

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DEL PLAN DE CALIBRACIÓN PARA EL PROCESO DE  
LAMINACIÓN EN FRÍO DE LA EMPRESA PROCESADORA DE  
ACERO DE EL SALVADOR (PROACES)**

**PRESENTADO POR**

**HERBERTH ANTONIO SALAMANCA VENTURA  
LESLIE MARLENE VIDES ROSALES**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2004**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTORA :  
DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL :  
LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO :  
ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :  
ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DIRECTOR :  
ING. JUAN ANTONIO FLORES DÍAZ

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:  
**INGENIERO MECÁNICO**

Título :  
**DISEÑO DEL PLAN DE CALIBRACIÓN PARA EL PROCESO DE LAMINACIÓN  
EN FRÍO DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ACERO DE EL SALVADOR  
(PROACES)**

Presentado por :  
**HERBERTH ANTONIO SALAMANCA VENTURA  
LESLIE MARLENE VIDES ROSALES**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director :  
**ING. LEYLA MARINA JIMÉNEZ MONROY**

Docente Director Externo :  
**ING. NELSON ENRIQUE ALAS CORTÉZ**

San Salvador, Noviembre de 2004

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

ING. LEYLA MARINA JIMÉNEZ MONROY

Docente Director Externo :

ING. NELSON ENRIQUE ALAS CORTÉZ

## DEDICATORIA

*¡Busca la sabiduría! ¡Hazte inteligente! No olvides lo que te digo, no menosprecies mis palabras. Si no abandonas la sabiduría, ésta te protegerá; ámala y velará por ti.*

Proverbios 4, 5-6

Dedicamos este trabajo a Dios Todopoderoso por regalarnos entendimiento, raciocinio e inteligencia a lo largo de nuestra vida, elementos claves para haber desarrollado este trabajo.

A Jesús y a la Virgen María por llenar nuestro corazón de paz, tranquilidad y paciencia para poder salir adelante ante cualquier adversidad académica y personal.

A nuestros queridos Padres, por estar siempre ahí ayudándonos con sus consejos, con su cariño, con sus palabras de aliento, con su guía, con su ejemplo. Por ser el motor que ha potenciado nuestro desempeño.

A nuestros Familiares, por estar pendientes de cada momento del desarrollo de éste, el primer trabajo como profesionales.

A todos nuestros Docentes, esto no hubiese sido posible sin sus enseñanzas, exigencias y paciencia.

A nuestros Compañeros y Amigos, por su cariño, entusiasmo, colaboración y sobre todo por su alegría y algarabía eterna. Esto va para toda la mara de la SEIM de parte del “Chile” y “la Lésli”.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa PROCESADORA DE ACERO DE EL SALVADOR (PROACES), por su apertura, confianza, disposición y apoyo para el desarrollo de este tema. A todas las personas dentro de la empresa que nos brindaron su tiempo, experiencia y colaboración en cada etapa del trabajo. Agradecimientos especiales al Sr. Jorge Sermeño, Ing. Hugo Martínez, Ing. Mario Meléndez e Ing. Gilma García.

Al Departamento de Metrología de la Universidad Don Bosco, especialmente a la Ing. Carolina Nuila y Licda. Rosa Cruz, por su ayuda desinteresada hacia nosotros.

Al Ing. Nelson Enrique Alas Cortéz, por confiar a nosotros este proyecto, por su experiencia aportada, su tiempo, paciencia y colaboración. Sin su guía no hubiese sido posible concluir este trabajo.

A la Ing. Leyla Marina Jiménez Monroy, gracias por confiar en nuestro juicio, por brindarnos la oportunidad de conocer una nueva área de aplicación de la Ingeniería Mecánica, por sus observaciones en pro de mejorar el perfil del estudiante de la carrera, por su profesionalismo y su atención hacia nuestra persona.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo del Trabajo de Graduación ha tenido como objetivo principal, el diseño de un plan de calibración para los instrumentos utilizados para el control de las magnitudes críticas del proceso de laminación en frío. El diseño se realiza a partir de la identificación y determinación de las características de calidad del producto, según especificaciones de clientes internos y externos, y las magnitudes involucradas en el proceso productivo.

El trabajo se realizó en tres etapas:

- La primera etapa consistió en la recopilación de los conceptos básicos sobre laminación en frío, normas de calidad y calibración, y métodos de Análisis del Modo y Efecto de las Mediciones (AMEM).
- En la segunda etapa, se recolectó información a través de cuadros de observación, con el propósito de crear un diagnóstico metrológico sobre el estado actual de los instrumentos de medición involucrados en el proceso de laminación en frío; obteniendo como resultado la caracterización del proceso y la determinación de las magnitudes críticas por medio del método AMEM.
- La tercera etapa consistió en el diseño del plan de calibración, que incluye el método de verificación o calibración, la frecuencia, los documentos de referencia, registros y responsabilidades para cada magnitud crítica del proceso identificada en la etapa de diagnóstico. Finalmente, se definió la trazabilidad de los instrumentos y patrones de medición incluidos en el plan de calibración.

## OBJETIVOS

### *Objetivo General:*

- Diseñar un Plan de Calibración para el proceso de laminación en frío de la empresa Procesadora de Acero de El Salvador (PROACES).

### *Objetivos Específicos:*

- Definir las necesidades en el área metrológica del proceso de laminación en frío de la empresa PROACES.
- Valorar y seleccionar los métodos de medición más apropiados como medios de control, según su interrelación y la formación técnica del personal de calibración.
- Definir los planes de calibración para los instrumentos de inspección, medición, calibración y pruebas.
- Estructurar la trazabilidad externa de los instrumentos y patrones de medición.



# ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCION	i
OBJETIVOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS UTILIZADAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS UTILIZADAS	vii

## CAPÍTULO 1 – MARCO TEÓRICO

1.0 Introducción	1
1.1 Antecedentes de la empresa	1
1.1.1 Historia	1
1.1.2 Productos	2
1.2 Laminación en frío	3
1.2.1 Generalidades	3
1.2.2 Etapas del proceso de laminación en frío	9
1.2.2.1 Decapado	9
1.2.2.2 Tandem (Laminación)	12
1.2.2.3 Recocido	17
1.2.2.4 Temper	23
1.3 Normas de calidad y calibración	31
1.3.1 Gestión de procesos	32
1.3.2 Control de los dispositivos de seguimiento y de medición	37
1.3.3 Aspectos a considerar en la medición, análisis y mejora	38
1.3.4 Vocabulario de términos fundamentales y generales de la metrología	40
1.3.5 Requisitos de aseguramiento de la calidad para equipo de medición	45
1.3.5.1 Equipo de medición	45
1.3.5.2 Sistema de confirmación	46
1.3.5.3 Auditoria y revisión periódicas del sistema de confirmación	48

1.3.5.4 Planeación	48
1.3.5.5 Procedimientos documentados de confirmación	49
1.3.5.6 Registros	50
1.3.5.7 Equipo de medición no conforme	52
1.3.5.8 Etiquetadop de confirmación	53
1.3.5.9 Lapsos de confirmación	54
1.3.5.10 Sellado para integridad	55
1.3.5.11 Utilización de productos y servicios externos	56
1.3.5.12 Almacenamiento y manejo	56
1.3.5.13 Trazabilidad	57
1.3.5.14 Condiciones ambientales	58
1.3.5.15 Personal	58
1.3.6 Directrices para determinar los lapsos de confirmación para equipo de medición	59
1.3.6.1 Selección inicial de los lapsos de confirmación	60
1.3.6.2 Métodos de revisión de los lapsos de confirmación	61
1.4 Análisis del modo y efecto de las mediciones (AMEM)	65

## **CAPÍTULO 2 – DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE LAMINACIÓN EN FRÍO**

2.0 Introducción	69
2.1 Caracterización del proceso	69
2.1.1 Decapado	69
2.1.2 Laminación	71
2.1.3 Recocido	73
2.1.4 Temper	74
2.2 Diagrama de flujo del proceso de laminación en frío	76
2.3 Diagnóstico del estado actual del área metrológica y formación técnica del personal	81
2.3.1 Decapado	81
2.3.2 Laminación	86

2.3.3 Recocido	90
2.3.4 Temper	93
2.3.5 Laboratorio	97
2.4 Determinación de magnitudes críticas	105
2.4.1 Decapado	105
2.4.2 Laminación	109
2.2.3 Recocido	115
2.2.4 Temper	118
2.2.5 Laboratorio	122

### **CAPÍTULO 3 – DISEÑO DEL PLAN DE CALIBRACIÓN**

3.0 Introducción	123
PLAN DE CALIBRACION	124
GENERALIDADES DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION	129
SECCIÓN MASAS Y VOLÚMENES	135
SECCIÓN TERMOMETRÍA	149
SECCIÓN QUÍMICA	161
SECCIÓN PRESIÓN	172
SECCIÓN ACABADO	178
SECCIÓN DIMENSIONAL	190
SECCIÓN OTROS EQUIPOS	206
SECCIÓN TRAZABILIDAD	211
CONCLUSIONES	223
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	224
ANEXOS	226

## ÍNDICE DE FIGURAS UTILIZADAS

	Página
Fig. 1 Distribución de fuerzas en el laminado	3
Fig. 2 Tipos de molinos	4
Fig. 3 Arreglo de rodillos de un molino Sendzimir	5
Fig. 4 Reacción del metal ocasionando aplastamiento en los rodillos	6
Fig. 5 Flexión del rodillo	7
Fig. 6 Perfil del rodillo superior y efecto de la carga de laminado	7
Fig. 7 Proceso de decapado	9
Fig. 8 Proceso de laminación	13
Fig. 9 Canal de laminación	14
Fig. 10 Bombé de cilindros de trabajo	17
Fig. 11 Proceso de recocido	18
Fig. 12 Proceso de temper	23
Fig. 13 Curva de carga – deformación	24
Fig. 14 Gráfico de tracción de un material calmado de bajo carbono	25
Fig. 15 Material recocido y temperado con escaso alargamiento	26
Fig. 16 Material recocido y temperado con alargamiento en exceso	27
Fig. 17 Alargamiento correcto	27
Fig. 18 Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos	33

## ÍNDICE DE TABLAS UTILIZADAS

	Página
Tabla 1. Productos de acero laminados en frío	2
Tabla 2. Cuadro de diagnóstico – Decapado	82
Tabla 3. Cuadro de diagnóstico – Laminación	88
Tabla 4. Cuadro de diagnóstico – Recocido	91
Tabla 5. Cuadro de diagnóstico – Temper	94
Tabla 6. Equipo de laboratorio	98
Tabla 7. Cuadro de diagnóstico – Laboratorio	99
Tabla 8. Comparación de magnitudes de decapado	105
Tabla 9. AMEM – Decapado	107
Tabla 10. AMEM – Decapado/Laboratorio	108
Tabla 11. Comparación de magnitudes de Laminación	109
Tabla 12. AMEM – Laminación	112
Tabla 13. AMEM – Laminación/Laboratorio	113
Tabla 14. Comparación de magnitudes de recocido	115
Tabla 15. AMEM – Recocido	117
Tabla 16. AMEM – Recocido/Laboratorio	117
Tabla 17. Comparación de magnitudes de temper	118
Tabla 18. AMEM – Temper	121

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### **1.0 Introducción**

Este capítulo describe de forma general, los elementos teóricos necesarios para desarrollar el Trabajo de Graduación, enfocándose en los elementos teóricos de mayor aplicación e incidencia en el desarrollo del Plan de Calibración para el proceso de Laminación en Frío. Describe, desde la naturaleza de la empresa Procesadora de Acero de El Salvador, S.A. de C.V., hasta las normas internacionales de gestión y aseguramiento de la calidad enfocadas desde la perspectiva de la metrología industrial.

### **1.1 Antecedentes de la empresa**

#### **1.1.1 Historia**



*Procesadora de Aceros de El Salvador S.A. de C.V., División de Consorcio Internacional*, nace en 1992 como Centro de Servicio de Acero, procesando y comercializando láminas cortadas, flejes en caliente, en frío y galvanizado con capacidad de 10,000 toneladas al mes.

Con la idea de participar en la industrialización y desarrollo del país y de la zona centroamericana, se plantea así mismo el propósito de aprovechar el modelo de sustitución de importaciones, y se inicia la inversión de un laminador en frío para productos planos con capacidad de procesar 11,000 toneladas al mes.

Actualmente, es una empresa con más de 16,000 m<sup>2</sup> de área techada y 6,000 m<sup>2</sup> de superficie pavimentada; reconocida a nivel centroamericano como una organización visionaria y futurista, que cree e invierte en el profesionalismo del talento humano de su país El Salvador y en la unión y desarrollo centroamericano conjunto. Con tecnología de vanguardia, administración e inversiones modernas, PROACES está preparada para afrontar la globalización de economías consiguiendo competir internacionalmente, ofreciendo a sus clientes productos de calidad y bajo normas internacionales. Es por eso, que hoy PROACES es líder en la rama siderúrgica de productos planos de acero en Centroamérica, proyectándose a la industria siderúrgica total <sup>[1]</sup>.

### 1.1.2 Productos

Tabla 1. Productos de acero laminados en frío.

<b>PRODUCTOS DE ACERO LAMINADOS EN FRÍO <sup>[1]</sup></b>		<b>Bobinas de acero roladas en frío</b>	<b>Lámina de acero en frío</b>	<b>Flejes de acero en frío</b>
Rango de Espesor, mm		0.31 a 1.50	-	0.38 a 2.00
Dimensiones Estándar	Espesores, mm	0.31, 0.38, 0.45, 0.60	0.45-0.60-0.70-0.79	0.38
		0.70, 0.75, 0.80, 0.90	0.90-1.00-1.10-1.20	
		1.00, 1.10, 1.20, 1.50	1.40-1.50-2.00	
	Ancho, mm	750 - 914 - 1000	750 – 914 1000 – 1219	Desde 16 / 32 y mayores
	Longitud, mm	N/A	840 Min /4200 Max	N/A
	Diámetro Interno, mm	610	N/A	500
	Peso	12 TON Máx/Bobina	Paquetes de 3 TON Máx.	Se suministra bajo peso real
Normas Actuales	Comercial	JIS G-3141 y ASTM A-568	JIS G-3141 y ASTM A-568	JIS G-3141 y ASTM A-568
	Embutición	JIS G-3141	JIS G-3141	JIS G-3141
	Usos Generales	SAE 1006-1008 y JIS G-3141	JIS G-3116	JIS G-3116

## 1.2 Laminación en frío

### 1.2.1 Generalidades

El trabajo en frío es el proceso de deformar un material en la región plástica del diagrama esfuerzo-deformación, sin la aplicación deliberada de calor <sup>[2]</sup>.

La laminación en frío de metal arrollado es un proceso que usa las zonas plásticas debajo de la temperatura de recristalización, con el objeto de preparar los metales para trabajado adicional o para fabricación <sup>[3]</sup>.

El laminado es un proceso de compresión indirecta. Normalmente, la única fuerza o esfuerzo aplicado es la presión radial de los rodillos laminadores. Esto deforma el metal y lo jala a través de la holgura de los rodillos, como se muestra en la distribución de fuerzas del laminado en la Fig. 1.

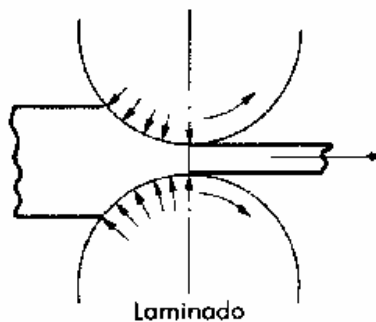


Fig. 1. Distribución de fuerzas en el laminado.

El laminado es el proceso de deformación que más ampliamente se usa y por la razón de que existen muchas versiones el proceso tiene su propia clasificación. Esta puede ser de acuerdo al arreglo de los rodillos en el bastidor en el molino o de acuerdo con el arreglo de los bastidores en secuencia.

Los molinos de laminación se clasifican de acuerdo a la Fig. 2. El molino de dos rodillos fue el primero y el más simple pero su capacidad de producción tiende a ser baja debido al tiempo que se pierde al tener que regresar el metal al frente del tren o molino.



Obviamente, esto condujo al molino reversible de dos rodillos donde el metal puede ser laminado en ambas direcciones. Este molino está limitado por la longitud que puede manejar y si la velocidad de laminado se aumenta, el resultado casi es el mismo debido al incremento del tiempo requerido para invertir la rotación en cada pasada. Lo anterior fija una longitud máxima económica de alrededor de 10 m.

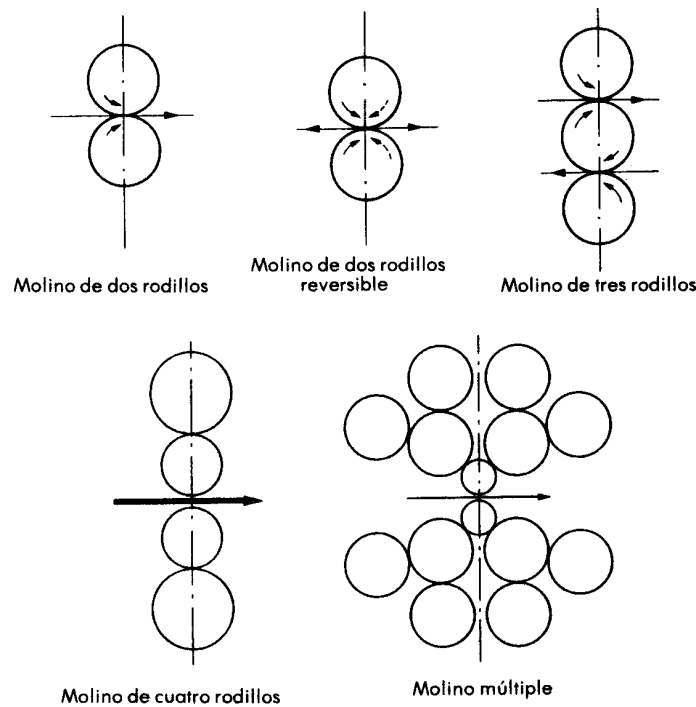


Fig. 2. Tipos de molinos.

El siguiente desarrollo fue el molino de laminación de tres rodillos, el cual tenía las ventajas de los molinos reversibles de dos rodillos. Estos molinos deben tener, por supuesto, mesas elevables en ambos lados de los rodillos. La holgura en un molino de tres rodillos no puede ser ajustada entre pasadas, por ello deben cortarse ranuras o canales en la superficie del rodillo para lograr diferentes reducciones. Los tres tipos de molinos de laminación, tienen la desventaja de que todas las etapas del laminado son efectuadas en la misma superficie del rodillo y la calidad de la superficie del producto tiende a ser baja. Los cambios de rodillo en estos molinos son relativamente frecuentes y requieren de tiempo. Es por ello que este tipo de molinos se usa para el laminado primario, donde se requiere un rápido cambio de forma, aun a expensas de la calidad de la superficie.

Los molinos de cuatro rodillos son un tipo especial del molino de dos rodillos, en un intento por reducir la carga de laminado el diámetro del rodillo de trabajo se disminuye. Existe, sin embargo, el riesgo de que el rodillo se flexione, lo cual se evita soportando los pequeños rodillos de trabajo por rodillos grandes de apoyo. El diámetro de los rodillos de apoyo, no puede ser mayor que 2 a 3 veces el de los rodillos de trabajo, y como el diámetro de los rodillos de trabajo se disminuye más y más (para adecuarse a procesos con cargas de laminado excesivamente altas), el tamaño de los rodillos de apoyo debe también disminuir. Se llega a un punto en que los rodillos de apoyo en si mismos, comienzan a flexionarse y requieren ser apoyados, lo cual da lugar al diseño más avanzado (el molino múltiple).

La crítica principal al molino tradicional es la tendencia de los rodillos a flexionarse, debido a su diseño inherente (el principio de la viga); por lo que, se propuso un diseño que eliminaba esta limitación, basado en el principio del castor, donde el rodillo de trabajo es soportado en toda su cara por un arreglo de rodillos de apoyo. La Fig. 3 muestra un molino de este tipo, que tiene rodillos de trabajo sumamente pequeños (10 mm), el cual puede usarse para procesos en los que se esperan cargas de laminado extremadamente altas, y los rodillos de trabajo pueden cambiarse con facilidad.

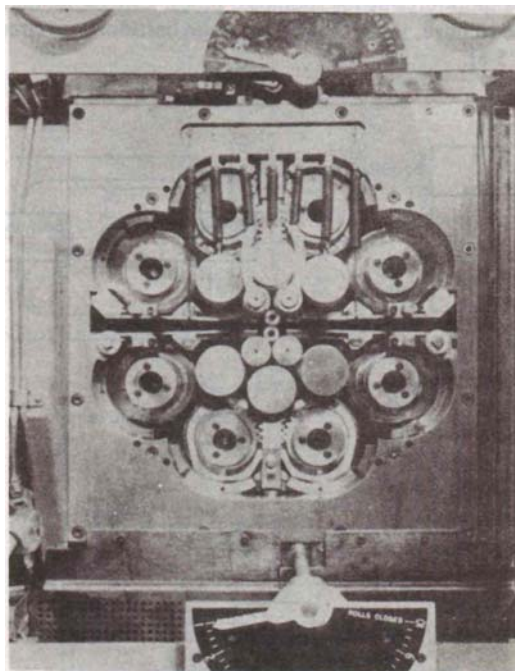


Fig. 3. Arreglo de rodillos de un molino Sendzimir.

Es esencial en los procesos de deformación de metales que la herramienta esté cargada sólo en forma elástica mientras la pieza de trabajo fluye plásticamente. Esta deformación elástica es, por lo general, tan pequeña que puede ignorarse, pero éste no es el caso en el laminado. Existen dos razones: una es que las cargas y esfuerzos de laminado pueden ser muy grandes, especialmente cuando la pieza de trabajo es delgada y endurecida por trabajo; la otra es que la herramienta en el laminado comprime todo el molino rodillo y carcaza que tiene dimensiones medibles en metros. Esta combinación puede resultar en grandes deformaciones debidas a la deformación elástica dividida entre la extensión del bastidor del molino (resorteo del molino), y el aplastamiento y flexionamiento de los rodillos.

La pieza de trabajo pasando entre un par de rodillos es comprimida por el esfuerzo radial aplicado a ella, pero la reacción es transferida a la carcaza y a los rodamientos del molino, los cuales tienen una cedencia limitada debido a sus grandes dimensiones. Si se intenta comprimir materiales delgados y duros, la reacción se vuelve tan grande que los rodillos se deforman elásticamente y el radio de curvatura del arco de contacto es aumentado, Fig. 4. La extensión de este aplastamiento depende de la magnitud del esfuerzo de reacción y de las constantes elásticas de los rodillos.

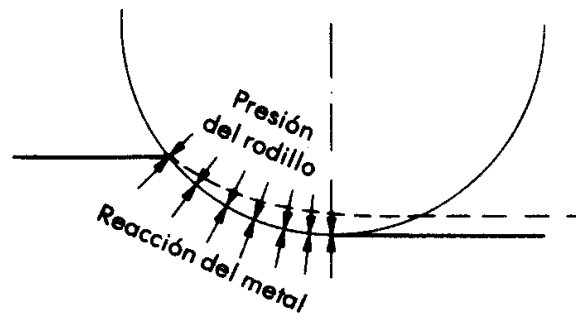


Fig. 4. Reacción del metal ocasionando aplastamiento en los rodillos.

Los molinos del tipo de cuatro rodillos, agrupado o Sendzimir han sido desarrollados con intención de eliminar la flexión de los rodillos, ya que cualquier deflexión da lugar a que el metal producido sea más grueso en su centro que en sus orillas. Mientras que esto sea posible, tal forma resultará en un producto fuera de tolerancia de calibre, el problema mayor es la pérdida de forma. El metal se alarga más en sus orillas que en su línea de centro, resultando en diferentes longitudes a través del ancho, como se muestra en la Fig. 5.

