables (Unidad 6)
 - Concepto de Calidad Total. Filosofía (Unidad 5)
- Contenidos analíticos

UNIDAD TEMÁTICA 1: **INTRODUCCION A LA METROLOGIA E INGENIERIA DE CALIDAD: Ubicación de la metrología en el campo del conocimiento:** ¿qué es la metrología?, los mundos de la experiencia y la metrología; Los fundamentos de la metrología: ¿ qué es medir?. **Organización y regulación nacionales e internacionales:** organismos técnicos y normativos a nivel nacional e internacional; Vocabulario y conceptos básicos. **Características de los sistemas de medición:** sistema generalizado de medición; el error de medición; el resultado de la medición; métodos básicos de medición: Método de indicación directa o deflexión, Método de comparación, Método diferencial; análisis comparativo entre los tres métodos. **Parámetros de los instrumentos de medición:** faja de indicación o alcance, faja o intervalo de medición, valor de una división de la escala, resolución, error sistemático, tendencia, corrección, repetibilidad, característica de respuesta nominal, característica de respuesta real, curva de error, , error máximo, sensibilidad, histéresis. **Concepto de incertidumbre de medición:** fuentes de la incertidumbre de medición, minimización de la incertidumbre de medición, modelización correcta del sistema de medición. **Causas comunes de errores de medición:** errores por el instrumento o equipo de medición. Errores del operador o del método de medición: de calibración. de fuerza de medición. de selección del instrumental. por puntos de apoyo. por método de sujeción, de paralaje, de posición, por desgaste, por condiciones ambientales. **Selección correcta del sistema de medición. Calibración del sistema de medición:** evaluación de las condiciones de operación de un sistema de medición.

UNIDAD TEMÁTICA 2: **LAS TOLERANCIAS Y AJUSTES EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS**

Causas comunes de errores en los procesos productivos: errores por: factor humano, estado y aptitud de la máquina herramienta. Características de los dispositivos de sujeción. Dimensión, homogeneidad y rigidez de la pieza, calibres y elementos de control. Consecuencias de primer orden o previsible. Consecuencias de segundo orden o no previsible. Errores groseros. **Sistema de tolerancias ISO:** tolerancias, diseño, fabricación y control. Tolerancias ISO y ajustes, generalidades y abreviaturas, tolerancias y diferencias. Representación gráfica. Tolerancias fundamentales ISO: unidad internacional de tolerancia, calidad IT. **Tipo de ajustes:** sistemas de agujero único y de árbol único. Selección de ajustes: estudio técnico-económico para la selección del sistema de ajuste. Diferencias admisibles para medidas sin indicación de tolerancia. **Tolerancias de forma y posición. Casos especiales de ajustes y tolerancias:** método de Sawin para ajustes de piezas prismáticas. Determinación del ajuste pistón-cilindro en un motor de combustión interna

UNIDAD TEMÁTICA 3: **CARACTERIZACION METROLOGICA DE LOS SISTEMAS DE MEDICION Y SU APLICACIÓN EN PROBLEMAS DE METROLOGIA DIMENSIONAL. PROBLEMAS GENERALES DE METROLOGIA DIMENSIONAL.** Clasificación de los instrumentos y aparatos de medición en metrología dimensional. Características metrológicas de los sistemas de mediciones en metrología dimensional: Mecanismos y principios básicos de los instrumentos de medición, vernier, tornillo micrométrico, ley de Abbe, otras consideraciones constructivas y criterios de

selección del instrumental. **Instrumental convencional y procedimientos para la determinación de distancias:** entre centros de agujeros, diámetros externos e internos, alturas, espesores y profundidades. **Empleo de calibradores fijos para control de producción:** usos y tipos de calibradores de límites: fabricación, inspección, recepción. verificadores. Precisión de ejecución, resistencia al desgaste. Principios de diseño: principio de Taylor. diseño y verificación de calibres fijos pasa-no pasa, para diámetros y roscas interiores y exteriores. **Determinación de errores de forma y posición:** perpendicularidad, planitud, paralelismo, coaxialidad, redondez. **INSTRUMENTAL PARA LABORATORIOS Y SALAS DE MEDIDA: Bloques calibradores:** tipos y calidades, medida y verificación, uso, cuidados, precisión, planitud y paralelismo, calidad superficial, dureza y resistencia al desgaste, coeficiente de dilatación térmica, indeformabilidad a través del tiempo, accesorios y aplicaciones. **Mediciones interferométricas:** principios físicos, aplicación a la metrología: planitud, paralelismo, medición de longitudes. Ensayo de planicidad. Verificación del perfil. Interferómetros ópticos: interferómetro de planicidad, .interferómetro de longitudes tipo NPL. **Máquinas de medir:** tipos, manuales, motorizadas, con ordenadores. Principio de la técnica de medición por coordenadas. Comparación con la técnica de medición convencional. Estructuras constructivas. Causas de error: específicas y no específicas de la máquina. Efecto combinado de errores en el espacio. Modelo matemático de los desvíos específicos. **PROBLEMAS ESPECIFICOS DE METROLOGIA DIMENSIONAL. Medición de máquinas herramientas:** concepto general del control de máquinas herramientas, normas de verificación: verificación geométrica y ensayo práctico. Aplicación a distintos tipos de máquinas herramientas. Niveles de precisión, autocolimadores, **Medición de engranajes:** medición del paso, diámetros, cota sobre rodillos, excentricidad, espesor cordal, cota entre varios dientes(cota W). **Mediciones de roscas:** Definiciones de la geometría de una rosca, diámetro medio, diámetro mayor y menor, paso, semiángulo, altura del triángulo fundamental, sistemas más comunes de roscas: métricas, Whitworth, unificada, API. Sistemas de tolerancias y ajustes para roscas. Diseño de calibradores fijos para roscas. Medición de roscas mediante instrumentos de medición, comparadores ópticos y máquinas de medir: método de los tres alambres. **Mediciones angulares:** medición de conos interiores y exteriores y otras magnitudes angulares mediante rodillos. Regla y mesa de senos. Aplicación de los comparadores ópticos: Rugosidad **superficial:** simbología y conceptos de rugosidad, desvíos de distintos órdenes. Definición de parámetros principales: rugosidad media aritmética, rugosidad media cuadrática, rugosidad total, superficie portante. Longitud de prueba y longitud de integración. Medición mediante réplicas. Estudio de los perfilogramas. Rugosímetros y patrones de rugosidad. **Comparadores y sistemas electrónicos:** ventajas y aplicaciones. **Comparadores neumáticos:** ventajas, calibración, empleo, precauciones. **Instrumentos De medición de masa y presión. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

