



1  
620.0044  
BAY  
F.2



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Diagnóstico del Sistema de Medición y elaboración del Modelo  
de Aseguramiento de Calidad de Equipos de Medición en  
Fundiciones Nacionales S.A.”

### TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

### INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Iván Enrique Bayona Bonilla

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2001



## AGRADECIMIENTO



CIB-ESPOL

Un agradecimiento especial al Ingeniero **JULIAN PEÑA ESTRELLA**, Director de Tesis, por su invaluable ayuda y al Ingeniero **ALEX MALO HUNGRIA**, Director del proyecto ISO 9000 de FUNASA, por su colaboración para la realización de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Para Arnaldo,

Azucena,

Jessell,

Ivan Andrés,

José Luis

Emilio

Guillermo

Y Rafael.



CIB-ESPOL

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Jorge Duque R.  
DELEGADO DEL DECANO  
DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



CIB-ESPOL

---

Ing. Julián Peña Estrella  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Edmundo Villacís M.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta  
Tesis de Grado, me corresponden  
Exclusivamente; y el patrimonio intelectual de  
la misma a la ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



CIB-ESPOL

Iván Enrique Bayona Bonilla

## RESUMEN

Este trabajo contiene dos partes:

1. Un diagnóstico del sistema de medición y un diagnóstico del control actual de los equipos de medición de la compañía Fundiciones Nacionales S.A.; mediante la utilización de cuestionarios, herramientas analíticas y estadísticas.
2. La planeación y elaboración de un sistema de control de equipos, sobre la base del modelo de aseguramiento del sistema de control de equipos de medición ISO 10012.

En el capítulo I se describe brevemente a la empresa Fundiciones Nacionales S.A. y el proceso productivo identificando los equipos de medición utilizados.

En el capítulo II se tratan los fundamentos de los sistemas de aseguramiento de calidad desarrollados por la Organización Internacional de Normalización ISO y el importante rol que cumple la metrología dentro de todos los sistemas de control. Se describe como funciona un sistema generalizado de medición



y los principales tipos de errores que existen al realizar mediciones. Se describen las actividades de una confirmación metrológica.

El capítulo III trata sobre las técnicas empleadas para realizar un diagnóstico de la función metrológica de la empresa y además los requisitos más importantes de la norma ISO 10012.

El capítulo IV trata sobre la ejecución del diagnóstico del sistema de medición, fundamentado en el análisis de las variaciones de las mediciones denominada ANOVA. Se analizan los aspectos que afectan a los equipos de medición que no cumplen con los requerimientos de calidad.

El capítulo V contempla el Manual del Control de equipos de medición siguiendo los lineamientos de la norma ISO 10012 – Parte 1. Esta parte incluye la determinación de normas nacionales o internacionales que sirvan de base en la elaboración de procedimientos, y la elaboración propiamente dicha del uso, verificación, calibración y mantenimiento de los equipos de medición.

Al final se realizan las conclusiones y recomendaciones del sistema de medición, del control del proceso, de los beneficios del nuevo sistema de control y de la futura implantación del sistema de control de equipos, con el objeto de dar una ventaja competitiva a FUNASA.



## ÍNDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN .....	I
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGIA.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INTRODUCCION.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. ANTECEDENTES DE FUNASA</b>	
1.1 Breve descripción de la empresa .....	3
1.2 El proceso de producción de FUNASA.....	4
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. BASES METROLOGICAS</b>	
2.1 Sistemas de aseguramiento de calidad .....	6
2.2 La función metrológica dentro del Aseguramiento .....	9



CIB-ESPOL



2.3	Sistema Generalizado de Medición .....	11
2.4	Errores de medición. ....	17
2.5	Confirmación metrológica .....	19
2.5.1	Calibración estadística .....	22
2.5.2	Cálculo de la Incertidumbre .....	23

### CAPÍTULO 3

#### 3. METODOLOGIA DE TRABAJO.

3.1	Diagnóstico del Sistema de Control .....	31
3.1.1	Conocimiento de la función metrológica .....	32
3.1.2	Verificación del Sistema de Calidad .....	33
3.2	Diagnóstico del Sistema de Medición .....	36
3.2.1	Análisis de la varianza .....	39
3.3	Elaboración del Manual de Calidad .....	48
3.3.1	La Norma ISO 10012 .....	48



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

### CAPÍTULO 4

#### 4. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCION METROLOGICA DE FUNASA

4.1	Diagnóstico del Control del proceso .....	51
4.1.1	Diagrama de control .....	53
4.1.2	Probabilidad y estadística .....	60
4.2	Diagnóstico del Sistema de medición .....	65
4.2.1	Anova del Espectrómetro .....	66

4.2.2	Anova de la Balanza de chatarra .....	69
4.2.3	Anova de la Balanza de Cesta .....	74
4.2.4	Anova de la Balanza de Ferroaleaciones .....	77
4.2.5	Factores que influyen en el sistema de medición .....	81
4.3	Diagnóstico del control de equipos de medición bajo la Norma ISO 10012 .....	81

## CAPÍTULO 5

### 5. MANUAL DE CONTROL DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.

5.1	Introducción .....	86
5.2	Objetivo, Alcance y Responsabilidad .....	86
5.3	Guía del Manual .....	87
5.4	Definiciones .....	89
5.5	Características e Identificación de Equipos .....	94
5.6	Recepción, Manipulación y Almacenamiento .....	95
5.7	Condiciones Ambientales .....	97
5.8	Protección de las Instalaciones .....	99
5.9	Integridad de los equipos.....	100
5.10	Sistemas de Confirmación .....	102
5.11	Rotulado de la Confirmación .....	106
5.12	Trazabilidad de los Estándares de Medición .....	108
5.13	Equipos de Medición no Conformes .....	110
5.14	Auditorías y Acciones Correctivas .....	111



CIB-ESPOL

5.15 Personal de Equipos .....	115
5.16 Control De Los Registros .....	118
5.17 Uso De Los Servicios Externos .....	120
5.18 Planeación .....	122
5.19 Uso de Equipos de Medición .....	125
5.20 Calibración de los Equipos .....	128
5.21 Mantenimiento de los Equipos .....	155

## CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	162
---	-----

ANEXOS.

BIBLIOGRAFIA.



**CIB-ESPOL**

## ABREVIATURAS

A : Jefe de Gestión de Calidad.

B: Supervisor de calidad.

C: Supervisor de verificación.

D: Inspector de calidad.

E: Laboratorista.

F: Método de formación

G: Interno.

H: Externo.

X: Obligatorio

O: Altamente deseable.



CIB-ESPOL

## SIMBOLOGÍA

- Uy: Incertidumbre estándar combinada,
- Ux: Incertidumbre de la media de la población muestral,
- Ue: Incertidumbre de la calibración,
- Ua: Incertidumbre de la clase de instrumento y
- Um; Incertidumbre debido a la influencia del medio.
- Ue: Incertidumbre del patrón tomado del certificado
- a: exactitud relativa a la clase del instrumento
- X: media de las “n” mediciones
- Sx: Desviación estándar de la media poblacional de las n mediciones
- K: factor de la Incertidumbre de la calibración
- F.C.: Factor de Corrección
- LCS: Límite de Control Superior
- LCI: Límite de Control Inferior
- V.N.: Valor Nominal
- A2: factor del Diagrama de control
- Cp: Capacidad del proceso
- Cpk: Capacidad real del proceso



CIB-ESPOL

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1	Proceso productivo de la Palanquilla de Acero ..... 5
Figura 2.1	Sistema Generalizado de Medición ..... 13
Figura 2.2	Parámetros que influyen en las mediciones ..... 19
Figura 2.3	Esquema de Confirmación metrológica ..... 21
Figura 4.1	Identificación de Defectos Superficiales ..... 54
Figura 4.2	Gráficas de control para el carbono..... 59
Figura 4.3	Factores que afectan la Balanza de Cesta ..... 83
Figura 5.1	Confirmación Metrológica ..... 104
Figura 5.2	Rotulado de los equipos ..... 107
Figura 5.3	Equipos fuera de Uso ..... 107



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Actividades del Sistema de Calidad .....	7
Tabla 2	Modelos de Aseguramiento de Calidad .....	8
Tabla 3	Correspondencia entre los elementos de un sistema de Calidad .....	10
Tabla 4	Patrones de Verificación del Espectrómetro .....	39
Tabla 5	Datos del Espectrómetro .....	40
Tabla 6	Datos para el Carbono .....	41
Tabla 7	Medición del Carbono por días de producción .....	45
Tabla 8	ANOVA para el Carbono .....	46
Tabla 9	Composición Química de Aceros al Carbono .....	52
Tabla 10	Valores de Defectos Superficiales .....	53
Tabla 11	Datos para Gráficas de Control .....	55
Tabla 12	Diagnóstico del Sistema de Medición del Espectrómetro .....	66
Tabla 13	Medición del Manganeso por días de Producción .....	67
Tabla 14	Medición del Silicio por días de Producción .....	67
Tabla 15	ANOVA para el manganeso .....	68
Tabla 16	ANOVA para el silicio .....	68
Tabla 17	Resultados para el Espectrómetro .....	69
Tabla 18	Pesas Patrón de FUNASA .....	69
Tabla 19	Datos para la Balanza de Chatarra .....	70
Tabla 20	Diagnóstico del Sistema de Medición de Balanza de Chatarra .....	70
Tabla 21	Datos de Balanza por posición .....	72
Tabla 22	Datos para la Balanza de Cesta .....	75
Tabla 23	Diagnóstico de la Balanza de Cesta .....	76
Tabla 24	Pesas patrón B.....	77
Tabla 25	Datos para la Balanza de Ferroaleaciones .....	78
Tabla 26	Diagnóstico de la Balanza de Ferroaleaciones .....	78
Tabla 27	Datos por día en Balanza de Ferroaleaciones .....	79
Tabla 28	Anova de Balanza de ferroaleaciones por días .....	80
Tabla 29	Resumen del Diagnóstico del Sistema de Medición .....	82
Tabla 30	Relación entre Manual y la norma ISO 9002 .....	88
Tabla 31	Patrones de Calibración del Espectrómetro .....	108

Tabla 32	Pesas Patrón A y B .....	109
Tabla 33	Lista de Verificación para Auditorías de Equipos .....	112
Tabla 34	Requisitos de Formación del Personal de Equipos .....	117
Tabla 35	Registro del Sistema de Aseguramiento de Equipos .....	119
Tabla 36	Frecuencia de Calibraciones .....	123
Tabla 37	Calendario de Auditorías de Equipos .....	124
Tabla 38	Errores máximos permitidos Balanzas exactitud media III ..	130
Tabla 39	Valores recomendados para Ensayo Excentricidad .....	131
Tabla 40	Errores máximos permitidos .....	133
Tabla 41	Valores Seleccionados para pruebas de carga .....	133
Tabla 42	Incertidumbre para calibraciones E.M.T .....	148



CIB-ESPOL



Ts: Tolerancia Superior

Ti: Tolerancia Inferior

V.A. : Varianza Acumulada

T: Estadística de prueba de Student

Xc: Estadística de Prueba Ji Cuadrada

Fc: Estadística de prueba de Fisher

Ho: Hipótesis Nula

g.l.: grados de libertad

F. Total: Factor total

Fcolada: Factor de colada

F error: Factor del Error

Tcarbono: Tolerancia del carbono

V total: Varianza Total

V error: Varianza del error

V proceso: Varianza del proceso

V Sist. Med.: Varianza del Sistema de Medición



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## INTRODUCCION

En las organizaciones, las oportunidades de mejora son identificadas inmediatamente si se las realizan como resultado de un análisis estadístico obtenido a través de equipos de medición confiables.

Adversamente, realizar malas mediciones pueden significar a las organizaciones productos fuera de especificaciones, pérdidas de materia prima y tiempo de producción, duplicidad de inspecciones, re-procesos del producto, quejas de los clientes, descuentos adicionales por productos no conformes, indemnizaciones a clientes, anulación de pedidos y algunas veces significan la pérdida definitiva de clientes y de proveedores. En términos económicos malas mediciones significan pérdidas de dinero en miles de dólares por año.

Los sistemas de medición juegan por lo tanto; un papel estratégico en el desarrollo de la Ingeniería de la Calidad y el Control estadístico de todo proceso productivo.

Fundiciones Nacionales SA. posee una variedad de equipos de medición para la compra, proceso productivo y determinación de características del producto; en su orden posee Balanzas, Calibradores Pie de Rey, Termocuplas para detección de temperaturas mayores a 1.500° centígrados, Manómetros, Medidores de Flujo, Espectrómetros de medición

de contenido metálico entre otros. Uno de los objetivos de calidad de esta empresa es mantener un sistema confiable para el control de las mediciones que afectan la calidad y a su economía.

Estas condiciones permiten realizar en la compañía Fundiciones Nacionales SA. un trabajo para diagnosticar el sistema de medición de sus principales equipos a través estudios experimentales utilizando la herramienta estadística denominada Análisis de la varianza y la elaboración de un Manual de Aseguramiento de la Calidad para los Equipos de Medición, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 10012.

Diseñar estratégicamente experimentos que generen información para toma de decisiones sobre equipos, aplicando un conocimiento estadístico a nivel superior e implementar un sistema de aseguramiento en la calidad de equipos de medición siguiendo la norma ISO 10012 es inédito en la industria ecuatoriana y sirve de modelo cuando se proponga diagnosticar la calidad en los resultados de los equipos en una organización o cuando se tenga el interés de mantener un sistema confiable de calidad de los resultados de medición.

# CAPITULO 1

## 1. ANTECEDENTES DE FUNASA.



CIB-ESPOL

Este capítulo versará muy brevemente aspectos de Fundiciones Nacionales S.A., empresa que permitió el desarrollo del presente trabajo y aspectos relacionados a su proceso productivo.

### 1.1 Breve descripción de la Empresa.

Fundiciones Nacionales S.A. es una empresa ecuatoriana, ubicada en las orillas del Río Guayas, en la ciudad de Guayaquil. Forma parte del Complejo Siderúrgico ANDEC / FUNASA, quien se ha mantenido como líder en el mercado de productos de acero de la industria metal mecánica.

Fundiciones Nacionales S.A. (FUNASA) produce anualmente alrededor de 50.000 toneladas de palanquilla de acero y provee de este producto a su cliente Acerías Nacionales del Ecuador S.A. (ANDEC) para su transformación en productos finales de acero

como varillas, ángulos, alambón, barras cuadradas, platinas, ángulos y electromallas.

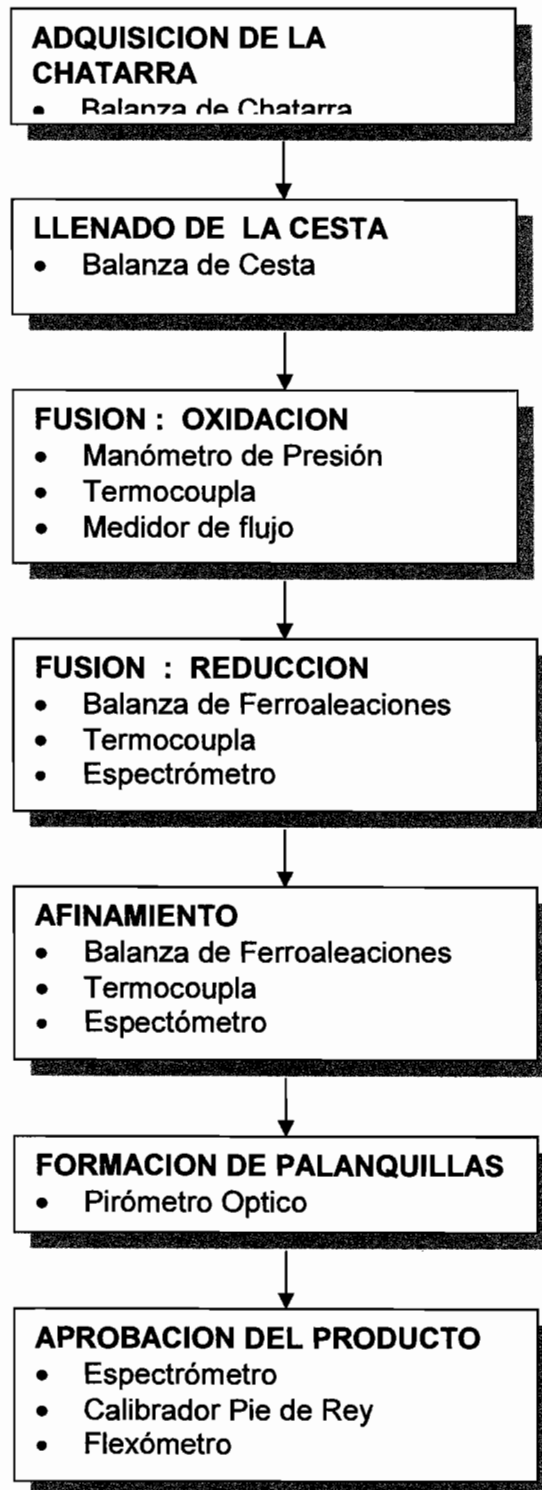
Fundiciones Nacionales S.A. está conformada desde el año 1.974 por varios accionistas, siendo su principal accionista la Dirección de Industrias del Ejército (DINE), seguido por PETROECUADOR. Cuenta con ochenta colaboradores entre personal administrativo, técnico y de planta.



## **1.2 El Proceso de Producción de la Palanquilla de Acero.**

CIB-ESPOL

El proceso productivo de la Palanquilla de Acero es un proceso químico muy complejo cuya materia prima principal es la chatarra de hierro la cual alcanza temperaturas superiores a 1600° centígrados, donde también intervienen en menor proporción otros elementos como cal, el ferrosilicio, el ferromanganeso y cuyo producto terminado es la palanquilla de acero de acuerdo a la norma INEN 105: 19731.973. Lo extenso de este trabajo no nos permite describir paso a paso el proceso productivo; sin embargo, en la figura No. 1.1 se muestra en forma esquemática la secuencia de sus principales actividades e incluye en cada una, los equipos de medición utilizados para control o para medición de alguna característica del producto.



**Figura No. 1.1** Proceso productivo de la Palanquilla de Acero

# CAPITULO 2

## 2. BASES METROLOGICAS



CIB-ESPOL

Este capítulo contiene algunos conceptos de sistemas de aseguramiento de calidad que servirán para interpretar de una mejor manera todos los temas posteriormente tratados.

### 2.1 Sistemas de Aseguramiento de Calidad.

Un sistema de calidad tiene como objetivo integrar todos los elementos que influyen en la calidad del producto o servicio suministrado por una organización.

La calidad debe comenzar en el diseño del producto cuando los requisitos del cliente y del mercado son identificados. Igualmente la calidad debe continuar a lo largo de otras fases como en el desarrollo y en la fabricación del producto, incluso en su entrega

evaluando la respuesta del consumidor en una clara retroalimentación de sus necesidades.

**Tabla 1**  
**ACTIVIDADES DEL SISTEMA DE CALIDAD**

ACTIVIDADES DE PLANIFICACION	ACTIVIDADES DE CONTROL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asesorar a la dirección sobre la política de calidad.</li> <li>• Análisis de los requisitos de los clientes</li> <li>• Formulación de las especificaciones de diseño.</li> <li>• Revisión y evaluación de los diseños del producto para mejorar la calidad y reducir los costos.</li> <li>• Determinar las normas de calidad.</li> <li>• Planificar los controles del proceso.</li> <li>• Desarrollo de las técnicas de control de la calidad y de los métodos de inspección.</li> <li>• Estudio sobre la capacidad del proceso.</li> <li>• Análisis de los costos de calidad.</li> <li>• Planificación de la calidad de los suministros y evaluación de los proveedores.</li> <li>• Auditoría de la calidad de la organización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación de los controles de calidad en el proceso.</li> <li>• Mantenimiento y calibración del material y equipos de control de procesos.</li> <li>• Detección de fallas y defectos.</li> <li>• Funcionamiento de un laboratorio para análisis y pruebas de ensayo.</li> <li>• Organización de las inspecciones a lo largo del proceso.</li> <li>• Inspecciones finales para evaluar la calidad del producto.</li> <li>• Eficacia de las medidas de control.</li> <li>• Verificación de la calidad del embalaje de los productos.</li> <li>• Análisis y pruebas de los productos que han sido objeto de quejas por los clientes.</li> <li>• Realimentación de datos sobre defectos y quejas del cliente, dirigido a la sección de ingeniería de la calidad.</li> </ul>

Las actividades de un sistema de calidad se agrupan en dos fases:

- **Planificación e Ingeniería de la Calidad.**

Consiste en las funciones de personal especializado y en las actividades relacionadas con el desarrollo, definición y





planificación de la calidad durante su fase de pre-producción (véase Tabla 1).

- **Control de la Calidad.**

Se refiere a la interpretación e implantación de los planes de calidad. Consiste en realizar ensayos en el transcurso del proceso con el fin de asegurar la conformidad del producto con los requisitos de calidad.

El sistema debe ser transparente para demostrar al cliente y en algunos casos a los proveedores, como la organización se asegura que sus productos satisfacen con los requisitos de calidad.

Los modelos internacionales de aseguramiento de calidad (ISO) son mostrados en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
**MODELOS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

<b>ISO 9000</b>	Modelo para la gerencia de calidad y el aseguramiento de calidad.
<b>ISO 9001</b>	Modelo de aseguramiento de la calidad del diseño, el desarrollo, la producción, la instalación, la producción y el servicio posventa.
<b>ISO 9002</b>	Modelo para el aseguramiento de la calidad en producción, instalación y servicio posventa.
<b>ISO 9003</b>	Modelo para el aseguramiento de la calidad en la inspección y los ensayos finales.
<b>ISO 9004-1</b>	Gerencia de calidad y elementos del sistema de calidad.

Adicionalmente, la ISO ha creado normas complementarias para el aseguramiento de la calidad de equipos de medición como la ISO 10012. El objetivo de Calidad de FUNASA es desarrollar el Sistema de calidad en la producción, instalación y servicio posventa, basado en la norma internacional ISO 9002.

## **2.2 La Función Metrológica dentro del Aseguramiento.**

La “Metrología” es la ciencia de la medida y comprende los aspectos teóricos y prácticos que se refieren a las mediciones. “Una medición es el conjunto de operaciones que tienen la finalidad en determinar el valor de una magnitud” (1).

Cuando en una organización se utilizan equipos para realizar mediciones de magnitudes, que son parámetros de control del proceso o características del producto, se debe crear un sistema que asegure que los resultados de estas mediciones sean confiables. Los modelos de aseguramiento de la Tabla 2 cumplen entre otras cosas con el aseguramiento de la calidad de sus equipos de medición, inspección y ensayos como se lo muestra en la Tabla 3.

---

(1) Referencia bibliográfica No. 14, numeral 3. 3 .2

Tabla 3

## CORRESPONDENCIA ENTRE LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CALIDAD (2)

<b>CAPITULO</b>	<b>ISO 9001</b>	<b>ISO 9002</b>	<b>ISO 9003</b>	<b>ISO 9004</b>
Responsabilidad de la dirección	4.1	4.1	4.1	4
Principios del sistema de calidad	4.2	4.2	4.2	5
Auditoría del sistema	4.17	4.16	-	5.4
Consideraciones económicas	-	-	-	6
Revisión de contrato	4.3	4.3	-	7
Especificaciones y diseño.	4.4	-	-	8
Control de aprovisionamientos.	4.6	4.5	-	9
Control de procesos.	4.9	4.8	-	10
Control de producción.	4.9	4.8	-	11
Trazabilidad de los componentes.	4.8	4.7	4.4	11.2
Estados de inspección y ensayos.	4.12	4.11	4.7	11.7
Verificación del producto.	4.10	4.9	4.5	12
<b>Control de equipos de medición.</b>	<b>4.11</b>	<b>4.10</b>	<b>4.6</b>	<b>13</b>
Control de productos no conformes.	4.13	4.12	4.8	14
Acciones correctivas.	4.14	4.13	-	15
Acciones posteriores a la producción.	4.15	4.14	-	16
Servicio posventa.	4.19	-	-	16.2
Documentación sobre la calidad.	4.5	4.4	4.3	17
Registros de calidad.	4.16	4.15	4.10	17.3
Adiestramiento de personal.	4.18	4.17	4.11	18
Seguridad y responsabilidad legal.	-	-	-	19
Técnicas estadísticas.	4.20	4.18	4.12	20
Productos suministrados por el cliente.	4.7	4.6	-	-

Los requisitos 4.11, 4.10, 4.6 y 13 correspondientes a cada uno de los sistemas, aseguran la calidad de los equipos y de la exactitud de las mediciones que realizan, y forma tan sólo una parte del sistema integral de calidad en cada uno de estos sistemas.

(2) Véase referencia bibliográfica 2, página 194-195.

### 2.3 Sistema Generalizado de Medición.

Los instrumentos de medición son los dispositivos que se emplean para medir. Para describir el material empleado en las mediciones se utilizan numerosos términos como elemento, componente, parte, transductor de medida, dispositivo de medida, material de referencia, medida materializada, instrumento de medida, aparato de medida, equipo, cadena de medida, sistema de medición, instalación de medición. El término más apropiado para describir un instrumento de medición es hablar de un sistema generalizado de medición y puede estar compuesto por uno o más equipos ensamblados.

De acuerdo a la función que cumplen, los instrumentos de medición se los puede clasificar en:

**Indicador** Si la señal de salida muestra una indicación; por ejemplo un voltímetro, un micrómetro, un frecuencímetro digital.

**Registrador** Cuando proporciona un registro de la indicación; por ejemplo un barógrafo, un espectrómetro registrador.

**Totalizador** Cuando determina el valor del mesurando por adición de los valores parciales de este mesurando, obtenidos simultánea ó



consecutivamente de una o varias fuentes. Por ejemplo, una báscula-puente totalizadora para ferrocarriles.

**Integrador** Cuando determina el valor del mesurando integrando una magnitud en función de otra magnitud; por ejemplo un contador de energía eléctrica.

**Analógicos** En la cual la señal de salida o la visualización es una función continua del mesurando o de la señal de entrada. Generalmente, la lectura se la hace sobre una escala, por ejemplo un calibrador Pie de Rey.

**Digitales** Los que proporcionan una señal de salida o una visualización en forma digital.

Los instrumentos o sistemas de medición contienen tres etapas, cuyo esquema se muestra en la figura 2.1.