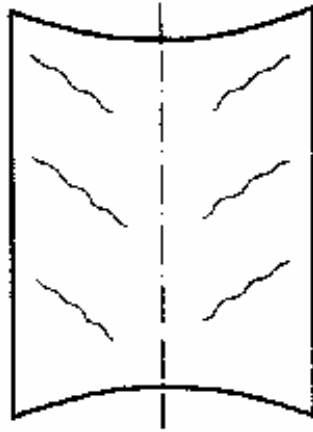


Fig. 5. Flexión del rodillo.

Esto sólo puede ser acomodado por plegado o arrugado con la consecuente pérdida de planicidad. Una vez que la tira de metal ha perdido su forma de esta manera, nunca puede recuperarla y debe ser desechada. Los intentos para evitar o limitar el flexionado de los rodillos involucran entre otros la disminución de la carga de laminado. Esto ha dado lugar a rodillos de trabajo pequeños y a molinos de cuatro rodillos. Pero aun con este tipo de molinos ocurre cierta flexión y ésta es arreglada abombando los rodillos, es decir, dándoles forma de barril. La carga de laminado todavía flexiona los rodillos, pero el perfil adyacente al material que se está laminando está recto. Debe notarse, sin embargo, que solo existe un valor de la carta de laminado que produce este perfil plano, Fig. 6.

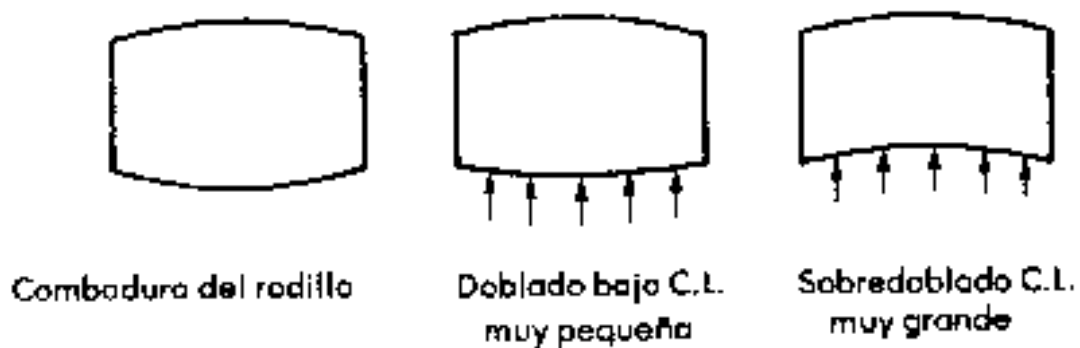


Fig. 6. Perfil del rodillo superior y efecto de la carga de laminado.

Con el laminado continuo de varios bastidores, la tensión entre cada bastidor se ajusta para mantener la carga de laminado en un valor constante y así lograr una superficie plana. Este es un aspecto importante del control de la forma en laminado de tiras.

Un desarrollo reciente ha sido la introducción de gatos hidráulicos en los cuellos de los rodillos, de este modo se altera la combadura de los rodillos mediante una flexión a los mismos.

A la reacción de la carga de laminado se le llama *fuerza de separación de rodillos* y si éstos no estuvieran sujetos en el cabezal del molino, tenderían a separarse y la reducción del metal no sería posible. El rodillo superior empuja hacia arriba la parte superior del cabezal, mientras que el rodillo inferior empuja hacia abajo la base del mismo cabezal. En tal virtud, el cabezal está sujeto a esfuerzos de tensión, los cuales obviamente son menores que el esfuerzo de cedencia del acero fundido con que normalmente se construyen, pero existe una deformación elástica que puede ser medida. Su magnitud depende de: la carga de laminado, la sección transversal del cabezal, y de la altura del cabezal.

Si la extensión de esta deformación es pequeña, se dice que el molino es rígido o duro, mientras que si es grande, se dice que el molino es suave o elástico. Esta deformación del cabezal obviamente afectará el calibre del metal producido. Por ejemplo, si la holgura del molino se fija a 3 mm antes de alimentar el material a ser laminado, la entrada del metal provee la fuerza que origina que el cabezal se estire y que la holgura se incremente a digamos, 3.05 mm. El metal producido será de 3.05 mm de espesor en lugar de 3.00 mm. Al ajuste de los rodillos antes de que entre el metal se le llama *holgura pasiva de los rodillos*, mientras que a la holgura real producida cuando pasa el metal a través de ella, se le llama *holgura activa de los rodillos*. Es importante conocer la relación entre las holguras pasiva y activa. Esta relación se denomina *módulo del molino* <sup>[4]</sup>.

## 1.2.2 Etapas del proceso de laminación en frío

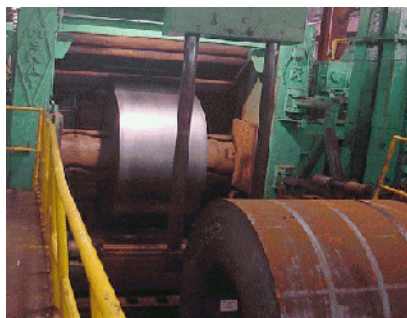
### 1.2.2.1 Decapado

#### a) Fundamentos de la línea

La línea de decapado tiene como finalidad: eliminar los óxidos y cascarillas producidos en la chapa durante el proceso de laminación en caliente, y el almacenaje del material LAC (laminado en caliente), Fig. 7; y preparar el material para ser laminado, esta preparación consiste en el “refilado” y aceitado superficial.



Material LAC en almacén



Material LAC sin decapar en sección de entrada de la línea



Material LAC decapado en sección de salida de la línea

Fig. 7. Proceso de decapado.

El decapado propiamente dicho (eliminación del óxido de la chapa) se logra con un baño de inmersión de ácido clorhídrico (HCl). Las capas de óxido que se forman en la chapa LAC, con concentraciones crecientes de  $O_2$  hacia el exterior son: óxido ferroso (FeO), óxido ferroso-férrico ( $Fe_3O_4$ ), y óxido férrico ( $Fe_2O_3$ ). El HCl ataca las 3 capas de óxido a la vez, por lo tanto, *con su uso se utilizan menores potencias en la línea, se reducen los tiempos y longitudes de las piletas*, con respecto a otros ácidos.

**b) Factores intervinientes en la calidad del producto en esta etapa del proceso**

Los factores más importantes que intervienen en la calidad del producto de Decapado son los siguientes:

**i) Decapado**

Las magnitudes que intervienen en la calidad del decapado son:

- ▀ Velocidad de la línea: a fin de optimizar la productividad de la línea, es necesario que la velocidad de proceso se mantenga entre 180 y 200 m/min.
- ▀ Concentración de los baños ácidos: el proceso de decapado se realiza dentro de piletas que contienen una solución de ácido clorhídrico con distintas concentraciones. Estas concentraciones deberán mantenerse en valores prefijados, ya que cualquier alteración en menos implicaría un decapado escaso (bajo decapado); para corregir esta anomalía, habría que disminuir la velocidad de la línea, lo que traería aparejado una disminución de la productividad. Mientras que una alteración de las concentraciones en más, significa un sobre decapado del material, con los consiguientes riesgos de roturas durante la laminación.
- ▀ Temperatura de los baños ácidos: para poder realizar un buen decapado con las concentraciones óptimas y a la velocidad indicada, es necesario mantener la temperatura del ácido en las piletas en valores prefijados según la profundidad del proceso de decapado que se desea lograr, como por ejemplo: 83 a 87 °C (en pileta No. 1), 78 a 82 °C (en pileta No. 2), y 78 82 °C (en pileta No. 3). Si disminuye la temperatura del baño (manteniendo constantes la velocidad y concentraciones) disminuye la acción del baño decapante, por consiguiente el material sale bajo decapado. Si la temperatura del baño es mayor a los valores antedichos, la acción del baño sobre la chapa será mayor, en este caso el material saldrá sobre decapado.

Ninguno de estos 3 parámetros (velocidad, temperatura y concentración) se pueden estudiar independientemente, ya que estos parámetros están interrelacionados. Lo importante es mantener constante la velocidad de la línea en los valores de máxima producción; para esto, cuando haya que mejorar la calidad del producto, se deben modificar en primera instancia algunos de los otros dos parámetros (temperatura y/o concentraciones).

## **ii) Lavado**

La función principal del lavado es la de eliminar los restos de ácido clorhídrico y sales, producto del proceso de decapado. A fin de evitar herrumbre puntiforme durante el proceso de laminación en frío, es importante lograr valores del orden de los 10 mg/m<sup>2</sup>, como máximo, de cloruros sobre la chapa. Estos valores se logran solamente manteniendo en óptimo estado el sistema de lavado.

## **iii) Refilado**

Se denomina “refilado” al recorte lateral que se efectúa al material laminado en caliente y decapado antes de ser laminado.

El refilado cumple con las funciones de eliminar las irregularidades y defectos ubicados en los bordes provenientes del laminado en caliente y propios de decapado, estas irregularidades podrían hacer peligrar la integridad de la bobina en la laminación en frío; además disminuirían en forma apreciable la vida de las guías del laminador; otra función es la de suministrar al material el ancho solicitado.

El refilado es efectuado por una máquina denominada “refiladora”, esta máquina se ubica en la salida de la línea de decapado, antes de la aceitadora; junto a dicha máquina se encuentra la “picadora” que tiene como función cortar en trozos las tiras de refilado.

El refilado debe estar efectuado por la combinación de corte y arranque, para que el refilado sea correcto esta proporción debe tener entre un 30 y 50% de corte; una proporción



corte arranque fuera del 30-50% se debe a un incorrecto cruce de cuchillas (excesivo o escaso). Además, la línea interfase debe ser regular (sin sinuosidades), la cual es la línea que divide la zona de corte de la zona de arranque, si la línea interfase es irregular se debe a cuchillas desafiladas por excesivo uso o deficientemente afiladas. Las rebabas son dejadas en el refilado por una mala regulación de las cuchillas, por lo que un refilado correcto debe carecer de rebabas.

Las alteraciones cíclicas sobre el refilado se deben, generalmente, a pequeñas roturas en una de las cuchillas, siendo este tipo de defecto cíclico perjudicial para el refilado.

#### **iv) Aceitado**

El aceitado de la chapa decapada cumple con las funciones de: Evitar la oxidación del material laminado en caliente decapado durante su permanencia en el depósito de laminación, evitar ralladuras que se pueden ocasionar por el roce entre espiras durante el bobinado en decapado.

Los aceites que se usan en el decapado dependen de los que se usarán en la laminación.

#### **1.2.2.2 Tandem (Laminación)**

##### **a) Fundamentos de la línea**

La laminación en frío cumple varias funciones: Reducir el espesor del material laminado en caliente, esta reducción de espesor se efectúa mediante una deformación plástica en frío del material LAC, llevándolo a espesores que oscilan entre los 3 mm (chapa gruesa) y 0.24 mm (material para hojalata); conferirle al material condiciones superiores de aspecto superficial, rugosidad y forma, que lo hagan apto para piezas en que el aspecto tiene singular importancia; dotar al material con la capacidad para adquirir (luego del recocido y el temple) las características metalúrgicas que lo hagan apto para el conformado en frío, Fig. 8.



Material LAC en debobinador

Material LAC en laminador reversible  
con molino múltipleMaterial laminado en frío en  
rebobinador

Fig. 8. Proceso de Laminación.

## b) Factores intervinientes en la calidad del producto

Los factores más importantes que intervienen en la calidad del producto de tandem son los siguientes:

### i) Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración cumple dos funciones fundamentales para la laminación: Refrigeración propiamente dicha: la refrigeración de los cilindros de trabajo, tiene por objeto mantener constante el gradiente de temperatura de cada cilindro. En caso de no ser suficiente la refrigeración de los cilindros la “bombatura” térmica crece constantemente; este perfil del cilindro es debido a que al tener una zona con mayor temperatura que otra, sufre una dilatación no uniforme a lo largo del mismo; si la “bombatura térmica” es exagerada produce defectos de forma al centro (ondulación centro), si existe exceso de refrigeración la bombatura será menor a la debida, produciéndose defectos de forma en bordes (ondulación bordes). Si el sistema de refrigeración tiene uno o más rociadores tapados en coincidencia con dichos rociadores, se producirá una zona en el cilindro con mayor temperatura; esta zona se dilatará más produciéndose un canal de laminación (Fig. 9).

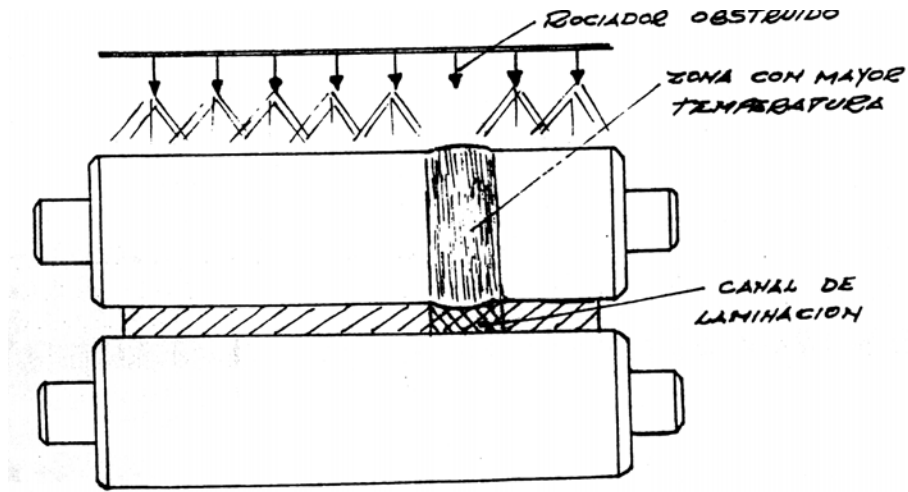


Fig. 9. Canal de laminación.

La segunda función del sistema de lubricación es: la Lubricación, ésta en el proceso de laminación cumple con la función de disminuir la potencia aplicada para obtener la deformación plástica. La deformación plástica en frío es efectuada por fuerzas de tracción y compresión, producidas por el tren de laminación ; estas fuerzas deben vencer a una constituida por la resistencia a la deformación del material LAC más la fuerza de roce producida por el contacto entre cilindro y chapa. El lubricante al formar una película homogénea entre cilindro y chapa disminuye la fuerza de roce, al disminuir esta fuerza, disminuye en consecuencia la fuerza total necesaria para producirle al material LAC una deformación plástica en frío.

Si la película de lubricante es muy eficiente se produce un patinado del cilindro de trabajo sobre la chapa, debido a este patinado aparecen “rayaduras por deslizamiento”. Si la película de lubricante es deficiente puede originarse la rotura de la misma, esto produce “rayaduras de calor”; la refrigeración y la lubricación se efectúan a través de la “emulsión”.

Se denomina emulsión a una “dispersión fina de aceite en agua”, en el tren de laminación son usados dos tipos de emulsión: emulsión estable y emulsión inestable. La emulsión estable está formada por aceite emulsionable (aprox. en un 2%) y agua; el aceite emulsionable tiene aproximadamente la siguiente composición: aceite mineral (vehículo) ~ 60%, material lubricante (grasas animales y vegetales) ~ 35%, emulsionantes ~ 3 a 5%, y el

resto son aditivos de alta presión. La emulsión inestable está formada por aceite no emulsionable (de 3 a 5%) y agua; el aceite no emulsionable tiene aproximadamente la siguiente composición: aceite mineral (vehículo) de 10 a 15%, material lubricante (grasas animales y vegetales) de 80 a 90%, emulsionantes ~ 1%, y el resto son aditivos de alta presión.

Los factores que determinan la calidad de la emulsión son: porcentaje de aceite total, porcentaje de aceite activo, porcentaje de aceite contaminante, índice de saponificación, polvillo (en porcentaje) y determinación de pH.

Los valores estándar del índice de saponificación son: emulsión estable mínimo 70 mgOHK/g emulsión y emulsión inestable mínimo 200 mgOHK/g emulsión.

## **ii) Tiro del mandril bobinador**

El tiro del mandril bobinador proporciona la presión específica de contacto entre espiras. Esta presión de contacto es muy importante para los pasos posteriores del proceso, un excesivo tiro del mandril (implica una excesiva presión de contacto entre espiras) se manifiesta en el recocido a través de “encoladuras”; un escaso tiro del mandril bobinador produce unan “ovalización” o “aplastamiento” de las bobinas. Este bobinado flojo trae dificultades en el temperado pudiendo producirse rayaduras por espiras flojas (por deslizamiento entre espiras) o “remontaduras”. El tiro del mandril bobinador se mide en amperes, y los valores estándar están tabulados en función del espesor y del ancho del material.

## **iii) Rugosidad de cilindros**

La rugosidad se mide a través de la sumatoria de las superficies encerradas por la línea que describe el palpador del rugosímetro. La rugosidad del material se la imprime el tren de laminación.

La rugosidad de los cilindros de laminación se obtiene mediante la máquina granalladora, esta máquina le imprime la rugosidad al cilindro mediante un bombardeo de partículas de acero llamadas granallas.

La incidencia de la rugosidad en el producto de tandem se puede reducir a dos tipos: *Producto en ciclo*: si la rugosidad es demasiado baja (y en el caso que los ciclos de recocido no estén adecuados a las bajas rugosidades) el material corre el riesgo de encoladuras en el recocido. Si la rugosidad es demasiado alta puede suceder que el temper no alcance a modificarla, aplastándola y produciéndole al material una textura superficial despareja y de aspecto desagradable; y *Producto terminado (galvanizadores)*: el material crudo para galvanizadores es provisto con rugosidad especial de 10 a 40 $\mu$ . Si la rugosidad es inferior a 10 $\mu$ , el espesor del recubrimiento disminuirá apreciablemente, debiendo bajar la velocidad de la línea para obtener mayor espesor de Zn; esto trae aparejado una disminución de la productividad de la línea. Si la rugosidad es superior a los 40 $\mu$ , se vería incrementada la capa de recubrimiento con el consiguiente aumento en el consumo de Zn; esto es económicamente perjudicial para el galvanizador, ya que le aumenta considerablemente el costo del producto.

#### **iv) Bombé de cilindros de trabajo**

El bombé o “bombatura” de los cilindros de trabajo es el perfil del cilindro. La “bombatura” puede ser positiva, nula (cilindros planos) o negativa.

La “bombatura” positiva corresponde a un perfil cóncavo y la negativa a uno convexo (Fig. 10). En la práctica la bombatura es siempre plana o positiva, solo por desgaste se llega a obtener un bombé negativo.

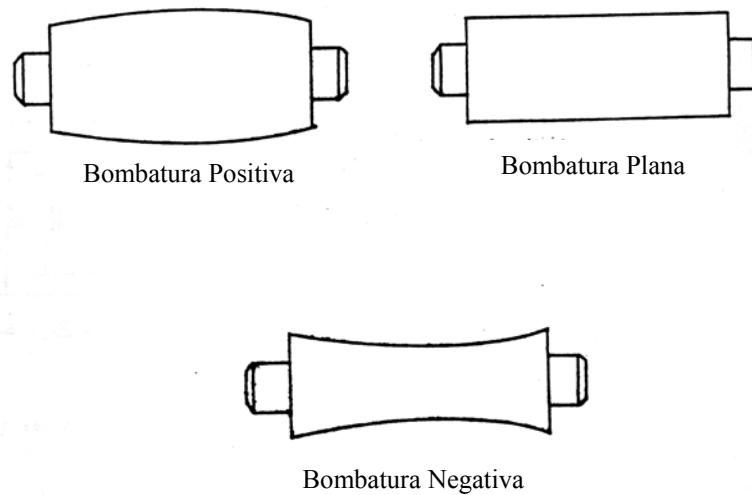


Fig. 10. Bombé de cilindros de trabajo.

La bombatura de un cilindro de laminación se indica con dos números que expresan la diferencia entre el diámetro del cilindro en el centro y los diámetros en cada uno de los bordes (en milésimas de pulgadas).

La bombatura de los cilindros de trabajo es muy importante en la forma final del material; si la bombatura elegida es muy elevada, el material saldrá ondulado al centro; de lo contrario, se ondulará en los bordes.

### 1.2.2.3 *Recocido*

#### a) **Fundamentos de la línea**

La laminación en frío aparte de la reducción del espesor de la chapa, produce deformación de los granos, que traen como consecuencia complejos sistemas de deformación a nivel atómico, que dan como resultado un endurecimiento del material.

En otras palabras, si la chapa decapada permitió que se le diera una importante deformación al ser laminada en frío, una vez laminada necesitaría grandes esfuerzos para continuar siendo deformada, y en caso de ser esto posible se rompería.

El recocido es un tratamiento térmico que devuelve a la chapa características de ductilidad variables. El mecanismo metalúrgico responsable de éste fenómeno es conocido como recristalización; en este proceso se deben distinguir tres etapas fundamentales: calentamiento, permanencia a temperatura, y enfriamiento, Fig. 11.



Cargado de la base con 5 bobinas con convector intermedio



Hornos de recocido



Etapa de enfriamiento

Fig. 11. Proceso de Recocido.

### i) Calentamiento

Puede a su vez subdividirse en éstas fases: recuperación, nucleación, recristalización propiamente dicha, y crecimiento de grano.

- Recuperación: esta primera fase se verifica a la temperatura de 350 a 450 °C; observando al microscopio no se nota diferencia estructural alguna de un producto laminado en frío, es decir, presenta aún los granos deformados resultantes de la deformación en frío; sin embargo se nota un ligero aumento de ductilidad.
- Nucleación: durante la segunda fase de recalentamiento a temperatura inmediatamente superior a la de recuperación se produce la nucleación. Observando al microscopio se nota en la matriz de granos deformados la aparición de pequeños núcleos de material nuevo y libre de deformación.
- Recristalización propiamente dicha: con el aumento de la temperatura los pequeños núcleos formados en la etapa anterior, actúan como núcleos de

recristalización en el sentido de que iniciarán el crecimiento de grano en su entorno, reemplazando a los granos deformados. En este punto, la matriz observada está compuesta por granos no deformados y los resultados de las pruebas de dureza y tracción ponen en evidencia un gran aumento de ductilidad.

➤ Crecimiento de grano: los nuevos granos aumentan su tamaño, esto trae aparejado un aumento aún mayor de la ductilidad, cuanto mayor es el tamaño final de los granos. Sin embargo, el tamaño final de los granos tiene una limitación de carácter práctico que se denomina “piel de naranja”.

Los procedimientos descritos sobrevienen según temperaturas crecientes y dependen todas ellas del tiempo, si bien se modifican también por otros factores, como ser: la composición química, las dimensiones de grano antes de la deformación y magnitud de la misma.

## **ii) Permanencia a temperatura**

La duración del calentamiento depende de la masa de las piezas, de la temperatura, de la velocidad de calentamiento y del estado inicial y final del material.

En general, un aumento del tiempo de calentamiento ejerce influencia sobre tres factores:

- Tamaño del grano.
- Reordenamiento micro estructural del retículo cristalino.
- Precipitación de los carburos, verdaderamente notable, en cuanto una velocidad muy alta de enfriamiento podrá comprometer seriamente el resultado de un buen recocido.

Los distintos requerimientos de ductilidad exigidos por los usuarios llevan a clasificar toda la gama de productos en las denominadas “calidades”. Estas calidades se diferencian



entre sí por distintos valores de dureza, punto de fluencia, elongación, índice de embutido, etc.; parámetros que miden la ductilidad o capacidad de deformación de la chapa.

Desde el punto de vista del recocido, el obtener estas distintas calidades implica determinar la temperatura que se debe alcanzar en cada caso.

La determinación de estas temperaturas se hace en base a la composición del material y a la deformación sufrida en el laminado, siempre cuidando el no tener un tamaño de grano excesivamente grande que puede producir “piel de naranja”. Una vez determinada la temperatura a alcanzar lo que se debe determinar es el tiempo que una carga determinada debe permanecer en el horno para que en su punto más frío se arribe a dicha temperatura.