UNIDAD TEMÁTICA 4: CALIDAD Y CONFIABILIDAD DE LAS MEDICIONES

Expresión de la incertidumbre de medición: concepto de incertidumbre y de incertidumbre de medición. Incertidumbre estándar. Incertidumbre estándar combinada. Incertidumbre expandida. Métodos de evaluación: Tipo A y tipo B. Factor de cobertura. Fuentes posibles de la incertidumbre. Relación de la incertidumbre con las fuentes sistemáticas y aleatorias de los errores. Naturaleza probabilística y estimadores de la incertidumbre. **Evaluación de la incertidumbre en laboratorios de calibración: expresión de la incertidumbre en los certificados de calibración del instrumental:** - Función del mensurando o magnitud de salida. Tratamiento de datos de entrada: series de medición-valor únicas y magnitudes de influencia. Cálculo de los datos de salida: resultado y varianza. Cálculo de la incertidumbre total de medición. Indicación de las incertidumbres: especificación y enunciado en el certificado. Guía practica para el cálculo de incertidumbre de medición. **RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

UNIDAD TEMÁTICA 5: GESTIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Evolución del concepto de calidad e ingeniería de calidad: las cuatro etapas: inspección-control estadístico-aseguramiento de calidad (ISO 9000)-Estrategia de calidad total (TQM) **Sistemas de calidad:**. Definiciones: control de calidad Control total de la calidad. Sistema de calidad. Sistema de aseguramiento de calidad. Gestión de la calidad. Gestión de la calidad total. **Control de calidad:** características de calidad real y sustituta. Calidad de diseño. Calidad de aceptación o de conformidad. Rol del ingeniero de calidad. Sistemas de control específicos: control del nuevo diseño. Control de materiales adquiridos. Control del proceso. Despliegue de la función calidad: ingeniería simultánea. Técnicas para el control del nuevo diseño. Técnicas para el control del proceso. **Gestión y herramientas de la calidad total (TQM):** Premio Nacional a la Calidad. Premio Malcon Baldrige: criterios de evaluación. Referentes de la calidad: Juran, Deming, Crosby. Análisis comparativo entre los enfoques de calidad de Japón, EEUU y Europa. Especificaciones y costos de calidad: costos de evaluación, costos de prevención, costos de fallas internas, costos de fallas externas. Mejora continua. Técnicas de mejora continua: ciclo PDCA de Deming. Diagrama causa - efecto. Graficas de control. Benchmarking. Brainstorming. Círculos de calidad. Diagrama de flujo de proceso. Análisis de Pareto. *Resolución de casos y problemas de calidad.* **Aseguramiento de calidad: el sistema ISO 9000:** fundamentos y utilización. Análisis e interpretación de las cláusulas de ISO 9000: responsabilidad gerencial. Sistema de calidad. Revisión del contrato. Control del diseño. Control de documentos. Compras. Productos suministrados por el comprador.. Identificación y rastreabilidad de los productos. Control de procesos. Inspección y ensayos. Equipos de inspección, medida y ensayo. Estado de inspección y ensayo. Control de productos no conformes. Acciones correctivas. Manejo, almacenamiento, empaque y despacho. Registros de calidad. Auditorías internas de calidad. Implementación: requisitos previos, planes y manual de calidad, relevamiento y redacción de procedimientos e instrucciones de trabajo. Implementación: auditoría interna y certificación. ISO 9000-2000: enfoque y diferencias con la serie ISO 9000. **Requisitos generales para la acreditación de la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración: ISO / IEC 17025 (IRAM 301)** requisitos relativos a la gestión: organización, sistema de calidad, control de la documentación, revisión de los pedidos, ofertas y contratos, subcontratación de ensayos y de calibraciones, compras de servicios y suministros, servicios al cliente, quejas, control de trabajos de ensayos o de calibraciones no conformes, acciones correctivas, acciones preventivas, control de los registros, auditorías internas, revisiones por la dirección. Requisitos técnicos para la acreditación: generalidades, personal, instalaciones y condiciones ambientales, métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos, equipos, trazabilidad de las mediciones, muestreo, manipuleo de los items de ensayo o de calibración. Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración. Informe de los resultados **Normas y normalización:** objeto-principios básicos-espacio de normalización-principios científicos-aspectos fundamentales-metodología.