#### **Primera Etapa: Detectora - Transductora.**

En la cual se detecta la variable física (presión, temperatura, etc.) y se efectúa una transformación, ya sea mecánica ó eléctrica para convertir la señal de entrada en otro tipo de señal que sea más manejable. En la mayoría de casos, la variable física se transforma



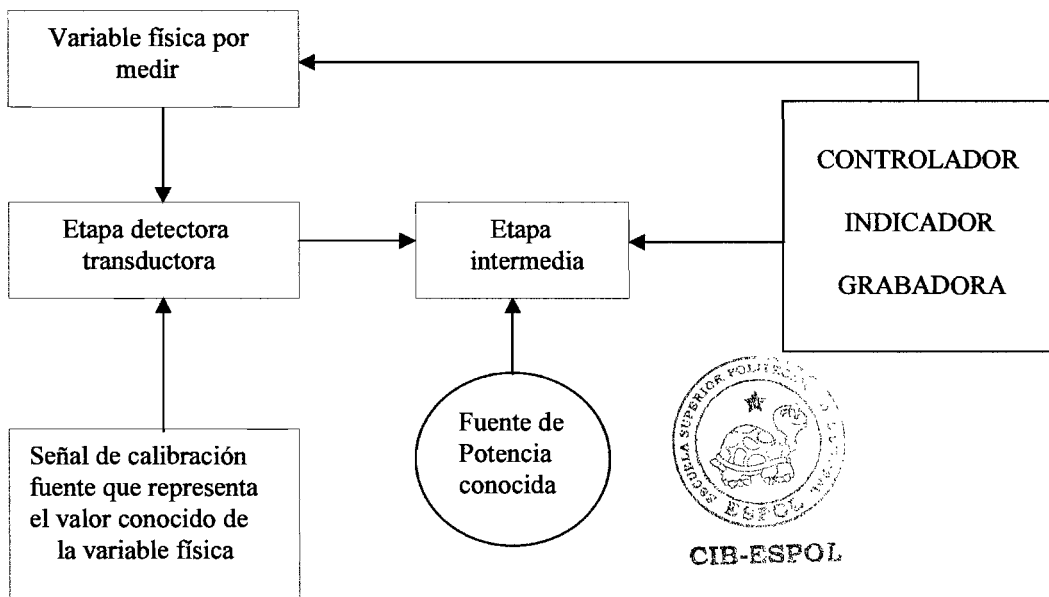
en una señal eléctrica, ya que esta es una forma de señal fácilmente medible.

### Segunda Etapa: Modificadora.

En esta etapa se modifica la señal que proviene del transductor, ya sea amplificándola, filtrándola ó por otro medio para obtener una señal de salida más deseable.

### Tercera Etapa: Informativa.

En esta etapa la variable medida se la muestra, se la registra o se la controla. Los datos obtenidos están expresados en unidades que internacionalmente pueden ser comparados por los clientes.



**Figura. No. 2.1 Sistema generalizado de medición (Referencia 10)**

Cuando se utiliza el equipo de medición como un instrumento automático de control, luego de la etapa informativa es necesario aplicar alguna señal de retroalimentación a la señal de entrada, que sea entendido por el sistema para poder cumplir con los objetivos de control dentro de los límites fijados. Como ejemplo, se describe a continuación el funcionamiento del **Espectrómetro**.

Es un equipo que se utiliza para medir las concentraciones o porcentajes en peso de elementos metálicos y no metálicos en aleaciones de acero. Es de tipo registrador, la señal de salida es digital.

En la etapa “**detectora – transductora**” se produce una descarga eléctrica entre un electrodo y una muestra sólida provocando que los elementos metálicos en la muestra emitan luz o energía radiante característica de cada elemento que contenga la aleación de carbono. Se usa un lente para coleccionar y enfocar esta energía radiante desde el arco a la rendija de entrada, la luz va a la red de difracción que dispersa la luz en varias líneas espectrales asociadas con los elementos que están presentes en la aleación y enfoca esta luz a las rendijas de salida. Las rendijas de salida han sido puestas con extrema precisión y solamente la luz asociada con un elemento en particular pasa a través de cada una de ellas.



En la etapa “**modificadora**” un tubo fotomultiplicador se ubica detrás de cada rendija de salida para convertir la energía radiante en energía eléctrica. La señal de salida del tubo es una corriente proporcional a la cantidad de luz que recibe. Esta corriente es usada para cargar un condensador de baja fuga cuyo voltaje es luego automáticamente medido con un voltímetro digital de precisión. La tarjeta de medida convierte la información análoga del condensador en una representación que el procesador del sistema entiende para calcular la concentración de cada elemento. En la etapa “**informativa**” el resultado digital es chequeado y enviada en forma de cuatro números digitales para el almacenamiento en la memoria para que el procesador calcule el resultado analítico para cada canal activo o elemento. En un monitor se muestran todas las concentraciones de los elementos que componen la aleación, y el equipo está en capacidad de poder registrar estos datos a través de una impresora.

### **Características de Los Instrumentos.**

Las características de los instrumentos de medida son.

- **Rango de Medida.**- Conjunto de valores del mesurando para los que el error de un instrumento de medida se supone comprendido entre límites especificados. El error se establece por referencia a un valor convencionalmente verdadero.





- **Resolución.-** La menor diferencia de indicación de un dispositivo visualizador que puede percibirse de forma significativa.
- **Exactitud del instrumento.-** Es la aptitud de un instrumento de medida para dar respuestas próximas a un valor verdadero.
- **Errores máximos permitidos.-** Son los valores extremos de un error permitido por especificaciones, reglamentos, etc. para un instrumento específico.
- **Condiciones límite.-** Condiciones extremas que un instrumento de medida debe poder soportar sin daño y sin degradación de sus características metrológicas cuando en la posterioridad es utilizado en sus condiciones nominales de funcionamiento. Las condiciones límite pueden variar para su funcionamiento, almacenamiento y transporte.
- **Sensibilidad.-** Cociente del incremento de la respuesta de un instrumento de medida por el incremento correspondiente de la señal de entrada.
- **Discriminación.-** Máxima variación de la señal de entrada que no provoca variación detectable de la respuesta de un instrumento de medida.
- **Error de cero.-** Es el error para un valor nulo del mesurando, encontrado generalmente en los instrumentos que se enceran.



## 2.4 Errores de Medición.

Se define al error como el resultado de una medición menos el valor verdadero de una magnitud conocida. Dado que el valor verdadero no puede determinarse, en la práctica se utiliza un valor “convencionalmente” verdadero. Este concepto se lo aplica principalmente cuando se compara el instrumento con un patrón de referencia. Para una medida materializada, la indicación de la medida es el valor que le ha sido asignado convencionalmente como verdadero, por ejemplos las galgas de calibración.

### Tipo de Errores.

Los errores de medición pueden dividirse en errores sistemáticos y aleatorios, los cuales se excluyen mutuamente.

Se define al **error sistemático** como la media estadística que resulta de un número infinito de mediciones de la misma magnitud en condiciones de repetibilidad, menos el valor verdadero. Al igual que el valor verdadero, el error sistemático y sus causas no pueden ser definidas completamente. Las condiciones de repetibilidad comprenden:

- El mismo procedimiento de medida.
- El mismo observador
- El mismo instrumento utilizado en las mismas condiciones.
- El mismo lugar.

- Repetición durante un corto período de tiempo.

**Se define al error aleatorio como el resultado de un número infinito de mediciones de la misma magnitud, efectuadas en condiciones de repetibilidad. Como no se puede realizar un número infinito de mediciones, se lo puede expresar usando estimadores estadísticos cuando hacemos mediciones muestrales (3).**

**Generalmente los errores aleatorios se comportan bajo cierta distribución de datos que puede ser considerada como una distribución normal. Adicionalmente se define como “Resultado de la medición” a la suma aritmética del valor verdadero, más el error aleatorio y el error sistemático (4).**

$$\text{RESULTADO DE LA MEDICION} = \text{VALOR VERDADERO} + \text{ERROR SISTEMATICO} + \text{ERROR ALEATORIO} \quad (5).$$

Los errores sistemáticos y aleatorios pueden ser determinados a partir de la ecuación anterior

### **Causas de los errores.**

Los errores sistemáticos pueden ser reducidos en su magnitud haciendo un análisis de las causas de error, utilizando un diagrama de Ishikawa en el se determinen los parámetros que influyen en las mediciones, tal como se muestra en la figura No. 2.2.

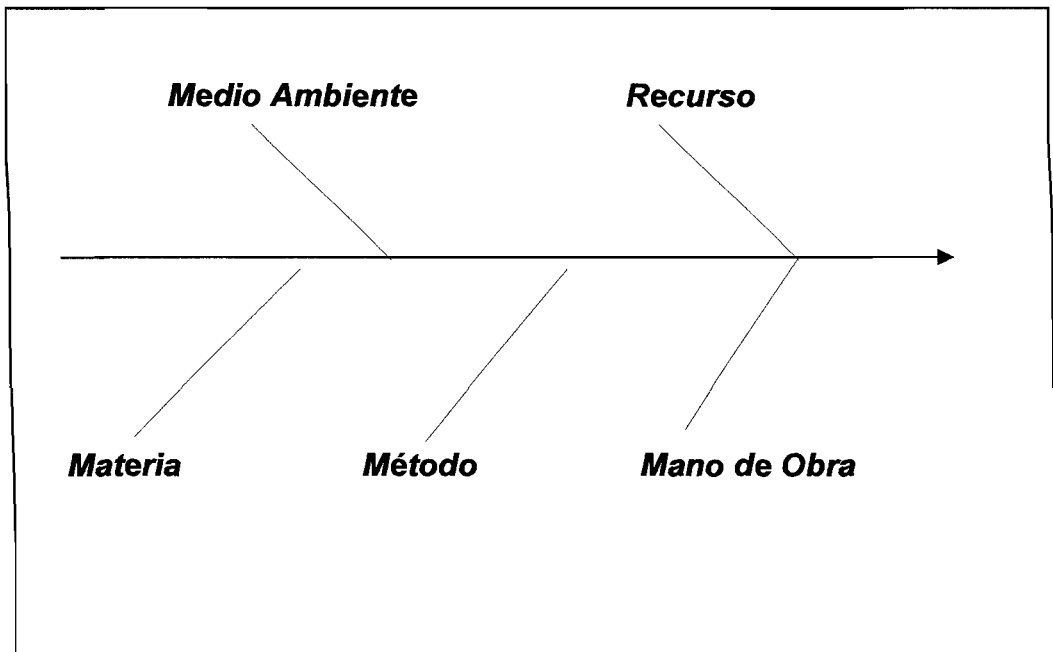
(3) Véase referencia bibliográfica 9, página 95 y 96.

(4) Véase referencia bibliográfica 9, página 95 y 96.

(5) Véase referencia bibliográfica 9, página 87.



CIB-ESPOL



**Figura 2.2 Parámetros que influyen en las mediciones**

## **2.5 Confirmación Metrológica.**

**“La confirmación metrológica es el conjunto de operaciones que se requieren para garantizar que un elemento del equipo de medición se encuentra en condiciones de cumplimiento de los requisitos relacionados con su utilización propuesta” (6).**

Lograr un 100 % de la funcionalidad del equipo a lo largo de su vida útil en la práctica es difícil, el sistema de confirmación nos permite optimizar la capacidad de funcionalidad del equipo.

(6) Véase referencia bibliográfica 9, página 25.

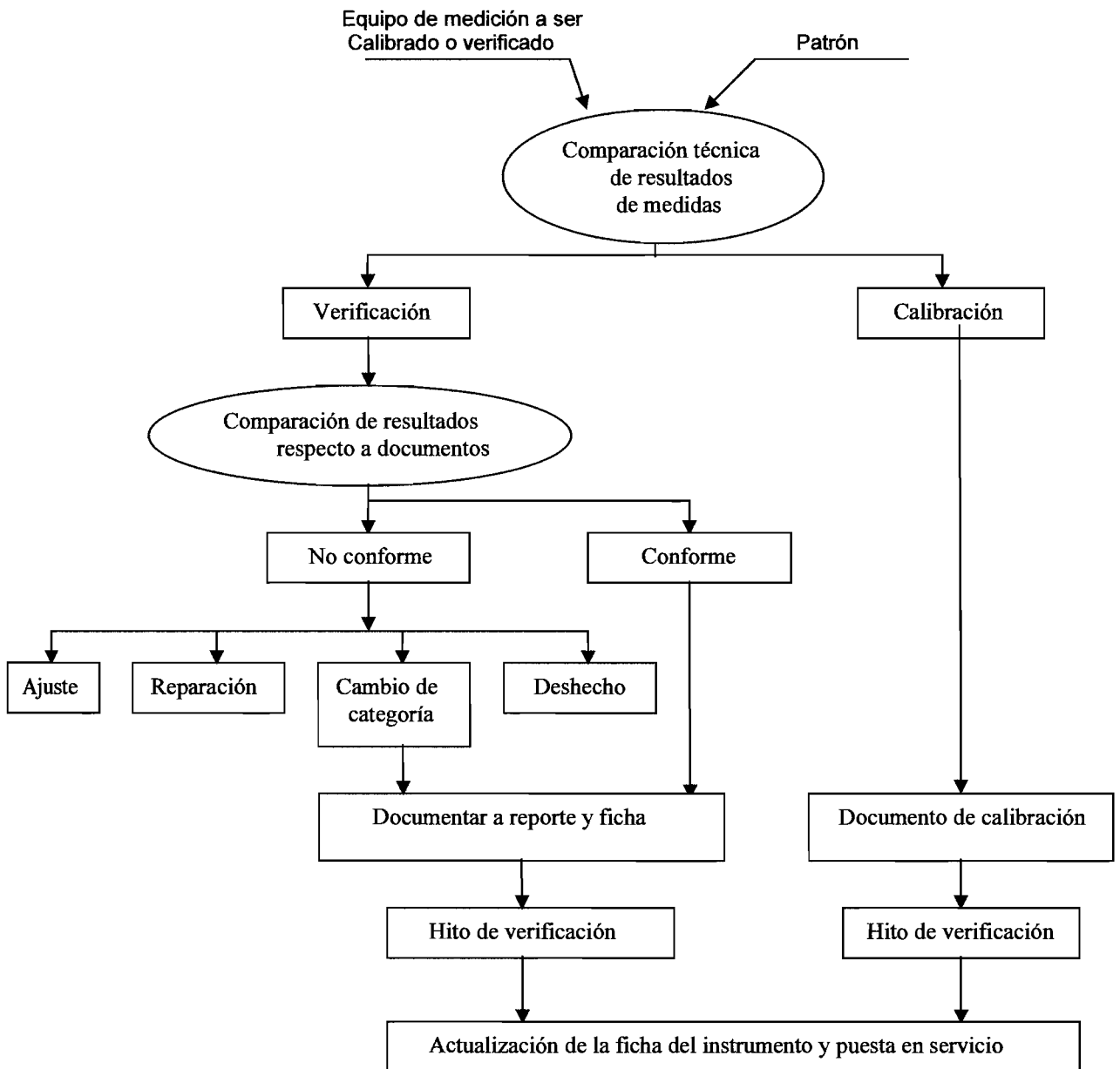
**CIB-ESPOL**

La evaluación de los resultados de la verificación o calibración de los equipos nos permitirá considerar si el equipo se encuentra bien o si requiere alguna operación para que vuelva a funcionar correctamente.

Podemos tomar cuatro medidas respecto al equipo:

- **Reparación.-** El equipo es retirado de su funcionamiento y se repara o cambia componentes del equipo hasta que recupere sus características de utilización.
- **Ajuste.-** Cuando realizamos alguna operación interna para poner al equipo en estado de funcionamiento y en ausencia de desvíos.
- **Cambio de categoría.-** Determinamos que el equipo ofrece mediciones con exactitud diferentes a las que tenía cuando lo adquirimos. El equipo está en capacidad de realizar mediciones, sólo en ciertos rangos de medición.
- **Desecho.-** El equipo no está en capacidad para realizar ningún tipo de mediciones.

Los equipos que se han ajustado o reparado deben volver a verificar su capacidad de medición hasta que los resultados sean conformes a los requerimientos. La figura No.2.3 muestra un esquema de la relación de las actividades que conforman una confirmación metrológica.



**Figura No. 2.3 Esquema de Confirmación Metrológica.**

### 2.5.1 Calibración Estadística.

**“La calibración es un conjunto de operaciones que establecen en condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida y los valores correspondientes de esa magnitud realizada por “patrones o estándares” que convencionalmente son considerados como verdaderos” (7).**

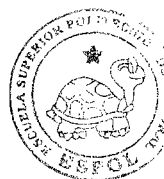
La calibración es utilizada para eliminar los errores sistemáticos, aunque los aleatorios se mantengan.

El procedimiento de calibración involucra la comparación del instrumento con:

- Un estándar primario ó un patrón, que es designado como el poseedor de las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor se acepta como verdadero.
- Un estándar secundario con una exactitud más alta a la del instrumento. El valor del patrón secundario se lo establece por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.
- Una excitación conocida, que representa a la variable sometida a medición.

---

(7) Véase referencia bibliográfica 14, párrafo 3.6.11



### 2.5.2 Cálculo de la Incertidumbre.

Cuando informamos el resultado de una medición de una magnitud física, es obligatorio proporcionar al mismo tiempo alguna indicación cuantitativa de la calidad del resultado, de tal manera que el usuario pueda apreciar su confiabilidad. Sin esta característica, los resultados de las mediciones no pueden ser comparados, ni entre ellos, ni contra patrones de referencia.

Después de la evaluación y corrección de los componentes del error de medición, aún persiste una “incertidumbre” respecto a la confiabilidad del resultado. A partir de ahora hablaremos de “incertidumbre”, en vez de hablar de “error”, debido a que la magnitud de un error es siempre un valor desconocido.

**La incertidumbre de medida “U”, es un parámetro asociado al resultado de la medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser atribuidos a la magnitud particular que estamos midiendo (8).**

---

(8) Véase referencia bibliográfica 14, numeral 3.3.9.





Este parámetro puede ser, por ejemplo; una desviación estándar ( $S$ ) ó un múltiplo de esta ( $2S$ ,  $3S$ ), ó la semiapertura de un intervalo con un nivel de confianza determinado. La incertidumbre comprende varios componentes y pueden ser agrupados en dos categorías, dependiendo la manera de como se calcule su valor numérico: Categoría A y Categoría B.

Ambas categorías están basadas en distribuciones de probabilidad y las componentes de incertidumbre resultantes de cualquier tipo son cuantificadas por varianzas y desviaciones estándar.

#### **Incetidumbre Estándar Tipo A.**

La incertidumbre estándar tipo A es obtenida de una “función de densidad de probabilidad” deducida de una distribución de frecuencia. La incertidumbre estándar tipo A estimada es la raíz cuadrada de la varianza experimental de la media de  $n$  observaciones repetidas bajo las mismas condiciones (véase “Cálculo de incertidumbre de la media”, en este numeral).

#### **Incetidumbre Estándar Tipo B**

La incertidumbre tipo B se obtiene de una “función de probabilidad supuesta” basado en el grado de creencia de que

un evento pueda ocurrir, a menudo llamada probabilidad subjetiva. Cuando se cree que existe la probabilidad supuesta que la medición caiga dentro de los límites superior  $+ a$ , e inferior  $- a$ , se puede “suponer” que la medición tenga igual probabilidad de tomar cualquier valor dentro del intervalo  $-a < x < +a$ , entonces la incertidumbre estándar es  $a / \sqrt{3}$ .

### **Incertidumbre Estándar Combinada**

Cuando se obtiene la incertidumbre estándar como resultado de los valores de un conjunto de otras cantidades se llama “Incertidumbre Estándar Combinada”. La incertidumbre combinada se obtiene al aplicar el método usual para la combinación de las varianzas. La incertidumbre combinada y sus componentes deben expresarse en forma de desviaciones estándar.



### **Incertidumbre Expandida**

Para satisfacer necesidades de medición en aplicaciones industriales y comerciales, así como los requerimientos en áreas de salud y seguridad, se obtiene la incertidumbre expandida multiplicando la incertidumbre estándar combinada

por un factor de cobertura K. El factor es generalmente 2 ó 3 y debe especificarse siempre.

### **Calculo de la Incertidumbre de la Medición.**

Un modelo del Proceso de Medición nos da un resultado “Y”, que es una función de la media de una serie de “n” mediciones; más correcciones debido a factores desconocidos:

#### MODELO DEL PROCESO DE MEDICION

$$Y = \bar{X} + \text{Corrección 1} + \text{Corrección 2} + \dots + \text{Corrección n}$$

Se entiende que el resultado de la medición es el mejor valor del mesurando, y que todos los componentes de la incertidumbre contribuyen a la dispersión, tales como los que provienen de efectos sistemáticos (los componentes de la incertidumbre asociados a las correcciones y a los patrones de referencia).

El método más importante en la reducción de los errores sistemáticos, es el realizar correcciones por la misma calibración, por la clase del instrumento y por la influencia del medio. Todas estas componentes originan sus propias

incertidumbres respecto a su verdadero valor y deben sumarse estadísticamente en la denominada “Ley de propagación de incertidumbres”:

**LEY DE PROPAGACION DE INCERTIDUMBRES**

$$U_y = [ U_x^2 + U_e^2 + U_a^2 + U_m^2 ]^{1/2} \quad [9]$$

**U<sub>y</sub>** es la incertidumbre estándar combinada,  
**U<sub>x</sub>** es la incertidumbre de la media de la población muestral,  
**U<sub>e</sub>** es la incertidumbre de la calibración,  
**U<sub>a</sub>** es la incertidumbre de la clase de instrumento y  
**U<sub>m</sub>** es la incertidumbre debido a la influencia del medio.

**Calculo de la Incertidumbre de la Media (Tipo A).**

**La desviación estándar S(x) de la media de una población muestral de “n” mediciones se la define como:**

**DESVIACIÓN ESTANDAR**

$$S(x) = [ \sum (X_i - \bar{X})^2 / (n - 1) ]^{1/2} \quad [10]$$

, donde **X** es la media o valor promedio de las “n” mediciones, **X<sub>i</sub>** es cualquiera de las observaciones o mediciones y puede tomar valores **X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, . . . , X<sub>n</sub>**. La incertidumbre de la media se la define entonces como:

(9) Véase referencia bibliográfica 9, página 101.

(10) Véase referencia bibliográfica 9, página 102.



**INCERTIDUMBRE DE LA MEDIA**

$$U_x = \left[ \frac{S(x)}{\sqrt{n}} \right] \quad [11]$$

**Calculo de la Incertidumbre de la Calibración.**

Es la incertidumbre provocada por el patrón de la calibración y se la define como:

**INCERTIDUMBRE DE LA CALIBRACION**

$$U_e = U_{\text{patrón}} / k \quad [12]$$

K puede tomar valores iguales a 1, 2 ó 3 si el nivel de confianza del patrón es 66%, 95% ó 99,73%, respectivamente.

**Calculo de la Incertidumbre de la Clase del instrumento**

La incertidumbre de la clase del instrumento se la define como:

**INCERTIDUMBRE DE LA CLASE DEL INSTRUMENTO**

$$U_a = a / \sqrt{3} \quad [13]$$

Donde “a” es la exactitud relativa a la clase del instrumento.

(11) Véase referencia bibliográfica 9, página 102

(12) Véase referencia bibliográfica 9, página 102.

(13) Véase referencia bibliográfica 9, página 103.

**Método de Evaluación de la Incertidumbre de la medición.**

En las calibraciones de equipos, se debe evaluar la incertidumbre de medición a través del método recomendado por la INC-1:1980, que se presenta a continuación:

1. Expresar matemáticamente la relación entre el mesurando  $Y$  y los argumentos  $X$ , de los cuales depende  $Y$ .
2. Determine el valor estimado de cada argumento  $X$ , ya sea sobre la base de un análisis estadístico o de una serie de observaciones o por otro método.
3. Evalúe la incertidumbre estándar de cada estimación anterior, de acuerdo a la categoría de A ó B de incertidumbre.

**Categoría Tipo A:** A partir de una distribución estadística de los resultados de una serie de mediciones y pueden caracterizarse por sus varianzas  $V(x)$ , por sus desviaciones estándar experimentales  $S(x)$  y el número de grados de libertad  $g.l.$

**Categoría Tipo B:** Asumiendo distribuciones de probabilidad, basados en la experiencia o en otras informaciones sobre los equipos, siendo caracterizadas

2

por  $U(x)$ , pueden ser consideradas como aproximaciones a las varianzas correspondientes, cuya existencia se supone. Las cantidades  $U(x)$  puede ser considerada como desviaciones estándar  $U(x)$ .

4. Determine la incertidumbre estándar combinada a partir de las incertidumbres estándar.
5. Si es necesario declarar la incertidumbre expandida  $U$  cuyo propósito sea establecer un intervalo que abarque una gran cantidad de valor que puedan ser atribuidos al mesurando  $Y$ , multiplique la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $K$ .
6. Informe el resultado de la medición junto con su incertidumbre expandida y describa como se obtuvieron estos valores.



CIB-ESPOL

# CAPITULO 3



CIB-ESPOL

## 3. METODOLOGIA DE TRABAJO



CIB-ESPOL

A continuación se presentan los métodos, técnicas y procedimientos para realizar:

1. El diagnóstico del control que mantiene la organización sobre los equipos de medición.
2. El diagnóstico del sistema de medición, y
3. La elaboración del Manual de la calidad de Equipos de Medición para la compañía Fundiciones Nacionales.

### 3.1 Diagnostico del Sistema de Control de Equipos.

Muchas organizaciones mantienen un sistema informal de control de sus equipos, sin llevar registros ni estadísticas de estas actividades. Este diagnóstico consiste principalmente en determinar si la



organización se asegura documentadamente de un control de sus equipos de medición.

### **3.1.1 Conocimiento de la función Metrológica**

Se realiza un recorrido a lo largo del proceso productivo para verificar el cumplimiento en:

#### **El Control de los equipos durante el Proceso**

Se verifica errores en las mediciones provocadas por malas conexiones o instalaciones de los equipos, mal manejo de equipos, mal uso de los procedimientos establecidos.

#### **El Control del Producto Terminado**

Se verifica como se asegura la empresa para la conformidad del producto final y se verifica si Fundiciones Nacionales S.A. cumple con la norma INEN 105 – 1.973 sobre “La conformidad de Palanquillas de Acero”.

#### **Planes y Objetivos De Calidad**

Se indaga al personal el conocimiento que tienen sobre los planes y los objetivos de calidad que tiene la organización para cumplir con estos propósitos. Se recomienda utilizar como guías para la realización de tareas de control, las

siguientes normas que nos dan amplia información en estos temas:

- ISO 5725: 1994, Exactitud (veracidad y precisión) de los métodos de medición. Partes: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.
- ISO 7870: 1993, Cartas de Control – Guía general e introducción.
- ISO 7873: 1993, Cartas de Control para promedios aritméticos con límites de seguridad.
- ISO 7966: 1993, Aceptación de las Cartas de Control.
- ISO 8258: 1991, Cartas de Control de Shewhart.



CIB-ESPOL

### **3.1.2 Verificación del Sistema de Calidad.**


Nos permite identificar las actividades que se realizan sobre los equipos que cumplen con los lineamientos de la norma ISO 10012 – 1.

Se encuesta al responsable de equipos de medición, de qué manera la organización ha venido realizando las actividades de controlar la selección, compra, instalación, manipulación, el resguardo, mantenimiento, ajuste, verificación y calibración de los equipos.