Estos tiempos que deben ser determinados para todas las cargas factibles se denominan ciclos de recocido. Como consecuencia lógica, desde el punto de vista económico es deseable que los ciclos sean lo más cortos posible, pero como solamente puede acortarse el tiempo si se aumenta la temperatura aparecen como limitación problemas de encolado y de sobrecalentamientos en determinadas zonas de los equipos que podrían ver comprometida su vida útil.

Resumiendo, determinar los ciclos de recocido consiste en determinar los tiempos mínimos necesarios para llegar con las diferentes cargas a las temperaturas correspondientes a las distintas calidades, pero sin producir encolado ni excesivos sobrecalentamientos de los equipos.

### iii) **Enfriamiento**

Utilizando una campana de enfriamiento se produce un enfriamiento forzado de la carga, para lo cual hace circular aire sobre la campana de recocido por intermedio de un ventilador. La campana de enfriamiento se coloca después de un período de, aproximadamente, una hora de haber retirado el horno. Dicha demora en la colocación se ve justificada al ocurrir que durante ese primer período de aproximadamente una hora, la

temperatura que reina en la carga y en la superficie de la campana es muy alta, alrededor de 750 °C, por lo que el caudal calórico que se pierde por radiación y convección es mucho mayor que aquel que podría evacuarse si se colocase en forma inmediata, o sea este método tiende a disminuir el tiempo insumido por el enfriamiento.

#### **b) Factores que intervienen en la calidad del producto**

El recocido interviene en dos aspectos fundamentales que conforman la calidad del producto: en el aspecto superficial y en las características metalúrgicas (de éstas últimas es uno de los principales responsables).

##### **i) Aspecto superficial**

*Entrada de aire en la campana:* una entrada de aire en la campana de recocido durante el ciclo, trae aparejada la contaminación de la atmósfera inerte con oxígeno. Como ya es sabido, el acero que es una aleación de hierro, carbono y otros componentes, en la que prevalece fundamentalmente el hierro (con más de 99%) es afín con el oxígeno; esta afinidad traducida en la formación de óxido de hierro, aumenta a medida que aumenta la temperatura del material. Debido a ésta propiedad del acero, si la atmósfera inerte se contamina con oxígeno, éste se combinará fácilmente con el hierro del material, oxidándolo. Esta oxidación del material es la que se conoce como “halos de recocido”, los halos de recocido son óxido estable (no progresivo), cuya intensidad depende de la cantidad de aire que haya entrado durante el ciclo.

Las distintas causas de entrada de aire en la campana pueden ser: por serpentín del sistema de enfriamiento, por las juntas (fundamentalmente las de goma) en mal estado, y por fisuras en la campana. Otro motivo de oxidación de la carga, puede ser un retiro anticipado de la campana de recocido. Si al retirar la campana de recocido, la carga tiene temperatura superior a la normal de descarga, ésta se oxidará al entrar en contacto con la atmósfera.

*Elevada temperatura de recocido:* como ya es conocido, un ciclo de recocido está formado principalmente por temperatura y tiempo de permanencia a temperatura; ambas cosas están estrechamente vinculadas. No es posible realizar un correcto ciclo de recocido llevando el material a muy alta temperatura, durante un corto lapso de tiempo. Tampoco es posible recocer un material a baja temperatura durante mucho tiempo. Para que un ciclo de recocido sea correcto se deberá adecuar la temperatura del material con el tiempo de permanencia a ésta temperatura. Si un material es recocido a excesiva temperatura, se produce un “pegado” de las espiras, conocido como “encoladuras de recocido”. Pero no siempre la elevada temperatura es la única causa del encolado; muy a menudo, la bobina viene “predispuesta a la encoladura”, esta predisposición puede estar dada por baja rugosidad y/o alta tensión de bobinado.

Cualquiera de los mencionados factores separadamente o combinados entre si pueden ser motivo de encoladuras.

## **ii) Características metalúrgicas**

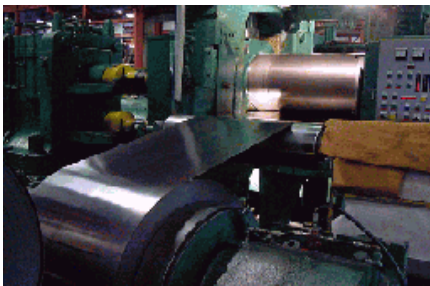
El recocido es el responsable de quitarle la “acritud” al material laminado en frío, haciéndolo apto para absorber deformaciones (plegado, estirado, embutido, perfilado, etc.). Las características metalúrgicas son los parámetros que determinan la capacidad de absorber deformaciones que posee la chapa. Los factores que influyen en los resultados del recocido son: Velocidad de calentamiento, Temperatura de recocido, Tiempo de permanencia a temperatura.

Estas magnitudes tienen valores que dependen de la carga (peso y forma) y de la calidad que se quiera obtener.

### 1.2.2.4 *Temper*

#### a) **Fundamentos de la línea**

El temper es una línea del proceso de laminación en frío que cumple las siguientes funciones: Complementar las condiciones de trabajabilidad en frío que el recocido le otorga al material laminado; mejorar la planaridad del producto, corrigiendo o atenuando los eventuales defectos de forma provenientes de la laminación; imprimirle al material una rugosidad acorde a las necesidades del cliente (El temper modifica la rugosidad de tandem mejorándola); ésta línea, además, está dotada con los elementos necesarios para proveer el material en peso y con protección superficial (aceitado), Fig. 12.



Material laminado en frío y recocido en debobinador de la sección de entrada



Jaula de temperado



Salida de la chapa rebobinada y temperada

Fig. 12. Proceso de Temper

Si se observa la curva de carga-deformación (Fig. 13) de un ensayo de tracción de un acero de bajo carbono (efervescente o calmado, laminado en frío y recocido), se ve que entre la zona elástica (período del ensayo en el que si quitamos la carga, el material recupera su estado inicial) y la zona plástica (período en el que si quitamos la carga, el material conserva la deformación producida por dicha carga) hay una zona llamada zona de “fluencia”.

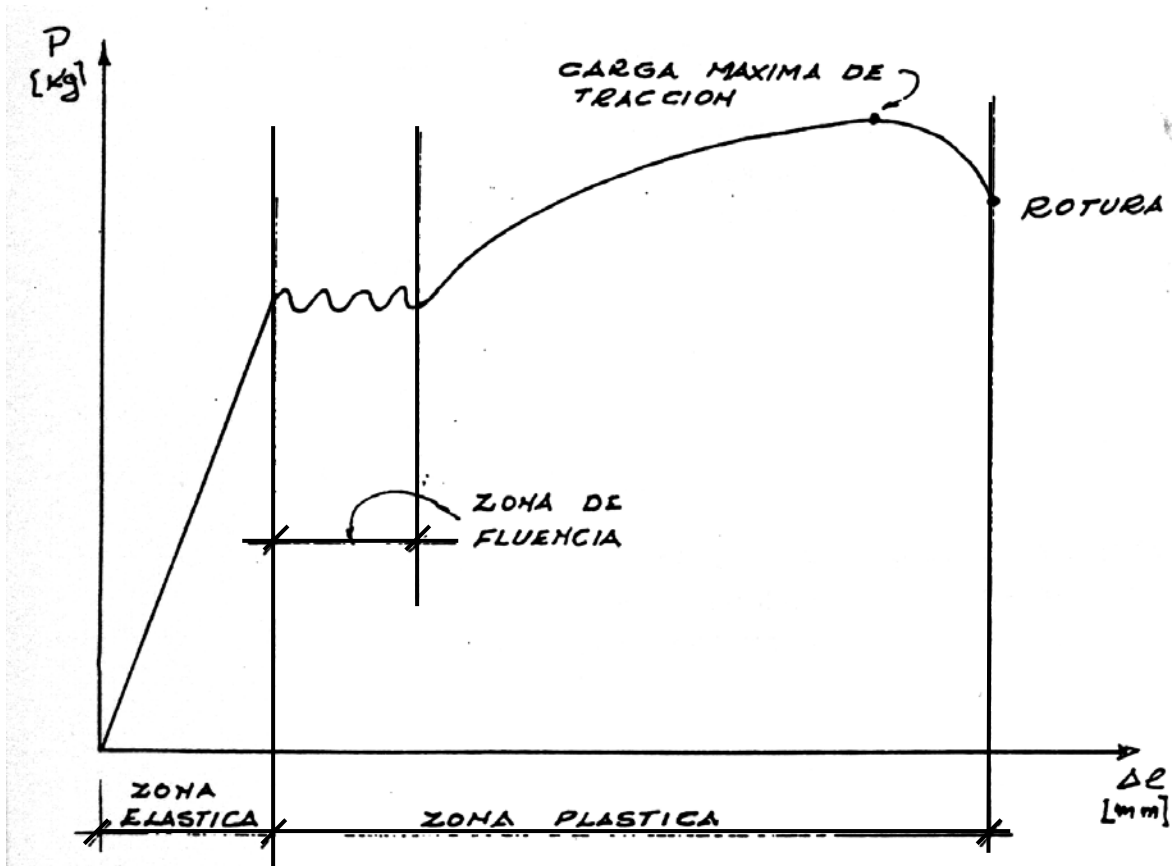


Fig. 13. Curva de carga - deformación.

Aunque la carga permanezca constante durante la deformación de fluencia, la deformación continuará hasta su finalización. Como su nombre así lo expresa, el material durante este período “fluye” libremente.

Lo que en realidad sucede durante ésta zona del ensayo, es que el material sufre una deformación no homogénea, concentrada en bandas de flujo plástico denominadas “bandas de LUDERS”.

La función del temper es eliminar esa zona de fluencia, sometiendo al material a una deformación (por tracción y compresión) prefijada.

## b) Factores que intervienen en la calidad del producto

### i) Alargamiento

El alargamiento que se da en el temper tiene suma importancia en el material para estampado.

En el gráfico de tracción de un material efervescente o calmado de bajo carbono, con tratamiento de recocido y sin temperar (Fig. 14) se observa el período elástico, el período plástico y dentro de éste último la zona de fluencia; en donde termina el período elástico y comienza el plástico tenemos un valor de tensión ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ) llamado “tensión de fluencia” ( $\sigma_z$ ). Durante la deformación de fluencia el material fluye.

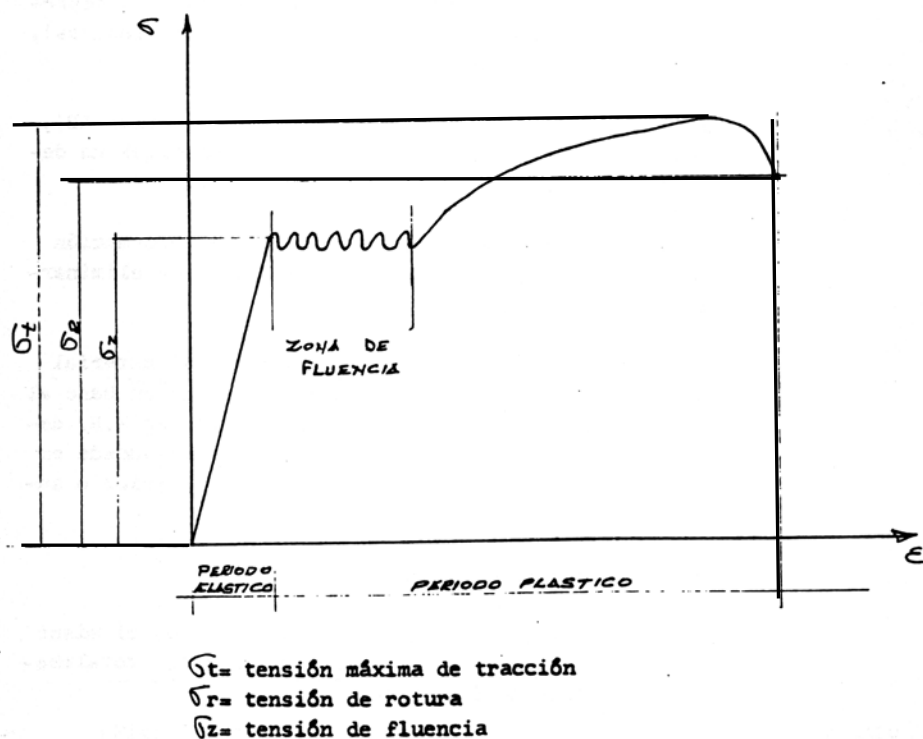


Fig. 14. Gráfico de tracción de un material calmado de bajo carbono.

Si durante el estampado la pieza en partes sufre deformaciones tales que caigan dentro de la zona de fluencia, en esas partes aparecerán líneas con depresiones (similares a las dejadas por las encoladuras) llamadas “líneas de LUDERS”.

Si la pieza es de superficie expuesta, las líneas de LUDERS configuran en el material un defecto superficial no apto para el uso final.

El temper al someter al material a una deformación preestablecida, lo que hace en realidad, es eliminarle la zona de fluencia.

El “alargamiento” a que se debe someter al material durante el temperado es un valor calculado en base al espesor, ancho y calidad; el alargamiento puede ser efectuado de manera inferior o superior al indicado.

- Alargamiento en defecto: si el alargamiento es menor al indicado el mismo no alcanzará para eliminarle al material totalmente la zona de fluencia. Si queda una zona de fluencia aunque sea menor, durante el estampado pueden aparecer “líneas de LUDERS” (Fig. 15).

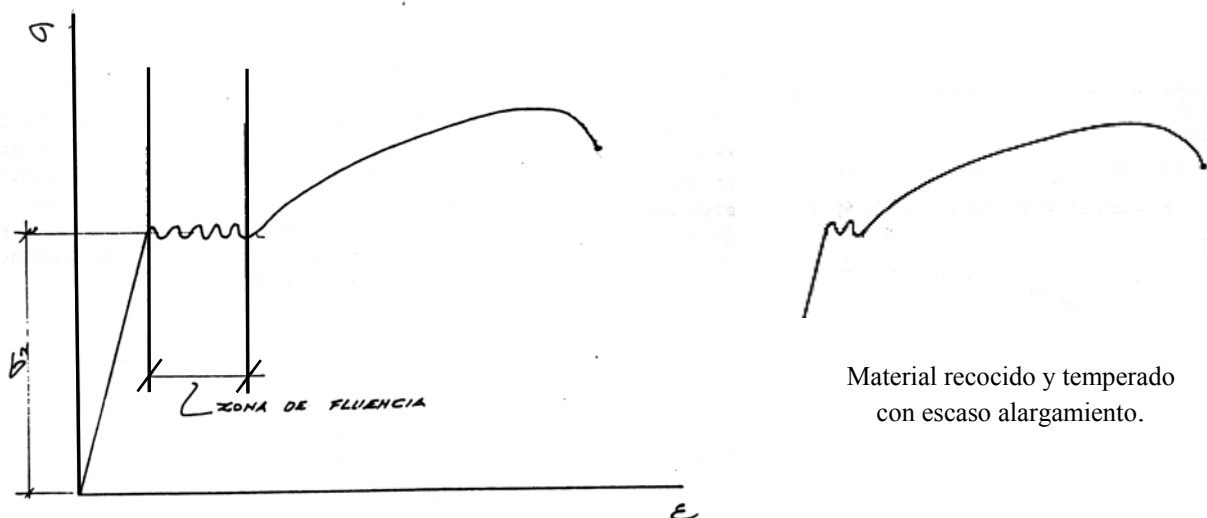


Fig. 15. Material recocido y temperado con escaso alargamiento.

- Alargamiento en exceso: si el alargamiento dado por el temper es superior al indicado, la zona de fluencia se eliminará totalmente, pero con un aumento considerable de la tensión de fluencia ( $\sigma_z$ ). Este incremento en dicha tensión

originará una disminución del período plástico, con el consiguiente deterioro de las características metalúrgicas (Fig. 16).

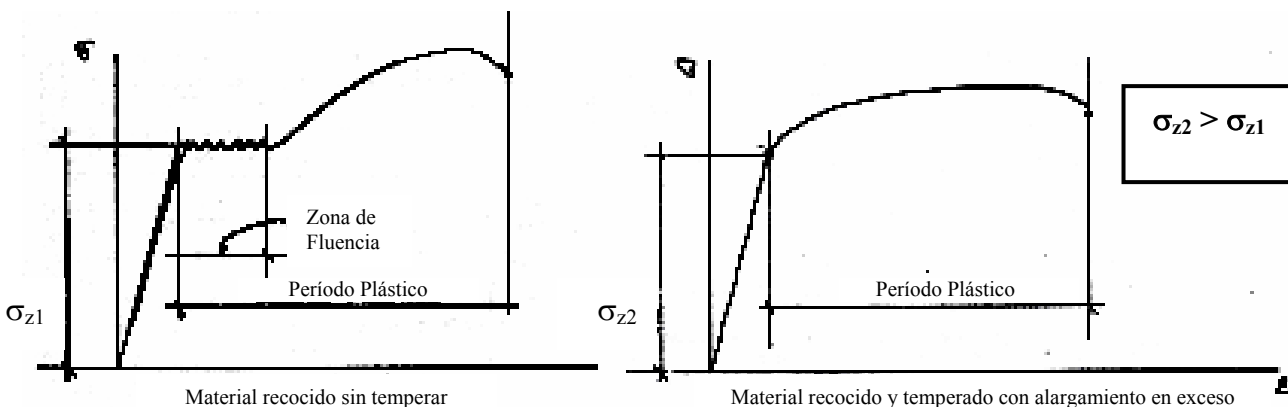


Fig. 16. Material recocido y temperado con alargamiento en exceso.

➤ Alargamiento correcto: el valor del alargamiento es tal que sirve para eliminar la zona de fluencia sin incrementar la tensión ( $\sigma_z$ ); esto significa que el período plástico debe permanecer igual al que tendría el material sin temperar (Fig. 17).

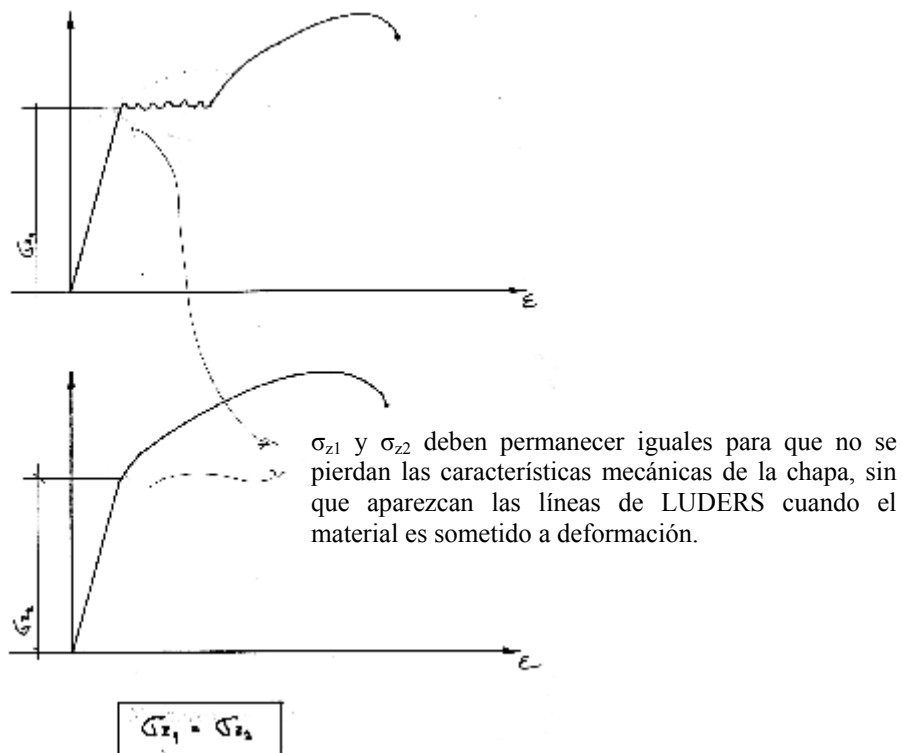


Fig. 17. Alargamiento correcto.



## **ii) Envejecimiento**

En los productos para estampado, hechos con material efervescente, las características metalúrgicas impuestas por el temper no son perennes. Al cabo de un corto período comenzará a aparecer la zona de fluencia, esto significa que un cliente que compre material efervescente para estampado, si quiere obtener buenos resultados, deberá procesarlo inmediatamente.

El material calmado, no sufre alteraciones de importancia con el tiempo; es decir, que para aquellos clientes que trabajan con stock de material, lo adecuado para estampado es este acero.

Otro parámetro sumamente importante en el envejecimiento es la temperatura de laminado en el temper. Una bobina para estampado debe ser laminada a temperatura ambiente, ya que una temperatura mayor acelera notablemente el proceso de envejecimiento. Esto sucede no solamente en el material efervescente sino también en el material calmado.

## **iii) Rugosidad de cilindros**

Todas las consideraciones sobre rugosidad hechas en tandem son válidas para el temper. Los cilindros de trabajo, también son granallados en la misma forma.

El temper es, prácticamente, la última línea del proceso de laminación, que le confiere al material características metalúrgicas y/o superficiales.

Su objeto principal es dotar al material de características superficiales que faciliten su uso posterior.

#### **iv) Sistema detergente**

Existen dos sistemas de temper a saber: temper seco y temper húmedo.

Los temper secos, como su nombre así lo indica, trabajan con cilindros en “seco”. Solamente cada tanto, el primer laminador, arroja un poco de algún solvente, tal como kerosén o tetracloruro de carbono. El arrojar kerosén implica un riesgo de incendio, mientras que el tetracloruro de carbono es tóxico.

El temper húmedo es el sistema moderno de temper. Consiste en un colector con rociadores ubicados sobre los cilindros de apoyo, que pulverizan sobre éstos una solución de agua con detergente especial. El objeto de este sistema es mantener los cilindros de apoyo limpios, a fin de evitar que la aglomeración de suciedad produzca cavidades sobre el laminado.

El “detergente” usado en temper, es una solución de un detergente alcalino en agua, en concentraciones que oscilan entre un 5% y un 9%.

El detergente alcalino que conforma la solución, lleva en su composición, aditivos anticorrosivos; si la solución se prepara con concentraciones de detergente por debajo del 5%, se corre el riesgo de que se forme en el material seco herrumbre por detergente.

En realidad, la herrumbre por detergente no solamente puede atribuirse a una mala composición de la solución detergente, sino que esta condición favorece la aparición del defecto, cuando el lavado en decapado fue deficiente.

Otra condición importante en el sistema de detergente es la de evitar el pasaje del mismo sobre la chapa; para esto el tren dispone de un sistema de soplado con aire comprimido.

El detergente no debe pasar, pero si esto sucede es preferible que sobre la chapa se forme una película uniforme. Cuando pasa en forma de gotas aisladas, las posibilidades de formación de herrumbre son mayores.

#### **v) Bombé de cilindros de trabajo**

Al igual que en tandem, los cilindros de trabajo de temper tienen bombé. La diferencia fundamental es que en temper, la bombatura del cilindro se puede modificar con el sistema Fox. El Fox consiste básicamente en aplicar una fuerza en los bordes de los cilindros de trabajo.

Si el material viene ondulado al centro, dando presión Fox se disminuye la bombatura de los cilindros, laminando más los bordes.

Si el material trae ondulaciones en los bordes, quitando el Fox, se les devuelve al cilindro la bombatura original, caminando preferiblemente al centro.

#### **vi) Mandril bobinador**

Otro factor importante en la calidad final del producto es el aspo de salida.

Si las guías de bronce se hallan desgastadas o sobresalientes producen una abolladura transversal a la dirección de laminación, que comienza grave en las espiras en contacto con el mandril y disminuye a medida que las espiras se alejan del mismo <sup>[5]</sup>.

### 1.3 Normas de calidad y calibración

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 0.1 establece que:*

La adopción de un sistema de gestión de la calidad debería ser una decisión estratégica que tome la alta dirección de la organización. El diseño y la implementación de un sistema de gestión de la calidad de una organización están influenciados por diferentes necesidades, objetivos particulares, los productos que proporciona, los procesos que emplea y el tamaño y estructura de la organización.