UNIDAD TEMÁTICA 6: CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

El diagrama de control: causas fortuitas y causas atribuibles de la variación de la calidad. Base estadística del diagrama de control: principios básicos, selección de los límites de control, tamaño muestral y frecuencia de muestreo. Subgrupos racionales. Análisis de los patrones en diagramas de control. Ejercicios aplicativos. **Diagramas de control para atributos:** diagrama de control para la fracción de disconformes(diagrama p): desarrollo y empleo. Función característica de la operación. Diagramas de control de disconformidades (diagrama c) . Procedimientos con tamaño muestral constante: función característica de la operación. Ejercicios de aplicación. **Diagramas de control de variables:** diagramas de x y r: base estadística. Desarrollo y uso. **Capacidad de proceso.** Interpretación de los diagramas x y r. Función característica de la operación. Diagrama de control de x y s. Gráficas de control para unidades individuales. Ejercicios de aplicación. **Muestreo de aceptación:** problema del muestreo para aceptación: ventajas y desventajas del muestreo. Tipos de planes de muestreo. Directrices sobre el uso del muestreo. Planes de muestreo simples por atributos: definición del plan y curva característica de la operación. Efectos de los tamaños de los lotes. Ejercicios de aplicación

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Compain L. (1974). Metrología de Taller. Bilbao. Editorial: .Urmo.

Normas Din: 7150-7151-7157-7168-7182-7184

Ishikawa, Kaoru. (1994). ¿ Qué es control total de calidad. La modalidad Japonesa. Colombia. Editorial: Norma.

Chase, Aquilano y Jacobs. (2000). Administración de Producción y Operaciones, Manufactura y Servicios. Colombia. Editorial: Irwin-Mc Graw Hill.

Montgomery, Douglas. (1993) Control Estadístico de la Calidad. Cap1: El Aseguramiento de la Calidad en el entorno moderno de la Administración. 3 Ed. USA. Editorial: Linusa.

Figliola, Richard & Beasley, Donald. (2003) Mediciones Mecánicas. 3ra Edición, México Editorial: Alfaomega.

Vocabulario De Metrologia Legal-Términos Fundamentales-Oiml (1981). Argentina Editorial:INTI.

Metrología Manual De Implantación, Normalización y Control de Calidad Ansi/Iso/Asqcq900 . (2002) México. Editorial: Limusa.

Kennedy, John & Neville Adam. (1982). Estadística para Ciencias e Ingeniería. 2da. Ed. México. Editorial: Harla.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Forastieri,Juan. (2000). Expresión de la Incertidumbre de Medición. Buenos Aires Mimeo, Inédito.

Iram. Normas De Verificación De Geométrica Y Ensayo Práctico De Máquinas Herramientas

Trapet Eugen& Franz Waldele. (1991). Aseguramiento de calidad para máquinas de medir por coordenadas. España. Seminario del Centro Español de Metrología.

Feigenbaum, A. V. (1991). Control Total de la Calidad. Ingeniería y Administración. México. Editorial: CECSA.

Cole, Robert. (1994). Comparative Perspective On U.S. And Japanese Quality System. Seminario Internacional. Ipace. Bs. As.

Fuhr ,Hort. (1994). El camino que va desde el "control de calidad hasta la gestión total de la calidad. Una apreciación Europea. Seminario Internacional. Ipace.Bs. As., 1994.

Gonzalez Gonzales, Ramon y Zeleny Vazquez, Carlos. (2003). Metrología. 2da Edición México. Editorial: Mc Graw Hill.

Normas Iram: 5001 A 5017

Collet y Hope. (1976). Mediciones en Ingeniería. Barcelona. Editorial: Gustavo Gilli.

Beckwith &Marangoni& Lienhard. (1982). Mechanical Measurements. USA. Editorial: Pearson Education.

Harlow &Thompson. (2003).Fundamentals Of Dimensional Metrology. EEUU. Editorial: Thompson.

Schroeder, Roger. (1995). Administración de las Operaciones. 3ra.ed. Mexico. Editorial: Mc Graw hill.

Brocka Bruce & Brocka M. Suzanne. " Quality Management(Gestión De La Calidad). Bs. As. Editorial: Vergara.

Crosby, Philip (1991). Calidad Sin Lagrimas . Mexico. Editorial: Cecsa.

Villalba, Diego. Apuntes de Cátedra.