## CUESTIONARIO 01 – página 1


Nombre del equipo: ..... Fecha: .....

### PERSONAL INVOLUCRADO

Responsabilidad	Nombre	Cargo	
1. Del sistema de control de Los equipos. 2. De la selección del personal de equipos. 3. Uso del equipo. 4. Romper los sellos de seguridad. 5. Ejecución de la calibración. 6. Ejecución del mantenimiento.			
<b>Procedimientos, formularios y registros.</b>	CIB-ESPOL	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿Se dispone de una lista de equipos de medición? 2. ¿Existe una ficha del equipo en la que se indica sus características e intervenciones? 3. ¿Existen procedimientos para el uso del equipo? 4. ¿Existen procedimientos documentados de verificación o calibración del equipo? 5. ¿Existen registros de calibraciones anteriores? 6. ¿Existe un procedimiento documentado para recepción, almacenamiento y manipulación del equipo? 7. ¿Existe un registro de la calificación del personal responsable de equipos de medición? 8. ¿Existe un programa documentado de la capacitación y el entrenamiento del nuevo personal involucrado del equipo? 9. ¿Existe un procedimiento documentado para el mantenimiento del equipo? 10. ¿Existe un formulario para realizar un "Aviso de Retiro" del equipo cuando está fuera de servicio? 11. ¿Existe un formulario para "Notificación de Reparación o rechazo" del equipo? 12. ¿Existe un procedimiento para el uso de laboratorios externos de calibración del equipo? 13. ¿Existe un formulario de "No Conformidad" del equipo? 14. ¿Existe un formulario del control de acciones correctivas sobre el equipo? 15. ¿Existe un formulario de auditoría del sistema de control?			

## CUESTIONARIO 01 – Página 2.

Nombre del equipo: ..... Fecha: .....

<b>Sistema de control de equipos de medición</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿Se tiene un plan de calibración del equipo?		
2. ¿El equipo se verifica o calibra periódicamente?		
3. ¿Se calcula la incertidumbre de la medida?		
4. ¿Existen patrones de calibración del equipo?		
5. ¿Posee el equipo una etiqueta para identificar su estado de calibración?		
6. ¿Posee el equipo un sello de seguridad para ajustes internos cuando este está descalibrado?		
7. ¿Posee el equipo un software que se usa para verificar las características del proceso o del producto?		
8. ¿Tiene la empresa un mecanismo para validar la utilización del software de algún equipo?		
9. ¿Las medidas obtenidas por el equipo son fácilmente trazables a patrones nacionales o internacionales?		
10. ¿Se respetan los requerimientos operacionales y ambientales en el uso, calibración y almacenamiento del equipo?		
11. ¿La empresa tiene un sistema de rastreabilidad del producto terminado cuando ha salido de sus instalaciones?		
12. ¿Se tiene una política documentada respecto al tratamiento de equipos no conformes?		
		
	CIB-ESPOL	

Se recomienda utilizar el Cuestionario No. 01 para cada tipo de equipo de medición que se encuentre en la organización.

Cuando en la organización no se ha determinado el período de tiempo entre dos confirmaciones metrológicas, se puede hacer uso de cualquiera de los métodos recomendados por la norma OILM – 10 de la Organización Internacional de Metrología Legal.

El cuestionario No. 02, muestra una guía para determinar las condiciones en las cuales se maneja la organización respecto a los “Períodos entre dos confirmaciones”.

### CUESTIONARIO 02

Nombre del equipo: ..... Fecha: .....

1. ¿Existe un período establecido entre dos confirmaciones metrológicas para el equipo de medición? ..... SI ..... NO. Indique el método que usó para la selección: .....
2. Número de veces que utiliza al equipo por día: .....
3. ¿Se tiene el manual del fabricante del equipo? ..... SI ..... NO
4. ¿Cuál es la frecuencia que recomienda para el chequeo periódico del equipo? .....
5. ¿Se tiene una ficha del equipo en la que se indique las intervenciones de ajustes o de calibraciones anteriores? ..... SI ..... NO
6. ¿Las descalibraciones del equipo ocurren frecuentemente? ..... SI ..... NO
7. ¿Cuál es la frecuencia de las descalibraciones? .....
8. ¿En qué factores ha afectado la descalibración de este equipo?  
 ..... Pérdida de clientes ..... Reproceso del producto  
 ..... Anulación de pedidos ..... Duplicidad de mediciones  
 ..... Pérdida de materia prima ..... Retraso del proceso.
9. ¿La empresa lleva un control estadístico de estos factores? ..... SI ..... NO
10. Indique el tipo de instrumento:  
 ..... Mecánico ..... Indicador  
 ..... Electrónico ..... Registrador  
 ..... Analógico ..... Totalizador  
 ..... Digital ..... Integrador
11. ¿Existen obligaciones contractuales con clientes en la que se especifique la frecuencia de la periodicidad del equipo?..... SI ..... NO.

### 3.2 Diagnostico del Sistema de Medición.

Un gráfico de control no es útil, si la variabilidad que le introduce el conjunto de actividades desarrolladas en una medición aumenta significativamente la varianza natural del proceso.

Cuando determinamos el valor numérico de alguna de las características de calidad del producto es posible que encontremos algunas fuentes de variabilidad adicionales al aparato que se utiliza.

**La evaluación de un sistema de medición tiene dos aspectos diferentes:**

- **Determinar las propiedades estadísticas.**
- **Identificar las características atributivas del sistema; estas son el costo que se incurre al efectuar la medición, el tiempo que se necesita, la compatibilidad que existe con el sistema de medición del cliente, etc.” (14).**

La calidad de un sistema de medición se determina únicamente por las propiedades estadísticas que contenga, independientemente de las características atributivas que pudiera poseer.

En una auditoría de calidad se debe demostrar que los sistemas de medición utilizados contienen las siguientes propiedades:

1. El sistema debe ser estable estadísticamente; esto es, las causas deben ser comunes y no especiales.
2. Las tolerancias del producto y la varianza que experimenta el proceso deberán dominar el error en del sistema de medición. A escala de medición utilizada, el error debe ser por lo menos diez veces menos que la desviación estándar del proceso.

---

(14) Véase referencia bibliográfica 5, página 23.

**CIB-ESPOL**

Los sistemas de medición presentan estadísticamente tres fuentes de error:

**Falta de Repetibilidad.**

Cuando existe una diferencia en las mediciones hechas a la misma muestra por la misma persona.

**Falta de Reproducibilidad.**

Cuando existe una diferencia en las mediciones hechas a la misma muestra por diferentes personas.

**Falta de Estabilidad.**

Cuando existe diferencia en los resultados obtenidos en diferentes puntos en el tiempo bajo las mismas condiciones de repetibilidad.

A través de experimentos aplicados a los equipos y sobre la base de cálculos estadísticos, es posible desglosar la variabilidad total del sistema de medición, y qué porcentaje le corresponde a cada una de las fuentes de distorsión, como una variación por días, o una por turnos de producción.

Los datos que provienen de la realidad pueden obtenerse al manipular los equipos a consecuencia de la siguiente experimentación diseñada: "El método Análisis de la varianza o ANOVA".

### 3.2.1 Análisis de la Varianza.

La hipótesis es que no existen diferencias significativas en las observaciones debido a un cambio deliberado en las condiciones de experimentación.

La clave de validar esta teoría radica en un análisis de variabilidad (ANOVA por sus siglas en inglés) acompañado por un desglose de la varianza total de sus componentes respectivos. Al manipular “n” diferentes parámetros de producción en forma aleatoria, la variabilidad total de datos puede llegar a ser la suma de varianzas inducidas, más otras varianzas generadas por variables no controladas por el usuario ó por el experimentador.

Se ilustra el concepto del ANOVA, aplicando este método al experimento diseñado para el Espectrómetro de FUNASA. El Espectrómetro proporciona los siguientes patrones con los cuales realizaremos la experimentación.



**Tabla 4**

**CIB-ESPOL**

**Patrones de Verificación del Espectrometro**

<b>Patrón</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Al</b>
SS 456 / 1	0.101	0.240	0.200	0.018	0.023	0.009
SS 457 / 1	0.324	0.051	0.300	0.010	0.042	0.111
SS 458 / 1	0.247	0.540	0.490	0.032	0.033	0.023
SS 459 / 1	0.523	0.580	0.970	0.054	0.057	0.028
SS 460 / 1	0.452	0.098	0.670	0.043	0.012	0.012



Seleccionamos a tres patrones y realizamos seis mediciones para cada patrón, como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5**  
**DATOS DEL ESPECTROMETRO.**

<b>COMPONENTE</b>	<b>SS 456 / 1</b>	<b>SS 457 / 1</b>	<b>SS 460 / 1</b>
<b>CARBONO</b>	0.14	0.34	0.40
	0.12	0.34	0.41
	0.13	0.34	0.39
	0.14	0.35	0.41
	0.14	0.35	0.41
	0.12	0.34	0.40
<b>MANGANESO</b>	0.21	0.30	0.61
	0.20	0.31	0.61
	0.20	0.31	0.61
	0.20	0.30	0.63
	0.21	0.31	0.62
	0.20	0.30	0.62
<b>SILICIO</b>	0.253	0.051	0.093
	0.254	0.050	0.093
	0.258	0.052	0.095
	0.260	0.051	0.095
	0.264	0.051	0.095
	0.258	0.049	0.095

A continuación se describe paso a paso el desarrollo del método ANOVA para el análisis del sistema de medición del elemento carbono.

Los datos obtenidos para las mediciones del carbono son presentadas en la Tabla 6.

Tabla 6

## DATOS PARA EL CARBONO

PATRON 1	PATRON 2	PATRON 3
Valor = 0.101	Valor = 0.324	Valor = 0.452
0.14	0.34	0.40
0.12	0.34	0.41
0.13	0.34	0.39
0.14	0.35	0.41
0.14	0.35	0.41
0.12	0.34	0.4
Suma = 0.79	Suma = 2.06	Suma = 2.42

El total general (To) se obtienen sumando directamente las 18 observaciones. Se calcula el Factor de Corrección F.C con la siguiente fórmula :

$$F.C = \frac{To^2}{n} \quad (15)$$

$$F.C = \frac{(5.27)^2}{18}$$

$$F.C = 1.54283889$$



CIB-ESPOL

Luego calculamos la suma de cuadrados totales (F total), que es igual a la suma del cuadrado de todos los datos, menos el factor de corrección; es decir:

$$F \text{ total} = (0.14)^2 + (0.12)^2 + \dots + (0.41)^2 + (0.4)^2 - F.C$$

$$F \text{ total} = 0.24536111$$

(15) Véase referencia bibliográfica 5, página 26.

Esta suma de cuadrados totales puede descomponerse en dos componentes:

- el primero provocado por los patrones
- el segundo debido al error residual.

Para calcular el Factor por los patrones  $F_{\text{patrón}}$ , tomamos los totales de la columna para cada patrón y realizamos la suma elevados al cuadrado, divididos para el número de observaciones por patrón (seis), todo menos el factor de corrección **F.C.**:

$$F_{\text{patrón}} = [ (0.79)^2 + (2.06)^2 + (2.42)^2 ] / 6 - \text{F.C.}$$

$$F_{\text{patrón}} = 0.2444111$$

La suma de cuadrados residual o suma de cuadrados del error fuera de control **F error** la obtenemos directamente por diferencia:

$$F_{\text{total}} = F_{\text{patrón}} + F_{\text{error}}$$

$$F_{\text{error}} = 0.24536111 - 0.24441111$$

$$F_{\text{error}} = 0.00095$$



CIB-ESPOL

Los grados de libertad totales son  $(n - 1)$ , es decir 17, de los cuales  $(3 - 1 = 2)$  son asignados a las señales. Los grados de libertad asignados al error lo obtenemos por

diferencia (17 - 2 = 15). De esta forma, "la Varianza del Sistema de Medición es :  $V_{\text{error}} = \text{Ferror} / \text{G.L.error}$ " [16]

$$V_{\text{error}} = 0.00095 / 15$$

$$V_{\text{error}} = 6.3333 \text{ E} - 05.$$

La desviación estándar (S) es la raíz cuadrada de la varianza, igual 0.007958. Este valor nos indica que cada vez que utilicemos el equipo de medición para determinar e contenido de carbono, este valor se encontrará en un intervalo de  $\pm 0.02387$  del valor verdadero con un nivel de confianza del 99,73 % (dentro de 3 desviaciones estándar).

La tolerancia del proceso para el carbono es la que le exige las especificaciones de aceros al carbono establecidos en la Tabla No.2. Por ejemplo, para un acero SAE 1040 la tolerancia del carbono es igual a la mitad del rango de especificación, es decir:

$$T_{\text{carbono}} = (0.44 - 0.37) / 2$$

$$T_{\text{carbono}} = 0.035.$$



(16) Véase referencia bibliográfica 5, página 26.

El primer diagnóstico se realiza al comparar la tolerancia que el producto le permite contra la desviación estándar del sistema de medición del carbono , es decir:

$$T_{\text{carbono}} / S = 0.035 / 0.007958$$

$$T_{\text{carbono}} / S = 4.3981.$$

El índice de comparación sugerido dentro de un marco de “Buenas prácticas de Fabricación” debe ser mayor o igual a 10. Como no cumple, entonces debe revisarse la metodología del sistema de medición del contenido de carbono.

A través de un segundo estudio experimental y utilizando la técnica estadística de ANOVA, verificaremos si existe variación en las mediciones entre un día de producción y otro, o entre una colada u otra. Nos permitirá averiguar si el equipo tiene la habilidad de reproducir las mismas mediciones en condiciones de repetibilidad.

### **Segundo Índice de Comparación.**

Para calcular la “Varianza Natural del Proceso”, se tabulan las mediciones obtenidas en el proceso durante tres días consecutivos. Para cada colada de producción obtenemos tres mediciones de carbono del producto terminado; en su orden, uno al comienzo de la producción, otro en la mitad y otro al final

de la misma y ordenando los resultados obtenemos la Tabla 7.

**Tabla 7**

<b>MEDICION DEL CARBONO POR DIAS DE PRODUCCION</b>					
<b>FACTOR</b>	<b>COLADA 1</b>	<b>COLADA 2</b>	<b>COLADA 3</b>	<b>COLADA 4</b>	<b>TOTAL POR DIA</b>
<b>DIA 1</b>	0.41	0.43	0.38	0.39	4.79
	0.38	0.43	0.36	0.37	
	0.39	0.44	0.39	0.41	
<b>DIA 2</b>	0.40	0.39	0.40	0.41	4.64
	0.38	0.39	0.36	0.37	
	0.38	0.40	0.39	0.37	
<b>DIA 3</b>	0.37	0.38	0.40	0.43	4.71
	0.37	0.36	0.39	0.44	
	0.36	0.38	0.41	0.42	
<b>TOTAL POR COLADA</b>	3.44	3.60	3.48	3.62	14.14

Se calcula la suma de cuadrados total  $F_{total}$ , la suma de cuadrados correspondiente a coladas  $F_{colada}$  y luego la correspondiente a días  $F_{días}$ :

$$F_{total} = [(0.41)^2 + (0.48)^2 + \dots + (0.42)^2] - [(14.14) / 36]^2$$

$$F_{total} = 0.01832.$$

$$F_{colada} = [(3.44)^2 + (3.6)^2 + (3.48)^2 + (3.62)^2] - [(14.14) / 36]^2$$

$$F_{colada} = 0.00261.$$

$$F_{días} = [(4.79)^2 + (4.64)^2 + (4.71)^2] - [(14.14) / 36]^2$$

$$F_{días} = 0.00094.$$



$$F_{\text{total}} = F_{\text{colada}} + F_{\text{días}} + F_{\text{error}}.$$

$$F_{\text{error}} = F_{\text{total}} - F_{\text{colada}} - F_{\text{días}}.$$

$$F_{\text{error}} = 0.01831 - 0.00261 - 0.00094$$

$$F_{\text{error}} = 0.01477.$$

**Tabla 8**  
**ANOVA para el carbono.**

<b>FUENTE</b>	<b>G. L.</b>	<b>F</b>	<b>MS</b>
Por coladas	3	0.00261	8.70 E – 04
Por días	2	0.00094	4.69 E – 04
Error no controlado	30	0.01477	4.92 E – 04
Total	35	0.01832	

Con los resultados anteriores formulamos la tabla 8, de Análisis de la Varianza para el carbono, donde MS es igual a cada factor dividido para los grados de libertad:

Observamos que la mayor variabilidad del proceso se produce de una colada a otra y existe poca variación en los resultados de la producción de un día a otro, por lo tanto redefinimos al factor de la variabilidad debido al error no controlado de la siguiente manera:

$$F'_{\text{error}} = F_{\text{error}} + F_{\text{días}} = 0.01571$$

La varianza del error redefinido  $V'_{\text{error}}$ , es igual a:

$$V'_{\text{error}} = 0.01571 / (30+2)$$

$$V_{\text{error}} = 4.909687 \text{ E-04.}$$

, la varianza total sin considerar la variación de un día a otro es:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{error}} + V_{\text{colada}}$$

$$V_{\text{total}} = 4.909687 \text{ E-04} + 8.7037 \text{ E-04}$$

$$V_{\text{total}} = 13.6134 \text{ E-04}$$

La varianza total es por definición la suma de la varianza del proceso y la varianza del sistema de medición:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{proceso}} + V_{\text{Sistema Medición}}$$

$$13.6134 \text{ E-04} = V_{\text{proceso}} + 0.633333 \text{ E-04}$$

$$V_{\text{proceso}} = 12.98 \text{ E-04}$$

$$S_{\text{proceso}} = (12.98 \text{ E-04})^{1/2}$$

$$S_{\text{proceso}} = 36.02 \text{ E-03}$$



CIB-ESPOL

, donde  $S_{\text{proceso}}$  es la desviación estándar del proceso.

Para realizar el diagnóstico, definimos el segundo índice de comparación, como la razón entre la desviación estándar del proceso y la del sistema de medición:

$$S_{\text{proceso}} / S_{\text{Sistema Medición}} = 36.02 \text{ E-03} / 7.96 \text{ E-03}$$

$$S_{\text{proceso}} / S_{\text{Sistema}} = 4.53$$

La recomendación de “Buenas prácticas de fabricación” es que este índice de comparación sea superior a tres. Por lo tanto la



variación natural del proceso domina al error del sistema de medición.

### **3.3 Elaboración del Manual de Calidad**

Esta parte trata los requisitos de la norma ISO 10012 cuyo desarrollo y entendimiento es complejo. El lector que desee implantar esta norma debe hacer referencia a la misma.

#### **3.3.1 La norma ISO 10012.**

En una organización en la cual no se ha diseñado su sistema de medición, se realiza el análisis de las necesidades de equipos de medición, el cual contiene los siguientes aspectos:

- **Las variables que se deben medir y cual la exactitud requerida.**
- **Los métodos posibles para medir estas variables.**
- **Los instrumentos que se van a utilizar.**
- **Los métodos, las técnicas y los principios utilizados.**
- **Diseño del procedimiento de medición.**
- **Diseño del aseguramiento de la calidad (17).**

La norma ISO 10012 de "Requisitos de aseguramiento de la calidad de Equipos de medición", cumple y excede con los requerimientos de control de equipos de medición en cualquiera de los modelos de aseguramiento de calidad. La norma ISO 10012 puede ser utilizada en auditorías de

sistemas de medición. Esta norma contempla dos partes; la primera contiene el Sistema de aseguramiento de calidad para los equipos de medición.

Los elementos de la primera parte son los siguientes:

1. Generalidades
2. Equipos de Medición.
3. Sistema de Confirmación.
4. Auditorías y revisiones periódicas del sistema de confirmación.
5. Planificación.
6. Incertidumbre de la medición.
7. Procedimientos de confirmación documentados.
8. Registros.
9. Equipos de medición no conformes.
10. Rotulado de la confirmación.
11. Intervalos de confirmación.
12. Sellado para asegurar la integridad.
13. Almacenamiento y Manipulación.
14. Trazabilidad.
15. Efecto acumulativo de las incertidumbres.



CIB-ESPOL

---

(17) Véase referencia bibliográfica 10, página 63.

16. Condiciones ambientales.

17. Personal.

La segunda parte de la norma contiene una guía suplementaria para la aplicación del control estadístico del proceso cuando este sea necesario para alcanzar los objetivos de la primera parte.

El desarrollo de los **Cuestionarios 01 y 02** junto con el diagnóstico del sistema de medición de los equipos que se van a controlar, nos sirven de base para elaborar un plan de trabajo para la implantación del sistema de control de equipos de medición. En el **Capítulo 5** se desarrollara la parte 1 de la norma ISO 10012.

# CAPITULO 4



CIB-ESPOL

## 4. DIAGNOSTICO DE LA FUNCION METROLOGICA

### 4.1 Diagnostico del Control del Proceso.

Se verificaron las siguientes características que afectan la calidad del producto terminado como la composición química, las dimensiones y su forma.

#### **Composición Química**

En Fundiciones Nacionales se extraen muestras de la colada; una del inicio, otra de la mitad y otra del final de la colada, para analizar su composición química. Se determina el contenido de carbono, silicio, manganeso, azufre y fósforo.

El producto final pasa si cumple con las especificaciones de carbono, manganeso y silicio permitidas que se muestran en la tabla 9.

**Tabla 9**  
**COMPOSICION QUIMICA DE ACEROS AL CARBONO**

GRADO SAE	COLOR	% CARBONO	% MANGANESO	% SILICIO
1008	AZUL	Hasta 0.10	0.25 – 0.60	0.07 – 0.15
1010	AZUL VERDE	0.08 – 0.13	0.30 – 0.60	0.07 – 0.15
1015	VERDE	0.13 – 0.18	0.30 – 0.60	0.15 – 0.30
1020	VERDE AMARILLO	0.18 – 0.23	0.30 – 0.60	0.15 – 0.30
1030	AMARILLO	0.25 – 0.32	0.55 – 0.90	0.18 – 0.30
1040 – M	ROJO AZUL	0.34 – 0.38	0.75 – 1.00	0.20 – 0.35
1040	ROJO	0.37 – 0.44	0.90 – 1.30	0.22 – 0.40

Fundiciones Nacionales fabrica una diversidad de productos terminados, que cumplen con grados de fabricación SAE, los mismos que pueden ser encontrados en el anexo 1.

### **Dimensiones**

Las dimensiones son 100 x 100 x 4000 mm y sus tolerancias cumplen con la norma INEN 105 – 1.973. Se verifica el ancho y espesor con un “Calibrador Pie de Rey” que mide hasta 0,01 mm y el largo mediante una cinta métrica que mide hasta 1 mm.

### Identificación.

Se marca cada Palanquilla con el número de lote o colada a la que pertenece y se identifica con un color característico de acuerdo a su composición química.

### Porosidad, grietas y curvatura

Se chequea las porosidades y discontinuidades superficiales, las grietas o fisuras superficiales y la forma de la flecha o curvatura de la palanquilla. Para tres meses de producción se obtuvieron los datos presentados en la tabla 10.

**Tabla 10**

#### VALORES DE DEFECTOS SUPERFICIALES

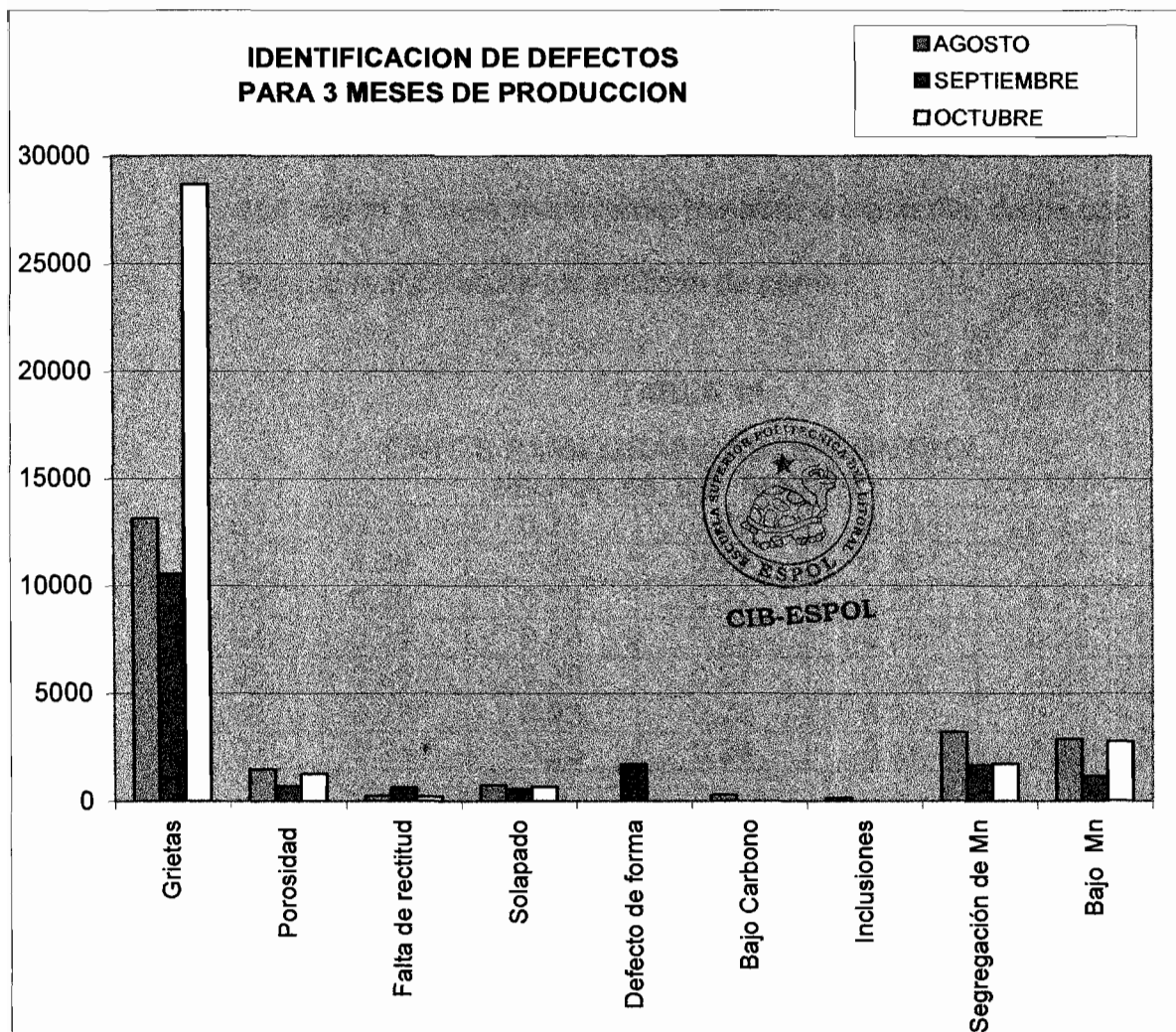


DEFECTOS	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
Grietas	13.126	10.543	29.686
Porosidad Interna	1.483	705	1.275
Falta de Rectitud	240	638	233
Solapado	751	570	664
Defectos de forma	0	1.706	0
Bajo carbono	296	0	0
Inclusiones no Met.	154	0	0
Segregación de Mn	3.200	1.658	1.736
Bajo Mn	2.879	1.155	2.746
<b>TOTAL</b>	<b>22.129</b>	<b>16.975</b>	<b>36.340</b>

#### 4.1.1 Diagrama de Control.

Para el diagnóstico se seleccionó el contenido de carbono como variable de control por ser la variable que afecta las propiedades mecánicas del acero, así como la carta de

Shewhart porque nos proporciona información detallada de la media y la variación del proceso.