El propósito de una organización es:

- Identificar y satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes y otras partes interesadas (empleados, proveedores, propietarios, sociedad) para lograr ventaja competitiva y para hacerlo de una manera eficaz y eficiente, y
- Obtener, mantener y mejorar el desempeño global de una organización y sus capacidades.

Dirigir y operar una organización con éxito requiere gestionarla de una manera sistemática y visible. El éxito debería ser el resultado de implementar y mantener un sistema de gestión que sea diseñado para mejorar continuamente la eficacia y eficiencia del desempeño de la organización, mediante la consideración de las necesidades de las partes interesadas. Gestionar una organización incluye gestionar la calidad entre otras disciplinas de gestión <sup>[6]</sup>.

### 1.3.1 Gestión de procesos

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 0.2 establece que:*

Se entiende por enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia y eficiencia de un sistema de gestión de la calidad, con el fin de alcanzar la satisfacción de las partes interesadas mediante el cumplimiento de sus requisitos.

Para que una organización funcione de manera eficaz y eficiente, tiene que identificar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir la transformación de elementos de entrada en resultados, se puede considerar como un proceso. Frecuentemente, el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso. La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacciones entre estos procesos, así como su gestión puede denominarse como “enfoque basado en procesos”.

Una ventaja del enfoque basado en procesos es el control continuo que proporciona sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del propio sistema de procesos, así como sobre su combinación e interacción.

Un enfoque de este tipo, cuando se utiliza en un sistema de gestión de la calidad, enfatiza la importancia de:

- La comprensión y el cumplimiento de los requisitos.
- La necesidad de considerar los procesos en términos del valor que aportan.
- La obtención de resultados del desempeño y eficacia de los procesos.
- La mejora continua de los procesos en base en mediciones objetivas.

El modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos, se ilustra en la Fig. 18, y muestra que las partes interesadas juegan un papel significativo para definir los requisitos como elementos de entrada. El seguimiento de la satisfacción de las partes

interesadas requiere la evaluación de la información relativa a la percepción de las partes interesadas acerca de si la organización ha cumplido sus requisitos.

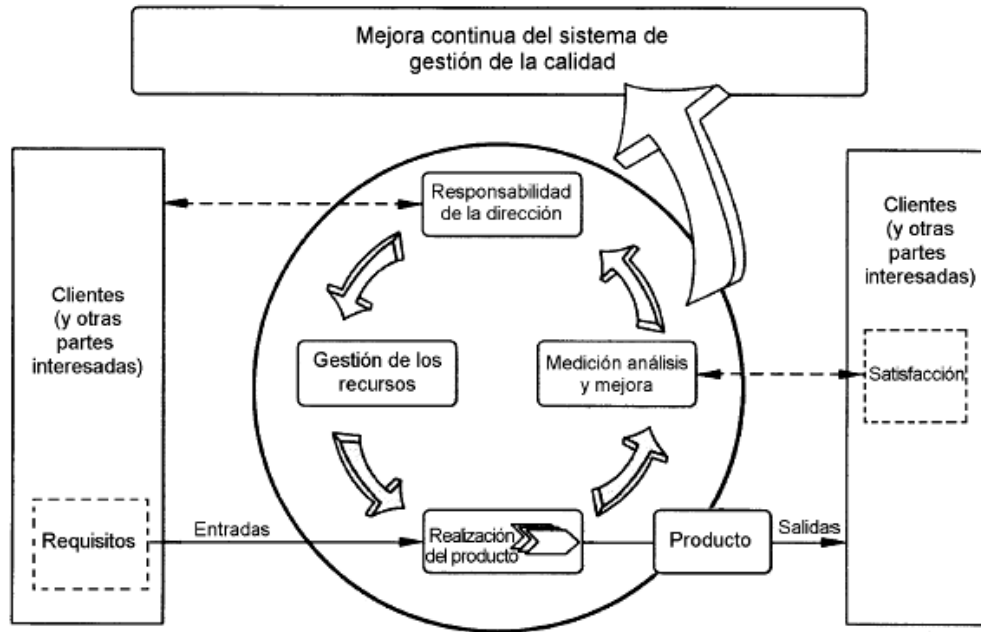


Fig. 18. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos.

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 7.1.1 establece que:*

Todo proceso es una secuencia de actividades relacionadas o una actividad que tiene tanto elementos de entrada como resultados.

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 7.1.2 establece que:*

Entender que un proceso puede representarse como una secuencia de actividades ayuda a la dirección a definir los elementos de entrada a los procesos. Una vez que se han definido los elementos de entrada, pueden determinarse las actividades, acciones y recursos necesarios para el proceso, con el fin de lograr los resultados deseados.

Los resultados de la verificación y la validación de los procesos y las salidas deberían ser también considerados como entradas para un proceso, para lograr la mejora continua del

desempeño y la promoción de la excelencia a través de toda la organización. La mejora continua de los procesos de la organización mejorará la eficacia y eficiencia del sistema de gestión de la calidad y el desempeño de la organización. El incremento de los beneficios, la mejora de la satisfacción del cliente, la mejora del uso de los recursos y la reducción de desperdicios son ejemplos de resultados medibles logrados por una mayor eficacia y eficiencia de los procesos.

Los procesos deberían documentarse tanto como sea necesario para apoyar una operación eficaz y eficiente. La documentación relacionada con los procesos debería ayudar a:

- Identificar y comunicar las características significativas de los procesos.
- Formar al personal en la operación de los procesos.
- Compartir conocimientos y experiencia en equipos y grupos de trabajo.
- Medir y auditar los procesos.
- Analizar, revisar y mejorar los procesos.

El papel del personal en los procesos debería evaluarse para:

- Asegurarse de la salud y seguridad del personal.
- Asegurarse de que existen las habilidades necesarias.
- Apoyar la coordinación de los procesos.
- Posibilitar el aporte del personal en el análisis de procesos.
- Promover la innovación proveniente del personal.

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 7.1.3.1 establece que:*

La dirección debería identificar los procesos necesarios para la realización de productos que satisfagan los requisitos de los clientes y otras partes interesadas. Para asegurarse de la realización del producto deberían tomarse en consideración los procesos de apoyo asociados, así como los resultados deseados, las etapas del proceso, las actividades, los

flujos, las medidas de control, las necesidades de formación, los equipos, las metodologías, la información, los materiales y otros recursos.

Debería definirse un plan operativo para gestionar los procesos, incluyendo:

- Requisitos de entrada y salida (por ejemplo, especificaciones y recursos).
- Actividades dentro de los procesos.
- Verificación y validación de los procesos y productos.
- Análisis de los procesos incluyendo la seguridad de funcionamiento.
- Identificación, evaluación y mitigación de riesgo.
- Acciones correctivas y preventivas.
- Oportunidades y acciones para mejorar los procesos.
- Control de cambios en los procesos y productos.

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 7.1.3.2 establece que:*

El enfoque basado en procesos asegura que los elementos de entrada del proceso se definan y registren con el fin de proporcionar una base para la formulación de requisitos que pueda utilizarse para la verificación y validación de los resultados. Los elementos de entrada pueden ser internos o externos a la organización.

La resolución de requisitos de entrada ambiguos o conflictivos puede implicar la consulta con las partes internas y externas afectadas. Las entradas derivadas de actividades aún no evaluadas completamente deberían estar sujetas a evaluación a través de revisión, verificación y validación subsiguientes. La organización debería identificar las características significativas o críticas de los productos y los procesos con el fin de desarrollar un plan eficaz y eficiente para controlar y dar seguimiento a las actividades dentro de sus procesos.



Ejemplos de elementos de entrada a considerar incluyen:

- La competencia del personal.
- La documentación.
- El seguimiento y capacidad del equipo.
- La salud, la seguridad y el ambiente de trabajo.

Los resultados del proceso que se hayan verificado frente a los requisitos de entrada del proceso, incluyendo los criterios de aceptación, deberían considerar las necesidades y expectativas del cliente y de otras partes interesadas. Para propósitos de verificación, los resultados deberían registrarse y evaluarse contra los requisitos de entrada y los criterios de aceptación. Esta evaluación debería identificar las acciones correctivas, las acciones preventivas o las mejoras potenciales necesarias en la eficacia y eficiencia del proceso. La verificación del producto puede llevarse a cabo durante el proceso con el fin de identificar la variación.

La dirección de la organización debería llevar a cabo revisiones periódicas del desempeño del proceso para asegurarse de que el proceso es coherente con el plan de operación. Los siguientes son ejemplos de elementos a considerar para esta revisión:

- La confiabilidad y repetibilidad del proceso.
- La identificación y la prevención de no conformidades potenciales.
- La adecuación de los elementos de entrada y resultados del diseño y desarrollo.
- La coherencia de los elementos de entrada y los resultados con los objetivos planificados.
- El potencial para mejoras.
- Los asuntos no resueltos <sup>[6]</sup>.

### 1.3.2 Control de los dispositivos de seguimiento y de medición

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 7.6 establece que:*

La dirección debería definir e implementar procesos de seguimiento y medición eficaces y eficientes, incluyendo métodos y dispositivos para la verificación y validación de los procesos y productos para asegurarse de la satisfacción del cliente y de las otras partes interesadas. Estos procesos incluyen encuestas, simulaciones y otras actividades de seguimiento y medición.

Con el fin de proporcionar confianza en los datos, los procesos de seguimiento y medición deberían incluir la confirmación de que los dispositivos son aptos para utilizarse y que se mantienen con una precisión adecuada de acuerdo a normas aceptadas, así como un medio para identificar el estado de los mismos.

La organización debería considerar medios para eliminar los errores potenciales de los procesos, tales como “a prueba de error” para la verificación de las salidas de los procesos con el fin de minimizar la necesidad de controlar los dispositivos de medición y seguimiento, y para aportar valor a las partes interesadas.

Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe:

- a) Calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparando con patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación;
- b) Ajustarse o reajustarse según sea necesario;
- c) Identificarse para poder determinar el estado de calibración;
- d) Protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición;
- e) Protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.

Además, la organización debe evaluar y registrar la validez de los resultados de las mediciones anteriores cuando se detecte que el equipo no está conforme con los requisitos. La organización debe tomar las acciones apropiadas sobre el equipo y sobre cualquier producto afectado. Deben mantenerse registros de los resultados de la calibración y la verificación.

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 4.2.4 establece que:*

Los registros deben establecerse y mantenerse para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz del sistema de gestión de la calidad. Los registros deben permanecer legibles, fácilmente identificables y recuperables. Debe establecerse un procedimiento documentado para definir los controles necesarios para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, el tiempo de retención y la disposición de los registros <sup>[6]</sup>.

### **1.3.3 Aspectos a considerar en la medición, análisis y mejora**

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 8.1.1 establece que:*

Los datos de las mediciones son importantes en la toma de decisiones basadas en hechos. La alta dirección debería asegurarse de la eficaz y eficiente medición, recopilación y validación de datos para asegurar el desempeño de la organización y la satisfacción de las partes interesadas. Esto debería incluir la revisión de la validez y del propósito de las mediciones y el uso previsto de los datos para asegurarse del aporte de valor para la organización.

La organización debe planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios para:

- a) Demostrar la conformidad del producto;
- b) Asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad, y
- c) Mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

Esto debe comprender la determinación de los métodos aplicables, incluyendo las técnicas estadísticas, y el alcance de su utilización.

Los siguientes son ejemplos de mediciones del desempeño de los procesos de la organización:

- Medición y evaluación de sus productos,
- Capacidad de los procesos,
- Logro de los objetivos del proyecto, y
- Satisfacción del cliente y de otras partes interesadas.

La organización debería realizar el seguimiento continuo de sus acciones para la mejora del desempeño, y registrar su implementación dado que esto puede proporcionar datos para mejoras futuras.

Los resultados del análisis de datos de las actividades de mejora deberían ser uno de los elementos de entrada de la revisión por la dirección con el fin de proporcionar información para mejorar el desempeño de la organización.

*La norma ISO 9004:2000 en su cláusula 8.1.22 establece que:*

La medición, el análisis y la mejora incluyen las siguientes consideraciones:

- a) Los datos de las mediciones deberían convertirse en información y conocimiento beneficiosos para la organización;
- b) La medición, el análisis y la mejora de los productos y procesos deberían usarse para establecer prioridades apropiadas para la organización;
- c) Los métodos de medición empleados por la organización deberían revisarse periódicamente, y debería verificarse la exactitud e integridad de los datos sobre una base continua;

- d) Los estudios comparativos (benchmarking) de procesos individuales deberían emplearse como una herramienta para mejorar la eficacia y eficiencia de los procesos;
- e) Las medidas de la satisfacción del cliente deberían considerarse vitales para la evaluación del desempeño de la organización;
- f) El uso de mediciones y la generación y comunicación de información obtenida son esenciales para la organización y deberían ser la base para la mejora del desempeño y la participación activa de todas las partes interesadas; tal información debería estar vigentes, y estar claramente definido su propósito;
- g) Deben implementarse las herramientas apropiadas para la comunicación de la información resultante de los análisis de las mediciones;
- h) Debería medirse la eficacia y la eficiencia de la comunicación con las partes interesadas para determinar si la información es oportuna y claramente entendida;
- i) En los casos en los que se alcancen los criterios de desempeño de los procesos y del producto, aún puede ser beneficioso realizar el seguimiento y análisis de los datos de desempeño con el fin de comprender mejor la naturaleza de las características objeto del estudio;
- j) El uso de las técnicas apropiadas, estadísticas o de otro tipo, puede ser útil en la comprensión de las variaciones, tanto de los procesos como de las medidas, y por lo tanto puede mejorar el desempeño del proceso y del producto controlando dicha variación;
- k) La autoevaluación debería considerarse en forma periódica para evaluar la madurez del sistema de gestión de la calidad y el nivel del desempeño de la organización y para definir las oportunidades de mejora del desempeño <sup>[6]</sup>.

#### **1.3.4 Vocabulario de términos fundamentales y generales de la Metrología**

Algunos de los términos fundamentales utilizados en el diseño del plan de calibración, son:

- Calibración: conjunto de operaciones que establecen, bajo 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

un material de referencia, y los valores correspondientes de una cantidad obtenida por un patrón de referencia. El resultado de una calibración permite estimar los errores de indicación del instrumento de medición, del sistema de medición o de la medida materializada, o la asignación de valores a trazos sobre escalas arbitrarias. Una calibración puede también determinar otras propiedades metroológicas. El resultado de una calibración puede ser registrado en un documento, denominado a menudo “certificado de calibración” o “informe de calibración”; a su vez este resultado es expresado como una corrección, un “factor de calibración”, o una “curva de calibración”.

▀ Condiciones de referencia: condiciones de utilización de un instrumento de medición prescritas para las pruebas de funcionamiento, o para asegurar la validez de la comparación entre resultados de mediciones. Las condiciones de referencia especifican generalmente “valores de referencia o amplitudes de referencia” para las magnitudes de influencia que afectan un instrumento de medición.

▀ Confirmación metroológica: conjunto de operaciones requeridas para asegurar que un elemento del equipo de medición esté conforme con los requisitos para el uso intencionado. La confirmación metroológica normalmente incluye, calibración, cualquier ajuste o reparación necesaria y la subsiguiente calibración, así como cualquier operación de sellado y etiquetado requerido.

▀ Equipo de medición: todos los instrumentos de medición, patrones de medición, materiales de referencia, aparatos auxiliares e instrucciones que son necesarios para llevar a cabo una medición. Este término incluye el equipo de medición utilizado en el curso de una inspección o una prueba, así como el usado en calibración.

▀ Error (absoluto) de medición: el resultado numérico de una medición menos el valor verdadero del mensurando. El término se aplica igualmente para: la indicación, el resultado bruto, el resultado corregido. Las partes conocidas del error de medición pueden ser compensadas aplicando las correcciones apropiadas. El error del

resultado corregido solo puede estar caracterizado por su incertidumbre. El “error absoluto”, el cual tiene signo, no debe ser confundido con “valor absoluto de un error”, que es módulo de un error.

➤ Errores máximos tolerados (de un instrumento de medición): valores extremos del error tolerado por especificaciones, reglamentos, etc., para un instrumento de medición.

➤ Estabilidad: la aptitud de un instrumento de medición para conservar constantes sus características metrológicas. Cuando se considera la estabilidad respecto a otra cantidad es conveniente establecerlo explícitamente.

➤ Exactitud de la medición: la proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero (convencional) del mensurando. “Exactitud” es un concepto cualitativo, conviene que se evite el uso del término “precisión” en lugar de “exactitud”.

➤ Instrumento de medición: dispositivo destinado a realizar una medición, solo o en conjunto con equipos auxiliares.

➤ Magnitud de influencia: magnitud que no es objeto de la medición pero que influye en el valor del mensurando o en las indicaciones del instrumento de medición.

➤ Material de referencia: un material o una sustancia, de los cuales una o más propiedades están suficientemente bien establecidas para ser usadas en la calibración de un aparato, en la evaluación de un método de medición o para asignar valores a parámetros característicos de materiales.

➤ Medición: conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

- **Mensurando:** magnitud sujeta a medición. Puede ser, según el caso, la “magnitud medida” o la “magnitud a ser medida”.
  
- **Patrón (de medición):** medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad, o uno o más valores de una cantidad para transmitirlos, por comparación, a otros instrumentos de medición.
  
- **Patrón internacional (de medición):** patrón reconocido por acuerdo internacional, como base internacional para fijar el valor de todos los otros patrones de la magnitud considerada.
  
- **Patrón nacional (de medición):** patrón reconocido mediante una decisión nacional oficial para servir, en un país como base para fijar los valores de todos los otros patrones de la magnitud considerada. El patrón nacional en un país es frecuentemente un “patrón primario”.
  
- **Proveedor:** fabricante, instalador, o una organización de servicio responsable de suministrar un producto o un servicio. Los proveedores se convierten en compradores al obtener suministros o servicios de vendedores o de otras fuentes externas.
  
- **Resolución (de un dispositivo indicador):** expresión cuantitativa de la aptitud de un dispositivo indicador para distinguir significativamente valores adyacentes de la magnitud indicada.
  
- **Trazabilidad:** la propiedad del resultado de una medición por la cual ella puede ser relacionada a patrones de medición apropiados, generalmente patrones internacionales o nacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones. La cadena ininterrumpida de comparaciones es llamada cadena de trazabilidad <sup>[7]</sup>.



- Indicación de un instrumento de medición: Valor de una magnitud suministrado por un instrumento de medición.
- Magnitud medible: Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede ser identificado cualitativamente y determinado cuantitativamente.
- Método de medición: Secuencia lógica de operaciones, generalmente descritas, usada en la ejecución de las mediciones.
- Patrón de referencia: Patrón, generalmente de la mayor calidad metrológica disponible en un lugar u organización dado, del cual se derivan las mediciones que se ejecuten.
- Patrón de trabajo: Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o comprobar medidas materializadas, instrumentos de medición o materiales de referencia.
- Procedimiento de medición: Conjunto de operaciones, en términos específicos, utilizadas en la ejecución de mediciones particulares, de acuerdo a un método dado.
- Repetibilidad de los resultados de las mediciones: Acuerdo más cercano entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud a medir, llevadas a cabo bajo las mismas condiciones.
- Resultado de una medición: Valor atribuido a una magnitud a medir, obtenido por una medición <sup>[8]</sup>.

### **1.3.5 Requisitos de aseguramiento de la calidad para equipo de medición**

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.1 establece que:*

El proveedor debe documentar los métodos utilizados para implantar las disposiciones de las normas de calidad y calibración. Esta documentación debe ser una parte integral del sistema de calidad del proveedor. Ésta debe ser específica en términos de los elementos del equipo sujetos a lo dispuesto en las normas de calibración, en términos de la asignación de responsabilidades y de las acciones a ser tomadas. El proveedor debe poner a disposición del comprador la evidencia objetiva de que se alcanzó la exactitud requerida.

#### **1.3.5.1 Equipo de medición**

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.2 establece que:*

El equipo de medición debe tener las características metrológicas requeridas para el uso propuesto (por ejemplo: exactitud, estabilidad, amplitud de medición especificada y resolución).

El equipo y la documentación deben ser mantenidos para considerar cualquier corrección, condiciones de uso (incluyendo condiciones ambientales), etc., necesarias para lograr el desempeño requerido, el cual debe documentarse.

El conjunto de características metrológicas (requisitos específicos) es un componente esencial del sistema de confirmación. Es deseable que el proveedor incluya en sus procedimientos una lista de los requisitos especificados. Las fuentes usuales de dichos requisitos incluyen la literatura del fabricante, regulaciones, etc. Cuando las fuentes son inadecuadas, conviene que el proveedor determine por si mismo los requisitos.

### **1.3.5.2 Sistema de confirmación**

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.3 establece que:*

El proveedor debe establecer y mantener un sistema documentado efectivo para la administración, confirmación y utilización de los equipos de medición, incluyendo los patrones utilizados para demostrar la conformidad con los requisitos especificados. Este sistema debe estar diseñado para asegurar que todos los equipos de medición se desempeñan como se requiere. El sistema debe considerar la prevención de errores fuera de los errores máximos tolerados, mediante una rápida detección de deficiencias y por acciones correctivas oportunas.

El sistema de confirmación debe tomar en cuenta todos los datos relevantes, incluyendo aquellos que provengan de cualquier sistema de control estadístico de proceso operado por o para el proveedor.

Para cada elemento del equipo de medición, el proveedor debe designar a un miembro competente de su personal con autoridad para asegurar que son efectuadas las confirmaciones de acuerdo con el sistema y que el equipo se encuentre en una condición satisfactoria.

Cuando alguna o todas las confirmaciones del proveedor (incluyendo la calibración), sean suministradas o complementadas por servicios externos, el proveedor debe asegurar que estos servicios externos también cumplen con los requisitos de las normas de calibración, en la medida en que sea necesario, para asegurar la conformidad del proveedor con los requisitos.

El propósito de un sistema de confirmación es asegurar que el riesgo de que el equipo de medición produzca resultados con errores inaceptables se mantenga dentro de límites aceptables. Se recomienda utilizar técnicas estadísticas apropiadas para analizar los resultados de calibraciones anteriores, para evaluar los resultados de calibraciones de varios elementos similares del equipo de medición y para predecir la incertidumbre acumulada.

Conviene que el error atribuible a la calibración debiera ser lo más pequeño posible. En la mayoría de las áreas de medición no conviene que está sea mayor a un tercio y preferentemente un décimo del error tolerado del equipo confirmado en uso.

Es usual llevar a cabo la calibración, asociada con cualquier confirmación, bajo condiciones de referencia, pero cuando se sabe que las condiciones de operación son significativamente diferentes de las condiciones de referencia, debe llevarse a cabo la calibración bajo los valores apropiados de las magnitudes de influencia. Cuando esto no es práctico, conviene hacer una consideración adecuada por la diferencia en las condiciones.

Para un dispositivo comercial, es usual tomar las recomendaciones declaradas del fabricante como los criterios de desempeño y de exactitud satisfactorias. Algunas veces es necesario modificar las recomendaciones del fabricante.

Cuando no esté disponible la recomendación del fabricante sobre el desempeño, los criterios par un desempeño satisfactorio pueden ser determinados por la experiencia.

Algunos instrumentos tales como detectores de señal nula y detectores de coincidencia, necesitan calibración y confirmación periódicas únicamente en el sentido de verificación funcional para asegurar su correcto funcionamiento.

Una verificación muy útil de que un instrumento de medición continúa midiendo correctamente se obtiene mediante la utilización de un patrón de verificación, aplicado al instrumento por el usuario. Esto demostrará si el instrumento funciona aun correctamente al valor o valores probados y bajo las condiciones de la verificación. El patrón de verificación mismo necesita ser calibrado y confirmado, con la finalidad de que los resultados obtenidos por su utilización puedan ser atribuidos confiablemente al instrumento y no a cambios en el patrón de verificación. Este generalmente tiene que ser simple y robusto. La utilización del patrón de verificación, no es de ninguna manera un sustituto de la calibración y confirmación regulares del instrumento, pero su uso puede prevenir la utilización de un instrumento que deja de cumplir con la especificación dentro del lapso entre dos confirmaciones formales.

### ***1.3.5.3 Auditoria y revisión periódicas del sistema de confirmación***

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.4 establece que:*

El proveedor debe realizar o disponer lo necesario para llevar a cabo auditorias de calidad periódicas y sistemáticas al sistema de confirmación, con el fin de asegurar que continúa implantado efectivamente y cumple con los requisitos de las normas de calibración.

Basado en los resultados de las auditorias de calidad y otros factores relevantes, tales como la retroalimentación proveniente de los compradores, el proveedor debe revisar y modificar el sistema según como sea necesario.

Los planes y procedimientos para la auditoria de calidad y la revisión deben estar documentados. Deben registrarse las ejecuciones de la auditoria de calidad y de la revisión, así como cualquier sección correctiva subsiguiente.

### ***1.3.5.4 Planeación***

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.5 establece que:*

El proveedor debe revisar cualquier requisito relevante del comprador y otros requisitos técnicos antes de iniciar el trabajo sobre productos o servicios, y debe asegurar que el equipo de medición (incluyendo los patrones) necesarios para el cumplimiento del trabajo están disponibles y sean de la exactitud, estabilidad, amplitud de medición especificada y resolución apropiadas para la aplicación pretendida.

Conviene que esta guía se lleve a cabo tan pronto como se práctico, de manera que permita una planeación completa y efectiva del sistema de confirmación del proveedor.

### ***1.3.5.5 Procedimientos documentados de confirmación***

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.7 establece que:*

El proveedor debe establecer y utilizar procedimientos documentados para todas las confirmaciones que ejecute.

El proveedor debe asegurar que todos los procedimientos son adecuados para su propósito. En particular, los procedimientos deben contener la información suficiente para asegurar la adecuada implantación, para asegurar la consistencia de aplicación de una aplicación a otra, y para asegurar la validez resultante de las mediciones.

Los procedimientos deben estar disponibles, en la medida de lo necesario para el personal involucrado en la ejecución de las confirmaciones.

Los procedimientos pueden estar, pero no necesariamente, limitados a la compilación de prácticas de medición normalizadas publicadas o instrucciones escritas del comprador o del fabricante. Conviene que el grado de detalle en los procedimientos esté de acuerdo con la complejidad del proceso de confirmación.

Estos procedimientos pueden ser elaborados utilizando las técnicas de control estadístico del proceso, las que permiten determinar derivas y fallas, tomar las acciones correctivas necesarias al ínter comparar localmente patrones e instrumentos de medición. El control estadístico del proceso es complementario a las calibraciones normales y refuerza la confianza en las mediciones resultantes durante los lapsos entre confirmaciones.

### **1.3.5.6 Registros**

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.8 establece que:*

El proveedor mantendrá registros de la marca, tipo y número de serie (u otra identificación) de todo equipo de medición relevante (incluyendo los patrones de medición). Estos registros deben demostrar la capacidad de medición de cada elemento del equipo de medición. Deben estar disponibles todos los certificados de calibración y cualquier otra información pertinente que concierna a su funcionamiento.

Los registros pueden ser manuscritos, material mecanografiado o microfilmado, o estar en una memoria magnética o electrónica o en cualquier otro medio de almacenamiento de datos. El tiempo mínimo de retención de los registros depende de muchos factores, tales como los requisitos del comprador, los requisitos legales o reglamentarios, responsabilidad legal del fabricante, etc.

Puede ser necesario conservar indefinidamente los registros pertinentes a los patrones primarios.

Los resultados de las calibraciones deben registrarse con suficiente detalle de tal manera que la trazabilidad de todas las mediciones pueda demostrarse, de modo tal que cualquier medición pueda reproducirse bajo condiciones similares a las originales, facilitando por lo tanto, la resolución de cualquier anomalía.

La información registrada debe incluir:

- La descripción e identificación única del equipo.
- La fecha de terminación de cada confirmación.
- Los resultados de calibración obtenidos después y, cuando sea pertinente, antes de cualquier ajuste o reparación; en algunos casos, los resultados de calibración están dados en términos de conformidad o no conformidad con un requisito.

- El intervalo de confirmación asignado.
- La identificación del procedimiento de confirmación.
- La definición de los límites del error tolerado.
- La fuente de calibración utilizada para obtener la trazabilidad.
- Las condiciones ambientales pertinentes y una declaración acerca de cualquier corrección necesaria al respecto.
- Una declaración de las incertidumbres involucradas en la calibración del equipo y sus efectos acumulados.
- Detalles sobre cualquier servicio de mantenimiento, tales como ajustes, reparaciones o modificaciones realizadas.
- Cualquier limitación de uso.
- La identificación del personal ejecutor de la confirmación.
- La identificación del personal responsable de asegurar la veracidad de la información registrada.
- La identificación única (como número de serie) de los certificados de calibración y otros documentos pertinentes.

El proveedor debe mantener procedimientos documentados claros sobre la retención (incluyendo la duración) y salvaguarda de los registros. Los registros deben conservarse hasta que ya no exista probabilidad de que pueden ser necesarios como referencias.

Es conveniente que el proveedor tome todas las precauciones razonables para asegurar que los registros no sean destruidos inadvertidamente.



### ***1.3.5.7 Equipo de medición no conforme***

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.9 establece que:*

Cualquier elemento del equipo de medición: que haya sufrido daño, que haya sido sobrecargado o mal utilizado, que muestre cualquier mal funcionamiento, cuyo correcto funcionamiento este sujeto a duda, que haya excedido su lapso de confirmación establecido o que se haya violado la integridad del sello, debe ser retirado del servicio con segregación, identificación o marca notoria.

Dicho equipo no debe ser regresado a servicio hasta que las razones de su no conformidad hayan sido eliminadas y sea nuevamente confirmado.

Si los resultados de la calibración previa a algún ajuste o reparación indican el riesgo de errores significativos en cualquiera de las mediciones realizadas con el equipo antes de la calibración, el proveedor debe tomar la acción correctiva necesaria.

Cuando se encuentre un equipo de medición inexacto o con fallas, es usual ajustarlo, reconstruirlo o repararlo hasta que vuelva a funcionar correctamente. Si esto resulta impráctico, es conveniente considerar la degradación o desecho del equipo. Conviene que la degradación se utilice con sumo cuidado, ya que esto puede dar lugar a equipos aparentemente idénticos pero con errores máximos tolerados diferentes, exhibiéndose esta diferencia solo mediante el examen cuidadoso del etiquetado.

Se hace entonces necesaria una reconfirmación con un conjunto de requisitos más flexibles.

En el caso de un instrumento de múltiples funciones o amplitudes de medición especificada, en que se pueda demostrar que el instrumento permanece intacto en una o más de sus funciones o amplitudes de medición especificadas, puede seguir utilizándose en las funciones y/o amplitudes de medición especificadas intactas siempre y cuando se etiquete

notoriamente para indicar las restricciones sobre su utilización. Deben tomarse todas las precauciones razonables para prevenir la utilización del instrumento en las funciones o amplitudes de medición especificadas defectuosas.

#### **1.3.5.8 Etiquetado de confirmación**

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.10 establece que:*

El proveedor debe asegurar que todo equipo de medición esté etiquetado, codificado o identificado en forma segura y durable, para indicar su estado de confirmación. También debe indicarse sobre el equipo cualquier limitación de confirmación o limitación sobre su utilización. Cuando el etiquetado o codificación no sea práctico o apropiado, deben establecerse y documentarse procedimientos efectivos alternos.

El etiquetado puede ser por medio de una etiqueta auto adherible, por una etiqueta unida o adjunta, o por cualquier otra marca duradera hecha en el equipo de medición.

Cualquier etiqueta de confirmación debe indicar claramente la fecha de la próxima confirmación según el sistema del proveedor. La etiqueta debe también permitir la rápida identificación del personal responsable autorizado de la confirmación en cuestión.

Deben tomarse todas las medidas razonables para prevenir el mal uso accidental o intencional de la etiqueta.

El equipo de medición que se juzgue que no requiere confirmación debe ser identificado claramente, esto es, debe distinguirse del equipo que requiere confirmación pero cuya etiqueta se haya separado o extraviado, esto puede lograrse por documentación.

Debe indicarse en la etiqueta de confirmación cuando una parte significativa de la capacidad total de un equipo de medición no es cubierta por la confirmación.

Un ejemplo, es un instrumento multifunciones y/o multi intervalos, que es confirmado y utilizado únicamente en una o algunas de sus funciones y/o intervalos.

#### **1.3.5.9 Lapsos de confirmación**

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.11 establece que:*

El equipo de medición (incluyendo los patrones) debe ser calibrado a intervalos adecuados (generalmente periódicos), establecidos sobre la base de su estabilidad, su propósito y su uso.

Los intervalos deben ser tales que la confirmación se efectúe de nuevo antes de cualquier cambio significativo probable en su exactitud para el uso del equipo. Dependiendo de los resultados de calibración en las confirmaciones previas, los lapsos de confirmación pueden acortarse, de ser necesario, para asegurar la continuidad de la exactitud.

Los lapsos de confirmación no deben prolongarse, a no ser que los resultados de las calibraciones previas proporcionen datos definitivos de que dicha acción no afectará adversamente la confianza en la exactitud del equipo de medición.

El proveedor debe tener criterios objetivos específicos para fundamentar las decisiones que afecten la elección del lapso de confirmación.

Al determinar si los cambios en los lapsos de confirmación son apropiados, el proveedor debe considerar todos los datos pertinentes, incluyendo los provenientes de cualquier control estadístico de proceso operado por o para el proveedor.

El propósito de la reconfirmación periódica del equipo de medición es asegurar que el equipo de medición no haya sufrido deterioro en su exactitud y para prevenir que esté sea utilizado cuando exista posibilidad significativa de producir resultados erróneos.

Es imposible determinar un lapso de confirmación tan corto en que no exista la posibilidad de que el equipo de medición falle antes del fin del lapso de confirmación establecido.

Las reconfirmaciones frecuentes son caras y ponen fuera de servicio al equipo, requiriendo equipo de reemplazo o causando la interrupción del trabajo. Por consiguiente, un compromiso es necesario.

Hasta que exista suficiente evidencia estadística de ocurrencias de no conformidades en una organización en particular, los lapsos de confirmación solo se pueden determinar por las experiencias de otros (cuyas circunstancias pueden ser diferentes) o por estimación.

En ciertos campos de aplicación, el proveedor puede tener que cumplir requisitos estatutarios o técnicos en cuanto a los intervalos de confirmación.

#### ***1.3.5.10 Sellado para integridad***

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.12 establece que:*

El acceso a dispositivos de ajuste de equipo de medición, cuyo posicionamiento afecte su desempeño, debe ser controlado mediante sellado resguardado durante alguna etapa de confirmación a fin de prevenir que personal no autorizado lo desajuste. Los sellos deben diseñarse de tal forma que el desajuste sea evidente.

El sistema de confirmación del proveedor debe proporcionar instrucciones documentadas para la utilización de dichos sellos y para la disposición del equipo con sellos dañados o rotos.

Los requisitos para el sellado no son aplicables para los dispositivos que serán ajustados por el usuario sin necesidad de referencias externas, por ejemplo, ajuste a cero.

La decisión acerca de qué instrumentos deben sellarse, los controles o ajustes que serán sellados y el material sellante, como etiqueta, soldadura alambre, pintura, entre otros, normalmente se dejan a juicio del proveedor. Conviene que se documenten los detalles de cómo el proveedor implanta un detallado programa de sellado.

No todo el equipo de medición es susceptible de ser sellado.

#### ***1.3.5.11 Utilización de productos y servicios externos***

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.13 establece que:*

El proveedor debe asegurar que los productos y servicios de fuentes externas son del nivel de calidad requerido, cuando esos productos y servicios (incluyendo calibraciones), afecten significativamente la confiabilidad de las mediciones del proveedor.

El proveedor puede asegurar la calidad de los productos y servicios externos por la utilización de fuentes formalmente acreditadas, cuando están disponibles (sin embargo, el uso de dichas fuentes no libera al proveedor de su responsabilidad ante el comprador). Cuando el acreditamiento de las fuentes externas no exista y en su lugar el proveedor realice una evaluación de las fuentes externas, el proveedor puede tener la obligación de suministrar evidencia de su competencia para realizar dicha evaluación.

#### ***1.3.5.12 Almacenamiento y manejo***

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.14 establece que:*

El proveedor debe establecer y mantener un sistema para recibir, manejar, transportar, almacenar y despachar el equipo de medición del proveedor, a fin de prevenir el abuso, maltrato, daño y cambio en sus características metrológicas y funcionales.

Se deben tomar medidas para prevenir confusiones entre equipos similares. Estas medidas deben documentarse.

#### ***1.3.5.13 Trazabilidad***

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.15 establece que:*

Todo equipo de medición debe ser calibrado utilizando patrones trazables a patrones nacionales o internacionales y que sean consistentes con las recomendaciones de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM). En los casos en donde dichos patrones nacionales o internacionales no existan (por ejemplo, para dureza), la trazabilidad debe ser establecida por otros patrones de medición (por ejemplo, materiales de referencia adecuados, patrones colectivos o patrones industriales), que sean internacionalmente aceptados en el campo de que se trate.

Todo patrón utilizado en el sistema de confirmación debe ser respaldado por certificados, informes u hojas de datos para el equipo, que atestigüen la fuente, fecha, incertidumbre y las condiciones bajo las cuales se obtuvieron los resultados. Cada uno de estos documentos debe ser firmado por la persona que atestigua la veracidad del resultado.

El proveedor debe mantener evidencias documentadas de que cada calibración se haya realizado en la cadena de trazabilidad.

En algunos países, los patrones nacionales están dispuestos por un decreto oficial en términos de artefactos como patrones específicos (o por un conjunto de ellos), más que por referencias a las recomendaciones técnicas prescritas por la Conferencia General de Pesas y Medidas. Sin embargo, en la mayoría de las situaciones es improbable que las diferencias entre estas dos fuentes de trazabilidad ocasionen algún problema en la práctica de la metrología.

#### **1.3.5.14 Condiciones ambientales**

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.17 establece que:*

Los patrones y el equipo de medición deben ser calibrados, ajustados y utilizados en un ambiente controlado, para asegurar hasta donde sea necesaria la validez de los resultados de las mediciones. Deben considerarse la temperatura, velocidad de cambio de la temperatura, humedad, iluminación, vibración, control de polvo, limpieza, interferencia electromagnética y otros factores que afecten los resultados de la medición. Cuando sea pertinente, estos factores deben ser continuamente vigilados y registrados, y cuando sea necesario, deben aplicarse las compensaciones correctoras en los resultados de las mediciones. Los registros deben contener tanto los datos originales como los datos corregidos. Las correcciones, cuando se apliquen, deben estar fundamentadas en bases reales.

El fabricante de un patrón o de un instrumento de medición, normalmente proporciona una especificación dando las amplitudes de medición especificadas y cargas máximas, además de las condiciones ambientales limitantes para el correcto uso del equipo. Cuando esta información este disponible, conviene que se utilice para establecer las condiciones de uso y determinar cualquier control necesario para mantener esas condiciones.

Es permitido reducir las condiciones de uso, pero no es recomendable extenderlas.

#### **1.3.5.15 Personal**

*La norma ISO 10012-1:1997 en su cláusula 4.18 establece que:*

El proveedor debe asegurar que todas las confirmaciones sean realizadas por personal con calificaciones, capacitación, experiencia, aptitud y supervisión apropiadas <sup>[7]</sup>.

### 1.3.6 Directrices para determinar los lapsos de confirmación para equipo de medición

*La norma ISO 10012-1:1997 en el anexo A establece que:*

Uno de los aspectos de mayor importancia en la operación eficiente de un sistema de confirmación, es la determinación del periodo máximo entre las confirmaciones sucesivas de los patrones de medición y el equipo de medición.

Existe un gran número de factores que influyen en la frecuencia de la confirmación. Los principales son los siguientes:

- El tipo de equipo.
- Las recomendaciones del fabricante.
- La tendencia de los datos obtenidos de los registros de calibración previos.
- Los registros históricos del mantenimiento y servicio.
- La frecuencia y la severidad del uso.
- La tendencia al desgaste y deriva.
- La frecuencia de revisión cruzada contra otro equipo de medición, particularmente de patrones.
- La frecuencia y formalidad de las calibraciones de verificación internas.
- Las condiciones ambientales (temperatura, humedad, vibración, etc.).
- La exactitud de la medición requerida.
- La gravedad de las consecuencias por tomar como correcto un valor de medición incorrecto, debido a fallas en el equipo de medición.

Normalmente, el costo de la confirmación no puede ignorarse al determinar los lapsos de confirmación y por lo tanto puede convertirse en un factor limitante.

Es obvio que en vista de todos estos factores, no puede elaborarse una lista de intervalos de confirmación que pudiera ser aplicada universalmente. Es más útil presentar



directrices de cómo los lapsos de confirmación pueden establecerse y entonces revisarlos una vez que la confirmación se ejecute de manera rutinaria.

Existen dos criterios básicos y opuestos que requieren balancearse al decidir los lapsos de confirmación para cada elemento del equipo de medición y son los siguientes:

- Es conveniente que el riesgo de que un equipo deje estar conforme a la especificación cuando está en uso, sea tan pequeño como sea posible.
- Es conveniente mantener al mínimo el costo de la confirmación

Por lo tanto, los métodos que se presentan para la selección inicial de los lapsos de confirmación y para el reajuste de éstos son con base en la experiencia.

#### ***1.3.6.1 Selección inicial de los lapsos de confirmación***

La base para la determinación inicial del lapso de confirmación es invariablemente la llamada intuición ingenieril. Alguien con experiencia en mediciones en general, o en particular del equipo de medición a ser confirmado, y de preferencia con conocimiento de los lapsos empleados por otros laboratorios, hace una estimación, para cada elemento del equipo o grupo de elementos, del lapso en el que es probable que permanezca dentro de la tolerancia después de la confirmación.

Los factores que deben tomarse en cuenta son:

- Las recomendaciones del fabricante del equipo.
- La frecuencia y severidad de uso.
- La influencia del ambiente.
- La exactitud de la medición requerida.

### ***1.3.6.2 Métodos de revisión de los lapsos de confirmación***

Un sistema que mantiene los lapsos de confirmación sin revisar, determinados solamente por la intuición ingenieril, no se considera suficientemente confiable.

Una vez que se están llevando a cabo las confirmaciones en forma rutinaria, es conveniente que el ajuste de los intervalos de confirmación se haga con el fin de que se optimice el balance de riesgos y costos; ya que probablemente se encuentre que los intervalos seleccionados inicialmente no están dando los resultados óptimos deseados: los elementos de los equipos pueden ser menos confiables de lo esperado, su uso común puede no ser como el esperado, puede ser suficiente llevar a cabo una confirmación limitada de ciertos elementos en vez de una confirmación completa, la deriva determinada por la calibración regular del equipo puede mostrar que son posibles lapsos de confirmación más prolongados sin incrementar los riesgos, etc.

Si la falta de dinero o falta de personal significa que es necesario ampliar los lapsos de confirmación, no debe olvidarse que los costos por usar equipo de medición inexacto pueden ser significativos. Si se estiman estos costos, puede encontrarse que es más económico invertir más recursos en la confirmación y reducir los lapsos de confirmación.

Existen varios métodos para revisar los lapsos de confirmación. Estos difieren de acuerdo a:

- ▀ Los elementos de los equipos son tratados individualmente o por grupos (por ejemplo, por marca o por tipo).
- ▀ Los elementos fallan para cumplir con sus especificaciones debido a la deriva o por su uso.
- ▀ Los datos que están disponibles y la importancia atribuida al historial de la calibración del equipo de medición.

Ningún método es idealmente adecuado para todos los equipos.

**a) Método 1: Ajuste Automático o de “Escalera”**

Cada vez que un dispositivo de un equipo es confirmado rutinariamente, el intervalo siguiente se amplía si se encuentra que está dentro de tolerancia o reducido si se encuentra fuera de tolerancia. Esta respuesta “escalonada” puede producir un rápido ajuste de los intervalos y es llevado a cabo fácilmente sin esfuerzo administrativo. Cuando se usan y mantienen registros, el posible problema con un grupo de dispositivos que indican la necesidad de un ajuste técnico o de mantenimiento preventivo, será obvio.

Una desventaja de los sistemas que tratan a los elementos de equipos individualmente puede ser la dificultad para mantener la carga de trabajo de confirmación ininterrumpida y balanceada, y que se requiere de una planeación avanzada detallada.

**b) Método 2: Carta de control**

Se eligen los mismos puntos de calibración de cada confirmación y se grafican los resultados contra el tiempo. De estas gráficas se calculan la dispersión y la deriva, ya sea que la deriva sea la deriva media sobre el lapso de confirmación o en el caso de equipo muy estable, la deriva sobre varios lapsos. De estas cifras se puede calcular la deriva efectiva.

El método es difícil de aplicar, de hecho muy difícil en el caso de equipo complicado y solo puede ser usado virtualmente con procesamiento automático de datos. Antes de iniciar los cálculos se requiere conocimiento considerable de la ley de variabilidad del equipo o de un equipo similar. Nuevamente es difícil alcanzar una carga de trabajo balanceada. Sin embargo, es permisible una variación considerable de lapsos de confirmación contra los ya prescritos sin invalidar los cálculos; se puede calcular la confiabilidad, y por lo menos en teoría, éste da el lapso de confirmación eficiente. Además, el cálculo de la dispersión indica si los límites de especificación del fabricante son razonables y el análisis de la deriva encontrada puede ayudar a encontrar la causa de la deriva.

**c) Método 3: Tiempo calendario**

Los elementos del equipo de medición se agrupan inicialmente con base en su similitud de marca, su confiabilidad y estabilidad esperadas. Se asigna al grupo un lapso de confirmación inicialmente con base en intuición ingenieril.

En cada grupo, al término del lapso de confirmación asignado se determina la cantidad de dispositivos que son encontrados con errores excesivos o en estado no conforme, y se expresan como la proporción de la cantidad total de dispositivos en ese grupo.

Al determinar los dispositivos no conformes, no se incluyen los que están obviamente dañados o que el usuario haya regresado como sospechosos o defectuosos, ya que no es probable que causen errores de medición.

Si la proporción de dispositivos no conformes es excesivamente alta, es conveniente que el lapso de confirmación se reduzca.

Si un subgrupo particular de dispositivos (de un tipo o fabricación particular) no se comporta como el resto de los del grupo, este subgrupo será cambiado a otro con un lapso de confirmación diferente.

Es conveniente que el periodo durante el cual se evalúa el desempeño sea lo más corto posible, y compatible con la obtención de una cantidad estadísticamente significativa de dispositivos confirmados para un determinado grupo.

Si la proporción de elementos no conformes en determinado grupo resulta muy baja, puede ser económicamente justificable incrementar el lapso de confirmación.

Se pueden usar otros métodos estadísticos.

**d) Método 4: Tiempo “en horas de operación”**

Esta es una variación de los métodos anteriores. El método básico permanece intacto pero el lapso de confirmación se expresa en horas de uso en lugar de meses calendario o tiempo transcurrido. Un elemento del equipo se puede acondicionar con un indicador de tiempo transcurrido, y se vuelve a confirmar cuando el indicador alcanza un valor especificado. La ventaja teórica importante de este método es que el número de confirmaciones realizadas, y por lo tanto el costo de la confirmación, varía en proporción directa con el tiempo de operación del equipo. Además, hay una verificación automática de la utilización del equipo. Sin embargo, las desventajas prácticas son muchas e incluyen las siguientes:

- El método no se puede usar con instrumentos de medición pasivos (atenuadores) o con patrones pasivos (resistores, capacitores, etc.).
- Conviene que el método no sea usado cuando se sepa que el equipo deriva o se deteriora en almacenamiento, o cuando es manipulado, o cuando ha estado sujeto a cierto número de ciclos cortos de encendido y apagado; en cualquier caso es conveniente tener un respaldo de tiempo calendario.
- El costo inicial de la compra e instalación de medidores de tiempo es alto y, puesto que los usuarios pueden interferirlos, se requiere de una supervisión que nuevamente incrementa los costos.
- Todavía es más difícil lograr un flujo continuo de trabajo con este método que con los otros ya mencionados, ya que el laboratorio de calibración desconoce la fecha en que el lapso de confirmación termina.

e) **Método 5: Prueba en servicio o Prueba de “La caja negra”**

Este método es complementario a la confirmación completa. Puede proporcionar información parcial útil sobre las características del equipo de medición entre confirmaciones completas y puede dar una guía sobre que tan apropiado es el programa de confirmación.