**Figura No. 4.1 Identificación de Defectos Superficiales**

De la producción de los meses de Agosto, Septiembre y Octubre de 2.000, se extrajeron los datos de un día de producción del acero SAE 1026, presentados en la Tabla 11.

Se determinó si las medias muestrales de las mediciones de carbono, caen dentro de los límites de la carta de control. Para cada colada normalmente se toman cinco mediciones del contenido de carbono del producto final; realizadas al comienzo, en la mitad y al final de la colada. Los resultados son treinta y cinco mediciones tomadas en ese día, datos con los que realizaremos las gráficas de control.



**TABLA 11**  
**DATOS PARA GRÁFICAS DE CONTROL**  
**FECHA: 05 DE AGOSTO**

CIB-ESPOL

01	0.25	0.23	0.23	0.23	0.24
02	0.28	0.26	0.27	0.26	0.27
03	0.25	0.23	0.22	0.24	0.26
04	0.24	0.26	0.27	0.28	0.26
05	0.25	0.28	0.27	0.25	0.24
06	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
07	0.24	0.25	0.24	0.24	0.25

**FECHA: 01 DE SEPTIEMBRE**

01	0.28	0.26	0.26	0.26	0.26
02	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27
03	0.27	0.26	0.28	0.26	0.27
04	0.27	0.25	0.23	0.27	0.26
05	0.26	0.26	0.25	0.26	0.27
06	0.20	0.22	0.20	0.22	0.20
07	0.24	0.22	0.25	0.25	0.25

**FECHA: 01 DE OCTUBRE**

01	0.22	0.22	0.23	0.25	0.25
02	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
03	0.26	0.25	0.25	0.26	0.24
04	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24
05	0.27	0.26	0.24	0.25	0.26
06	0.26	0.28	0.27	0.28	0.27
07	0.27	0.28	0.26	0.27	0.27



Del universo de datos se obtiene los valores de:

<b>MEDIA</b>	0.25240952
<b>VARIANZA</b>	0.00036269
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>	0.0194433

Los límites de la carta se obtienen de las fórmulas:

$$\text{LCS} = \text{V.N.} + A_2 \cdot R$$

$$\text{LCI} = \text{V.N.} - A_2 \cdot R \quad [18]$$

, donde LCS es el límite de control superior, LCI es el límite de control inferior y V.N. es el valor nominal de la medición.

Generalmente V.N. es la mitad del valor de las tolerancias superior e inferior para el acero SAE 1026:

$$\text{V.N.} = (0.28 - 0.22) / 2. = 0.25$$

**A<sub>2</sub>** es un factor que depende del número de repeticiones en la muestra. Se encontró que **A<sub>2</sub>** es igual a 0.577 para 5 repeticiones.

**R** es el recorrido promedio obtenido de los siete muestreos durante el día.

---

(18) Véase referencia bibliográfica 5, página 14.

Para cada mes se obtiene la siguiente información:

<b>DATO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
MEDIA PROMEDIO	0.2483	0.2537	0.2551
RECORRIDO PROMEDIO	0.02429	0.02285	0.01857
A2	0.577	0.577	0.577

Los valores de los límites de control, son:

### **Agosto**

$$\text{LIMITE CONTROL SUPERIOR} = 0.25 + 0.577 \cdot (0.024285)$$

$$\text{LIMITE CONTROL INFERIOR} = 0.25 - 0.577 \cdot (0.024285)$$

### **Septiembre**

$$\text{LIMITE CONTROL SUPERIOR} = 0.25 + 0.577 \cdot (0.022857)$$

$$\text{LIMITE CONTROL INFERIOR} = 0.25 - 0.577 \cdot (0.022857)$$

### **Octubre**

$$\text{LIMITE CONTROL SUPERIOR} = 0.25 + 0.577 \cdot (0.018571)$$

$$\text{LIMITE CONTROL INFERIOR} = 0.25 - 0.577 \cdot (0.018571)$$

<b>MES</b>	<b>LIMITE CONTROL SUPERIOR</b>	<b>LIMITE CONTROL INFERIOR</b>
AGOSTO	0.264012	0.235987
SEPTIEMBRE	0.263188	0.236811
OCTUBRE	0.260715	0.239284

En la figura No. 4.2 se muestra la Gráfica de Control del carbono durante un día de producción de Agosto, Septiembre y Octubre.

### Capacidad del Proceso

La capacidad potencial de un proceso  $C_p$  es:

$$C_p = (T_s - T_i) / 6 \sigma$$

donde  $T_s$  es la tolerancia superior,  $T_i$  es la tolerancia inferior y  $\sigma$  la desviación estándar. Se recomienda un  $C_p$  mayor a 1.50 .

La capacidad real de un proceso  $C_{pk}$  se calcula como:

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \{T_s - \bar{X}; \bar{X} - T_i\} / 3 \sigma$$

, donde  $\bar{X}$  es la media muestral. Si este valor excede 1.33, se recomienda un muestreo estadístico como inspección de calidad. Caso contrario, el muestreo de inspección se debe realizar al 100%. [20]

Resolviendo, se tiene:

Capacidad	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
$C_p$	0.5861	0.4228	0.6489
$C_{pk}$	0.0283	0.0337	0.0351



(19) Véase referencia bibliográfica 5, Módulo IV, página 3.

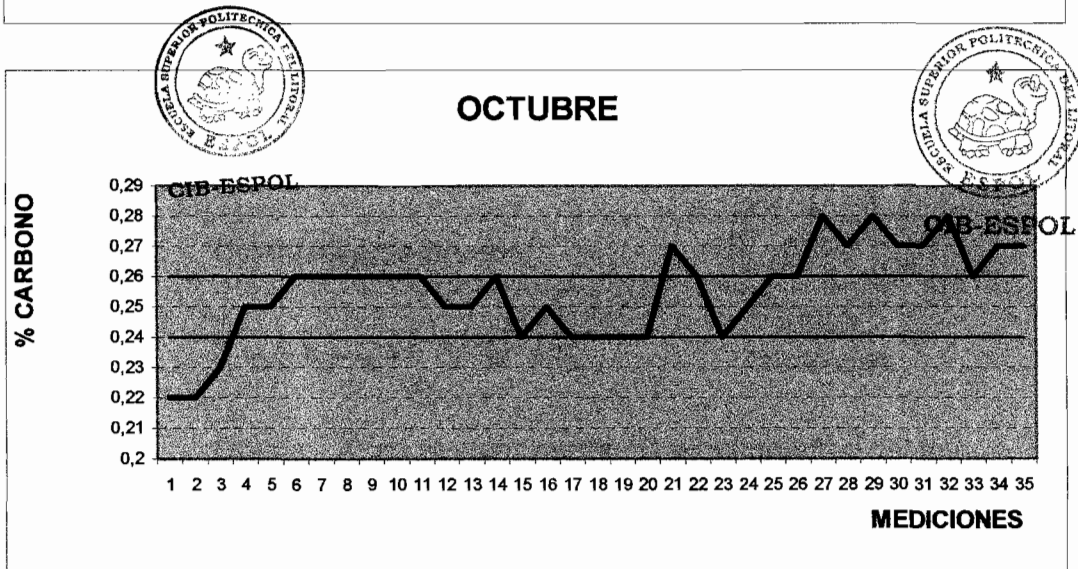
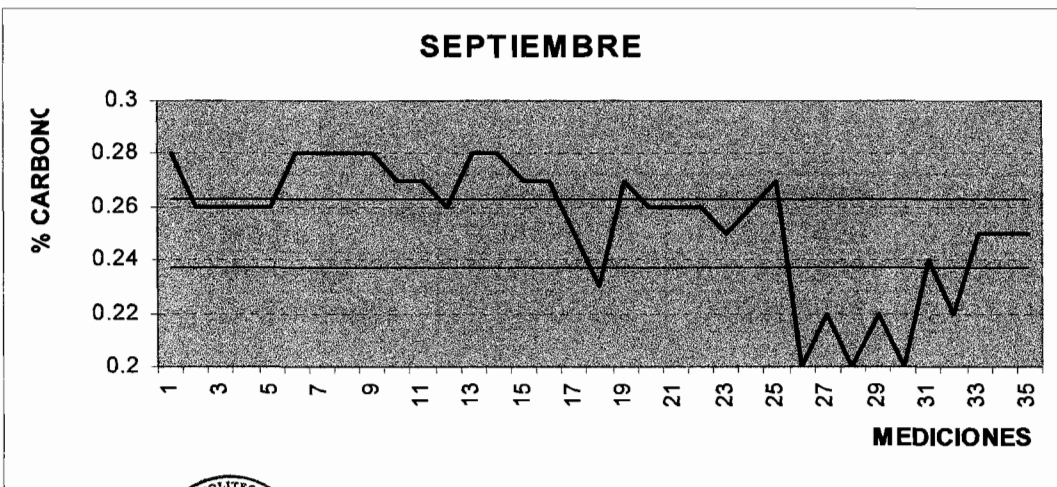
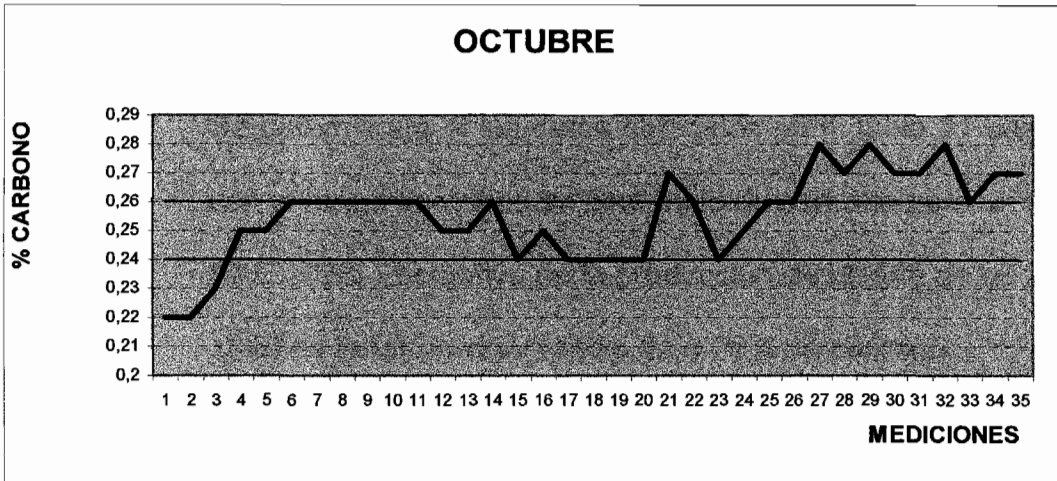


Figura 4.2 Gráficas de Control para el carbono

#### 4.1.2 Probabilidad y Estadística.

Se determinará si los datos obtenidos en la tabla 11 cumplen con el rango permitido de contenido de carbono para un acero SAE 1026. El objetivo de la producción de un lote de un acero 1026 es tener un valor medio de 0.26% de carbono.

Los resultados de Valor Medio Muestral, Varianza Muestral y Desviaciones estándar de los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, son mostrados a continuación:

	Agosto	Septiembre	Octubre
<b>Media</b>	0.24828571	0.25371429	0.25514286
<b>Varianza</b>	0.00029109	0.00055933	0.00023748
<b>D. Estándar</b>	0.01706143	0.02365011	0.01541035

#### Prueba de Hipótesis: Media versus Valor Específico.

La hipótesis nula es si el valor medio de las producciones de Agosto, de Septiembre y de Octubre es igual al objetivo de 0.26% de carbono.

Estadística de prueba:

$$T = (\bar{X} - C) / \sqrt{S^2 / n},$$



CIB-ESPOL

[20]

Donde  $\bar{X}$  es el valor medio,  $C$  es el objetivo del lote.

(20) Véase referencia bibliográfica 5, página 19.

Resolviendo la ecuación se tiene:

	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>
<b>T</b>	4.06	1.57	1.86

De la tabla del Anexo 2, de la Distribución de Student, para 34 grados de libertad (  $n - 1$  ) y con un nivel de confianza del 95%, obtenemos un valor de  $t$  de 1.69.

La hipótesis nula es verdadera si los valores de  $T$  son menores a 1.69. Por lo tanto; se considera que sólo el valor medio del contenido de carbono de los lotes de acero 1026 del mes de Septiembre es de 0.26. Los meses de Agosto y de Octubre no cumplen.

#### **Prueba de Hipótesis: Media versus Media.**

Debido a que la producción de Agosto y de Octubre no mantienen una media esperada de 0.26%, probaremos si las medias de estos meses son iguales a la del mes de Septiembre.

Necesitamos calcular la varianza acumulada **V.A.** de dos meses en comparación, mediante la siguiente fórmula:

$$V. A. = \frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

, donde  $n_1$  y  $n_2$  son el número de datos,  $S_1^2$  y  $S_2^2$  son sus varianzas respectivas.

La estadística de prueba es:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{V. A. \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}} \quad (20)$$

Resolviendo las ecuaciones anteriores se tiene:

	Septiembre – Agosto	Septiembre – Octubre
V. A.	0.02088	0.0176095
T	1.08757	0.3395568

De la tabla del Anexo 2, de la Distribución de Student, para 66 grados de libertad ( $n_1 + n_2 - 2$ ) y con un nivel de confianza del 95%, obtenemos un valor de  $t$  de 1.672. La hipótesis nula es verdadera si los valores de  $T$  son menores a 1.672. Por lo tanto; la media muestral de los meses de Agosto

(20) Véase referencia bibliográfica 5, página 25.



y Octubre pueden ser consideradas iguales a la del mes de Septiembre.

**Prueba de hipótesis: Varianza versus un valor específico.**

Una manera rápida de determinar la dispersión de un conjunto de valores es obtener el rango dividido para cuatro. Extrayendo los valores de la tabla 11 se tiene los siguientes resultados:

	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>
<b>Valor Máximo</b>	0.28	0.28	0.28
<b>Valor Mínimo</b>	0.22	0.20	0.22
<b>Rango</b>	0.06	0.08	0.06
<b>S aproximado</b>	0.015	0.02	0.015
<b>S<sup>2</sup> aproximado</b>	0.000225	0.0004	0.000225

La prueba de hipótesis consiste en determinar si los valores de  $S^2$  aproximado son los obtenidos en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre. La estadística de prueba es:

$$\chi^2_c = (n - 1) \frac{S^2}{C} \quad [21]$$

; donde **S** es la varianza del mes, **C** es el valor específico y **n** es el número de datos del mes.

(21) Véase referencia bibliográfica 5, página 27.





Resolviendo la ecuación se tiene:

	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>
$\chi^2_c$	43.98	47.54	35.88

De la tabla del Anexo 3, de la Distribución de Ji-Cuadrada, para 34 grados de libertad ( n - 1 ) y con un nivel de confianza del 95%, obtenemos un valor de  $\chi^2$  de 48.6.

La hipótesis nula es verdadera si los valores de  $\chi^2_c$  son menores a 48.6. Por lo tanto; las varianzas muestrales de los meses de Agosto Septiembre y Octubre pueden ser consideradas iguales a los valores esperados.

### **Prueba de Hipótesis: Varianza versus Varianza.**

La hipótesis nula es si la dispersión de los datos de un mes es igual a la de otro mes. La estadística de prueba es:

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad (22)$$

, donde  $S_1^2$  y  $S_2^2$  son las varianzas muestrales de los meses en prueba.

(22) Véase referencia bibliográfica 5, página 30.

Resolviendo la ecuación se tiene:

	Agosto-Septiembre	AgostoOctubre	Octubre-Septiembre
<b>Fc</b>	1.92	0.82	2.36

De la tabla del Anexo 4, de la Distribución de Fisher, para (34, 34) grados de libertad ( $n_1 - 1, n_2 - 1$ ) y con un nivel de confianza del 95%, obtenemos un valor de **F** de 1.78.

La hipótesis nula es verdadera si los valores de **F** son menores a 1.78. Por lo tanto; las varianzas muestrales de los meses de Agosto - Septiembre en con comparación con las de Octubre - Septiembre no pueden ser consideradas iguales.

#### **4.2 Diagnostico del Sistema de Medición.**

Se verifica que las tolerancias del producto dadas por una norma de fabricación y la variación que experimenta el proceso dominen el error producido por el sistema de medición. La tolerancia debe ser por lo menos 10 veces el error del sistema de medición y la variación que experimenta el proceso debe ser superior a tres veces.

#### 4.2.1 Anova del Espectrómetro.

Siguiendo el método de ANOVA descrito en el numeral 3.2.1, se obtuvo la tabla de resultados 12 para el silicio y el manganeso.

**Tabla 12**

#### DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MEDICION DEL ESPECTROMETRO

PARAMETROS	CARBONO	MANGANESO	SILICIO
No. Observaciones	18	18	18
Factor Corrección	1.542934	2.53125	0.3245494
F total	0.24536	0.55725	0.1432056
F señal	0.24411	0.55663	0.1431141
F error	0.00095	0.00617	9.15 E – 05
Grados libertad total	17	17	17
Grados libertad señal	2	2	2
Grados libertad error	15	15	15
Desviación Estándar	0.007958	0.006412	0.002498
Tolerancia SAE 1040	0.035	0.20	0.09
Indice de comparación	4.39	31.2	36.03

Los índices de comparación para el manganeso de **31.20** y para el silicio de **36.03**, nos indican que el equipo cumple con las “Buenas prácticas de Fabricación”.

#### Segundo Índice de Comparación.

Para tres días consecutivos de producción y siguiendo el método desarrollado en el numeral 3.2.1 tenemos las siguientes tablas de datos y de resultados:



**Tabla 13****MEDICION DEL MANGANESO POR DIAS DE PRODUCCION**

FACTOR	COLADA 1	COLADA 2	COLADA 3	COLADA 4	TOTAL POR DIA
<b>DIA 1</b>	1.03	0.95	1.03	0.91	11.53
	0.96	0.89	0.94	0.92	
	1.07	0.90	1.04	0.89	
<b>DIA 2</b>	1.04	1.06	0.95	1.06	11.86
	1.00	1.05	0.89	0.98	
	0.97	0.98	0.90	0.98	
<b>DIA 3</b>	0.94	1.06	1.05	1.09	12.22
	0.91	0.97	1.01	1.11	
	0.97	1.07	1.00	1.04	
<b>TOTAL POR COLADA</b>	8.89	8.93	8.81	8.98	35.61

**Tabla 14****MEDICION DEL SILICIO POR DIAS DE PRODUCCION**

FACTOR	COLADA 1	COLADA 2	COLADA 3	COLADA 4	TOTAL POR DIA
<b>DIA 1</b>	0.259	0.250	0.294	0.250	2.855
	0.227	0.230	0.291	0.249	
	0.229	0.18	0.200	0.196	
<b>DIA 2</b>	0.292	0.247	0.270	0.290	3.107
	0.273	0.214	0.230	0.270	
	0.233	0.258	0.250	0.280	
<b>DIA 3</b>	0.250	0.380	0.260	0.240	3.100
	0.270	0.270	0.260	0.220	
	0.260	0.240	0.220	0.230	
<b>TOTAL POR COLADA</b>	2.293	2.269	2.275	2.225	9.062

TABLA 15

## ANOVA PARA EL MANGANESO

FUENTE	G. L.	F	MS
Coladas	3	0.0017194	5.73 E – 04
Días	2	0.01985	99.2 E – 04
Error	30	0.1233056	41.1 E – 04
Total	35	0.144875	

Tabla 16

## ANOVA PARA EL SILICIO

FUENTE	G. L.	F	MS
Coladas	3	0.0002777	9.25 E – 05
Días	2	0.0034327	17.1 E – 04
Error	30	0.0396188	13.2 E – 04
Total	35	0.0433292	

Se obtiene el segundo índice de comparación:

### Sistema de medición del Manganeso

$$S_{\text{proceso}} / S_{\text{Sistema Medición}} = 85.45 \text{ E-03} / 6.41 \text{ E-03}$$

$$S_{\text{proceso}} / S_{\text{Sistema}} = 13.32 .$$

### Sistema de Medición del Silicio

$$S_{\text{proceso}} / S_{\text{Sistema Medición}} = 21.34 \text{ E-03} / 2.46 \text{ E-03}$$

$$S_{\text{proceso}} / S_{\text{Sistema}} = 8.64$$

En la tabla 17 se resume los resultados de los índices de comparación del sistema de medición del Espectrómetro:

**Tabla 17**  
**RESULTADOS PARA EL ESPECTROMETRO**

INDICE DE COMPARACIÓN	VALOR SUGERIDO	CARBONO	MANGANESO	SILICIO
1º. INDICE	10	4.39	31.20	36.09
2º. INDICE	3	4.53	8.64	13.32

#### 4.2.2 ANOVA DE LA BALANZA DE CHATARRA.

FUNASA posee un grupo de pesas patrones, presentadas en la Tabla 18, que de acuerdo a la norma INEN 1208 pertenecen al tipo F, cuya tolerancia permitida es de 150 gramos (23).

**Tabla 18**  
**PESAS PATRON DE FUNASA**

CODIGO	PESAS [Kg]
01	1.010
02	1.020
03	1.030
04	1.020
05	1.030
06	1.000
07	1.020
08	1.000



CIB-ESPOL

(23) Véase referencia bibliográfica 22.

Se seleccionaron 3 conjuntos de patrones de referencia: 1.020 Kg, 4.080 Kg; y 8.130 Kg. Inmediatamente se realizó seis mediciones para cada conjunto y obtenemos la siguiente tabla de resultados:

**Tabla 19**

**DATOS PARA LA BALANZA DE CHATARRA**

<b>PATRON 1</b>	<b>PATRON 2</b>	<b>PATRON 3</b>
Valor = 1.020 Kg.	Valor = 4.080 Kg.	Valor = 8.130 Kg.
1.010	4.050	8.050
1.020	4.080	8.110
1.020	4.080	8.120
1.040	4.070	8.140
1.010	4.070	8.060
1.010	4.100	8.100
Total = 6.110	Total = 24.450	Total = 48.580

Se determinó la desviación estándar del error y se la compara con la tolerancia, que de acuerdo a la norma INEN 1213 de "Tolerancias para balanzas" es de 20 Kg.

**Tabla 20**

**DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN  
DE BALANZA DE CHATARRA**

<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>
No. Observaciones	18
Factor de Corrección	347'952.200
F total	151'247.800
F patrón	151'239.633
F error	8.166,67
Grados de libertad total	17
Grados de libertad patrón	2
Grados de libertad del error	15
Desviación estándar	23,33 Kg
Tolerancia INEN 1213	20 kg
Indice de comparación	0.9838



El 99,97 % de las mediciones van a encontrarse en +/- 70 Kg de su valor considerado verdadero. El índice de comparación entre la tolerancia permitida por la balanza y el error es menor a 10, por lo tanto no cumple con la recomendación de “Buenas prácticas de Fabricación”. En esta parte, podemos analizar dos situaciones relacionadas:

1. Despejando la desviación estándar del índice de comparación, tenemos:

$$\text{Tolerancia} / \text{Desv. Estándar error} \geq 10$$

$$\text{Tolerancia} / 10 \geq \text{Desv. Estándar error}$$

$$20 / 10 \geq \text{Desv. Estándar error}$$

$$\text{Desv. Estándar error} \leq 2 \text{ Kg}$$

Este valor debe ser igual o menor que 2 kg. para que cumpla con la recomendación.



2. Si logramos reducir la mínima escala de medición del equipo de un valor actual 10 Kg a un valor recomendado de 2 Kg, la desviación estándar del error de la medición se reducirá alrededor de cinco veces, y probablemente será menor a 2 Kg.

Las consideraciones anteriores nos permiten concluir que la balanza de chatarra debe tener una resolución (mínima



escala) de 1 Kg. para que la tolerancia permitida para esta balanza domine el error de la medición.

### **Segundo diagnóstico de Balanza de Chatarra.**

Al monitorear las 18 mediciones experimentales hechas por esta balanza, fue notoria la variación de estas mediciones, tomando en cuenta la posición de las pesas sobre la balanza. La hipótesis nula es que hay homogeneidad en los resultados de medición entre una u otra posición de la balanza de chatarra.

Para comprobar nuestra hipótesis se realizara un ANOVA en una sola dirección, es decir sin importar lo que suceda de un día a otro. Se tomó como patrón el total de las pesas que suman 8.130 Kg, se hicieron 6 mediciones en cada posición; esto es, en los lados derecho, izquierdo y centro de la balanza, obteniéndose la siguiente tabla de datos:

**Tabla 21**  
**DATOS DE BALANZA POR POSICION**

<b>CENTRO</b>	<b>IZQUIERDO</b>	<b>DERECHO</b>
8.050	8.120	8.060
8.110	8.140	8.100
8.090	8.160	8.090
8.110	8.140	8.070
8.080	8.140	8.070
8.090	8.140	8.070
<b>Total</b> 48.530	<b>Total</b> 48.840	<b>Total</b> 48.460

El total de las 18 mediciones es 145.830 kg, por lo tanto el factor de corrección es:

$$F.C. = (145.830)^2 / 18$$

Así, la suma de cuadrados totales resulta:

$$F_{\text{total}} = [(8.050)^2 + (8.110)^2 + \dots + (8.070)^2 + (8.070)^2] - F.C.$$

$$F_{\text{total}} = 18.050 \text{ Kg.}$$

De la misma manera calculamos la suma de cuadrados por posición:

$$F_{\text{posición}} = [(48.530)^2 + (48.840)^2 + (48.460)^2] / 6 - F.C.$$

$$F_{\text{posición}} = 13.633,33 \text{ Kg.}$$

Quedando así el error residual de:

$$F_{\text{error}} = F_{\text{total}} - F_{\text{posición}}$$

$$F_{\text{error}} = 4.416,67 \text{ Kg.}$$

Los correspondientes grados de libertad totales son diecisiete, dos para la posición y los otros restantes quince para el error.

Ahora chequeamos si “la varianza estimada por un tipo de estimador estadístico (posición central) es igual a la de otro estimador estadístico (izquierda o derecha)”.