Este método es una variante de los métodos 1 y 2, y es particularmente aplicable a instrumentos y tableros de prueba complejos. Los parámetros críticos se inspeccionan frecuentemente (una o más veces al día) con equipo de calibración portátil o preferentemente con una “caja negra” fabricada específicamente para inspeccionar los parámetros seleccionados. Si se encuentra que el equipo no esta conforme al revisarse con la “caja negra”, se envía a confirmación completa.

La gran ventaja de este método es que proporciona disponibilidad máxima del equipo para ser utilizado. Es muy práctico para equipo separado geográficamente del laboratorio de calibración, ya que una confirmación completa se lleva a cabo solamente cuando es necesario, o a lapsos de confirmación amplios. El principal problema es decidir los parámetros críticos al diseñar la “caja negra”.

Aunque teóricamente el método tiene una alta confiabilidad, es ligeramente ambiguo pues el equipo podría estar fallando en algún parámetro que la “caja negra” no este midiendo. Adicionalmente, las características de la “caja negra” en sí mismas pueden no ser constantes y es necesario también confirmarla regularmente <sup>[7]</sup>.

#### **1.4 *Análisis del Modo y Efecto de las Mediciones (AMEM)***

El AMEM es una herramienta diseñada para determinar las características de calidad o magnitudes importantes o críticas a ser medidas. Esta herramienta da respuestas a las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué es verdaderamente necesario medir?
- b) ¿Por qué es necesario?
- c) ¿Con qué frecuencia deben hacerse las mediciones?

Una vez contestadas estas preguntas, las frecuencias determinadas deben ser confirmadas estadísticamente para, si se requiere, hacer los ajustes finos al sistema.

El AMEM consiste en asignar una calificación como respuesta a una serie de preguntas, para obtener el número y grado de importancia de las características a medir. Se conoce al final qué magnitud debe ser medida, con qué frecuencia y su impacto en el cliente y en los costos del proveedor.

El método consta de los siguientes pasos:

- a) Como primer paso del análisis, se enlistan las características de calidad del producto o magnitudes que pueden ser medidas. Tomándose en cuenta las “Dimensiones de la Calidad”, para asegurar que se han considerado las características que efectivamente conforman un producto de calidad.

Considérense entonces, las siguientes características:

- Características dimensionales, físicas, eléctricas, etc.
  - Características estéticas.
  - Características de seguridad.
  - Características de protección al medio ambiente.
  - Cumplimiento de especificaciones.
  - Características de desempeño.
- b) A cada una de las características se le asigna un valor (1 a 10) relacionado con el impacto en el cliente, asumiendo que no se realiza la medición.

*El no tomar mediciones a una característica de calidad, puede hacer llegar al cliente cierta variación en esa magnitud en particular. Debe determinarse si esta variación puede ser detectada por el cliente y si ese impacto es negativo y hasta qué grado.*

- c) A cada una de las características se le asigna un segundo valor relacionado con el impacto en el proceso, asumiendo que no se realiza la medición.

*Debe determinarse si el no hacer la medición tiene un impacto negativo en el proceso, ya sea que se requiera para el control del propio proceso o que sea económicamente negativo para la empresa.*

*Si una característica no es medida y ésta no influye negativamente en el cliente ni en el proceso, se le asigna un 1. Si su impacto es de efectos negativos en el cliente o en el proceso propio del fabricante, se le asigna un 10.*

- d) Para cada una de las características enlistadas, definir las técnicas y equipos existentes en el mercado y definir la capacidad de la empresa para tomar esa medición, esto es: Si el equipo para efectuar la medición es barato, si se tiene disponibilidad de él, si la técnica es sencilla y los operadores requieren poco entrenamiento, o si el equipo es caro, si se requiere un alto nivel de servicio y si los operadores requieren ser continuamente capacitados.

*Tomar en cuenta en este punto:*

- *El equipo existente en el mercado necesario para efectuar la medición, considerando número de equipos, calidad de éstos, precio, necesidades de servicio y calibración.*
- *Personal necesario para efectuar la medición, nivel requerido, necesidades de entrenamiento.*



- e) Un tercer valor es asignado a estas características, relacionado con la probabilidad de aparición de una No-conformidad: (1 a 10).
- f) Multiplicar los tres valores asignados para obtener el número para cada una de las características que indica su importancia (NI, número de importancia). Este NI indica qué característica es importante y crítica para el cliente y/o el proceso para que se considere por lo tanto el control de su medición.
- g) Definir las características anteriores según su número de importancia:
  - *Determinar qué característica debe ser medida y cuál puede no ser medida.*
  - *La tabla de muestreo o frecuencias de medición.*
  - *Determinar cuál es el punto y el método económicamente eficiente para tomar la medición. Recordando que los ajustes son más baratos si se hacen durante las primeras etapas del proceso, y esto se logra si las mediciones se realizan también durante las primeras etapas del proceso.*
  - *Determinar la necesidad de aplicar técnicas estadísticas (control estadístico de proceso o de calidad) según lo crítico de la medición.*

Para desarrollar eficientemente el AMEM, se debe conocer al cliente, ya sea interno (siguiente proceso) o externo, con tal profundidad que se puedan determinar las características críticas que cubrirán necesidades específicas de esos clientes.

Para efectuar el método anterior: primero, desarrollar una comprensión profunda de las necesidades y requerimientos de sus clientes; segundo, convertir la comprensión en requerimientos y tercero, definir numéricamente esos requerimientos <sup>[9]</sup>.

## CAPÍTULO 2

# DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE LAMINACIÓN EN FRÍO

### 2.0 Introducción

Este capítulo describe las características más importantes de cada una de las etapas del proceso de laminación en frío, utilizado en la empresa Procesadora de Acero de El Salvador, S.A. de C.V. (PROACES); así como todos los aspectos relevantes que inciden en el diagnóstico metrológico de todo el proceso de laminación en frío; con el objeto de determinar cuáles serán las magnitudes medibles críticas del proceso que se abordarán en el Plan de Calibración.

Para una mejor comprensión de la temática, se entenderá por bobinas a los rollos de acero laminados en caliente que sirven como materia prima al proceso, o al producto terminado.

### 2.1 Caracterización del proceso

#### 2.1.1 Decapado

El sistema de decapado es un proceso de remoción de óxido, en el que dicha remoción se logra por reacción química.

El proceso comprende dos partes mecánicas y una parte química, las cuales se pueden dividir en:

- ▀ *Mecánica: preparación o aplanado.* La cual conste de: una rampa de entrada, un carro transportador y elevador de bobina, un abridor de bobina, guías para centrar la bobina, mandril “debobinador”, procesador, y guillotina. Este primer bloque de máquinas son operados a distancia desde una estación de operación, por personal capacitado.

■ *Química: decapado.* Es un sistema cerrado de recirculación de ácido a través de bombas centrífugas, al igual que la adición y evacuación del ácido; estas bombas son operadas en modo local en la estación de operación intermedia y pueden operarse a control remoto desde el cuarto de supervisión, que es donde se controla todo el proceso de decapado a través de un software, mientras que el sistema de rodillos escurridores es operado localmente. El sistema de lavado se hace con agua desmineralizada en dos fases y en otras dos fases con agua dura. Cada mes se realizan actividades de mantenimiento a las piletas de decapado.

■ *Mecánica: enjuague o lavado, secado, refileado y picado, aceitado y rebobinado.* Esta conformado por el siguiente bloque de máquinas: un centrador neumático, centrador manual, pinch roll de refileadora, refileadora, scrap shopper, aceitadora, guillotina, pinc roll, mandril “rebobinador”, conveyer, y báscula. Este segundo bloque de máquinas son operadas a distancia desde una estación de operación por personal capacitado. Cada semana se les da mantenimiento a las piletas de lavado.

El tiempo de duración del proceso de decapado es función de la dureza del material y concentración del ácido clorhídrico utilizado.

Los sistemas involucrados en la etapa de decapado son:

- Sistema de aire comprimido.
- Sistema de generación y distribución de vapor: se utiliza para calentar el ácido clorhídrico, a través de intercambiadores de calor; así como para la etapa de secado. Para dicha generación de vapor se tiene una caldera que utiliza para la combustión: gas en la ignición y fuel oil para la operación normal.
- Sistema de agua desmineralizada: utilizada para el proceso de decapado y enjuague, a través de una red de tuberías y bombas.

- Almacén de ácido, agua ácida y soda: donde se prepara, almacena, y neutralizan las aguas ácidas; además de neutralizar los gases ácidos a través de una torre de humos. Se utilizan tanques de polipropileno, donde el manejo de los fluidos se hace por medio de bombas centrífugas operadas desde la estación de bombeo, en la cual no todas las bombas para ácido trabajan al mismo tiempo.
- Sistema hidráulico.
- Regeneradora de ácido usado y aguas ácidas: todas las operaciones se hacen a control remoto desde la sala de supervisión, esto hace del proceso un sistema seguro para el personal, el cual ha sido capacitado previamente.

Existen dos cuartos de control de la energía eléctrica, uno a la entrada y otro a la salida de la línea, además de tres estaciones de operación:

- Estación de operación de entrada: el software controla la tensión de los mandriles, velocidad de línea, peso de la bobina, parámetros de los motores, permisos de operación, y condiciones de operación. En el panel se encuentran señalizados cada pulsador para identificar y maniobrar cada máquina.
- Estación de bombeo.
- Estación de operación de salida: el software controla los mismos parámetros que la estación de operación de entrada. En el panel se encuentran señalizados cada pulsador para identificar y maniobrar cada máquina.

### **2.1.2 Laminación**

El software que se utiliza para controlar el proceso de laminación monitorea las siguientes magnitudes:

- Espesor de entrada y de salida en cada pasada, en mm.
- Porcentaje de reducción por pasada.
- Rango de tensión aplicada (máximo 16 toneladas).
- Tensión delantera y trasera, en kN.
- Fuerza de separación, en kN.

- Velocidad del mill, en m/min.
- Potencia del mill, kW.
- Pasadas totales.
- Norma del material.
- Espesor para efectos estadísticos.

El número de bobinas procesadas por día depende del espesor requerido, aunque el máximo de bobinas procesadas hasta la fecha es de 56 bobinas; el máximo número de pasadas por bobina es de 9, y el tiempo de duración de una pasada puede ser de 18 a 20 minutos.

Las magnitudes de control en el proceso son:

- *Espesor.* La magnitud más crítica es el espesor de la chapa (lámina), en donde la tolerancia máxima permisible es la dada por las normas JIS 3141 y ASTM 568, o por especificación del cliente. El laminador es reversible, es decir, que trabaja en ambos sentidos para obtener el espesor deseado en varias “pasadas”. Los espesores de entrada del 95% del material son: 1.5 mm, 1.9 mm, y 2.0 mm. Para obtener el valor del espesor de entrada y salida se hace uso de los sensores del medidor de espesor por radiación ionizante, cuyos valores son monitoreados por un software, el cual presenta los siguientes parámetros: espesor de entrada teórico, espesor de salida teórico, espesor de entrada real, espesor de salida real, permisividad, y tipo de material o norma.
- *Emulsión.* La emulsión es el líquido que refrigera los rodillos y lubrica la chapa, la cual se cambia cada seis meses, o cuando presenta un deterioro de sus características químicas. El pH y conductividad de la emulsión varían de acuerdo a cómo se comporte ésta. La temperatura de la emulsión debe andar entre 55 °C y 57 °C. Existen sensores para agregar agua desmineralizada al tanque de emulsión pero no existe un programa de inspección de éste.

➤ *Velocidad.* Se mide a través de tacómetros, los cuales mandan una señal al software, el cual convierte la velocidad angular medida por los tacómetros en velocidad lineal, en función del diámetro de la bobina, con el objeto de mantener la velocidad lineal constante de los mandriles. Los encargados de los ajustes a los tacómetros es el personal del Departamento de Mantenimiento.

➤ *Tensión.* Uno de los métodos que utilizan para verificar si hay problemas es monitorear el amperaje de los motores; ya que si el amperaje sube más allá del valor definido como máximo  $\cong 1350$  A para 16 toneladas, es porque las celdas de carga han excedido el valor de +4 V. Los ajustes a las celdas de carga los realizan el personal del Departamento de Mantenimiento. Los problemas son determinados en base a la experiencia del personal a cargo.

### 2.1.3 Recocido

El software que maneja el proceso de recocido, controla los siguientes parámetros:

- Temperatura en tres puntos del horno, donde un valor es el nominal o el “setpoint” y los otros dos valores son las medidas tomadas por otras dos termocuplas; al ser los tres valores iguales de temperatura o con una variación de  $\pm 15$  °C del nominal, comienza la etapa de sostenimiento de la temperatura.
- Control de tiempos de cada etapa del recocido, para cada base (8 bases).
- Etapa en la que se encuentra la base.
- Perfil de temperatura de cada base.
- Flujo de agua.
- Presión de campana.
- Flujo de aire.
- Flujo de hidrógeno y nitrógeno.
- Parámetros de inspección.

Otra de las mediciones que realizan en el proceso de recocido, además de las que controla el software, es el consumo de gas donde la medición se realiza de forma manual.

Uno de los parámetros de mayor importancia para la calidad del producto es la dureza, pero ésta ya no es controlada al salir de la etapa de laminación y recocido; sino que únicamente al salir de temper. Para ésta medición se cuenta con un Durómetro marca WILSON MICI, Modelo 1JS, Tested 1JS9.

Los instrumentos de apoyo al software son:

- Sensores de vibración
- Sensores de presión
- Sensores de flujo
- Controles de temperatura
- Termocuplas
- Analizadores de gases

#### 2.1.4 **Temper**

El Temper se puede definir como la aplicación de una fuerza sobre la chapa, con el objetivo de:

- *Dar un acabado a la chapa.* La rugosidad después de salir de laminador es de 5-10  $\mu\text{in}$ , y debe adaptarse según la especificación del cliente o norma. Según norma los tipos de rugosidades pueden ser: brillante (15-20  $\mu\text{in}$ ), semi mate (20-70  $\mu\text{in}$ ), y mate (70  $\mu\text{in}$  en adelante).
- *Lubricar la chapa, según requerimientos del cliente.* Donde el ajuste de la lubricación se realiza de forma manual, y es de, aproximadamente, 1200  $\text{mg}/\text{m}^2$ .
- *Mejorar la forma de la chapa.* Es decir, quitar las ondulaciones laterales y centrales.

- *Eliminar la zona de fluencia, del diagrama carga-deformación, del material.* Para esto, se somete éste a una deformación (por tracción y compresión) prefijada.

Las magnitudes de control en el proceso son:

- *Fuerza de carga.* Se ajusta en función de las ondulaciones.
- *Tensión entre mandriles.* Depende del espesor, donde la tensión específica es de 2 kgf/mm<sup>2</sup>.
- *Velocidad lineal de la chapa.* Depende del tipo de bobina en proceso y de las especificaciones del cliente externo.

Los ajustes de velocidad, fuerza y tensión; son a criterio del operario basado en su experiencia.

Las magnitudes de control del producto son:

- *Rugosidad.* Para proporcionarle rugosidad a la chapa, los rodillos que someten a compresión a la chapa, cuentan con cierta rugosidad; la cual se les proporciona a través de un Proceso de Granallado, donde cada grano es de tipo 40 y tipo 25. La rugosidad se le mide a los rodillos y a la chapa, donde la rugosidad dada a los rodillos para obtener la rugosidad deseada en la chapa, depende de una relación determinada en base a la experiencia.
- *Dureza.* Se toman tres mediciones al finalizar el proceso de temper: de lado operador, centro, y lado motor.
- *Suciedad.* Es producto de una ineficiente limpieza en decapado, o arrastre de la emulsión del laminador. Si existe demasiada suciedad, se para el proceso para evitar mala forma de la chapa, ya que ésta desliza.



- *Peso de la bobina.* La báscula se revisa una vez al mes, donde se toman 6 valores para confrontarlos y determinar el estado de la báscula.
- *Ondulaciones.* Al finalizar el proceso de temper, se observan y anotan el número de ondulaciones por metro, a través de un nivel y un gauge.

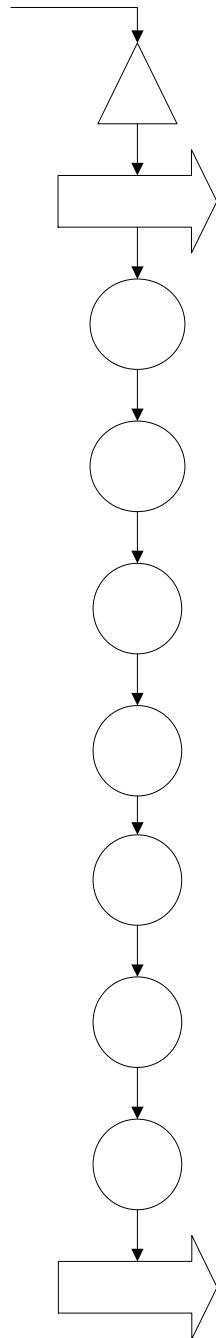
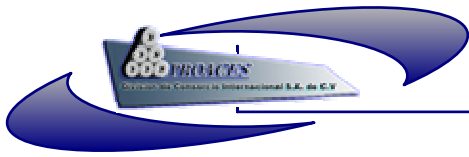
Después del proceso de recocido, las bobinas deben estar almacenadas 36 horas, para que éstas lleguen a una temperatura de, aproximadamente, 40 °C; la cual es una temperatura ideal para temperar. El proceso de temper se desarrolla en una sola pasada. A pesar de que existe un medidor de espesor por radiación, similar al utilizado en laminación, éste no es usado por no poseer fuente de radiación. Para determinar la tensión entre mandriles, se hace uso de una hoja de “Tensiones recomendables” según el espesor y ancho de la chapa, para el mandril delantero y trasero.

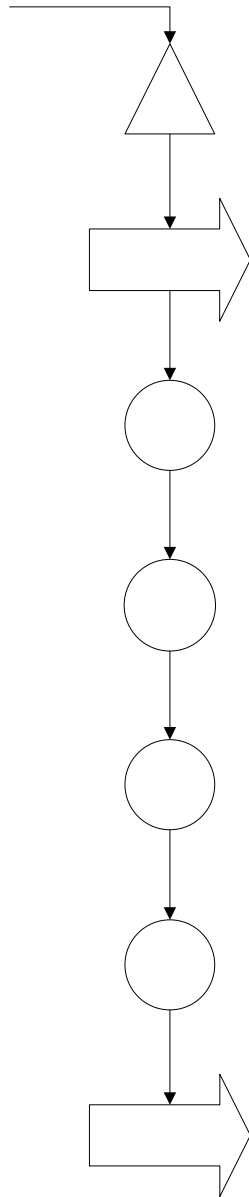
El software maneja los siguientes parámetros:

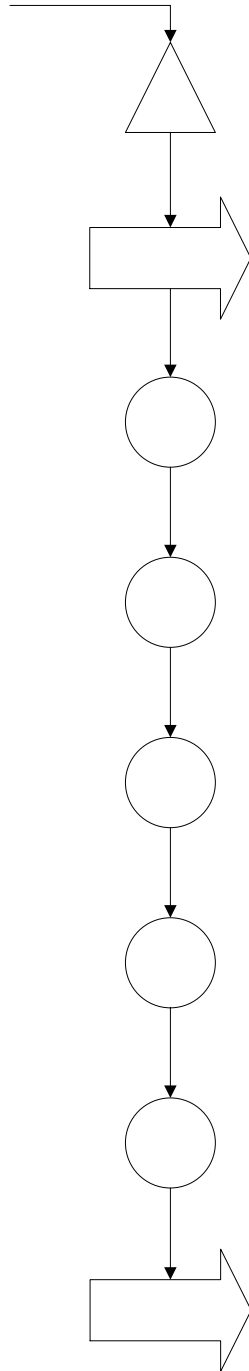
- Fuerza de carga
- Tensión entre mandriles
- Velocidad de la chapa
- Espesor de la chapa
- Perfil de la chapa
- Diámetro de la bobina

## 2.2 **Diagrama de flujo del proceso de laminación en frío**

El diagrama de flujo o diagrama de proceso es una forma gráfica de representar todas las actividades que involucra el proceso de laminación en frío, es decir, desde que la materia prima o bobinas laminadas en caliente (RN “Rusia/Estinol”, RS “Rusia/Sever Stal”, JK, “Japn/Kobe Steel”, VZ “Venezuela/Sidor”, BR “Brasil”) salen del almacén de bobinas, hasta que la bobina ha pasado por todas las etapas de laminación en frío, y esta lista para ser trasladada a la Línea de Corte.

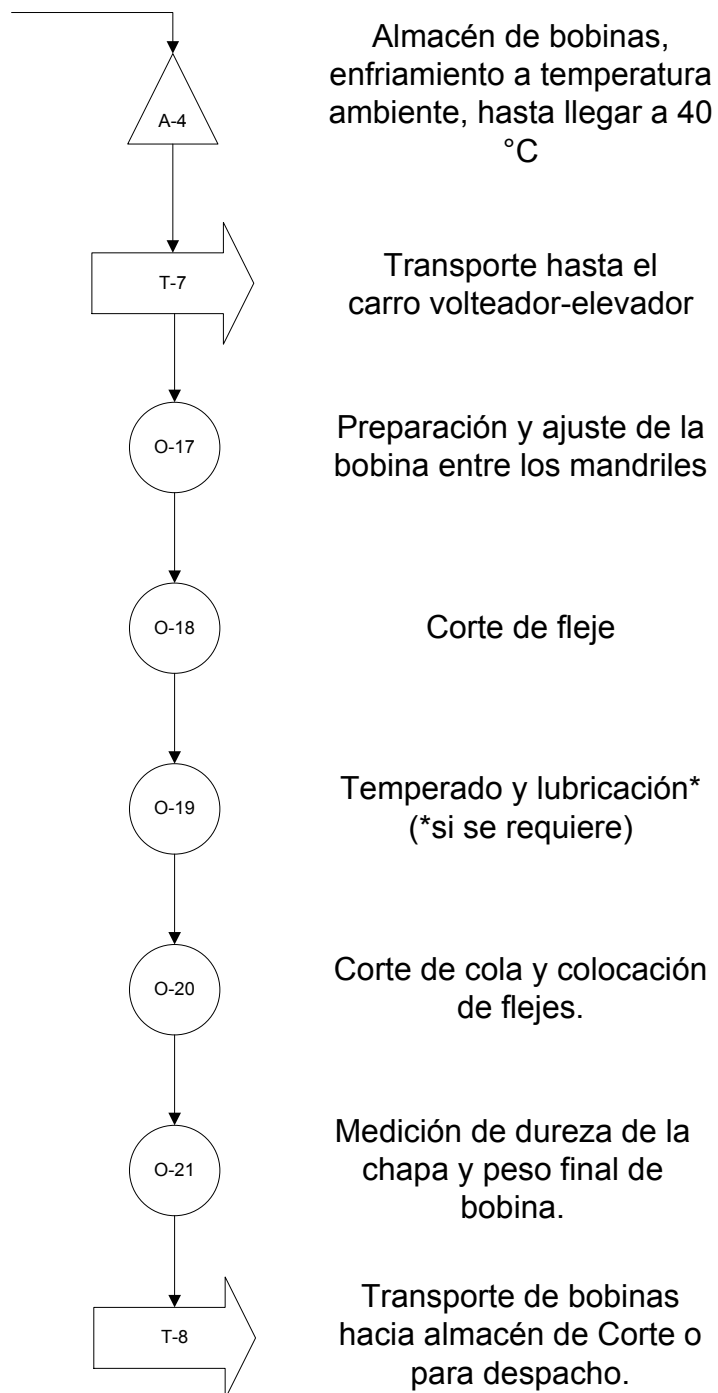








## TEMPER



### **2.3 Diagnóstico del estado actual del área metrológica y formación técnica del personal**

#### **2.3.1 Decapado**

Al final del proceso de decapado se pesa la bobina, cuyo peso oscila entre 10 y 15 Ton; la báscula que se utiliza tiene una capacidad de 50 Ton, marca Toledo. La empresa Dalton y Co. es la encargada de revisar la calibración de la báscula cada 6 meses, pero el personal de PROACES la revisa una vez al mes, a través de una bobina patrón de 10 Ton, utilizada también para revisar la calibración de la báscula que se encuentra en temper.