Si la hipótesis nula es cierta ( $H_0$ ) de que no hay diferencias significativas entre posiciones, la prueba será positiva y el parámetro calculado denominado  $f$  calculado será menor el valor de las tablas de distribución  $f$  de Fisher. Por otra parte, si el valor de  $f$  calculado excede este valor este la hipótesis nula es falsa, realmente existe diferencias significativas entre posiciones.

$$f \text{ calculado} = [(13.633,33 / 2) / (4.416,67 / 15)]$$

$$f \text{ calculada} = 23,15$$



CIB-ESPOL

Se obtiene el valor de  $f$  de las tablas mostradas en el Anexo 4, con  $K_1 = 2$  y  $K_2 = 15$ ,  $f$  es igual a 4.10. Por lo tanto, nuestra hipótesis nula es falsa y realmente existen diferencias significativas entre posiciones.

De la Tabla 21 de datos experimentales verificamos que los extremos están descalibrados respecto al centro y particularmente el lado especificado como "derecho", observado desde la cabina del operador de la balanza.

#### 4.2.3 Anova de la Balanza De Cesta.

Se seleccionó a 3 grupos de pesas como patrones: el primero con 1.000 Kg, el segundo con el conjunto formado por 3.050

Kg; y el tercero formado 6.080 Kg. Se realizó 6 mediciones para cada patrón y obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 22**

**DATOS PARA LA BALANZA DE CESTA**

<b>PATRON 1</b>	<b>PATRON 2</b>	<b>PATRON 3</b>
Señal = 1.000 Kg.	Señal = 3.050 Kg.	Señal = 6.080 Kg.
1.052	3.046	6.054
1.058	3.052	6.248
1.070	3.160	6.178
1.028	3.090	6.056
1.002	3.144	6.254
1.010	3.134	6.154
Total = 6.220	Total = 18.626	Total = 36.944

La balanza de cesta tiene la capacidad de poder “encerarse”, (a un valor de cero). Se encontró averías en este sistema debido a que no se logró nunca encerar el equipo. Los valores de la Tabla 22 muestran el resultado, una vez restado del valor de la carga inicial que no se logró encerar. El tiempo que toma en estabilizarse la lectura en el display es considerable. Este valor se ha incrementado por dos factores:

1. Porque la sensibilidad del aparato ha disminuído, debido a un deterioro interno de las piezas que conforman el sistema de medición.
2. Por la errónea forma operativa de realizar la medición: se coloca la Cesta sobre la Balanza y luego se carga por más de quince veces la Cesta por intermedio del puente grúa;

en cada impacto el sistema de medición sufre deformación y las piezas terminan deterioradas por fatiga o ruptura. Inclusive existen registros de cambio de piezas fracturadas por impacto.

**Tabla 23**

<b>DIAGNOSTICO DE LA BALANZA DE CESTA</b>	
<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>
No. Observaciones	18
Factor de Corrección	212'111.338
F total	79'689.201
F patrón	79'634.563
F error	54.638
Grados de libertad total	17
Grados de libertad patrón	2
Grados de libertad del error	15
Desviación estándar	60,35 Kg
Tolerancia INEN 1213	20 kg
Indice de comparación	0.3314

El 99,97 % de las mediciones van a encontrarse en +/- 181 Kg de su valor considerado verdadero. Este valor representa el 1.2 % de la medición, si consideramos que la chatarra promedio que se mide con este aparato en cada colada es de 15.000 Kg.

Para tener una magnitud de este error, anualmente existe un error acumulado de 600 toneladas de chatarra de las 50.000 toneladas de producción anual de acero.

La avería en el sistema de “enceramiento”, no permite una repetibilidad ni una reproducibilidad en las mediciones. El índice de comparación, no sólo que no cumple con la recomendación de “Buenas prácticas de Fabricación” (que sea mayor a 10), sino que además resulta un valor muy bajo.

#### 4.2.4 Anova para Balanza de Ferroraleaciones.

El complejo siderúrgico posee un segundo grupo de pesas patrones, las cuales son detalladas en la tabla 24.

Con este conjunto de pesas se tomaron 6 mediciones con cada uno de ellos obteniéndose la tabla de datos 25.

**Tabla 24**  
**PESAS PATRON B**

<b>CODIGO</b>	<b>PESO [gramos]</b>	<b>CODIGO</b>	<b>PESO [gramos]</b>
01	4.640	11	9.062
02	4.587	12	9.102
03	4.481	13	9.117
04	4.679	14	8.990
05	4.506	15	9.076
06	4.513	16	9.156
07	4.717	17	9.090
08	4.565	18	9.080
09	4.628	19	8.948
10	4.436	20	9.080



**Tabla 25**  
**DATOS PARA LA BALANZA DE FERROALAEACIONES**

<b>PATRON 1</b>	<b>PATRON 2</b>	<b>PATRON 3</b>
Señal =45,75 Kg.	Señal = 72,55 Kg.	Señal = 118,29 Kg.
46,0	72,5	118,5
45,5	72,5	118,0
45,5	72,5	118,0
45,5	72,5	118,5
45,5	72,5	118,0
46,0	72,5	118,0
Total = 274	Total = 435	Total = 709 Kg

La correspondiente desviación estándar del error es comparada con la tolerancia de la balanza cuyo valor máximo permitido de acuerdo a la norma INEN 1213 es de 2,50 Kg.

**Tabla 26**  
**DIAGNOSTICO DE LA BALANZA DE FERROALEACIONES**

<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>
No. Observaciones	18
Factor de Corrección	111.707
F total	16.124
F patrón	16.123
F error	0.67
Grados de libertad total	17
Grados de libertad patrón	2
Grados de libertad del error	15
Desviación estándar	0,21 Kg
Tolerancia INEN 1213	2,50 Kg
Indice de comparación	11.90

La desviación estándar nos indica que cada vez que medimos alguna magnitud con este equipo, el resultado de la medición

puede estar en un intervalo de  $+ / - 0,63$  Kg. Con un nivel de confianza del 99,97 % (3S).

El valor del primer índice de comparación de 11,90 nos indica que el equipo opera por sobre las “Buenas recomendaciones de fabricación” y además que posee la habilidad de repetir los datos bajos las mismas condiciones de operación, con el mismo operador y con la “exactitud requerida”.

### Segundo Índice de Comparación.

Para calcular la “Varianza Natural del Proceso”, se tabulan las mediciones obtenidas en el proceso durante 3 días consecutivos.



**Tabla 27**

### **CIB-ESPOL DATOS POR DÍAS EN BALANZA DE FERROALEACIONES**

<b>DIA 1</b>	<b>DIA 2</b>	<b>DIA 3</b>
118,5	118,0	118,0
118,0	118,0	118,5
118,0	118,5	118,0
118,5	118,0	118,0
118,0	118,0	118,0
118,0	118,5	118,0
<b>Total = 709</b>	<b>Total = 709</b>	<b>Total = 708,5</b>

Nuevamente vamos a calcular el ANOVA en una sola dirección, para verificar la varianza de un día a otro. Ordenando los resultados obtenemos la Tabla 28.



Tabla 28

## ANOVA DE BALANZA FERROALEACIONES POR DIAS

PARAMETRO	RESULTADO
Número de observaciones	18
Suma de cuadrados totales	0,90278
F días	0,02778
F error	0,87500
Grados libertad total	17
Grados libertad días	2
Grados de libertad error	15

Calculamos la suma de cuadrados total ( $F_{total}$ ), la suma de cuadrados correspondiente a días ( $F_{días}$ ) y luego la correspondiente al error residual; los correspondientes grados de libertad totales son diecisiete, dos para la posición y los otros restantes quince para el error.

Ahora chequeamos si “la varianza estimada por un tipo de estimador estadístico (día 1) es igual a la de otro estimador estadístico (al día 2 ó al día 3)”.

Si la hipótesis nula es cierta ( $H_0$ ) de que no hay diferencias significativas de las mediciones entre días, la prueba será positiva y el parámetro calculado denominado  $f_{calculado}$  será menor el valor de las tablas de distribución F de Fisher.

En el caso contrario; si el valor de **f calculado** excede este valor la hipótesis nula es falsa, realmente existen diferencias significativas entre los días.

$$f \text{ calculado} = [(0,02778 / 2) / (0.875 / 15)]$$

$$f \text{ calculada} = 0,2381$$

Se extrajo el valor de **f** de las tablas de Fisher del Anexo 4, con **K1 = 2** y **K2 = 15**; **f** es igual a 4,10.

Por lo tanto, nuestra hipótesis nula es verdadera y realmente no existen diferencias significativas en las mediciones realizadas por la balanza de un día a otro.

#### **4.2.5 Factores que influyen al Sistema de Medición.**

En la tabla 29 se muestra un resumen de los resultados observados en el diagnóstico de los equipos.

Se analizaron los factores que influyen al sistema de medición de la Balanza de Cesta por haber sido encontrada en mal estado.

Se recomienda el retiro inmediato de la Balanza de Cesta para su reparación. La figura No. 4.3 muestra el diagrama de Ishikawa de los factores que afectan a la Balanza de Cesta.

**Tabla 29**

**Resumen de Diagnóstico del Sistema de medición**

<b>Equipo</b>	<b>La tolerancia del proceso domina el error del sistema de medición.</b>	<b>La variación natural del proceso domina el error del sistema de medición</b>	<b>Recomendación</b>
Espectrómetro	No cumple para medición del carbono	No cumple para medición del carbono	Aumentar el número de cifras significativas en la lectura del carbono
Balanza de Chatarra	No cumple	No cumple	Reducir la resolución del equipo. Ajustar la lectura en los extremos
Balanza de Cesta	No cumple	No cumple	Retirar el equipo de su uso para reparación y ajuste.
Balanza de Ferroaleaciones	Sí cumple	Si cumple	Ninguna

A continuación se analizan los factores detectados que afectaron el deterioro y fallas de la Balanza de Cesta, para que sean eliminadas definitivamente.



CIB-ESPOL

**Mano De Obra**

Las personas que utilizan el equipo sí poseen la formación necesaria para estar calificados para el puesto.

**Medio de Operación**

Se verificó que la manera de cargar la Cesta perjudica al equipo de Medición. Las caídas de la chatarra sobre la Cesta impactan la balanza y afectan las celdas de carga de esta balanza. El valor máximo de carga no está alrededor de los límites de operación del equipo.

### **Método.**

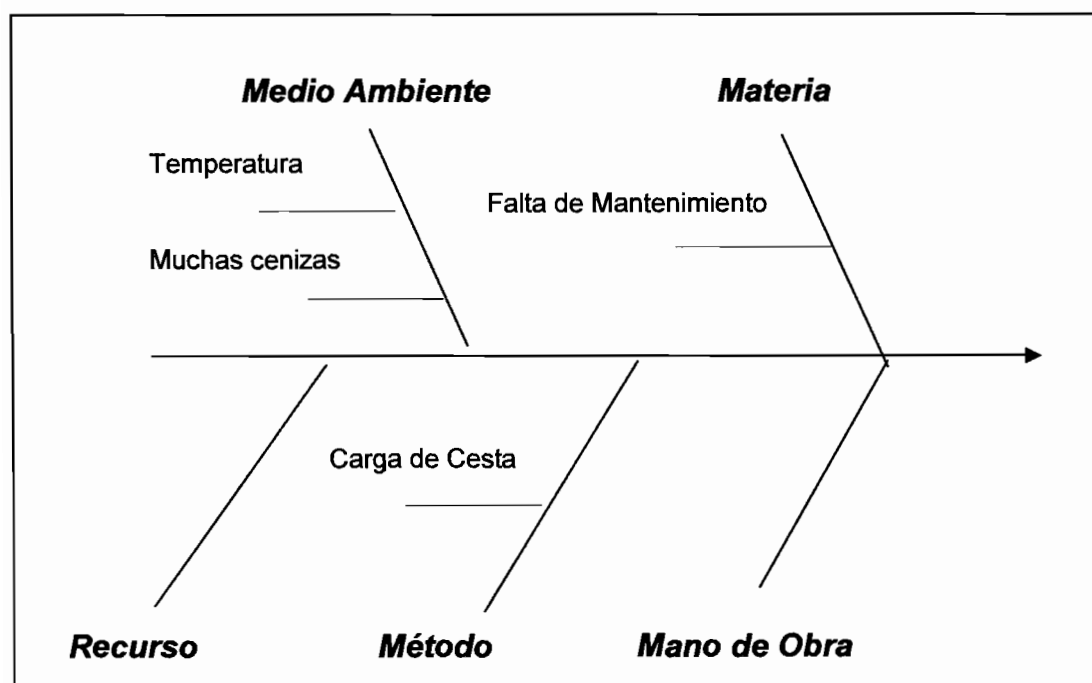
El principio físico de la medida de tipo electrónico y la secuencia operativa afectan a la medición.

### **Materia**

Los planes de mantenimiento se ven afectados por la imposibilidad de separar el equipo del proceso.

### **Medio Ambiente**

La temperatura ambiental afecta la vida útil del equipo. El polvo proveniente del proceso de fundición afecta el equipo electrónico.



**Figura 4.3 Factores que afectan la Balanza de Cesta**

### **4.3 Diagnóstico del Control de Equipos bajo la norma ISO 10012**

Se encuestó al responsable de los equipos utilizando los cuestionarios 01 y 02 del capítulo 3.1.2.

Se verificó que Fundiciones Nacionales carece un sistema de calidad para equipos de medición.

Adicionalmente se encontró que se debe realizar una lista de tareas que se detalla a continuación:

1. Elaborar una lista del software que se usará para verificar características de los procesos o del producto.
2. Proporcionar los registros de calidad.
3. Proporcionar etiquetas para fijar en los dispositivos, con el fin de declarar su estado de calibración.
4. Proporcionar facilidades el almacenamiento de los registros.
5. Preparar procedimientos de calibración de equipos.
6. Disponer de los materiales necesarios para calibrar los estándares de calibración y equipos.
7. Proporcionar contenedores para el transporte de equipos de medición.
8. Validar el software usado para propósitos de medida o que controle un equipo de medida.

9. Disponer que se registre la identidad de los dispositivos utilizados en la verificación del proceso o del producto.

Al verificar la necesidad de implantar un Sistema para mejorar el aseguramiento de Calidad de los Equipos de Medición, la empresa Fundiciones Nacionales S.A. solicitó la creación de un Manual de Aseguramiento de Equipos, el cual es tratado en el **Capítulo 5**.



CIB-ESPOL

# **CAPÍTULO V**

## **5. MANUAL DE CONTROL DE EQUIPOS DE MEDICION.**

### **5.1 Introducción.**

La “Política de Calidad” de Fundiciones Nacionales va dirigida a mejorar continuamente su imagen en cuanto a la calidad de sus productos, satisfaciendo y excediendo las necesidades de la industria de la construcción.

El “Objetivo de Calidad” es desarrollar el Sistema de Calidad y crear conciencia entre sus colaboradores de que se debe entregar un producto de excelencia, para brindar confianza al cliente externo y también al cliente interno.

### **5.2. Objetivo, Alcance Y Responsabilidades.**

**Objetivo.**

Establecer las formas y los mecanismos que se requieren garantiza que el equipo de medición se encuentra en cualquier momento en condiciones de cumplimiento de los requisitos relacionados con su utilización propuesta.

### **Alcance**

Se aplica a todos los instrumentos de medición que se utilicen para medir características del producto o para controlar el proceso de producción. Define las características principales del sistema de confirmación metrológica de los equipos en la organización.

### **Responsabilidad**

Es responsabilidad de la implantación el Jefe del proyecto ISO 9.002, de su ejecución el personal señalado en el literal 15.1 de este Manual y de su cumplimiento el Jefe de la División Acería.

## **5.3 Guía Del Manual**

El Manual de Aseguramiento de Calidad para el control de Equipos de Medición es un documento que describe un conjunto de actividades planificadas de antemano, tomando como modelo la norma ISO 10012 Parte 1, para ser usado dentro de un sistema global de aseguramiento de calidad a ser implantado en la empresa.





La norma ISO 10012 puede ser utilizada por organizaciones proveedoras de productos o servicios que posean un sistema de calidad como la ISO 9001, 9002, 9003 y 9004, en el cual los resultados de medición se utilizan para demostrar la conformidad con los requisitos especificados de sus productos.



**Tabla 30**

**RELACION ENTRE MANUAL Y LA NORMA ISO 9002** CIB-ESPOL

<b>NORMA ISO 9002.</b>	<b>MANUAL DE CALIDAD</b>
4.11.2.a -----	1. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS. 2. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.
4.12.2.h	3. CONDICIONES AMBIENTALES
4.12.2.g	4. SISTEMAS DE CONFIRMACIÓN.
4.11.2.b, c	5. ROTULADO DE LA CONFIRMACIÓN.
4.11.2.d	6. INTERVALOS DE CONFIRMACIÓN.
4.11.2.b	7. EQUIPOS DE MEDICIÓN NO CONFORMES.
4.11.2.f	8. SEGURIDAD DE EQUIPOS.
-----	9. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES.
4.11.2.i	10. TRAZABILIDAD DE LOS ESTÁNDARES.
4.11.2.b	11. USO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.
-----	12. VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN.
-----	13. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS.
4.11.1	14. PERSONAL DE EQUIPOS.
-----	15. USO DE LOS SERVICIOS EXTERNOS.
-----	16. AUDITORÍAS Y ACCIONES CORRECTIVAS.
-----	17. CONTROL DE LOS REGISTROS.
4.11.2.e	18. PLANEACION

La empresa Fundiciones Nacionales S.A. mantiene su firme deseo de certificarse como una empresa que mantiene un sistema de calidad bajo el modelo de aseguramiento ISO 9002, motivo por el



cual la Tabla 30 hace referencia a la relación que tienen cada uno de los requisitos del literal 4.11 del modelo de ISO 9002 denominado “EQUIPOS DE MEDICION INSPECCION Y ENSAYOS” con el contenido de este manual.

#### 5.4 Definiciones

**Ajuste:** Operación destinada a llevar un aparato a un estado de funcionamiento.

**Auditoría (de la calidad):** Examen metódico e independiente para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones preestablecidas, y si estas disposiciones son aplicadas en forma efectiva y son aptas para alcanzar los objetivos. Puede ser aplicada a un sistema, a un proceso, a un producto, o a un servicio.

**Calibración:** Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición o un sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de una magnitud realizados por un patrón de referencia.



CIB-ESPOL

El resultado de una calibración se expresa a veces a través de un factor de corrección, de una curva de calibración o en forma de una corrección.

**Calidad:** Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades, expresadas o implícitas.

**Condiciones de referencia:** Condiciones de uso de un instrumento de medición prescritas para ensayos de funcionamiento, o para asegurar de manera válida la comparación de los resultados de medición.

**Confirmación metrológica:** La confirmación metrológica es el conjunto de operaciones que se requieren para garantizar que un elemento del equipo de medición se encuentra en condiciones de cumplimiento de los requisitos relacionados con su utilización propuesta. La confirmación metrológica generalmente incluye, entre otras cosas, la calibración, cualquier ajuste o reparación necesarias, recalibraciones así como cualquier colocación de sellos de seguridad y rotulación de datos sobre los equipos que se requieran.

**Control de calidad:** Técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para satisfacer los requisitos relativos a la calidad.

**Corrección:** Valor que, sumado algebraicamente al resultado no corregido de una medición compensa un error sistemático.

**Deriva:** Variación lenta en el tiempo de una característica metrológica de un instrumento de medición.

**Error (absoluto) de la medición:** Resultado de la medición menos el valor verdadero del mesurando. La magnitud del error absoluto puede tomar valores positivos o negativos.

**Estabilidad:** Aptitud de un instrumento de medición, para conservar constantes las características metrológicas.

**Exactitud de la medición:** Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mesurando.

**Fiabilidad:** la probabilidad de que un equipo funcione sin fallas dentro de ciertos límites definidos en unas condiciones ambientales dadas, durante un tiempo determinado.

**Incertidumbre de medición:** Resultado de la evaluación destinado a caracterizar el rango dentro del cual se estima que se encuentra el valor verdadero del mesurando, generalmente con una probabilidad dada.

**Instrumento de medición:** Dispositivo destinado a efectuar una medición, solo asociado a equipos anexos.

**Laboratorio:** organismo que calibra y / o ensaya.

**Límites de error permitido:** Valores extremos de un error, permitido por las especificaciones, reglamentos, etc. para un instrumento de medición.

**Manual de calidad:** Un documento que da a conocer la política de calidad, el sistema de la calidad y las prácticas de la calidad de una organización.

**Mantenimiento:** Conjunto de medidas o acciones necesarias para asegurar el normal funcionamiento del equipo, dentro de su vida útil estimada.

**Magnitud de influencia:** Magnitud a la cual no esta sujeta el mesurando, pero que tiene un efecto sobre el resultado de la medición. Ejemplo: la temperatura de un micrómetro en la medida de una longitud.

**Medición:** Conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar un valor de la magnitud.

**Mesurando:** Magnitud particular sometida a una medición.

**Método de calibración:** Procedimiento técnico definido para la realización de una calibración.

**Patrón (de medición):** Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar, o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición.



CIB-ESPOL

**Rango de medición especificado:** Conjunto de valores de un mesurando, para los cuales el error de un instrumento de medición se pretende se encuentre dentro de límites especificados.

**Resolución (de un dispositivo indicador):** Expresión cuantitativa de la aptitud de un dispositivo indicador que le permita distinguir de manera significativa entre valores inmediatamente adyacentes de la magnitud indicada.

**Requisito:** Una expresión de las necesidades en un conjunto de especificaciones individuales descriptivas o cuantitativas para las características de una entidad, con el fin de permitir su realización y posterior verificación.

**Sistemas de calidad:** Conjunto de la estructura de la organización, las responsabilidades, procedimientos, procesos y los recursos que se necesitan para implantar la gestión de calidad.

**Trazabilidad:** Propiedad del resultado de una medición por la que se puede vincular con patrones adecuados, generalmente nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones.

**Verificación:** Es una confirmación, mediante el examen y provisión de evidencia que se ha cumplido con los requisitos especificados.

**Vida útil (de un equipo):** período de tiempo durante el cual un equipo llena completamente sus funciones técnicas y económicas para las cuales fue diseñado.

### **5.5 Características e Identificación de los Equipos.**

El sistema de aseguramiento de calidad mantiene un control de los siguientes equipos de medición:

- a. Espectrómetro.
- b. Equipo de medición de temperatura del horno.
- c. Balanza de Chatarra.
- d. Balanza de Cesta.
- e. Balanza de Ferroaleaciones.
- f. Manómetro de presión
- g. Medidor de Flujo.
- h. Calibrador pie de rey.
- i. Flexómetro.

Los equipos controlados por el sistema poseen una hoja de control denominada "FICHA DEL EQUIPO", que contiene la siguiente información:

- El nombre del equipo.
- El nombre del fabricante o la marca, la identificación del tipo, el número de serie u otra identificación que lo caracterice.

- La fecha de recepción y la fecha de puesta en servicio.
- La ubicación habitual dentro de la organización.
- Las características metrológicas del equipo.
- El estado del equipo en el momento de la recepción: si es nuevo, usado o si ha sido reacondicionado.
- Las fechas y los resultados de las calibraciones y/o de las verificaciones. La fecha de la próxima calibración y/o verificación.
- Los detalles del mantenimiento realizado hasta la fecha.
- El registro de cualquier daño, mal funcionamiento, modificación o reparación.



CIB-ESPOL

Las fichas de los equipos controlados se encuentran en el anexo 5.

## 5.6 Recepción, Manipulación y Almacenamiento.

El objetivo de la manipulación y almacenamiento es asegurar la integridad de los equipos, antes de haber sido instalados ó después de haber sido trasladados fuera de sus instalaciones.

### Recepción.

En la recepción de un equipo de medición que ingresa por primera vez a las instalaciones de la organización, el Jefe de Gestión de Calidad coordina con el proveedor del equipo respecto a las instalaciones físicas, suministros de corriente eléctrica, suministros



CIB-ESPOL



de fluidos, o de otros sistemas necesarios requeridos para su instalación.

Una vez instalado el equipo, el Jefe de Gestión de Calidad coordina las siguientes actividades:

- Pruebas de instalación: realizadas por un técnico interno o contratado.
- Pruebas de funcionamiento: realizadas por los representantes del proveedor del equipo, haciendo demostraciones físicas de mediciones en todo el rango de medición.
- Pruebas de exactitud: realizadas por el personal de gestión de calidad. El Jefe de Gestión de Calidad decide en cada caso si se realiza una calibración completa, calibración a un punto del rango de medición o simplemente ensayos de verificación.

El Inspector de Calidad asignado emite un reporte de la inspección y lo registra en la ficha del equipo.

### **Manipulación**

Antes de manipular los equipos, se identifican todos los equipos de medición que se encuentran en uso, retirados, obsoletos, dados de baja ó almacenados en bodega. El número de personas que

intervienen en el transporte o manejo de equipos de medición es de 50 Libras por persona.

Los equipos que sobrepasen las 150 libras son manipulados con montacargas o grúas, alojados dentro de sus contenedores.

Los equipos de medición que requieren transportarse fuera de las instalaciones, se cubren con plásticos protectores contra la lluvia y el polvo, sobre pallets o cajas destinadas para este efecto.

### **Almacenamiento.**

La bodega de almacenamiento de repuestos de la organización destina un lugar para el almacenaje de equipos de medición que llegan en tránsito, antes de su instalación.

Los equipos de gran volumen que no pueden ser almacenados en la bodega deben ser almacenados en lugares de acceso restringido y cubiertos contra la lluvia y el polvo, colocados sobre plataformas de madera para evitar su contacto con el piso.

## **5.7 Condiciones Ambientales**

### **Temperatura**

Las instalaciones de los equipos electrónicos están acondicionadas para temperaturas inferiores a 25° centígrados, una humedad relativa inferior a 60 %. Las temperaturas del instrumento de



CIB-ESPOL

medición, del patrón de comparación y del medio ambiente deben siempre estar comprendidas entre 15° y 25° centígrados, en el momento de las calibraciones o verificaciones.

Las desviaciones provocadas por temperatura no deben causar una variación de indicación mayor al 1/5 del error máximo permitido del instrumento.

La iluminación de las instalaciones para equipos debe ser artificial.

Los equipos electrónicos deben estar conectados a un regulador de voltaje. En cada verificación que se realiza al equipo, el voltaje de entrada al instrumento (sin que el equipo esté conectado al regulador) no debe sobrepasar de -15 % y + 10% y la frecuencia no debe sobrepasar de -2 % y + 2 %.

### **Vibraciones.**

En instrumentos mecánicos con indicadores de carátula; las vibraciones o sacudidas que causen la oscilación del puntero no deben ser mayores que 1/ 10 de la división de escala más pequeña.

Las instalaciones de equipos electrónicos se limpian de polvo una vez por día, siguiendo las instrucciones del fabricante. No es

necesario para este sistema calibrar los instrumentos de verificación de las condiciones ambientales.

## **5.8 Protección de las Instalaciones.**

El objetivo de esta parte del Manual es adecuar y preservar las condiciones y características de las instalaciones de los equipos.

El Departamento de Mantenimiento y Adecuación de la organización es responsable de la conservación y el mantenimiento de los siguientes componentes de las instalaciones:

- Suelos: deben estar nivelados y no ser resbalosos.
- Tejados y bajadas de aguas lluvias: en buenas condiciones para que no permitan el deterioro de equipos electrónicos, ni la oxidación de los componentes mecánicos.
- Pintura interior de paredes y exterior de fachadas: de acuerdo al color de la sección a la que corresponden.
- Puertas y ventanas: deben conservar un seguro interior que limite el acceso a personas no autorizadas al uso de los equipos.
- Conducciones de agua, de luz eléctrica, de gases (argón, oxígeno, etc.), de aire comprimido en buen estado.
- Saneamientos y desagües: para confort del personal de equipos.



- Los sistemas de comunicación (del laboratorio, de la balanza de chatarra) deben estar en perfecto estado de tal forma que agilicen el proceso productivo.
- El display indicador de la lectura y demás equipos electrónicos como monitores, CPU, impresoras, deben estar colocados sobre un mesón especialmente instalado para el uso de los equipos.
- El sitio de la instalación de los equipos de medición no debe ser paso obligado de peatones u otras personas que no utilicen los equipos.
- No deben existir parqueos de vehículos cercanos, que produzcan errores en la lectura a causa de las vibraciones.
- Los patrones de referencia para las calibraciones están resguardados en lugares cercanos a los equipos o dentro del laboratorio de ensayos de la empresa.



## 5.9 Integridad de los Equipos

CIB-ESPOL

El propósito de esta parte del manual es asegurar que el equipo no sea alterado internamente por personas no autorizadas para este efecto.

Se aplica a todas las balanzas controladas por el sistema, los manómetros de presión, el medidor de flujo, el equipo de medición de temperatura del horno.



CIB-ESPOL

Esto no se aplica:

- Al espectrómetro, debido a que el ajuste lo hace el mismo equipo y no necesita de medios externos para realizarlo.
- Los flexómetros y calibradores, debido a que estos dispositivos no se prestan para la protección o el sellado, ni se ajustan internamente.

Los sellos de seguridad son adhesivas de papel, las que una vez colocadas no permiten que sean retiradas sin que se produzca la ruptura del papel.

El sello es colocado entre dos superficies unidas y que necesariamente deben ser separadas para realizar el ajuste interno del equipo, en una posición que no obstaculice su medición.

El técnico que repara o ajusta el equipo y el Jefe de Gestión de calidad o cualquier persona autorizada por este último, son las personas responsables en la colocación de estos sellos.

Cuando un sello de ajuste interno es adulterado, el responsable debe verificar al equipo contra un patrón de referencia, y luego proseguir con las actividades establecidas dentro del sistema de confirmación metrológica para equipos.



CIB-ESPOL

### **5.10 Sistema de Confirmación.**

El objetivo del sistema de confirmación metrológica es tratar de minimizar el riesgo de que un equipo de medición produzca lecturas fuera de la exactitud requerida.

El diagrama de flujo de la figura No. 5.1 muestra el enlace de las actividades de este sistema de confirmación. El desarrollo de las actividades de la confirmación metrológica es la siguiente:

1. El Inspector de Calidad realiza verificaciones periódicas en el equipo para determinar si está funcionando correctamente, de acuerdo al plan establecido de este manual (véase 5.18 “Planeación”).
2. Dependiendo del resultado de la verificación, el Jefe de Producción puede tomar alguna de las siguientes alternativas:
  - Si el equipo “está funcionando correctamente”: continúe con la actividad número 4.
  - Si el equipo “no está funcionando correctamente”: continúe con la actividad número 16.
3. Se obtiene del archivo el procedimiento de calibración del equipo.
4. El Inspector de Calidad asignado verifica el equipo, comparando el patrón de referencia con el resultado de la

medición; ya sea mediante una planificación programada o por una falla encontrada en el proceso productivo.

5. El Inspector de Calidad llena el registro de verificación. Luego elabora el reporte de calibración, lo presenta al Jefe de Gestión de Calidad y guarda el documento en el archivo de control de equipos de medición.
6. El jefe de Gestión de Calidad verifica si el equipo está bien, por lo cual puede tomar cualquiera de las siguientes alternativas:
  - Si el equipo “está bien”, continúa en el proceso productivo.
  - Si el equipo “no está bien”, pase a la actividad número 7.
7. El Inspector de Calidad asignado para la calibración ó el organismo externo competente realiza la calibración del equipo.
8. El Jefe de Gestión de Calidad realiza la verificación de la calibración.
9. En este momento el Jefe de Gestión de Calidad determina si el equipo está bien, por lo cual puede tomar alguna de las siguientes alternativas:
  - Si el equipo “está bien”, se conecta directamente con la actividad número 10.



CIB-ESPOL



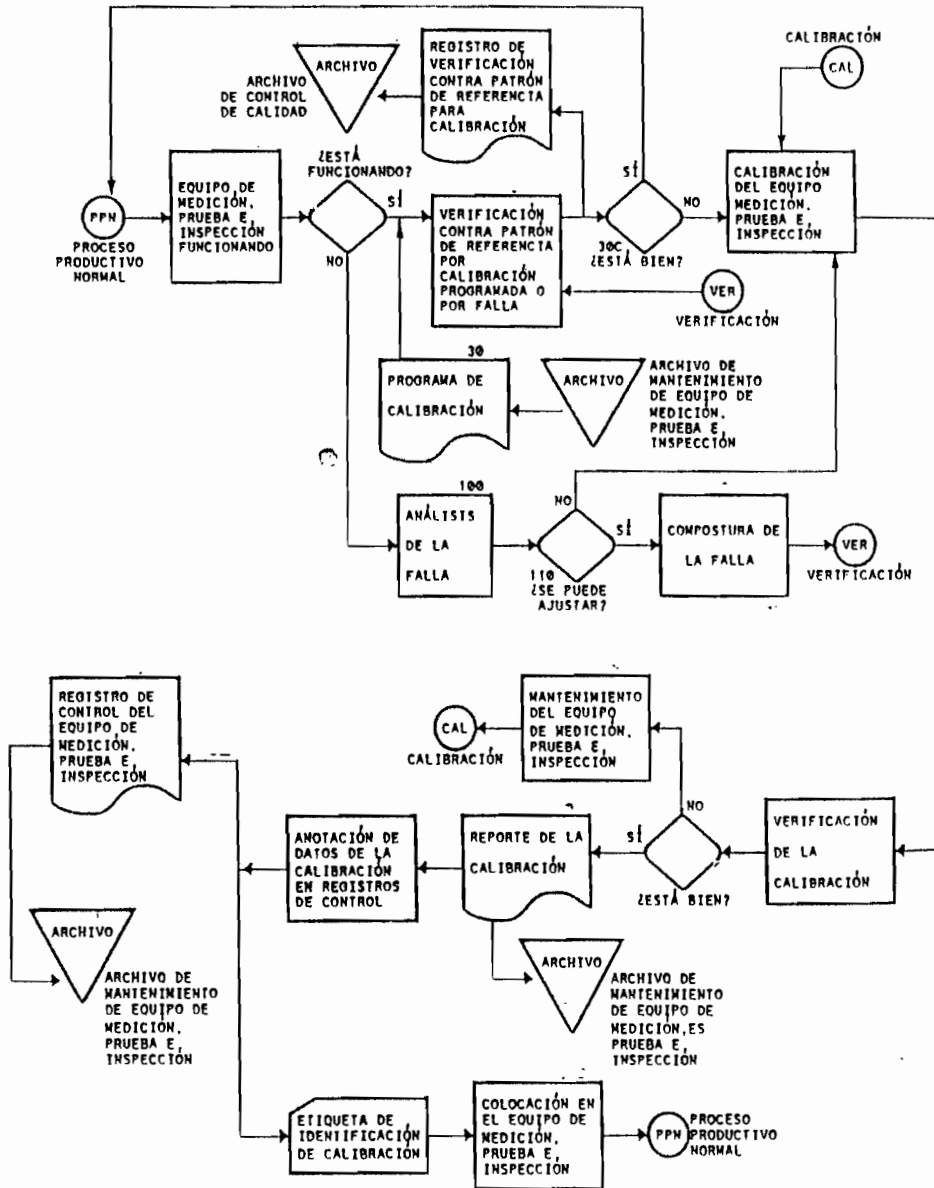


Figura No. 5.1 Confirmación metrológica.

- Si el equipo “no está bien”, se conecta con la actividad número 13.
10. Inmediatamente el Inspector de Calidad, emite el reporte de calibración y llena la ficha correspondiente al equipo.
  11. El Inspector coloca la etiqueta de identificación del equipo verificado.
  12. El Inspector comunica por escrito al Jefe de Producción de turno la reintegración del equipo al proceso productivo.
  13. El técnico correspondiente (interno o externo) realiza el mantenimiento del equipo de medición y determina que:
    - Si el equipo “se puede reparar”, se conecta con la actividad número 7.
    - Si el equipo “No se puede reparar”, el técnico correspondiente emite un informe al respecto dirigido al Jefe de la División de Acería, el cual determina separar y reponer el equipo.
  14. El inspector de calidad coloca en el equipo obsoleto una etiqueta cuya leyenda dice: “EQUIPO FUERA DE USO”.
  15. Se registra en la ficha de control del equipo y se guarda el documento en el archivo de control de equipos.
  16. El inspector comunica la falla del equipo al Jefe de Gestión de Calidad, el cual decide realizar el análisis de la falla con

técnicos propios ó utilizando servicios externos de acuerdo con el requisito 5.17 de este manual “Uso de servicios externos”.

17. Una vez determinada la falla, el técnico correspondiente (interno o externo) determina alguna de estas alternativas:

- Si el equipo “no se puede ajustar”, se conecta con la actividad número 7, para darle mantenimiento al equipo si es necesario.
- Si el equipo “se puede ajustar”, el técnico correspondiente realiza el ajuste o compostura de la falla del equipo.

18. Una vez corregida la falla, se conecta con la actividad 4.

#### **5.11 Rotulado de la Confirmación.**

El objetivo del rotulado es identificar el estado de funcionamiento o de calibración de los equipos. Los equipos de medición estarán identificados con una etiqueta adhesiva en la que se indiquen los siguientes datos:

- El nombre del equipo y código de identificación interno del equipo.
- Número secuencial de intervención por confirmación metrológica.
- El nombre y firma de la autoridad responsable de la calibración.
- La próxima fecha de la calibración.

La etiqueta es color blanca y está adherida sobre alguna superficie del equipo que permita su visibilidad y que no obstaculicen la lectura



de las mediciones. El formato de esta etiqueta es de la siguiente forma:

FUNDICIONES NACIONALES S.A.
<b>Nombre:</b> .....
<b># Confirmación:</b> .....
<b>Próxima calibración:</b> .....
..... <b>Firma responsable</b>

**Figura No. 5.2 Rotulado de los equipos.**

Los equipos que estén fuera de uso, porque son instrumentos inservibles o porque no cumplen con los requerimientos metrológicos, son identificados con la siguiente etiqueta de color rojo y letras blancas, cuyo formato y dimensiones Se muestra en la figura No. 5.3.



**Figura No. 5.3 Equipos fuera de Uso.**

El personal responsable del uso del equipo reportará al Jefe de Gestión de Calidad si la etiqueta se encuentra deteriorada o ilegible, para que este último ordene a quien corresponda su etiquetado inmediato.

### 5.12 Trazabilidad de los Estándares de Medición.

El objetivo de esta parte de la manual es el de asegurar que las medidas obtenidas en los equipos sean iguales en cualquier parte del mundo.

Los patrones de referencia propiedad de la organización, deben ser utilizados exclusivamente para la calibración interna de los equipos y no para otro propósito.

El espectrómetro realiza la medición de la concentración en peso de los componentes de la aleación de acero. Los patrones son mostrados en la tabla 31.

**Tabla 31**

#### **Patrones de Calibración para el Espectrómetro.**

<b>STANDARD</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Al</b>
SS 456 / 1	0.101	0.240	0.200	0.018	0.023	0.009
SS 457 / 1	0.324	0.051	0.300	0.010	0.042	0.111
SS 458 / 1	0.247	0.540	0.490	0.032	0.033	0.023
SS 459 / 1	0.523	0.580	0.970	0.054	0.057	0.028
SS 460 / 1	0.452	0.098	0.670	0.043	0.012	0.012

En la tabla 32 se encuentran los patrones internos para balanzas.

**Tabla 32**  
**PESAS PATRON A**

<b>CODIGO</b>	<b>PESAS [Kg]</b>
A01	1.010
A02	1.020
A03	1.030
A04	1.020
A05	1.030
A06	1.000
A07	1.020
A08	1.000



CIB-ESPOL

**PESAS PATRON B**

<b>CODIGO</b>	<b>PESO [gramos]</b>	<b>CODIGO</b>	<b>PESO [gramos]</b>
B01	4.640	B11	9.062
B02	4.587	B12	9.102
B03	4.481	B13	9.117
B04	4.679	B14	8.990
B05	4.506	B15	9.076
B06	4.513	B16	9.156
B07	4.717	B17	9.090
B08	4.565	B18	9.080
B09	4.628	B19	8.948
B10	4.436	B20	9.080



CIB-ESPOL

Las Balanzas de Chatarra, de Cesta y de Ferroaleaciones realizan la medición del peso en kilogramos y los patrones de calibración son calibrados por patrones primarios del Instituto ecuatoriano de Normalización.

### **5.13 Equipos de Medición No Conformes.**

Los equipos de medición que se encuentre dañados, que haya sufrido sobrecarga de trabajo o maltrato, que haya trabajado por un tiempo indefinido sobre las condiciones nominales de funcionamiento, que tenga fallas en el funcionamiento, cuyo funcionamiento sea dudoso, cuyo dispositivo de protección haya sido violado o esté alterado; son reportados al departamento de Gestión de calidad.

El Jefe de Gestión de Calidad comunicará al Departamento de Producción el estado del equipo a través de un memorando y coordinará con el Jefe de Producción para que el equipo deje de ser utilizado inmediatamente.

El memorando indicará el organismo o las personas (internas o externas) que realizarán la reparación o ajuste del equipo y el tiempo estimado que estará fuera de funcionamiento.

Los equipos cuyos errores de medición sean superiores a los errores máximos permitidos, son bajados de categoría, indicando en la etiqueta de la confirmación el rango de medición que puede ser utilizado y además informando por escrito de esta observación a todas las personas que utilicen, verifiquen o calibren el equipo.

El equipo no es devuelto a su servicio, mientras no se hayan eliminado los motivos de no conformidad. Los equipos que no pueden ser reparados, son retirados del servicio y se registra esta intervención en la ficha del equipo.

#### **5.14 Auditorías y Acciones Correctivas.**

El objetivo de las auditorías es determinar la conformidad o no conformidad de los elementos del sistema de control de equipos respecto a cada uno de los requisitos del manual y siguiendo los lineamientos de la norma ISO 10011 "Directrices para la auditoría de sistemas de calidad. Parte 1".

La selección y capacitación del equipo auditor es responsabilidad del Proyecto ISO 9.002.

El equipo auditor presenta al Departamento de Gestión de Calidad la fecha y objetivos de la auditoría, indicando las personas auditadas del sistema de control de equipos.

En las entrevistas con cada uno de los auditados, el equipo auditor recoge evidencias de no conformidad a través de un cuestionario que tiene preparado para cada uno de los auditados.

La lista de verificación para auditorías de equipos de medición se encuentra en la tabla No. 33.



Tabla 33

## LISTA DE VERIFICACION PARA AUDITORIA DE EQUIPOS

Sistema de control de equipos de medición	SI	NO
1. ¿Se tiene las especificaciones metrológicas del equipo y de los patrones internos de calibración?		
2. ¿Se tiene un plan de calibración del equipo?		
3. ¿Se calcula la incertidumbre de la medida?		
4. ¿Posee el equipo una etiqueta para identificar su estado de calibración?		
5. ¿Posee el equipo un sello de seguridad para ajustes internos cuando este está descalibrado?		
6. ¿Tiene la empresa un mecanismo para validar la utilización del software?		
7. ¿Las medidas obtenidas por el equipo son fácilmente trazables?		
8. ¿Se respetan los requerimientos operacionales y ambientales en el uso, calibración y almacenamiento del equipo?		
9. ¿La empresa tiene un sistema de rastreabilidad del producto terminado cuando ha salido de sus instalaciones?		
10. ¿Se tiene una política documentada respecto al tratamiento de productos por equipos no conformes?		
11. ¿El personal responsable del equipo conoce de la política de calidad de la empresa?		
12. ¿Se dispone de una lista de equipos de medición?		
13. ¿Existe una ficha del equipo en la que se indica sus características e intervenciones?		
14. ¿Existen procedimientos para equipos de uso complejo?		
15. ¿Existen procedimientos documentados de verificación o calibración del equipo?		
16. ¿Existen registros de calibraciones anteriores?		
17. ¿Existe un procedimiento documentado para recepción, almacenamiento y manipulación del equipo?		
18. ¿Existe un registro de la calificación del personal responsable de equipos de medición?		
19. ¿Existe un programa documentado de la capacitación y el entrenamiento del nuevo personal involucrado del equipo?		
20. ¿Existe un procedimiento documentado para el mantenimiento del equipo?		
21. ¿Existe un formulario para realizar un "Aviso de Retiro" del equipo cuando está fuera de servicio?		
22. ¿Existe un formulario para "Notificación de Reparación o rechazo" del equipo?		
23. ¿Existe un procedimiento para el uso de laboratorios externos para calibración del equipo?		
24. ¿Existe un formulario de acciones correctivas sobre el equipo?		



CIB-ESPOL

Las observaciones obtenidas por no conformidades deben documentarse y ser verificadas a través de otras fuentes como observación de los equipos, registros anteriores, y si es posible comparaciones de prueba en las instalaciones de equipos.

El equipo de auditores revisará cuales de las observaciones encontradas se incluirán en el informe. Las observaciones deben ser revisadas por el Auditor principal y el Jefe de Gestión de Calidad, los cuales deben reconocer que han sido informados de todas las observaciones de no conformidad y comentarios sobre las medidas correctivas.

Toda esta información debe incluirse por el informe firmado por el equipo auditor, así como el jefe de gestión de calidad.

El informe debe incluir:

- Título y número del informe.
- Identificación de los miembros del equipo auditor.
- Detalles del plan de auditoría: objetivos, alcance, fechas de ejecución, procedimientos utilizados, descripción del personal auditado.
- Resumen de las observaciones de “no conformidad”, y las acciones correctivas recomendadas.



CIB-ESPOL

- Implantar a corto o a largo plazo las acciones correctivas respecto a las observaciones de “no conformidad”

Si entre dos confirmaciones metrológicas, los resultados de las mediciones proporcionan errores superiores a los máximos permitidos, la organización debe efectuar las siguientes acciones correctivas, ejecutadas por el Jefe de gestión de Calidad:

- a. Confirmar que la imprecisión del equipo ocurrió a partir de la última calibración.
- b. Examinar los registros de la última calibración y de ser posible revalidarlos.
- c. Evaluar los nuevos períodos establecidos entre dos confirmaciones metrológicas.
- d. Indagar en el Departamento de Producción los productos que hayan sido verificados con los equipos de medición con anomalías y detenerlos. Rastrear los productos que se hayan verificado con estos equipos.
- e. Si el producto se encuentra en manos del cliente (ANDEC), comunicar al Jefe de la División Acería de FUNASA, quien determinará “retirar” o “no retirar” el producto ya entregado al cliente.
- f. Ordenar una inspección del funcionamiento del equipo y la calibración del mismo para evaluar la magnitud de la falla.

g. Corregir la falla e introducir al equipo al sistema de confirmación.

El jefe de Gestión de calidad analiza las causas de la falla del equipo y documenta las soluciones o conclusiones a que se lleguen como resultado del análisis de los efectos de falla o de error. El Jefe de Gestión de Calidad entrega el informe del análisis de causas de falla de equipos al Jefe de la División de Acería.

En el caso de que este informe sólo contenga algunas acciones correctivas del total de las observaciones de “no conformidad” presentadas en la auditoría previa, el Jefe de Gestión de Calidad dará seguimiento a las observaciones que aún no han sido corregidas.

### 5.15 Personal de Equipos.

El personal que conforma a este sistema son todas aquellas personas que pertenecen a la organización, responsables de las siguientes actividades:



CIB-ESPOL

#### **El Uso de los Equipos.**

Del espectrómetro: el Laboratorista, del equipo de medición de temperatura: el Operador de la cabina de fundición, de la Balanza de chatarra: el Operador de la balanza de chatarra, de la Báscula de cesta: el Operador del puente grúa y el Ayudante de fundición.

### **La Verificación, Calibración o Ajuste de los Equipos.**

Los inspectores de calidad, los Laboratoristas, el Supervisor de mantenimiento eléctrico, el Supervisor de mantenimiento electrónico.

### **El Mantenimiento de los Equipos.**

Del mantenimiento eléctrico: los inspectores eléctricos, del mantenimiento mecánico: los inspectores de mantenimiento mecánico.

### **El Cumplimiento de los Procedimientos del Manual.**

El Gerente General, el Jefe de División Acerías, el Jefe de Gestión de calidad.

### **La Selección y Compra de los Equipos**

El Jefe de la Gestión de Calidad, el Jefe de Compras locales, el Jefe de la División Acerías.

### **El Custodio de los Equipos y Materiales.**

El personal de seguridad, el Jefe de bodega.



CIB-ESPOL

### **La Planeación de la Confirmación Metrológica**

El Jefe de la Gestión de Calidad.

### **La eliminación o desecho de los Equipos.**

El Jefe de la División Acerías, el Jefe de la Gestión de Calidad.

**Tabla 34**  
**REQUISITOS DE FORMACIÓN DEL PERSONAL DE EQUIPOS**

<b>FORMACION</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>Dirección general</b>						
• Administración de personal.	X					H
• Organización industrial.	X					H
• Sistemas de costos y presupuestos.	X					H
<b>Operaciones de la empresa</b>						
• Política y planes generales.	X	O	O	O	O	G
• Reglamentos y procedimientos.	X	O	O	O	O	G
• Productos y procesos.	X	X	X	X	X	G
<b>Ingeniería.</b>						
• Metalurgia básica.	X	X	O	O	O	G
• Mediciones de precisión.	X	X	X	X	X	G
• Técnicas de laboratorio.	X	O	O	O	X	G
• Equipos de medición.	X	X	X	X	X	G
• Redacción de informes técnicos.	X	X	X	O	X	G
<b>Matemáticas y estadística.</b>						
• Matemáticas de taller.	X	X	X	X	X	H
• Estadística básica.	X	X	X	X	O	H
• 7 Herramientas básicas.	X	X	X	X	O	H
• Inspección por muestreo.	X	X	X	X	O	H
• Cartas de control.	X	O	O	O	O	H
• Diseño de experimentos.	X	O	O			H
• Proceso de datos.	X	O	X	O	O	H
<b>Sistemas de calidad</b>						
• Normas ISO 9000.	X	X	X	X	X	G
• Elaboración de documentación	X	O	O	O	O	G
• Auditorías internas de calidad.	X	O	O	O	O	G
• Manual de calidad de equipos.	X	X	X	X	X	G
<b>Aseguramiento metrológico.</b>						
• Principios básicos.	X	X	X	X	O	G
• Metrología aplicada.	X	X	X	X	O	G
• Estimación de incertidumbres.	X	O	X	O	O	G



CIB-ESPOL

**SIMBOLOGÍA**

A : Jefe de Gestión de Calidad.

B: Supervisor de calidad.

C: Supervisor de verificación.

D: Inspector de calidad.

E: Laboratorista.

F: Método de formación.

G: Interno.

H: Externo.

X: Obligatorio

O: Altamente deseable.

**Del Departamento de Recursos Humanos:**

- La selección del personal de equipos.
- Mantener registros o fichas de las personas involucradas en el sistema de control de equipos de medición, el cual incluya aspectos más importantes sobre entrenamiento, habilidades y experiencia del personal.
- Determinar las descripciones del puesto de trabajo y las funciones del personal de equipos.

El personal de equipos detallado es entrenado por instructores designados por el Jefe de la División de acería.

El Departamento de Gestión de Calidad debe llevar un registro del adiestramiento y capacitación del personal de equipos.

Es necesario que el personal de equipos tenga el conocimiento necesario para llevar a cabo las funciones que realiza dentro del sistema de aseguramiento, la cual está representada en la tabla 34 “Requisitos de formación del personal de equipos”.

**5.16 Control de los Registros**

Los registros del sistema de confirmación deben estar archivados en contenedores con llave de seguridad (archivadores de piso o de pared) y custodiados por el Departamento de Gestión de Calidad.

Tabla 35

**REGISTROS DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE EQUIPOS.**

<b>Tipo de Registro</b>	<b>Tiempo de Conservación</b>
Distribución de las copias del manual de aseguramiento de la calidad de equipos de medición.	Indefinidamente
Modificaciones hechas al manual de aseguramiento de calidad de equipos.	3 años
Lista de todos los registros del sistema de aseguramiento de calidad de equipos.	Indefinidamente
Ficha del equipo. Planos electrónicos de equipos. Registros de puesta en servicio del equipo. Registro de equipos no conformes. Manual de operación del fabricante del equipo.	Durante el tiempo de vida Del equipo.
Reporte de Calibración.	3 años
Certificado de calibración.	3 años
Reporte de verificación.	3 años
Certificados de patrones de referencia.	Indefinidamente
Pedidos de aprovisionamiento de materiales y repuestos para el uso de los equipos.	3 años
Evaluación de proveedores de materiales, de equipos y de servicios externos.	3 años
Palanquillas de acero "no conformes", por especificaciones fuera de norma.	3 años
Planes y notificaciones de auditorías.	3 años
Lista de verificación para auditoría.	Indefinidamente
Informe sobre observaciones de auditorías.	3 años
Formulario para documentación de evidencia que respalde las conclusiones alcanzadas por los auditores.	3 años
Acciones correctivas aplicadas a cada "no conformidad" y resultados obtenidos.	3 años
Personal cuyas actividades afectan al sistema de control de equipos.	Indefinidamente
Requisitos de capacitación del personal de equipos.	3 años
Actividades de capacitación llevadas a cabo.	Indefinidamente
Operaciones de mantenimiento realizadas al equipo.	3 años
Avisos de salida del equipo para mantenimiento externo.	3 años
Avisos de salida del equipo para intervención externa.	3 años





Las modificaciones del Manual de Aseguramiento de calidad de equipos de medición son hechas por el Jefe de Gestión de Calidad o por otra persona autorizada por el Jefe de la División de Acería. La aprobación del Manual de Aseguramiento de Calidad de equipos de medición está a cargo del Jefe de la División de Acería.