El personal que opera las estaciones de operación ha sido previamente capacitado para realizar tal función; mientras que al existir cualquier anomalía en el equipo de medición que se encuentra a lo largo de toda la línea, los responsables de su revisión y sustitución es el personal del Departamento de Mantenimiento o los operarios de la línea de mayor experiencia dentro de la empresa. La operación de decapado se realiza por los supervisores, auxiliados por el operario en turno, quienes poseen las competencias necesarias para realizar sus funciones. Además, se tiene la inspección externa de un ente autorizado por el Ministerio de Trabajo.

En las visitas realizadas a la línea no se observaron inspecciones de proceso o de calidad al producto. Las inspecciones de calidad al producto en esta línea son detalladas en el Anexo 1. El estado actual de todos los equipos de medición, sus especificaciones y criterios de operación, se muestran a continuación en el “Cuadro de Diagnóstico de Decapado”, el cual fue completado a través de entrevistas con el Jefe de Área y Supervisor, así como de observaciones hechas a todos los equipos de medición de la línea. Una vez completado, cada cuadro fue revisado y corregido por el Jefe de Área y el Gerente de Calidad de la empresa.

**Tabla 2. CUADRO DE DIAGNÓSTICO - DECAPADO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable	
Presión del vapor	Manómetros	Spirax Sarco	3	Activo	2-5 kgf/cm <sup>2</sup> .	Primer intercambiador de Sur a Norte	-	No	-	-	< 2 kgs: pérdida de temperatura. > 5 kgs : disparo de válvula de seguridad. Asegura la calidad del decapado.	-	
		-	1	Inactivo		Tercer intercambiador de Sur a Norte.							
		Spirax Sarco	2	Activo									
		Spirax Sarco	1	Inactivo									
		-	1	Inactivo									
		HELDON	2	Activos									Múltiple de vapor
		MTR	1	Activo									Etapa de secado
Presión del ácido	Manómetros	-	1	Activo	-	-	-	No	-	-	-	-	
			1	Activo									
			1	Activo									
Temperatura del ácido en condición normal	Termocuplas	Tipo K	1	Activa	32-85°C	Primer intercambiador de Sur a Norte para ácido.	Constante	Si	Cuando se instalan por primera vez.	-	-	-	
			1	Activa	32-80°C	Segundo intercambiador de Sur a Norte para ácido.							
			1	Activa	32-75°C	Tercer intercambiador de Sur a Norte para ácido.							
			1	Activa	32-75°C	Cuarto intercambiador de Sur a Norte para ácido.							

**Cont. Tabla 2. CUADRO DE DIAGNÓSTICO - DECAPADO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Temperatura del ácido en condición normal	Termómetros	HELDON	1	Activo	32-85°C	Primer intercambiador de Sur a Norte para ácido.	Constante	No	-	-	-	-
		-	1	Inactivo	32-80°C	Segundo intercambiador de Sur a Norte para ácido.						
		-	1	Inactivo	32-75°C	Tercer intercambiador de Sur a Norte para ácido.						
		WIKA	1	Activo	32-75°C	Cuarto intercambiador de Sur a Norte para ácido.						
Presión del agua des-mineralizada	Manómetros	FAMA-BRAS, clase A1, ABNT	4	Activos	3-5 kgs.	Primera bomba de Sur a Norte.	Constante	No	-	-	-	-
						Segunda bomba de Sur a Norte.						
						Tercera bomba de Sur a Norte.						
						Cuarta bomba de Sur a Norte.						



**Cont. Tabla 2. CUADRO DE DIAGNÓSTICO - DECAPADO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Flujo del agua des-mineralizada	Medidores de flujo	+ GF + SIGNET 2700, 2850 lt/h 8512	3	Activo temporal	Se regula el flujo de acuerdo a la necesidad del proceso.	Tubería de agua ácida	Constante	No	-	-	-	-
				Activo		Tubería de HCL diluido						
				Inactivo		-						
Temperatura del agua des-mineralizada	Termocuplas	Burkert, tipo K, Easy Conet 8225	1	Activo	50-70°C	Tubería de agua	-	No	-	-	-	-
Flujo de vapor	Sistema de control de flujo	Burket Fluid Control System Side Control 1067	1	Activo	El sistema es automático, la válvula modula de acuerdo a la temperatura de operación (120°C).	Etapa de secado	-	-	-	-	-	-
Temperatura de vapor	Termocupla	Burkert, tipo K, Easy Conet 8225	1	Activo	-	Etapa de secado	-	No	-	-	-	-
Velocidad de corte	Controles de velocidad Encoder	DRC (Dynamic Research Corp.)	3	Activos	0-100 0-35 Depende de la calidad de la chapa.	Mandriles	-	No	-	-	-	-

**Cont. Tabla 2. CUADRO DE DIAGNÓSTICO - DECAPADO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Velocidad de decapado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A menor velocidad menor calidad de las bobinas laminadas en caliente. A mayor velocidad de los rodillos mayor concentración y temperatura del HCl.	-
Ancho de la chapa	Cinta métrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso de la bobina	Báscula	Toledo	1	Activa	0-50000 kgs.	Salida decapado.	-	Sí	Una vez al mes.	-	-	-

### 2.3.2 Laminación

En las visitas realizadas a la línea de laminación se observó que en esta etapa solo se realizan las siguientes inspecciones de calidad al producto:

▀ *Inspección de espesor:* es una inspección manual que consiste en verificar el espesor de la chapa en la primera y última pasada de la primera bobina del bloque que está entrando a la línea.

▀ *Inspección de la superficie laminada:* se inspeccionan los defectos superficiales y de planitud que puede presentar la chapa, después de ser laminada; para tal inspección no existe ningún registro del procedimiento a seguir, y se realiza a través de una regla o nivel, la cual no se cambia ni se revisa periódicamente.

▀ *Inspección de alineación:* se verifica que los bordes de la chapa no sufran ningún daño causado por las guías del laminador.

Las inspecciones de calidad al producto para esta línea deben ser las detalladas en el Anexo 1.

A pesar de que existen tres procedimientos de calibración en esta línea, no se llevan registros de las calibraciones que se realizan, ya que éstas dependen de las variables de producción, como por ejemplo: la norma del material, anchos, procedencia, etc. Además, el personal a cargo de la calibración son el Supervisor y los operarios de mayor experiencia dentro de la empresa. Los procedimientos de calibración son los siguientes:

▀ *Calibración del gamma gauge por permisividad:* los tipos de material o normas que trabajan son SAE 1006, 1008 y 1010; en donde la permisividad de cada material es diferente, por lo que en cada cambio de norma se realiza un ajuste o calibración del gamma gauge (medidor de espesor por radiación ionizante), evitando obtener espesores incorrectos. La permisividad depende de la norma y colada, por lo que dos

bobinas de la misma norma pueden obtener diferentes permisividades aún siendo del mismo proveedor. A mayor permisividad mayor espesor. De este procedimiento no se tiene ningún registro.

▬ *Calibración del gamma gauge por comparación:* a través de un micrómetro se mide el espesor de la chapa que se está laminando, en un punto del borde de ésta; luego se compara esta medición con la lectura del gamma gauge en el borde de la lámina, si las dos mediciones no son iguales se modifica la permisividad hasta que los valores coincidan. Este tipo de calibración solo se realiza cuando se hacen cambios de norma. De este procedimiento no se tiene ningún registro.

▬ *Calibración del gamma gauge a través de patrones:* el procedimiento a seguir se incluye en el Anexo 2, con la variante que no utilizan patrones o muestras de los materiales (normas) comúnmente usados, de los cuales se conozca con exactitud su espesor; sino que realizan una medición con un micrómetro, en el borde de la chapa que está en proceso, y en el paso 4 del procedimiento no escriben el espesor de una muestra sino la dada por el micrómetro. En el área de laminación se cuenta con dos patrones hechos que no se utilizan, uno es del material 1006 con un espesor de 0.319 mm, y el otro es de la norma 1008 con un espesor de 0.775 mm.

▬ *Calibración de la fuerza de separación:* se calibra la fuerza de separación ejercida por los rodillos, a través de la calibración de la servo válvula tipo 4/2 cada vez que hay cambio en la condición de operación de las bombas hidráulicas. Los pasos para calibrar los da el software, como se muestra en el Anexo 3.

El estado actual de todos los equipos de medición, sus especificaciones y criterios de operación, se muestran a continuación en el “Cuadro de Diagnóstico de Laminación”, el cual fue completado a través de entrevistas con el Jefe de Área y Supervisor, así como de observaciones hechas a todos los equipos de medición de la línea. De igual manera que en la etapa de decapado, al completar cada cuadro fue revisado y corregido por el Jefe de Área y el Gerente de Calidad de la empresa.

**Tabla 3. CUADRO DE DIAGNÓSTICO - LAMINACIÓN**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Espesor de la chapa	Gamma gauge (radiación ionizante)	I <sup>2</sup> S	2	Activos	0.25-2.30 mm (ident)	Laminador	Constante	Sí	Por cambio de norma del material o cuando la medición no es igual a la dada por el micrómetro.	-	Espesores incorrectos. Espesor fuera de especificación.	-
	Micrómetros	Mitutoyo	2	Activos	0-25 mm (0.29-1.55) (414-418)	Rewinder	Cada bobina.	No	-	-		
Ancho de la chapa	Cinta métrica	Stanley	1	Activa	1000-1004 mm	Rewinder	Cada bobina.	No	-	-	Anchos incorrectos y fuera de especificación.	-
Temperatura de la emulsión	Termómetro	JICA	2	Activos	49-51 °C 0-70 °C	Tubería de emulsión	Constante	No	-	-	-	-
Presión de entrada de la emulsión	Manómetro	JICA	1	Activo	5 a 6 kgf/cm <sup>2</sup>	Tubería de emulsión	Constante	No	-	-	Es condición de arranque de la máquina.	-



### 2.3.3 Recocido

Uno de los parámetros de mayor importancia para la calidad del producto es la dureza, pero ésta ya no es controlada al salir de la etapa de laminación y recocido; sino que únicamente al salir de temper. Para ésta medición se cuenta con un Durómetro marca WILSON MICI, Modelo 1JS, Tested 1JS9; el cual lo calibra el Supervisor de turno de la línea de Recocido, aunque no existe ningún procedimiento de calibración. Se cuenta con tres patrones, de acuerdo al espesor de la lámina, los cuales son 15T, 30T y 45T.

En las visitas realizadas a la línea no se observaron inspecciones de proceso o de calidad al producto. Las inspecciones de calidad al producto en esta línea deben ser las detalladas en el Anexo 1.

De todos los instrumentos de medición que se utilizan en la línea, como por ejemplo termocuplas y medidores de flujo, ninguno recibe calibración ni existe procedimiento de calibración. Si se presenta alguna falla en el funcionamiento de estos equipos, solo se procede a cambiarlos. La falla en termocuplas se observa en la lectura que presenta el software de las temperaturas en tres puntos de la base. Solo se calibran los parámetros de combustión de los quemadores de los hornos.

Además, existe una “Prueba de Tortura” que consiste en llevar a cabo el proceso de recocido donde cada instrumento se prueba manualmente, para controlar que todos los elementos del proceso están trabajando bien, dicha prueba no se realiza desde hace dos años.

El estado actual de todos los equipos de medición, sus especificaciones y criterios de operación, se muestran a continuación en el “Cuadro de Diagnóstico de Recocido”, el cual fue completado a través de entrevistas con el Jefe de Área, así como de observaciones hechas a todos los equipos de medición de la línea. Siguiendo el procedimiento establecido, cada cuadro fue revisado y corregido por el Jefe de Área.

**Tabla 4. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – RECOCIDO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Temperatura de la bobina	Termocuplas	Tipo k	3	Activas	1240 °C máx	En espacio de bobinas en proceso y campana interna.	Continua, es monitoreada por el software	No	-	-	No permite continuar el proceso	Supervisor
Presión de campana interna	Transmisor de presión	Setra	1	Activos	0 - 30	Debajo de la base conectada con tubing para analizar la presión.	Continua, es monitoreada por el software	No.	-	-	No permite continuar el proceso.	Supervisor
Tiempo de elevación de la temperatura	Lo maneja el software, el PLC tiene que tener un timer.	Fanuc	1	Activos	12 horas	En panel de control	Continuo	No	-	-	Decrement o en la calidad del producto.	Supervisor
Tiempo del sostenimiento de la temperatura	Lo maneja el software, el PLC tiene que tener un timer.	Fanuc	1	Activos	20 horas	En panel de control	Continuo	No	-	-	Decrement o en calidad del producto-	Supervisor
Tiempo de enfriamiento con aire	Lo maneja el software, el PLC tiene que tener un timer.	Fanuc	1	Activos	6 horas	En panel de control	Continuo	No	-	-	Decrement o en calidad del producto-	Supervisor
Tiempo de enfriamiento con agua	Lo maneja el software, el PLC tiene que tener un timer.	Fanuc	1	Activos	20 horas	En panel de control	Continuo	No	-	-	Decrement o en calidad del producto-	Supervisor



**Cont. Tabla 4. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – RECOCIDO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Flujo de hidrógeno	Flow meter	Waukee Tronic	1	Activo	0-25 m <sup>3</sup> 4-20 MA	Banco de válvulas	Continua, la señal es de 4 mA mín. a 20 mA máx.	No	-	-	No permite continuar el proceso.	Supervisor
Flujo de nitrógeno	Flow meter	Waukee Tronic	1	Activo	0-25 m <sup>3</sup> 4-20 MA	Banco de válvulas	Continua, la señal es de 4 mA mín. a 20 mA máx.	No	-	-	No permite continuar el proceso.	Supervisor
Flujo de agua	Medidores de flujo	Universal Flow Monitor	-	-	0-100 gal/min máx	Enfriadores	Continua, monitoreada por software	No	-	-	No permite continuar el proceso	Supervisor
					0-30 gal/min máx	Sellos	Continua, monitoreada por software	No	-	-	No permite continuar el proceso	Supervisor
Flujo de aire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RPM del ventilador	Tacómetro	-	6	Activo	-	Uno por cada horno	Continua, monitoreada por software	No	-	-	Diferencias de dureza en la bobina	-

### 2.3.4 Temper

En la investigación realizada a la línea de temper se observó que en esta etapa solo se realizan las siguientes inspecciones de calidad al producto:

- *Ondulaciones:* la ondulación de los bordes durante el proceso no debe existir, por lo que continuamente se está inspeccionando la chapa; ya que si presenta este problema es necesario modificar la fuerza de separación (presión hidráulica) o el crown del rodillo.
- *Vibraciones:* las vibraciones en los bordes de la chapa indican alta suciedad sobre la superficie de ésta, por lo que al presentarse esta condición se detiene el proceso de temper, para limpiar los rodillos y evitar mala forma de la chapa.

Las inspecciones de calidad al producto para esta línea deben ser las detalladas en el Anexo 1.

El único patrón con el que se cuenta en esta línea es el patrón utilizado para calibrar el rugosímetro, cuyas especificaciones son las siguientes:

Marca: Mitutoyo SJ.201P

Code No.: 178-602

No. Serial: 030631

$R_a$ : 120 $\mu$ m, 3.05  $\mu$ m;  $R_{m\acute{a}x}$ : 390  $\mu$ m;  $R_v$ : 9.9  $\mu$ m

El estado actual de todos los equipos de medición, sus especificaciones y criterios de operación, se muestran a continuación en el “Cuadro de Diagnóstico de Temper”, el cual se completó a través de entrevistas con el Jefe de Área, así como de observaciones hechas a todos los equipos de medición de la línea, y fue revisado y corregido por el Jefe de Área.

**Tabla 5. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – TEMPER**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Velocidad lineal de la chapa	Encoder	Moller	2	Activos	600 m/min máx.	Rodillos deflectores	Continuo	No	No	No	No representa un problema.	-
Fuerza de carga	Sensores de presión y servo válvula	-	2	Activos	250-650 kN	Parte superior de cilindros de Screwdown.	Continuo	No	No	No	Incidencia directa en ondulaciones y elongación de la chapa. La elongación debe ser como mínimo 0.8%.	-
Tensión entre mandriles	Software del motor de corriente directa	-	2	Activos	Depende del grosor de la lámina.	Panel de control	Continuo	N/A	No	No	No se produciría suficiente elongación en la chapa, y no se podría controlar la forma de ésta.	-
Suciedad de la bobina	Visual	-	-	-	-	-	Por bobina	-	-	-	Se detiene el proceso para evitar mala forma de la chapa.	-

**Cont. Tabla 5. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – TEMPER**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Rugosidad	Rugosímetro	Mitutoyo, Code No. 178-923A, Serial No. 110540	2	Activo	Brillante: 15-20µin Semimate: 20-70 µin Mate: 70 µin en adelante.	-	Por bobina	Si.	Cuando existe diferencia entre medición tomada medición ideal entre rodillos y chapa.	-	Fuera de especificación de cliente.	-
Peso de la bobina	Báscula	Toledo	1	Activo	-	-	Por bobina	No.	-	-	Pérdidas económicas y fuera de especificación del cliente.	-
Ondulaciones de la chapa	Nivel y gauge	-	-	-	-	-	Por bobina	-	-	-	Fuera de especificación del cliente.	-
Dureza	Durómetro	Marca WILSON MICI, Modelo 1JS, Tested 1JS9	1	Activo	-	-	Por bobina	Si	-	-	Fuera de especificación del cliente y norma.	-

**Cont. Tabla 5. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – TEMPER**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
Presión hidráulica (Fuerza de separación)	Manómetros 0-3500 psi	-	2	Activo	3000 psi máx.	Cerca del grupo hidráulico.	No	No	-	-	Menor presión: ondulaciones en el centro de la chapa; Mayor presión: ondulaciones en los bordes.	-
Convexidad o concavidad de los rodillos	Comparador de reloj	-	-	Activo	Crown 16 (0.016"): 1.2-1.5 mm Crown 18 (0.018"): 1.0-1.2 mm Crown 20 (0.020"): 0.8 mm Crown 22 (0.022"): 0.60-0.70 mm	Rodillos	-	-	-	-	-	-
Elongación	Encoger lineal	-	-	Activo	0.8% máx.	Jaula de temper	Por bobina.	No	-	-	Se maximizan las ondulaciones en el centro y borde de la chapa.	-

### 2.3.5 Laboratorio

El Laboratorio es un departamento de soporte a las líneas de decapado, laminación y recocido; en el cual se miden, evalúan y monitorean todas las magnitudes químicas involucradas en las tres líneas detalladas anteriormente, llevando un Control Químico de las pruebas que se realizan para las piletas de ácido, enjuague, regeneradora de ácido y planta de desmineralizado de la etapa de decapado; emulsión y agua desmineralizada en laminación; y de la torre de enfriamiento en recocido.

Para comprobar todas las concentraciones utilizadas en cada prueba se utiliza una metodología estándar, es decir, que todas las soluciones están estandarizadas. Cualquier variación anormal en un parámetro, la Jefe del Laboratorio lo comunica al Jefe de Área correspondiente y éste define las acciones pertinentes según criterios establecidos.

Los técnicos del laboratorio son quienes realizan, regularmente, la revisión de la calibración de los equipos que lo ameriten, según variación en la magnitud de la prueba realizada contra el valor “normal” que debería dar dicha prueba; no existiendo ningún procedimiento a seguir sobre la revisión de las calibraciones, ni registro de las revisiones de calibraciones hechas a los equipos o soluciones anteriormente. Las soluciones se calibran cada vez que se acaban o presentan algún error a la hora de realizar alguna prueba, y se preparan una vez al mes por la Jefe del Laboratorio. Los patrones con que cuenta esta unidad son los siguientes:

- 1 patrón para el Medidor de ppm, que consiste en agua de alimentación de la caldera, la cual es proporcionada por la empresa MAXITECH, la cual les brinda el servicio de tratamiento químico.
- 9 patrones (buffers) de conductividad y 9 patrones (buffers) de pH.

En cuanto a los buffers de conductividad y pH, solo se cuenta con 4 certificados de conductividad (Anexo 4) y 3 certificados de pH (Anexo 5); mientras que el único equipo que cuenta con un certificado de calibración es un Hot Plate (Anexo 6).

El equipo con que cuenta esta unidad es el siguiente:

Tabla 6. Equipo de laboratorio

Descripción	Marca/Tipo	Modelo	Medida	Volts	Amp	Watts	Función principal
Horno	Thelco Laboratory Oven	31618	40-250 °C	220 VAC	5.6	1300	Utilizado en las pruebas de jabón de hierro y para el secado de sales. Se utiliza todos los días.
Centrifuga	Rolco 2050	CM50R	-	220 V	0.9	-	Se utiliza cuando se acaba el solvente, hace dos años que no se utiliza.
Báscula semianalítica	CASBEE	MW1200	1200 gr ± 0.1 gr	-	-	1	Se utiliza para medir densidad, todos los días.
Báscula de vacío analítica	A&D Company	HR200	210 gr ± 0.1 mgr	-	-	-	Se utiliza para preparar las soluciones, en esta báscula se pesa todo. Nunca se ha calibrado y se utiliza todos los días.
Medidor de ppm	Myron L. Company	DS meter 512T5	-	-	-	-	Para determinar cloruros o sólidos disueltos. Se utiliza todos los días.
Medidor de pH análogo	ORION Research	301	-	-	-	-	No lo utilizan.
Multi Meter	-	Multi 340i	-	-	-	-	Para mediciones de pH y conductividad. Revisión de la calibración diaria. Se utiliza todos los días.
Hot plate	CORNING	PC420	100°C	-	-	-	Se utiliza para agitar todas las soluciones, todos los días.
Titulador	Jencons Digitarte	-	50 ml	-	-	-	Se utiliza para la determinación de la concentración de ácido, todos los días.
Hot plate	CORNING	PC600	-	-	-	-	Se utiliza para todas las variables de la emulsión, todos los días.
Horno Thermobyne	-	F48055	-	-	-	-	Está arruinado.
Hot plate	-	-	-	-	-	-	Solo es soporte.

El estado actual de todos los equipos de medición utilizados para realizar cada una de las pruebas químicas de las líneas de decapado, laminación y recocido; sus especificaciones y criterios de operación, se muestran a continuación en el “Cuadro de Diagnóstico de Laboratorio”, el cual fue completado a través de entrevistas con la Jefe del Laboratorio, quien se encargó además de revisar y corregir los datos.