El original del Manual está en los archivos del Departamento de Gestión de Calidad. Una copia es para el Jefe de la División de Acería, la segunda es para el Jefe de Gestión de Calidad y la tercera es para el Jefe el proyecto ISO 9.002. El personal de equipos de medición recibirá una copia de las partes de este Manual. La lista de los registros del sistema de aseguramiento de la calidad de equipos de medición y el tiempo de conservación de los mismos se encuentra en la Tabla 35.



CIB-ESPOL

#### **5.17 Uso de los Servicios Externos.**

Para que Fundiciones Nacionales S.A. contrate por primera vez los servicios de un laboratorio para la calibración, verificación u otra actividad que se necesite realizar sobre un equipo de medición, el organismo contratista debe demostrar por escrito que es capaz de realizar las actividades en cuestión.

El informe de presentación, deberá contener:

1. Certificaciones o acreditaciones para el objeto.

2. Testimonios de trabajos similares realizados.
3. Tiempo de duración del servicio.
4. Requisitos para su calibración; como manipulación, número de operadores, transporte, etc.
5. Certificados de los patrones de calibración.
6. Normas nacionales o internacionales que utilizan para realizar los procedimientos de calibración.
7. Costo del trabajo.
8. Formato del Certificado de calibración; el cual deberá contener:
  - Nombre y dirección del organismo competente.
  - Nombre y dirección del cliente (FUNASA).
  - Fecha de calibración.
  - Firma y título de la persona responsable del contenido.
  - Características del instrumento a calibrar: Tipo, clase de exactitud, lectura mínima.
  - Identificación del procedimiento de calibración: OIML, INEN, ASTM, NTC, etc. Así mismo, desviaciones y/o exclusiones del método estándar utilizado.
  - Condiciones ambientales.
  - Tabla de tabulación de los puntos calibrados.
  - Características metrológicas de los patrones utilizados.
  - Errores de medición.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

El Jefe de Gestión de calidad evaluará y seleccionará al organismo competente de acuerdo con los siguiente criterios:

- El costo de la ejecución vaya acorde al presupuesto para el control de equipos de medición.
- Cumpla con los 8 puntos del informe de presentación del proveedor.

El Jefe de Gestión de calidad aprobará en la primera hoja del informe de presentación, escribirá sobre el mismo alguna observación.

El propio informe de presentación sirve de registro de esta actividad, el cual archivará e inmediatamente coordinará la ejecución del servicio. Cuando el equipo deba ser retirado de las instalaciones de la organización, deberá comunicarlo al Departamento de Producción mediante "Avisos de Retiro de equipos".

## **5.18 Planeación.**

### **Calibraciones.**

Se realiza la calibración o una verificación de los equipos:

- Luego de haber comprado el equipo.
- Con una periodicidad establecida en la planeación del sistema.
- Luego de un ajuste del equipo.

- Luego de una reparación.

El Jefe de Gestión de calidad coordinará con el Departamento de Producción la realización de estas verificaciones no programadas. La frecuencia de calibración de los equipos de medición es mostrada en la siguiente tabla:

**Tabla 36**

**FRECUENCIA DE CALIBRACIONES**

<b>Equipo de Medición</b>	<b>Frecuencia</b>
Balanza de Chatarra	6 meses
Balanza de Cesta	6 meses
Balanza de Ferroaleaciones	6 meses
Manómetro de presión	18 meses
Pie de Rey	12 meses
Equipo de M. Temperatura	12 meses
Espectrómetro	Diariamente

**Auditorías**

La planeación de una auditoría deberá contener:



**CIB-ESPOL**

- Los objetivos y el alcance de la auditoría
- Identificación de los miembros del equipo de auditoría.
- Fecha y lugar donde va a ser realizada la auditoría.
- Identificación de las personas auditadas.
- Tiempo y duración de cada actividad principal de las auditorías.
- Programa de reuniones con el jefe de gestión de Calidad.
- Distribución del informe de la auditoría.

El Calendario anual de auditorias es descrito en la tabla 37



**Tabla 37**

**CALENDARIO DE AUDITORIAS DE EQUIPOS. CIB-ESPOL**

<b>PARTE DEL SISTEMA PARA AUDITAR</b>	<b>FECHA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Aseguramiento de la Calidad de equipos de medición.</li> <li>• Modificaciones hechas al manual de aseguramiento de calidad de equipos.</li> <li>• Registros del sistema de aseguramiento de calidad de equipos.</li> </ul>	<p>I y III</p> <p>Semestre del año</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha del equipo</li> <li>• Reporte de Calibración.</li> <li>• Certificado de calibración.</li> <li>• Reporte de verificación.</li> <li>• Certificados de patrones de referencia.</li> </ul>	<p>I y III</p> <p>Semestre del año</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedidos de aprovisionamiento de materiales y repuestos para el uso de los equipos.</li> <li>• Evaluación de proveedores de materiales, de equipos y de servicios externos.</li> </ul>	<p>I y III</p> <p>Semestre del año</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos No conformes y Acciones Correctivas</li> </ul>	<p>I y III</p> <p>Semestre del año</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos de capacitación del personal de equipos.</li> <li>• Actividades de capacitación llevadas a cabo.</li> </ul>	<p>I y III</p> <p>Semestre del año</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operaciones de mantenimiento realizadas al equipo.</li> <li>• Avisos de salida del equipo para intervención externa.</li> </ul>	<p>I y III</p> <p>Semestre del año</p>

**Capacitación.**

El Jefe de Gestión de Calidad es el responsable del entrenamiento del nuevo personal y además de evaluar anualmente las necesidades de formación del personal.

Presenta al Departamento de Recursos Humanos los cursos que se necesitan. Los cursos externos son aprobados por la Gerencia General. Trimestralmente evalúa el avance de las actividades de Capacitación.

#### **5.19 Uso de Equipos de Medición.**

El objetivo de esta parte es documentar los procedimientos sólo aquellos equipos de medición cuyo uso resulta ser complejo como el espectrómetro. No aplica a otros equipos de uso común como manómetros, medidor de flujo, calibradores pie de rey, balanzas. Una copia del procedimiento de uso del equipo debe permanecer bajo la mesa de trabajo del equipo o en un escritorio dentro de las instalaciones de protección del equipo.

##### **Uso del Espectrómetro para Muestras Sólidas.**

###### **Objetivo.**

Establecer las formas y los mecanismos para la determinación de la composición química por espectrometría de emisión óptica de muestras sólidas.

###### **Alcance.**

Se aplica a las muestras sólidas de acero hasta un rango de carbono del 2%.

**Formulación del Procedimiento.**

Se necesita del siguiente equipo para su utilización:

- Espectrómetro de emisión óptica.
- Esmeriladora Ridgid modelo 3930.
- Lijadora de banda Doumet II Buehler 16 – 1290.
- Electrodo de plata con punta cónica.
- Muestras sólidas de acero provenientes del proceso productivo.
- Brocha metálica para electrodo de plata.
- O'ring pequeño.
- Toallas absorbentes.
- Disco de boro nitruro.
- Gas argón de pureza mínima 99,997 %.

**Procedimiento.**

1. El Laboratorista prepara la cara de la muestra en la esmeriladora marca Ridgid desbastando la superficie de tal forma que se obtenga una superficie totalmente plana, para luego ser pulida en la lijadora. La muestra debe estar libre de poros y la superficie debe ser continua.
2. Abra la válvula del argón hasta que el manómetro indique 40 psi de presión.

3. Levante la tapa de la cámara de chispeo. Mantenga limpio y verifique el posicionamiento del electrodo de plata, los discos de metal y boro nitruro, el tornillo de bronce fosforado.
4. Coloque la muestra de acero en la cámara y baje el contraelectrodo hasta que se asegure la muestra.
5. Cierre la cámara de chispeo.
6. Inicie el programa de Bairdas de acuerdo a las "Instrucciones para inicio del espectrómetro". Esta mostrará la pantalla para realizar el análisis.
7. Presione la tecla F10 de "finalizar" ubicada en el teclado del computador. Espere hasta que el equipo automáticamente concluya con la excitación, el cual durará aproximadamente 20 segundos. El monitor mostrará en la pantalla los resultados de la quema # 1.
8. En el caso de un error en el sistema, aplaste la tecla ESC, para reiniciar el proceso del computador.
9. Retire la muestra de la cámara y ubique nuevamente la muestra en la cámara de tal forma que la en la nueva quema el haz de luz no incida sobre la quema anterior.
10. Repita los pasos 4, 5, 6 y 7. El monitor mostrará los resultados de la quema # 2 y el promedio de los valores





11. Retire la muestra de la cámara, cierre la válvula del gas argón para evitar las pérdidas y limpie el electrodo de plata.
12. Para imprimir los resultados, presione la tecla F9 donde la aparece la opción transferir, luego elija imprimir y presione "enter". Automáticamente se imprimirá los resultados.
13. Anote los resultados del promedio en el formulario de análisis de la colada.

### **Registros.-**

CODIGO.- Reporte de Análisis de la colada.

### **Anexos**

1. Instrucciones para el Inicio del Espectrómetro.

## **5.20 Calibración de Los Equipos.**

La finalidad de esta parte del manual es la calibración de los equipos o instrumentos de medición que afectan directamente a la calidad de la palanquilla de acero.

### **Procedimiento de Verificación de las Balanzas.**

#### **Objetivo**

Establecer las formas y los mecanismos para la verificación de las balanzas.



CIB-ESPOL

**Alcance**

Aplica a las Balanzas de gran capacidad superiores a 5.000 Kg, de exactitud II y III.

**Responsabilidad.**

Es responsable de la implantación el Jefe de Control de Calidad, de su ejecución el Operador de la Calibración y de su cumplimiento el Jefe de Control de Calidad.

**Formulación del Procedimiento.**

La verificación contiene cuatro partes:

1. Inspección visual.
2. Cálculo de errores permitidos.
3. Ensayos de verificación.
4. Ensayos de carga.

**Cálculo del Error Máximo Permitido.**

El error máximo permitido (emp) es proporcional a la carga aplicada. Determine el valor del error máximo permitido "emp" de la siguiente manera:

- a. Calcule el valor de "m" con la siguiente fórmula:

$$m = \text{carga aplicada} / e$$

, donde "e" es la mínima magnitud entre dos indicaciones

sucesivas. La carga aplicada se refiere a la magnitud del peso aplicada sobre la balanza en cualquier ensayo.

b. Con el valor de “m” calculado determine el valor del “emp” mediante la siguiente tabla:

**Tabla 38**

**ERRORES MAXIMOS PERMITIDOS BALANZAS EXACTITUD MEDIA III**

Intervalos de verificación “m”	Error máximo permitido
$0 \leq m \leq 500$	$\pm 1,0 e$
$500 < m \leq 2.000$	$\pm 2,0 e$
$2.000 < m \leq 10.000$	$\pm 3,0 e$

**Ensayos de Verificación.**

Los ensayos de verificación se los debe realizar de acuerdo con la norma NTE INEN 2.134. La clase de exactitud de las balanzas (véase tabla 1 de la norma GPE INEN 62: 98) es la siguiente:

**EXACTITUD DE LAS BALANZAS**

BALANZA DE CHATARRA	Media III
BALANZA DE CESTA	Media III
BALANZA DE FERROALEACIONES	Media III



CIB-ESPOL

**Ensayo de Excentricidad.**

Se lo realiza para verificar que la plataforma está nivelada y que las diferencias entre los valores medidos en cualquier punto de la plataforma, sean menores al error máximo permitido.

- Aplique sobre la plataforma una carga semejante  $1/3$  de la capacidad de la balanza. La tabla 39 muestra los valores:

**Tabla 39**

**VALORES RECOMENDADOS PARA ENSAYO EXCENTRICIDAD**

<b>TIPO DE BALANZA</b>	<b>PESO RECOMENDADO</b>
Balanza de Chatarra	20.000 Kg.
Balanza de Cesta	10.000 Kg.
Balanza de Ferroatraqueaciones	1.000 Kg.

- Realice las mediciones en los extremos y en el centro de la plataforma; 3 mediciones en un sentido y 3 mediciones en sentido contrario.
- Obtenga un promedio para cada posición, a partir de los cuales se realizarán el cálculo siguiente:
  - Reste el valor del centro con el valor de cada extremo. Reste el valor entre extremos. Determine el máximo valor "MAX" de estas diferencias.
  - Calcule el "emp" para la carga aplicada.
  - Si el máximo valor "MAX" es mayor que el "emp", la balanza no aprueba.
  - Registre las mediciones en el formulario "VERIFICACION DE BALANZAS".

**Ensayo de Repetibilidad.**

Este ensayo se lo realiza para comprobar la capacidad de la balanza



de repetir los resultados de medición cuando se carga la plataforma con el mismo peso.

- Aplique en el centro de la plataforma una carga lo más cercana al 50 % de la capacidad máxima de la balanza ó una carga dentro del rango de mayor utilización del equipo. La siguiente tabla muestra los valores seleccionados para las balanzas:

TIPO DE BALANZA	PESO RECOMENDADO
Balanza de Chatarra	20.000 Kg.
Balanza de Cesta	10.000 Kg.
Balanza de Ferroaleaciones	500 Kg.

- Repita el paso anterior dos veces más y regístrelo en el formato para “VERIFICACION DE BALANZAS”.
- Determine el error en cada repetición restando el valor considerado como verdadero de la lectura de la balanza.
- Calcule el “emp” para la carga aplicada.

### **Ensayo de Carga.**

Se lo realiza para verificar la exactitud de la balanza en todo el rango de medición.

- Calcule el rango de las cargas que poseen los mismos “emp” a partir de las inecuaciones establecidas en la tabla 40:

**Tabla 40**  
**Errores máximos Permitidos**

<b>Carga aplicada</b>	<b>Error máximo permitido</b>
$0 \leq c. \text{ Aplicada} \leq 500 \text{ e}$	$\pm 1,0 \text{ e}$
$500 \text{ e} < c. \text{ Aplicada} \leq 2.000 \text{ e}$	$\pm 2,0 \text{ e}$
$2.000 \text{ e} < c. \text{ Aplicada} \leq 10.000 \text{ e}$	$\pm 3,0 \text{ e}$

, donde “e” es la mínima magnitud entre dos indicaciones sucesivas.

**Tabla 41**  
**VALORES SELECCIONADOS PARA PRUEBA DE CARGA**

<b>BALANZA DE CHATARRA (Kg)</b>	<b>BALANZA DE CESTA (Kg)</b>	<b>BALANZA DE FERROALEACIONES (Kg)</b>
200	20	10
1.000	500	50
2.000	1.000	100
3.000	2.000	150
5.000	3.000	200
10.000	4.000	250
15.000	5.000	300
20.000	6.000	400
25.000	8.000	500
30.000	10.000	1.000
35.000	15.000	2.000
40.000	20.000	3.000
45.000	25.000	5.000
50.000	30.000	9.000

- Registre estos valores en el formulario para “VERIFICACION DE BALANZAS”.



**CIB-ESPOL**

- Encere la balanza y luego coloque una carga inicial de acuerdo a los valores que se encuentran en la tabla 41. Incremente la carga paulatinamente colocando más peso en la balanza.
- Retire una a una las cargas que fueron incrementándose y anótelas en el formato para “VERIFICACION DE BALANZAS”. Si el error obtenida en cualquiera de las cargas aplicadas es superior al “emp” correspondiente a dicha carga, la balanza no aprueba.
- Coloque sobre el equipo la etiqueta de identificación de la calibración sobre el equipo.

**Frecuencia de verificación**

Cada 6 meses..

**Registros.**

Código.- Verificación de Balanzas.

**Anexos.**

Verificación de Balanzas.

VERIFICACION DE BALANZAS	
MARCA	FECHA
MODELO	PATRONES
SERIE	DOCUMENTO REFERENCIA: GPE INEN 62:98

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

CARGA kg	SENTIDO	LECTURA			MAYOR ERROR	MAXIMO ERROR PERMITIDO
		IZQUIERDA	CENTRO	DERECHA		
	ENTRADA					
	RETORNO					
	PROMEDIO					

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

CARGA kg	SENTIDO	LECTURA			MAYOR ERROR Kg	MAXIMO ERROR PERMITIDO
		PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA		
	ENTRADA					

**ENSAYO DE CARGA**

CARGA	LECTURA	ERROR	ERROR MAX. PERMITIDO	CARGA	LECTURA	ERROR	ERROR MAX. PERMITIDO

**EVALUACION**

ENSAYOS	PASA	NO PASA
EXCENTRICIDAD		
REPETIBILIDAD		
CARGA		

VISTO BUENO



CIB-ESPOL



## **Procedimiento de Verificación De Manómetros.**

### **Objetivo**

Establecer los mecanismos para la verificación de los manómetros.

### **Alcance**

Se aplica a los instrumentos que transmiten la deformación elástica del elemento sensor a un dispositivo indicador cuyos límites superiores de medición se encuentren entre 0.05 y 1.000 Mpa.

### **Formulación del Procedimiento**

Las condiciones ambientales deben ser como las señaladas en el requisito “Condiciones Ambientales” de este manual. La verificación incluye las siguientes operaciones:

### **Inspección Visual.**

- El instrumento no debe tener huellas visibles de corrosión, abolladuras, polvo o suciedad en la cubierta. Las cubiertas protectoras no deben presentar daño.
- La rosca del acople y el sello deben estar en buenas condiciones.
- El ancho de la cuchilla no debe exceder la línea más angosta de la graduación.



- El instrumento debe indicar los límites normales del rango de medición.
- En el dial o en la cubierta debe tener el símbolo de la unidad de medida.

### **Control Preliminar.**

- La temperatura del medio ambiente no debe causar desviaciones mayor al  $1/5$  del error máximo permitido del instrumento patrón.
- El manómetro debe ser capaz de permitir una presión igual al límite del rango de medición por 6 horas.
- Conectar el instrumento a la instalación de verificación y aumentar la presión continuamente hasta el límite superior del rango de medición. Suspender el incremento de presión y dejar en reposo por tres minutos; se considerará libre de fugas si durante los siguientes 2 minutos la caída de presión no excede el 1 % del límite del rango de medición del instrumento.
- A presión ambiente la aguja indicadora del instrumento debe descansar en la marca cero. Cualquier desviación, no debe exceder el error máximo permitido.

### **Cálculo de Errores de Medición y Error de Histéresis.**

- Seleccione 5 valores de lectura dentro del rango de medición.

- Las lecturas deben tomarse para presiones en aumento y luego de un período de reposo de cinco minutos en el límite superior del rango de medición, para las mismas mediciones en descenso. La lectura de cero debe tomarse después de un período de reposo de cinco minutos a la presión ambiente.
- El error máximo permitido, incluyendo el error de histéresis, es igual a
 
$$\pm k$$
 ; donde k es el producto del índice de la clase de exactitud y la centésima parte del límite superior del rango de medición.
- El error de histéresis no debe exceder el error máximo permitido, después de mantener el instrumento a una presión igual al valor total de la escala durante 5 minutos.
- Registre la verificación en el formulario para verificación de manómetros.

### **Frecuencia de verificación**

Cada 18 meses

### **Registros**

CODIGO. "Verificación de manómetros"



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

### **Anexos**

Formulario para verificación de manómetros.

## VERIFICACION DE MANOMETROS

Fecha:.....

LISTA DE VERIFICACION	PASA	NO PASA
Se encuentran establecidas las condiciones ambientales		
No tiene huellas de abolladuras en la cubierta		
Las roscas de acople y el sello están en buen estado		
El instrumento indica los límites del rango de operación		
A presión ambiente, la aguja marca cero.		
Luego de permanecer 3 minutos en el límite superior , no existe caída de presión superior al 1% de la medición.		

## ENSAYO DE CARGA

	Señal del Calibrador de pesos muertos	Lectura del Manómetro	Error De medición	Error máximo Permitido
1				
2				
3				
4				
5				



CIB-ESPOL

.....  
**FIRMA DEL OPERADOR**

.....  
**APROBACIÓN**

## Procedimiento Para Calibración De Calibradores Pie De Rey.

### Objetivo

Determinar las formas y los mecanismos para la calibración de los Pie de Rey.

### Alcance.

Aplica a todos los Pie de Rey con división de escala de 0.1 y 0.05 mm y un alcance igual o inferior a 1.000 mm, con divisiones de escala de 0.02 mm con alcance igual o inferior a 500 mm.

### Referencia Técnica

“Proceso de Calibración D-004 para Calibradores Pies de Rey D-02.02”. 1985, Ministerio de Industrias y Energía de España.

### Patrones de Calibración.

La calibración de los Pie de Rey se lo llevará a cabo mediante el empleo de los siguiente patrones:

<b>Para Exteriores</b>	<b>Para profundidad:</b>
Bloques patrón longitudinales. Bloques patrón de extremos. Patrones cilíndricos.	Bloques longitudinales.



## **Procedimiento**

Limpiar el instrumento con un trapo limpio y los patrones de calibración y deje reposar ambos sobre la mesa de medición por lo menos durante media hora.

## **Inspección Visual**

Mueva el cursor del instrumento en todo el rango de medición para comprobar su trayectoria y verifique que las rayas y cifras de la escala tienen que ser bien legibles. Verifique el dispositivo de fijación, ajustando el cursor al comienzo y al final del rango de medición. El valor ajustado no debe variar al fijar el cursor.

Verifique la paralelidad de las superficies de medición para superficies externas de la siguiente manera: cierre las dos patas del instrumento y observe con la luz si existe una rendija o apertura entre las patas. La paralelidad debe existir, aún después de apretar el dispositivo de fijación.

Verifique la varilla de medir profundidades en la posición cero del calibrador.

## **Calibración**

Seleccione seis puntos del rango de medición:



CIB-ESPOL

- Dos de ellos son el cero y el valor máximo del rango de medición (o un valor cercano a este).
- Los otros cuatro son puntos intermedios igualmente distribuidos.

Realice cinco mediciones para cada punto seleccionado, a excepción del valor cero. Determine la media aritmética y desviación estándar y llene el formulario para Calibraciones de Pie de Rey, usando las siguientes fórmulas:

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) / n$$

$$S(x) = [ \sum (X_i - \bar{X})^2 / (n - 1) ]^{1/2}$$

, donde  $\bar{X}$  es la media aritmética o valor promedio de las  $n$  mediciones,  $X_i$  es cualquiera de las mediciones y puede tomar valores de  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , y  $S(x)$  es la desviación estándar de las  $n$  mediciones.

Verifique que  $S(x)$  sea mayor a la mitad de la división de escala del instrumento "D". Es decir que  $S(x) \geq D / 2$ . Si el valor de  $S(x)$  es inferior a la mitad de  $D$ ,  $S(x)$  toma el valor de  $D / 2$ .

Obtenga la corrección de calibración  $\Delta$  en cada punto de medición mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta = \text{Lectura patrón} - \bar{X}$$

, donde **Lectura patrón** es el valor nominal del patrón para cada punto de medición seleccionado. Calcule la incertidumbre de calibración **Uc** del instrumento mediante la siguiente fórmula:

$$U_c = k \left( \delta^2 + S(x)_{\text{máx}}^2 \right)^{1/2}$$

, donde k puede tomar valores de 1, 2 ó 3, dependiendo de la exactitud del patrón.

,  $\delta$  se lo obtiene con la siguiente fórmula:

$$\delta = \left( \Delta_{yx1}^2 + \Delta_{yx2}^2 + \dots + \Delta_{yx5}^2 + \Delta_{yx6}^2 \right)^{1/2}$$



CIB-ESPOL

,  $S(x)_{\text{máx}}$  es la desviación estándar máxima encontrada de los seis puntos seleccionados.

Calcule la incertidumbre de la medida mediante la siguiente fórmula:

$$U = U_c \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^{1/2}$$

, donde n es igual a 6.

Registre todos los valores obtenidos en el formulario de calibración, así como los puntos seleccionados, las incertidumbres de los patrones.



### CALIBRACION PIE DE REY

<b>Código:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Patrones:</b>	<b>Norma:</b> Calibración D-004 para Calibradores Pies de Rey D-02.02. 1985

### CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE

	Patrón 1	Patrón 2	Patrón 3	Patrón 4	Patrón 5
<b>V. Nominal</b>					
<b>Lectura 1</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Lectura 2</b>					
<b>Lectura 3</b>					
<b>Lectura 4</b>					
<b>Lectura 5</b>					
<b>X medio</b>					
<b>S (x)</b>					
$\Delta$					
<b>Uc</b>					
<b>U</b>					



CIB-ESPOL

.....  
**FIRMA DEL OPERADOR**

.....  
**APROBACIÓN**

**REGISTROS**

CODIGO. "Calibración de Pie de Rey".

**ANEXOS**

Formulario "Calibración de pie de Rey"

**Calibración del Equipo de Medición de Temperatura del Horno de Fundición.****Objeto.**

Establecer las formas y los mecanismos necesarios para la calibración del equipo de medición de temperatura (E.M.T) del horno eléctrico de fundición, mediante la técnica de comparación.

**Alcance.**

Se aplica al equipo de medición de temperatura del horno Readomax IV. Es una guía para controlar la exactitud del equipo en un rango de temperaturas de 1.400\* a 1.700\* centígrados.

**Responsabilidad.**

Es responsable de la implantación el Supervisor de Mantenimiento Eléctrico, de su ejecución el Operador de la Calibración y de su cumplimiento el Jefe de Calidad.

### **Formulación del Procedimiento.**

1. A través de los dos equipos sensores, (el E.M.T. y el que se utilizará para comparación), es posible tomar dos lecturas para cada temperatura de calibración seleccionada, efectuando cada operación dentro del horno bajo condiciones de estabilidad ó, si las dimensiones del horno lo permiten, efectuar la toma simultánea de las lecturas introduciendo ambas termocouplas a la vez.
2. Los puntos de calibración seleccionados son: 1.400\*, 1.425\*, 1.450\*, 1.475\*, 1.500\*, 1.525\*, 1.550\*, 1.575\*, 1.600\*, 1.625\*, 1.650\* y 1.675\* centígrados.
3. Llene el documento “ REGISTRO DE CALIBRACION DEL E.M.T.”, con los siguientes datos:
  - Título y Código del Documento.
  - Número de la Calibración.
  - Nombre de la persona que ejecuta la calibración.
  - Fecha de la Calibración
  - Referencia de la norma que soporta el Método de Calibración, (ASTM E220 - 86) .
  - Descripción de los dispositivos utilizados calibración.
4. Tome la lectura de la fuerza electromotriz (F.E.M.) de la termocoupla tipo B y al mismo tiempo la lectura del E.M.T, bajo



CIR-ESPOL

condiciones de estabilidad estacionando la temperatura del horno alrededor de 1.400 \* centígrados. Luego registre ambas lecturas.

5. Usando la tabla de transformación del ANEXO 3 (Referencia: Norma ASTM E 230) transforme la FEM obtenida por la termocoupla tipo B en Temperatura Real. Luego regístrela.
6. Repita los pasos anteriores para cada una de las otras lecturas.
7. Llene el documento TABLA DE CALIBRACION DEL E.M.T. de la siguiente manera: primero registre los valores de temperatura del E.M.T. y REAL de los 12 puntos de calibración seleccionados. Usando la técnica de interpolación, complete la tabla para el resto de las temperaturas. Esta tabla nos dará el valor corregido de temperatura.
8. La persona que ejecuta la calibración, firma el informe.



CIB-ESPOL

## **Reporte**

El “Reporte de Calibración del E.M.T.” debe contener los siguientes documentos:

- REGISTRO DE CALIBRACIÓN DEL E.M.T.
- TABLA DE CALIBRACION DEL S.G.M.T.
- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Haga un breve análisis de los resultados obtenidos, comparando los errores obtenidos con las incertidumbres recomendados por los miembros de la ASTM. Indique la conducta que han tomado los valores en todo el rango de medida de la calibración.

### **Aprobación Y Archivo.**

El Operador de la calibración debe entregar el Reporte al Jefe de Calidad quien revisará, aprobará y archivará este documento.

### **Chequeos de Verificación**

La calibración del E.M.T debe realizarse cada 12 meses. Para chequeos de Control se deberá seguir las instrucciones de CALIBRACIONES DE CHEQUEO DEL READOMAX IV.



### **Recomendaciones**

Los límites de incertidumbre de calibración realizados bajo esta técnica y recomendados por miembros de la ASTM son presentados a continuación:

**Tabla 42**  
**INCERTIDUMBRE PARA CALIBRACIONES E.M.T.**

TERMOCOUPLA DEL E.M.T.	RANGO DE TEMPERATURA (*C)	EN PUNTOS DE CALIBRACION (*C)	EN PUNTOS INTERPOLADOS (*C)
<b>Tipo S</b>	<b>0 - 1.450 *</b>	<b>+/- 0.3 *</b>	<b>+/- 3 *</b>

Las incertidumbres mostradas en esta tabla no son soportadas por laboratorio de prueba, pero son recomendaciones importantes de miembros de la ASTM. Para mejorar la incertidumbre de la calibración se puede aumentar el número de lecturas de calibración.

Cuando las lecturas de los sensores se realizan simultáneamente, no es necesario mantener por mucho tiempo las condiciones de estabilidad dentro del horno. No siempre se logra obtener las lecturas en los puntos seleccionadas, dependerá de la capacidad del horno y de la habilidad del operador para aproximarse a estos valores.

Para referencias rápidas, use el gráfico de calibración. Cuando sume el valor de cada lectura del S.G.M.T con el Error de temperatura correspondiente, realícelo conservando el signo de la corrección.

### **Frecuencia de calibración**

Cada 12 meses

### **Registros.**

CODIGO.- Registro de Calibración del E.M.T.

CODIGO.- Tabla de Calibración del E.M.T.



CIB-ESPOL

### **Referencias.**

ASTM E 220 - 86. Standard Method For Calibration Of Thermocouples By Comparision Techniques.

ASTM E 230 - 87. Standard Temperature - Electromotive Force (Emf) Tables For Standarized Thermocouple.S. Table 4.

ASTM E 1158 - 87 Standard Specification For Thermocouples Materials. Platinum-Rhodium Alloys, And Platinum.

## REGISTRO DE CALIBRACION DEL E.M.T.

**CALIBRACIÓN No:** ..... **FECHA:** .....

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN:** Por Comparación, Referencia:ASTM E220 -86

**NOMBRE DEL OPERADOR:** .....

### DISPOSITIVOS UTILIZADOS

NOMBRE DEL EQUIPO / DISPOSITIVO	INCERTIDUMBRE
1	
2	
3	
4	

### TABLA DE CALCULOS

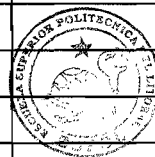
LECTURA	TEMPERATURA DEL E.M.T. (* C)	Fuerza Electromotriz TERMOCUPLA B (microVoltios)	TEMPERATURA R E A L (*C)
1.400			
1.425			
1.450			
1.475			
1.500			
1.525			
1.550			
1.575			
1.600			
1.625			
1.650			
1.675			

.....  
FIRMA DEL OPERADOR

.....  
APROBACIÓN

**TABLA DE CALIBRACION DEL E.M.T. No .....**

TEMPERATURA DEL S.G.M.T. (* C)	TEMPERATURA REAL (*C)	TEMPERATURA DEL S.G.M.T. (* C)	TEMPERATURA REAL (*C)
1.400		1.540	
1.405		1.545	
1.410		1.550	
1.415		1.555	
1.420		1.560	
1.425		1.565	
1.430		1.570	
1.435		1.575	
1.440		1.580	
1.445		1.585	
1.450		1.590	
1.455		1.595	
1.460		1.600	
1.465		1.605	
1.470		1.610	
1.475		1.615	
1.480		1.620	
1.485		1.625	
1.490		1.630	
1.495		1.635	
1.500		1.640	
1.505		1.645	
1.510		1.650	
1.515		1.655	
1.520		1.660	
1.525		1.665	
1.530		1.670	
1.535		1675	



CIB-ESPOL



## **Calibración del Espectrómetro de Emisión.**

### **Objetivo.**

Establecer las formas y los mecanismos para la estandarización y calibración del espectrómetro emisión óptica de muestras sólidas.

### **Alcance.**

Se aplica al equipo de medición por espectrometría marca Baird mediante la comparación entre señales emitidas por muestras patrones y las almacenadas en la memoria del CPU del equipo. Esta verificación se la realiza diariamente.

### **Formulación Del Procedimiento.**

Se necesita del siguiente equipo para la utilización del equipo:

- Espectrómetro de emisión óptica.
- Esmeriladora Ridgid modelo 3930.
- Electrodo de plata con punta cónica.
- Patrones certificados de acero.
- Brocha metálica para electrodo de plata.
- O'ring pequeño.
- Toallas absorbentes.
- Disco de boro nitruro.
- Gas argón de pureza mínima 99,997 %.



CIB-ESPOL

## **Procedimiento**

1. El laboratorista prepara la cara de la muestra en la lijadora puliendo la superficie de tal forma que se obtenga una superficie totalmente plana, libre de grasa, libre de poros y la superficie debe ser continua.
2. Abra la válvula del argón hasta que el manómetro indique 40 psi de presión.
3. Levante la tapa de la cámara de chispeo. Mantenga limpio y verifique el posicionamiento del electrodo de plata, los discos de metal y boro nitruro, el tornillo de bronce fosforado.
4. Coloque la muestra patrón en la cámara y baje el contraelectrodo hasta que se asegure la muestra.
5. Cierre la cámara de chispeo.
6. Inicie el programa de Bairdas de acuerdo a las “Instrucciones para inicio del espectrómetro”. Cuando aparezca el menú principal, seleccione la operación “activar el espectrómetro”, luego entrará a un segundo menú y seleccione “análisis rutinario”.
7. Seleccione el tipo de aleación, fijando el cursor en la misma y oprimiendo “enter” aparecerá en la pantalla el cuadro de análisis.
8. Seleccione la operación “estandarizar” y dentro de este menú tiene dos opciones:

- Seleccione la operación elemento, si desea estandarizar solamente un elemento químico de la aleación. Aquí aparecerá en la pantalla la lista de todos los elementos posibles de la aleación, luego elija el elemento que va a estandarizar y oprima "enter". Oprima la tecla F10 de "finalizar" y aparecerá el patrón de estandarización.
  - Seleccione la operación "estandarización completa, si se desea estandarizar todos los elementos químicos de la aleación.
9. Seleccione una de las muestras patrón (la de alto o bajo porcentaje de contenido) y realice tres quemas. Si el RSD es menor a cinco se aceptan los valores medidos por el equipo y oprima la tecla F2. En el caso de que el RSD sea mayor a cinco, realice una nueva. Elimine la quema que reemplazará cuyas mediciones no concuerden con las demás. Repita la quema hasta que el valor de RSD sea menor a cinco. En el caso de no obtener resultados satisfactorios, reinicie el procedimiento de estandarización. Si luego de repetir el procedimiento, no se obtienen resultados satisfactorios, el laboratorista notificará al Jefe de calidad de la anomalía para la revisión y ajuste del equipo.
10. Repita el literal # 9 con los otros patrones de estandarización.



11. Imprima los valores de estandarización para cada medición.
12. Archive los resultados de la estandarización en una carpeta especial para este fin.

### **Registros.**

Código.- Registro de estandarización del Espectrómetro.

### **Anexos.**

Instrucciones para Inicio del Espectrómetro.



CIB-ESPOL

## **5.21 Mantenimiento de los Equipos.**

El objetivo del mantenimiento preventivo es asegurar el funcionamiento correcto de los equipos y evitar paros inoportunos en la producción.

La planificación del mantenimiento está a cargo del Departamento de Mantenimiento de la empresa. El Jefe de Gestión de Calidad coordinará con el Jefe de Mantenimiento las actividades de reparación, ajuste y mantenimiento de equipos en servicio y realizar las actividades recepción e instalación de nuevos equipos.

### **Mantenimiento del Equipo de Medición de Temperatura del Horno Eléctrico.**

#### **Objetivo**

Establecer los mecanismos para asegurar el funcionamiento del sistema de medición de temperatura del horno.

**Alcance.**

Se aplica al equipo de medición de temperatura del horno eléctrico.

**Responsabilidad.**

Es responsabilidad del Supervisor de Mantenimiento eléctrico la implementación y mantenimiento de este procedimiento y del Operador la ejecución y cumplimiento del mismo.



CIB-ESPOL

**Formulación del Procedimiento.**

Este procedimiento incluye las siguientes técnicas para medir propiedades eléctricas en todos o algunos componentes del equipo de medición:

**1. Medida de la Resistencia del Circuito**

Las mediciones de resistencia se realizan para asegurar que las extensiones y termocouplas no se encuentran averiadas, despostilladas ó interrumpidas.

Mida la resistencia del circuito eléctrico ensamblado a partir de la lanza del equipo, de modo que el ohmnímetro esté conectado con la polaridad hacia adelante y luego,

en sentido contrario. (Ver recomendaciones). Calcule el promedio de estas medidas y luego regístrelas. Sólo si encontramos que el circuito está abierto, descubriremos el componente del circuito que está fallando midiendo la resistencia eléctrica de los siguientes arreglos:

- a) Sólo de la junta de la termocoupla.
- b) Con la termocoupla desconectada del circuito, mida la resistencia en el circuito a partir del el plug conector.
- c) Con la extensión desconectada del instrumento de medición de temperatura, pero conectado a la termocoupla, mida la resistencia.
- d) Reste el valor obtenido en el literal b) de c) para hallar la resistencia de la extensión

Las mediciones se deben realizar combinando la polaridad en el circuito. Calcule el promedio de estas dos lecturas para cada arreglo. Luego regístrelas.

## **2. Resistencia del Conector**

Aplice una corriente de 1 Amperio proveniente de una fuente de corriente directa, primero con la polaridad hacia delante y luego, conectado inversamente para evitar efectos termoeléctricos.

Calcule el promedio de ambas lecturas de voltaje. Registre el promedio.

Repita el procedimiento para el otro borne del contactor. La resistencia del borne del conector no debe sobrepasar los 0.04 ohms. (Referencia: Tabla 3 ASTM E 1129M).

### 3. Polaridad de la Termocoupla .

Se lo debe realizar también después del cambio de una termocoupla. El propósito de esta prueba es asegurar que la termocoupla tiene la polaridad correcta.

Conecte el positivo del microvoltímetro al pin positivo del conector de la termocoupla y el negativo en el negativo de la termocoupla . Apunte un flujo de aire caliente (proveniente de un secador eléctrico) justo en la cabeza de la junta de la termocoupla ensamblada.

Una señal que decrece cuando en la junta ocurre el calentamiento, nos indica que los termoelementos no están correctamente conectados al conector de la termocoupla. Por otra parte, si no se registra ningún cambio en la señal del voltímetro los alambres de la termocoupla están cortados en algún punto entre la junta y los conectores.



#### 4. Aislamiento Térmico.

Sirve para determinar desperfectos de aislamiento térmico en la envoltura o cuerpo de la termocoupla, conecte el voltímetro como en el literal 2.

Apunte el flujo de aire caliente proveniente de un secador eléctrico en el cuerpo de la termocoupla una y otra vez, pero evitando que el aire caliente llegue los extremos. Una señal en el voltímetro (en microvoltios), que corresponda a un cambio de temperatura mayor a cinco grados, significan desperfectos de aislamiento térmico en la envoltura o cuerpo de la termocoupla.

Si esto ocurre, el E.M.T estaría registrando errores en la medición proporcionales al valor de la medición.

#### 5. Chequeo del Equipo Sensor.

Se deben seguir las Instrucciones para el Chequeo Periódico del E.M.T.



CIB-ESPOL

#### 6. Reporte.

El Reporte del Mantenimiento preventivo debe contener los siguientes datos:

- Código y Título del reporte.
- Número secuencial del Reporte.



- Nombre de la persona que ejecuta el mantenimiento.
- Nombre del Reporte, indicando las normas ASTM E 1350 - 91 y ASTM 1129M que se tiene como referencia de este procedimiento.
- Fecha del mantenimiento.
- Descripción de los dispositivos utilizados calibración.
- Registro de las mediciones de los literales 1, 2, 3 y 4.
- Anomalías encontradas y recomendaciones.

#### **7. Recomendaciones.-**

El propósito de medir la resistencia en el circuito, cambiando la polaridad hacia adelante y en sentido contrario, es para eliminar el efecto del voltaje de Seebeck en la resistencia medida. Cuando la resistencia de estos circuitos eléctricos es medida en zonas de alta temperatura el voltaje de Seebeck puede ser mayor que el voltaje de corriente producido, dando como resultado una medida negativa para el Ohmnímetro. Si el Ohmnímetro no marca señales negativas, incurriremos a un error de apreciación.

Utilice un Ohmnímetro que tome lecturas de resistencias hasta con cuatro cifras significativas. Mida la resistencia del Ohmnímetro y, si esta resistencia comparada con la resistencia

del Circuito eléctrico es mayor al 0.1 % reste la resistencia del Ohmnímetro de la obtenida en las medidas de comprobación.

Es importante activar el voltaje de seguridad de falla si para el chequeo de calibración del equipo sensor, si la impedancia de la fuente de calibración es mucho mayor que la de la termocoupla.

### **Registros.**

Código.- Reporte de Mantenimiento Preventivo del E.M.T.

### **Anexos.**

1. Instrucciones Para Chequeo Periódico Del E.M.T.

# CAPITULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CIB-ESPOL

Se concluye lo siguiente:

**Respecto al Control del Proceso de Producción de la Palanquilla de Acero:**

- Se cumple con los requisitos de la elaboración de palanquillas de acero establecidos en la norma INEN 105 – 1973.
- El 44% de los datos para el Control del Proceso están fuera de los límites de control, sin demostrar alguna tendencia.
- Uno de los tres meses observados (33%) tiene una media muestral que puede ser considerada estadísticamente igual al objetivo. Las medias muestrales de los tres meses observados pueden ser consideradas estadísticamente iguales.

- La dispersión de los datos de los tres meses se encuentran dentro de los valores especificados. Las dispersiones entre todos los meses pueden ser consideradas estadísticamente iguales.
- La capacidad del proceso para los tres meses observados es menor al valor recomendado de 1.5. La capacidad real del proceso para los meses observados es menor al valor recomendado de 1.33.

#### **Respecto al Sistema de Medición de los Equipos:**

- El sistema de medición del Espectrómetro es confiable para la medición del carbono, manganeso y del silicio, debido a que el error del sistema de medición de estos elementos dominan a la tolerancia del proceso y además, debido a que la varianza natural del proceso del medición dominan el error del sistema de medición .
- El sistema de medición de la Balanza de Chatarra no es confiable, debido a que el error del sistema de medición domina la tolerancia permitida para este tipo de Balanza.
- La Balanza de Cesta esta averiada y carece de repetibilidad. No cumple con los índices de comparación para las "Buenas prácticas de manufacturación".
- Errores acumulados algebraicamente en materia prima pesada en la balanza de Cesta pueden perjudicar a Fundiciones Nacionales en un 1.2%.

- La Balanza de Ferroaleaciones es confiable, debido a que cumple con todas las recomendaciones de "Buenas prácticas de manufacturación".

### **Respecto al Sistema de Aseguramiento de Calidad de Equipos de Medición:**

- Fundiciones Nacionales S.A. carece de un sistema de aseguramiento de calidad de equipos.

Se recomienda lo siguiente:



CIB-ESPOL

### **Respecto al Control del Proceso de Producción de la Palanquilla de Acero:**

- Realizar un muestreo al 100% como control de calidad del producto terminado.
- Controlar el proceso de afinamiento de la Palanquilla para disminuir el número de valores cercanos a los límites de control del proceso.
- Realizar un estudio entre la composición química del producto terminado y los defectos superficiales, determinar sus tendencias y establecer acciones correctivas para disminuirlas.

### **Respecto al Sistema de Aseguramiento de Calidad de Equipos de Medición:**

- Implementar el Sistema de aseguramiento de Calidad de equipos de medición de acuerdo al propuesto en el capítulo V y seguir las tareas recomendadas en el numeral 4.3.
- Verificar la eficacia en los tiempos establecidos para las recalibraciones y luego optimizarlos.

#### **Respecto al Sistema de Medición de los Equipos:**

- Retirar de inmediato la Balanza de Cesta de su utilización, repararla y calibrarla antes de su reintegración al proceso.
- Corregir el método de colocación de la Cesta llena de chatarra sobre la plataforma de la Balanza de Cesta, con el objeto de que no cause impactos tan severos que dañen las celdas de carga.
- Aumentar el número de cifras significativas en la lectura del contenido de carbono del Espectrómetro.
- Reducir la resolución en la Balanza de Chatarra.
- Obtener los Certificados de Calibración de las pesas patrón.
- Adquisición de patrones de calibración para todos sus equipos de medición.

## **TABLA DE ANEXOS**

1. **Productos Terminados de Funasa**
2. **Tabla t Student**
3. **Tabla j Cuadrada**
4. **Tabla de Fisher**
5. **Lista de Equipos de Medición de Funasa**



**CIB-ESPOL**

## ANEXO 1

### PRODUCTOS TERMINADOS DE FUNASA

<b>Producto Terminado</b>	<b>Norma SAE</b>
Varillas redondas de 10 mm.	1040
Varillas redondas de 12 mm.	1040
Varillas redondas de 14 mm.	1040
Varillas redondas de 16 mm.	1040
Varillas redondas de 18 mm.	1040
Varillas redondas de 20 mm.	1040
Varillas redondas de 22 mm.	1040
Varillas redondas de 25 mm.	1040
Varillas redondas de 28 mm.	1040
Varillas redondas de 32 mm.	1040
Varillas cuadradas de 10.mm.	1030
Alambrones	1010
Aceros estructurales	1010
Varillas lisas	1010



**Anexo 2**  
**TABLA t STUDENT**

Grados de libertad	t
1	6.31
2	2.92
3	2.35
4	2.13
5	2.02
6	1.94
7	1.9
8	1.86
9	1.83
10	1.81
11	1.8
12	1.78
13	1.77
14	1.76
15	1.75
16	1.75
17	1.74
18	1.73
19	1.73
20	1.73
22	1.72
24	1.71
26	1.71
28	1.7
30	1.7
40	1.68
50	1.68
100	1.66
200	1.65
mas de 200	1.65



CIB-ESPOL

**Anexo 3**  
**TABLA JI CUADRADA**

<b>Grados de Libertad</b>	<b>X</b>
1	3.84
2	5.99
3	7.81
4	9.49
5	11.07
6	12.59
7	14.07
8	15.51
9	16.92
10	18.31
11	19.68
12	21.03
13	22.36
14	23.68
15	25
16	26.3
17	27.59
18	28.87
19	30.14
20	31.41
21	32.7
22	33.9
23	35.2
24	36.4
25	37.7
26	38.9
27	40.1
28	41.3
29	42.6
30	43.8
40	55.8
50	67.5
60	79.1
70	90.5
80	101.9
90	113.1
100	124.3

Anexo 4  
TABLA DE FISHER

n	m=1	m=2	m=3	m=4	m=5	m=6	m=7	m=8	m=9	m=10	m=15	m=20	m=30	m=40	m=50	m=100	mas de 100
1	181	200	216	225	230	234	237	239	241	242	246	248	250	251	252	253	254
2	18.5	19	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.10	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.70	8.66	8.62	8.59	8.58	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.86	5.80	5.75	5.72	5.70	5.66	5.63
5	6.81	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.62	4.56	4.50	4.46	4.44	4.41	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	3.94	3.87	3.81	3.77	3.75	3.71	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.51	3.44	3.38	3.34	3.32	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.22	3.15	3.08	3.04	3.02	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.01	2.94	2.86	2.83	2.80	2.76	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.85	2.77	2.70	2.68	2.64	2.59	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.72	2.65	2.57	2.53	2.51	2.46	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.62	2.54	2.47	2.43	2.40	2.35	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.53	2.46	2.38	2.34	2.31	2.26	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.46	2.39	2.31	2.27	2.24	2.19	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.40	2.33	2.25	2.20	2.18	2.12	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.35	2.28	2.19	2.15	2.12	2.07	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.31	2.23	2.15	2.10	2.08	2.02	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.27	2.19	2.11	2.06	2.04	1.98	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.23	2.16	2.07	2.03	2.00	1.94	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.20	2.12	2.04	1.99	1.97	1.91	1.84
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.15	2.07	1.98	1.94	1.91	1.85	1.78
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.11	2.03	1.94	1.89	1.86	1.80	1.73
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.07	1.99	1.90	1.85	1.82	1.76	1.69
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.04	1.96	1.87	1.82	1.79	1.73	1.65
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.01	1.93	1.84	1.79	1.76	1.70	1.62
32	4.15	3.30	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	1.99	1.91	1.82	1.77	1.74	1.67	1.59
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	1.97	1.89	1.80	1.75	1.71	1.65	1.57
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	1.95	1.87	1.78	1.73	1.69	1.62	1.55
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	1.94	1.85	1.76	1.71	1.68	1.61	1.53
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	1.92	1.84	1.74	1.69	1.66	1.59	1.51
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.87	1.78	1.69	1.63	1.60	1.52	1.44
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.84	1.75	1.65	1.59	1.56	1.48	1.39
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.81	1.72	1.62	1.57	1.53	1.45	1.35
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.79	1.70	1.60	1.54	1.51	1.43	1.32
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.78	1.69	1.59	1.53	1.49	1.41	1.30
100	3.94	3.90	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.77	1.68	1.57	1.52	1.48	1.39	1.28
150	3.90	3.60	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.73	1.64	1.53	1.48	1.44	1.34	1.22
200	3.89	3.40	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.72	1.62	1.52	1.46	1.41	1.32	1.19
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.68	1.58	1.47	1.41	1.36	1.26	1.08
+ de 1000	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.67	1.57	1.46	1.39	1.35	1.24	1.00





## **BIBLIOGRAFIA**

1. SEVILLE, ANDRES Y STOLL, GUILLERMO, Calidad Total y Normalización ISO 9000, Ediciones Gestión 2000 S.A., Barcelona, 1994.
2. CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/GATT, Sistemas ISO 9000 de Gestión de Calidad, Ginebra, CCI, 1993. XVII, 288 p.
3. STENDEL, HAROLD Ph.D., Cómo redactar Procedimientos de Calidad: Directrices y Planteamientos, P.E. Intec-Chile, 1993, 52 p.
4. HOYLE, DAVID, ISO 9000: Manual de Sistemas de Calidad, Editorial Paraninfo, Madrid, 1995, 444 p.
5. Apuntes de Maestría de Administración de Calidad, Módulo 8, Auditorías a Equipos de Medición, Universidad Tecnológica de Monterrey, 1999.
6. MALDONADO, CARLOS, Mantenimiento Preventivo, Editorial Index, Madrid, 1978, 166 p.
7. MALEVSKI, YORAM Dr. y ROSOTTO, ALEJANDRO Ing., Manual de la Gestión de Calidad Total a la Medida, "Proyecto de Gestión de Calidad de Calidad Total / OEA-GTS", Editorial Santa Piedra, Guatemala, Primera Edición, 1995.
8. TABLA, GUILLERMO, Guía para implantar la Norma ISO 9000, McGraw Hill, Interamericana Editores S.A. de C.V., México, 1998, 387 p.
9. BUREAU VERITAS, Folleto del Seminario de Metrología, Quito, Abril de 1.999, 150 p.
10. ERWIN KREYSZIG, Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Volumen 2, Editorial Limusa, México 1984, 1060 p.
11. J. P. HOLMAN, Métodos Experimentales para Ingenieros, McGraw-Hill de México, 1.977, 447 p.

12. GUIA PRACTICA ECUATORIANA INEN-ISO/IEC 25: 95, Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayos.
13. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN-ISO 10012- Parte I: 97, "Requisitos de Aseguramiento de Calidad para Equipos de Medición"
14. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN-ISO 9002 "Modelo de Aseguramiento de Calidad"
15. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 2056: "Vocabulario de Metrología".
16. GUIA PRACTICA ECUATORIANA INE 62: 98, "Selección, Instalación, Mantenimiento y Verificación de Balanzas de gran capacidad".
17. ORGANISMO INTERNACIONAL DE METROLOGIA LEGAL R76-1: 92, "Non Automatic Weighing Instruments, Part I: Metrological and Technical Requirements – Tests".
18. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1825: 98, "Manómetros, Requisitos".
19. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN ISO 10005: 94.
20. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 105: 73-11, " Palanquillas de Acero al Carbono para Productos Laminados de Uso Estructural".
21. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1212: 85, "Balanzas, Clasificación".
22. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1213: 85, "Balanzas, Tolerancias".
23. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1208:84, "Pesas, Clasificación INEN de Pesas, Tolerancias".
24. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1214:85, "Pesas, Requisitos para pesas Rectangulares Clase C F de 5 – 50 kilogramos."
25. NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1215: 84, "Pesas, Requisitos para pesas Rectangulares Clase C F de 1 – 10 kilogramos."

26. NORMA ASTM: E 220-86 "Standard Methods for Calibration of Thermocouplas by Comparison Techniques".
27. NORMA ASTM: E 1159-87, "Standard Specification for Thermocouplas Materials, Platinum-Rhodium, Alloys, and Platinum".
28. NORMA ASTM: E 230-87, "Standard Temperature - Electromotive Force (EMF) for standarized thermocouples".
29. NORMA ASTM: E 1350-91, "Standard Test Method for Testing Sheathed thermocouples prior to, during and after installation".
30. NORMA ISO 8402: 1986, "Calidad - Vocabulario".
31. NORMA ISO 10011- Parte I: 1990, "Reglas Generales para las Auditorías de los Sistemas de Calidad. Parte I: Auditores".
32. NORMA OILM – 10: Periodicidad de las Confirmaciones Metrológicas.



CIB-ESPOL