**Tabla 7. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – LABORATORIO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
<b>DECAPADO</b>												
Volumen de soda utilizada para la titulación de ácido	Titulador	-	1	Activo	80-200 g/L	Tanque 1	Cada hora, todos los días (24 horas)	No	-	-	<80g/L: mal decapado, no habiendo una remoción de óxido en la superficie de la chapa. 200g/L<: sobre-decapado en la superficie de la chapa en la cual se aplica el ácido.	-
Concentración de hierro 2 <sup>+</sup>	Bureta	-	-	-	130 g/L máximo	Tanque 1	Cada hora, todos los días (24 horas)	No	-	-	Si aumenta el valor de la concentración de hierro, baja la concentración de ácido; por lo que se ingresa ácido nuevo para mejorar la velocidad del decapado.	-
pH del agua desmineralizada y agua dura	Multi meter	Modelo: Multi 340i	1	Activo	5.0-7.5	Último tanque de enjuague	Cada hora, todos los días (24 horas)	Si	Una vez por semana.	En base a la diferencia contra el patrón.	Si baja el pH sube la conductividad. Se esta pasando ácido.	-
Conductividad del agua desmineralizada y agua dura					100 μS. máx.		Cada hora, todos los días (24 horas)					-



**Cont. Tabla 7. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – LABORATORIO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
<b>DECAPADO</b>												
Cloruros del agua desmineralizada y agua dura	Bureta	-	1	Activo	20 ppm máx.	Último tanque de enjuague	Cada hora, todos los días (24 horas)	No.	-	-	Si aumentan los cloruros, sube la conductividad, y el agua no está lavando la chapa. El exceder el rango genera oxidación puntual, los cuales dependen del nivel de humedad ambiental.	-
Cloruros	Bureta	-	1	Activo	5 ppm máx.	Almacen de agua desmineralizada	Cada cuatro horas, todos los días.	No.	-	-	-	-
pH	Multi meter	Modelo: Multi 340i	1	Activo	5.0-7.5	Almacen de agua desmineralizada	Cada cuatro horas, todos los días.	Si.	Una vez por semana.	En base a la diferencia contra el patrón.	-	-
Conductividad					50 $\mu$ S máx.		Cada cuatro horas, todos los días.					-
Dureza de agua	Bureta	-	1	Activo	0 ppm máx.	Almacen de agua desmineralizada	Cada cuatro horas, todos los días.	No	-	-	Incrusta la caldera. Incremento de sales en el enjuague de la chapa, lo cual puede ocasionar óxido.	-

**Cont. Tabla 7. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – LABORATORIO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
<b>LAMINACIÓN</b>												
Porcentaje de aceite total	Matriz Cassia	-	1	Activo	4.0-5.0 % en peso	Emulsión	Cada 4 horas, todos los días.	N/A	-	-	-	-
Porcentaje de aceite activo	Cálculo numérico.	-	-	-	3.5-5.0 % en peso	Emulsión	Una vez al día, todos los días.	N/A	-	-	-	-
pH de la emulsión	Multi meter	Modelo: Multi 340i	1	Activo	6.0-8.0	Emulsión	Cada 4 horas, todos los días	Si.	Una vez por semana.	Variación respecto al patrón.	-	-
Índice de saponificación	Bureta	-	-	-	80-100 mgKOH/gr	Emulsión	Una vez al día, todos los días.	N/A	-	-	<80 mgKOH/gr: pérdida de lubricidad debido a la presencia de fluido hidráulico.	-
Concentración de hierro total	Bureta	-	1	Activo	300 ppm máx.	Emulsión	Cada 4 horas, todos los días	N/A	-	-	> 300 ppm: se verá reflejado como suciedad sobre la superficie de la chapa laminada en frío y después del proceso de recocido.	-
Cloruros	Bureta	-	1	Activo	50 ppm máx.	Emulsión	Una vez al día, todos los días.	N/A	-	-	Si aumentan los cloruros hay oxidación en el material bajo ciertas condiciones de humedad relativa.	-

**Cont. Tabla 7. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – LABORATORIO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
<b>LAMINACIÓN</b>												
Contaminantes sólidos.	Cálculo numérico	-	-	-	12 % máx.	Emulsión	Una vez al día, todos los días.	N/A	-	-	Si aumentan los cloruros hay oxidación en el material bajo ciertas condiciones de humedad relativa.	-
Índice de estabilidad	Matriz Cassia.	-	2	Activo	100 % mínimo	Emulsión	Una vez al día, todos los días.	N/A	-	-	-	-
Índice de estabilidad	Matriz Cassia.	-	2	Activo	100 % mínimo	Emulsión	Cada 4 horas, todos los días	N/A	-	-	100%<: N/A. <100%: se da rompimiento de emulsión y suciedad sobre la chapa.	-
Conductividad	Multi meter	Modelo: Multi 340i	1	Activo	400 $\mu$ S máx	Emulsión	Cada 4 horas, todos los días	Si	Cada semana.	Variación respecto a patrón.	400 $\mu$ S<: exceso de sales disueltas, las cuales generarían óxido sobre la superficie de la chapa de acuerdo a la humedad relativa.	-
Jabón de hierro	Cálculo numérico.	No aplica	-	-	0.5 % máx	Emulsión	Una vez al día, todos los días.	-	-	-	-	-
Nivel de tanque	Sensores	-	-	-	-	Emulsión	Cada 4 horas, todos los días	-	-	-	Nivel alto de aceite, baja dosificación de agua.	-
Temperatura	Termómetro	-	-	-	45-55 °C	Emulsión	Por cada cambio de bobina	-	-	-	No está funcionando bien la máquina.	-

**Cont. Tabla 7. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – LABORATORIO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
<b>LAMINACIÓN</b>												
Índice de acidez	Bureta	-	1	Activa	4.0-6.6 mgKOH/gr	Emulsión	Una vez al día, todos los días.	N/A	-	-	Acidez menor: provoca una disminución de la lubricidad de la emulsión en el proceso de laminación. Acidez mayor: implica una oxidación de la emulsión que la degrada y la vuelve químicamente inestable para la aplicación.	-
pH del agua	Multi meter	Modelo: Multi 340i	1	Activo	6.0-7.0	Tanque Laminador	Cada 4 horas, todos los días	Si	Cada semana.	Variación en base a buffer.	Si el pH sale del rango crea desequilibrio químico en la emulsión.	
Conductividad del agua	Multi meter	Modelo: Multi 340i	1	Activo	50-100 $\mu$ S.	Tanque laminación	Cada 4 horas, todos los días	Si	Cada semana.	Variación en base a buffers.	$\mu$ S>: implica oxidación en superficie de la chapa debido a incremento de sales. $\mu$ S<: implica rompimiento de la emulsión debido al bajo contenido de sales.	-
Cloruros del agua	Bureta	-	1	Activo	6 ppm máx.	Tanque Laminador	Cada 4 horas, todos los días	N/A	-	-	-	-
Nivel de inhibidor (fosfonato)	-	-	-	-	> 10 unidades	Torre de enfriamiento	Una vez al día, todos los días.	-	-	-	Incrustaciones en la campana.	-

**Cont. Tabla 7. CUADRO DE DIAGNÓSTICO – LABORATORIO**

Magnitud	Equipo de medición	Especificación del equipo de medición	No. de equipos	Estado	Rango de Operación	Ubicación	Frecuencia y número de mediciones	Se calibra	Cada cuánto los calibran	En base a qué estiman el intervalo de calibración	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Responsable
<b>RECOCIDO</b>												
Alcalinidad parcial	-	-	-	-	-	Torre de enfriamiento	Una vez al día, todos los días.	-	-	-	-	-
Alcalinidad total	-	-	-	-	-	Torre de enfriamiento	Una vez al día, todos los días.	-	-	-	-	-
Cloruros	-	-	-	-	-	Torre de enfriamiento	Una vez al día, todos los días.	-	-	-	-	-
Dureza total	-	-	-	-	-	Torre de enfriamiento	Una vez al día, todos los días.	-	-	-	-	-
pH	Medidor de pH digital	Multi 340i	1	Activo	8.3-8.9	Torre de enfriamiento	Una vez al día, todos los días.	Si	Cada semana.	Variación en base a buffers.	Se pasa la emulsión al sistema, los intercambiadores se tapan. pH bajo, purgas grandes.	-
Ciclos de concentración	-	-	-	-	1.5-1.8	Torre de enfriamiento	Una vez al día, todos los días.	-	-	-	Incrustaciones en la campana.	-
					1.5-2.2	-	Una vez al día, todos los días.	-	-	-	-	-
Sólidos totales disueltos	Medidor de partes por millón	DS Meter, Myron L. Company 512T5	1	Activo	-		Una vez al día, todos los días.	No	-	-	-	-

## 2.4 Determinación de magnitudes críticas

La determinación de las magnitudes críticas de cada una de las etapas del proceso de laminación en frío, se realizará a través del método AMEM ó Método de Análisis del Modo y Efecto de las Mediciones (ver Capítulo 1, apartado 1.4); así como de las tablas de “Comparación de Magnitudes” de cada una de las etapas, en la que se compara la incidencia teórica en la calidad del producto según el Manual del Inspector de Calidad de la empresa Propulsora Siderúrgica S.A.I.C., contra las consecuencias de faltar o exceder el rango de operación de determinada magnitud dadas por los “Cuadros de Diagnóstico” mostrados anteriormente; dicha tabla servirá para identificar tanto el impacto en el cliente como en el proceso de determinada magnitud. Mientras que la probabilidad de aparición de una No-Conformidad según las características del equipo, se asignará según las características identificadas en los “Cuadros de Diagnóstico” de cada etapa.

### 2.4.1 Decapado

<b>Tabla 8. Comparación de Magnitudes de Decapado</b>				
<b>Magnitud</b>	<b>Incidencia teórica en la calidad del producto</b>	<b>Rango de operación</b>	<b>Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación</b>	<b>Observaciones</b>
Cloruros del agua desmineralizada y agua dura en último tanque de enjuague	La función principal del lavado es la de eliminar los restos de ácido clorhídrico y sales, producto del proceso de decapado. A fin de evitar herrumbre plitiforme durante el proceso de laminación en frío, es importante lograr valores del orden de los 10 mg/m <sup>2</sup> , como máximo, de cloruros sobre la chapa. Estos valores se logran solamente manteniendo en óptimo estado el sistema de lavado.	20 ppm máx.	Si aumentan los cloruros, sube la conductividad, y el agua no esta lavando la chapa. El exceder el rango genera oxidación puntual, los cuales dependen del nivel de humedad ambiental.	Con esta medición se garantiza que no se este pasando ácido de la última etapa de decapado al enjuague. Sino pueden existir puntos seguros de oxidación, y corrosión puntual si hay humedad ambiental.
Velocidad de corte	Se denomina “refilado” al recorte lateral que se efectúa al material laminado en caliente y decapado antes de ser laminado. El refilado cumple las siguientes funciones: a) eliminar las irregularidades y defectos ubicados en los bordes, y provenientes del laminado en caliente y propios de decapado, estas irregularidades podrían hacer peligrar la integridad de la bobina en la laminación en frío, además disminuirían en forma apreciable la vida de las guías del laminador; b) suministrar el material con el ancho solicitado.	0-100 0-35 Depende de la calidad de la chapa.	-	El ajuste del refilado es mecánico.

<b>Cont. Tabla 8. Comparación de Magnitudes de Decapado</b>				
<b>Magnitud</b>	<b>Incidencia teórica en la calidad del producto</b>	<b>Rango de operación</b>	<b>Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación</b>	<b>Observaciones</b>
-	El aceitado de la chapa decapada cumple varias funciones: Evitar la oxidación del material laminado en caliente decapado durante su permanencia en el depósito de Laminación; y evitar ralladuras que se pueden ocasionar por el roce entre espiras durante el bobinado en decapado.	-	-	-
Velocidad de la línea	A fin de optimizar la productividad de la línea, es necesario que la velocidad de proceso se mantenga entre 180 y 200 m/min.	-	A menor velocidad menor calidad de las bobinas laminadas en caliente. A mayor velocidad de los rodillos mayor concentración y temperatura del HCl.	Ninguno de estos 3 parámetros (velocidad, temperatura y concentración) se pueden estudiar independientemente, ya que estos parámetros están interrelacionados. Lo importante es mantener constante la velocidad de la línea en los valores de máxima producción; para esto, cuando haya que mejorar la calidad del producto, se deben modificar en primera instancia algunos de los otros dos parámetros (temperatura y/o concentraciones).
Concentración de los baños ácidos	Estas concentraciones deberán mantenerse en valores prefijados, ya que cualquier alteración en menos implicaría un decapado escaso (bajo decapado); para corregir esta anomalía, habría que disminuir la velocidad de la línea, esto traería aparejado una disminución de la productividad. Mientras que una alteración de las concentraciones en más, significa un sobre decapado del material, con los consiguientes riesgos de roturas durante la laminación.	80-200 g/L (30-200 g/L)	<80g/L: mal decapado, no habiendo una remoción de óxido en la superficie de la chapa. 200g/L<: sobredecapado en la superficie de la chapa en la cual se aplica el ácido.	
Temperatura de los baños ácidos	Para poder realizar un buen decapado con las concentraciones óptimas y a la velocidad indicada, es necesario mantener la temperatura del ácido en las piletas en valores prefijados según la profundidad del proceso de decapado que se desea lograr. Si disminuye la temperatura del baño (manteniendo constantes la velocidad y concentraciones) disminuye la acción del baño decapante, por consiguiente el material sale bajo decapado. Si la temperatura del baño es mayor a los valores antedichos, la acción del baño sobre la chapa será mayor, en este caso el material saldrá sobredecapado.	32-85°C 32-80°C 32-75°C 32-75°C	-	
Presión del vapor	-	2-5 kgf/cm <sup>2</sup> .	< 2 kgf/cm <sup>2</sup> : pérdida de temperatura. 5 kgf/cm <sup>2</sup> <: disparo de válvula de seguridad.	Asegura la calidad del decapado.
Concentración de hierro 2 <sup>+</sup>	-	130 g/L máximo	A mayor concentración de hierro, menor concentración de ácido; por lo que se ingresa ácido nuevo para mejorar la velocidad del decapado.	Rango de error de las pipetas 0.05 (Visual).
pH del agua desmineralizada y agua dura en última etapa de enjuague	-	5.0-7.5	Si baja el pH sube la conductividad. Se esta pasando ácido	-
Conductividad del agua desmineralizada y agua dura en última etapa de enjuague.	-	100 μS. máx.		
Dureza de agua en almacén de agua desmineralizada	-	0 ppm máx.	Incrusta la caldera. Incremento de sales en el enjuague de la chapa, lo cual puede ocasionar óxido.	-

A continuación se presenta la aplicación del método AMEM a las magnitudes de la etapa de Decapado.

<b>Tabla 9. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES - DECAPADO</b>					
<b>Magnitud</b>	<b>Impacto en el cliente</b>	<b>Impacto en el producto</b>	<b>Probabilidad de falla</b>	<b>Número de Importancia</b>	<b>Determinación de características</b>
Presión de vapor	1	10	7	70	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Presión de ácido	1	1	7	7	Esta característica no es relevante.
Temperatura del ácido en condición normal	5	10	2	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Presión del agua desmineralizada	1	1	7	7	Esta característica no es relevante.
Flujo del agua desmineralizada	1	1	5	5	Esta característica no es relevante.
Temperatura del agua desmineralizada	1	1	2	2	Esta característica no es relevante.
Flujo de vapor	1	1	1	1	Esta característica no es relevante.
Temperatura de vapor	1	1	2	2	Esta característica no es relevante.
Velocidad de corte	3	3	1	9	Esta característica no es relevante.
Peso de la bobina	10	5	1	50	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Velocidad de decapado	1	10	5	50	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Ancho de la chapa	10	1	3	30	Esta característica puede ser medida.

A continuación se presenta la aplicación del método AMEM para las magnitudes de Decapado verificadas por el Laboratorio.



<b>Tabla 10. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES – DECAPADO/LABORATORIO</b>					
<b>Magnitud</b>	<b>Impacto en el cliente</b>	<b>Impacto en el producto</b>	<b>Probabilidad de falla</b>	<b>Número de Importancia</b>	<b>Determinación de características</b>
Volumen de soda utilizada para la titulación de ácido	10	5	1	50	Esta característica puede ser medida.
Concentración de hierro 2 <sup>+</sup>	1	10	1	10	Esta característica no es relevante.
pH del agua desmineralizada y agua dura en último tanque de enjuague	1	10	10	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Conductividad del agua desmineralizada y agua dura en último tanque de enjuague	1	10	10	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Cloruros del agua desmineralizada y agua dura en último tanque de enjuague	10	5	1	50	Esta característica puede ser medida.
pH en almacén de agua desmineralizada	1	1	10	10	Esta característica no es relevante.
Conductividad en almacén de agua desmineraliza	1	1	10	10	Esta característica no es relevante.
Cloruros en almacén de agua desmineralizada	1	1	1	1	Esta característica no es relevante.
Dureza de agua en almacén de agua desmineralizada	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.

De las tablas anteriores, se tiene que las magnitudes críticas en la etapa de DECAPADO son las siguientes:

- PRESIÓN DE VAPOR.
- TEMPERATURA DEL ÁCIDO EN CONDICIÓN NORMAL (TEMPERATURA DE LOS BAÑOS ÁCIDOS).
- VELOCIDAD DE LA LÍNEA (VELOCIDAD DE DECAPADO).
- PESO DE LA BOBINA.
- PH DEL AGUA DESMINERALIZADA Y AGUA DURA EN ÚLTIMO TANQUE DE ENJUAGUE.
- CONDUCTIVIDAD DEL AGUA DESMINERALIZADA Y AGUA DURA EN ÚLTIMO TANQUE DE ENJUAGUE.

#### 2.4.2 Laminación

Tabla 11. Comparación de Magnitudes de Laminación				
Magnitud	Incidencia teórica en la calidad del producto	Rango de operación	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Observaciones
Porcentaje de aceite total de la emulsión	Los factores que determinan la calidad de la emulsión son: porcentaje de aceite total, porcentaje de aceite activo, porcentaje de aceite contaminante, índice de saponificación, polvillo (en porcentaje) y determinación de pH.	4.0-5.0 % en peso	-	Método visual de ml de aceite.
Porcentaje de aceite activo de la emulsión	Ídem.	3.5-5.0 % en peso	-	-
Porcentaje de aceite contaminante de la emulsión	Ídem.	-	-	-
Polvillo de la emulsión	Ídem.	-	-	-
Determinación de pH de la emulsión	Ídem	6.0-8.0	-	-
Espesor de la chapa	-	Laminador: 0.25-2.30 mm (ident) Rewinder: 0-25 mm (0.29-1.55) (414-418)	Espesores incorrectos. Espesor fuera de especificación.	-

<b>Cont. Tabla 11. Comparación de Magnitudes de Laminación</b>				
<b>Magnitud</b>	<b>Incidencia teórica en la calidad del producto</b>	<b>Rango de operación</b>	<b>Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación</b>	<b>Observaciones</b>
Temperatura de la emulsión	La refrigeración de los cilindros de trabajo, tiene por objeto mantener constante el gradiente de temperatura de cada cilindro. De no ser suficiente la refrigeración de los cilindros la “bombatura” térmica crece constantemente; este perfil del cilindro es debido a que al tener una zona con mayor temperatura que otra, sufre una dilatación no uniforme a lo largo del mismo; si la “bombatura térmica” es exagerada produce defectos de ondulación al centro, si existe exceso de refrigeración la bombatura será menor a la debida, produciéndose defectos de ondulación en bordes. Si el sistema de refrigeración tiene uno o más rociadores tapados en coincidencia con dichos rociadores, se producirá una zona en el cilindro con mayor temperatura; esta zona se dilatará más produciéndose un canal de laminación	49-51 °C 0-70 °C	Mal funcionamiento de la máquina.	45-55 °C es el rango dado por el fabricante para lubricar bien.
Índice de saponificación de la emulsión	La lubricación en el proceso de laminación cumple con la función de disminuir la potencia aplicada para obtener la deformación plástica. La deformación plástica en frío es efectuada por fuerzas de tracción y compresión, producidas por el tren de laminación ; estas fuerzas deben vencer a una constituida por la resistencia a la deformación del material LAC más la fuerza de roce producida por el contacto entre cilindro y chapa. El lubricante al formar una película homogénea entre cilindro y chapa disminuye la fuerza de roce, al disminuir esta fuerza, disminuye en consecuencia la fuerza total necesaria para producirle al material LAC una deformación plástica en frío. Si la película de lubricante es muy eficiente se produce un patinado del cilindro de trabajo sobre la chapa, debido a este patinado aparecen “rayaduras por deslizamiento”. Si la película de lubricante es deficiente puede originarse la rotura de la misma, esto produce “rayaduras de calor”.	80-100 mgKOH/gr	<80 mgKOH/gr: pérdida de lubricidad debido a la presencia de fluido hidráulico.	Mide el nivel de lubricidad de la emulsión utilizada en el proceso de laminación. Los valores estándar del índice de saponificación son: emulsión estable mínimo 70 mgOHK/g emulsión y emulsión inestable mínimo 200 mgOHK/g emulsión.
Tensión de los mandriles	El tiro del mandril bobinador da la presión específica de contacto entre espiras. Esta presión de contacto es muy importante para los pasos posteriores del proceso, un excesivo tiro del mandril (implica una excesiva presión de contacto entre espiras) se manifiesta en el recocido a través de “encoladuras”; un escaso tiro del mandril bobinador produce unan “ovalización” o “aplastamiento” de las bobinas. Este bobinado flojo trae dificultades en el temperado pudiendo producirse rayaduras por espiras flojas (por deslizamiento entre espiras) o “remontaduras”. El tiro del mandril bobinador se mide en amperes, y los valores estandar se encuentran tabulados en función del espesor y del ancho del material.	0 a +4 V	La chapa se puede reventar o los controles eléctricos se disparan	-

Cont. Tabla 11. Comparación de Magnitudes de Laminación				
Magnitud	Incidencia teórica en la calidad del producto	Rango de operación	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Observaciones
Rugosidad de cilindros	Producto en ciclo: si la rugosidad es demasiado baja (y en el caso que los ciclos de recocido no estén adecuados a las bajas rugosidades) el material corre el riesgo de encoladuras en el recocido. Si la rugosidad es demasiado alta puede suceder que el temper no alcance a modificarla, aplastándola y produciéndole al material una textura superficial despareja y de aspecto desagradable. Producto terminado (galvanizados): el material crudo para galvanizados es provisto con rugosidad especial de 10 a 40 $\mu$ . Si la rugosidad es inferior a 10 $\mu$ , el espesor del recubrimiento disminuirá apreciablemente, debiendo bajar la velocidad de la línea para obtener mayor espesor de Zn; esto trae aparejado una disminución de la productividad de la línea. Si la rugosidad es superior a los 40 $\mu$ , se vería incrementada la capa de recubrimiento con el consiguiente aumento en el consumo de Zn; esto es económicamente perjudicial para el galvanizador, ya que le aumenta considerablemente el costo del producto.	-	-	-
Convexidad o concavidad de los rodillos	El bombé o “bombatura” de los cilindros de trabajo es el perfil del cilindro. La “bombatura” puede ser positiva, nula (cilindros planos) o negativa. La “bombatura” positiva corresponde a un perfil cóncavo y la negativa a uno convexo. En la práctica la bombatura es siempre plana o positiva, solo por desgaste se llega a obtener un bombé negativo. La bombatura de los cilindros de trabajo es muy importante en la forma final del material; si la bombatura elegida es muy elevada, el material saldrá ondulado al centro; de lo contrario, se ondulará en los bordes.	-	-	-
Ancho de la chapa	-	1000-1004 mm	Anchos incorrectos y fuera de especificación.	-
Presión de entrada de la emulsión	-	5 a 6 kgf/cm <sup>2</sup>	-	Es condición de arranque de la máquina.
Velocidad de la línea	-	-	Se puede romper la chapa.	-
Fuerza de separación	-	750 psi	Se puede correr la lámina si da mayor. 750 psi<: no afecta. <750 psi: reduce la presión de compresión, alterando el espesor de la chapa.	-
Concentración de hierro total de la emulsión	-	300 ppm máx.	300 ppm<: se verá reflejado como suciedad sobre la superficie de la chapa laminada en frío y después del proceso de recocido.	-
Cloruros de la emulsión	-	50 ppm máx.	Si aumentan los cloruros hay oxidación en el material bajo ciertas condiciones de humedad relativa.	-

Cont. Tabla 11. Comparación de Magnitudes de Laminación				
Magnitud	Incidencia teórica en la calidad del producto	Rango de operación	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Observaciones
Contaminantes sólidos de la emulsión	-	12 % máx	-	Es una relación de la saponificación virgen con la saponificación del proceso.
Índice de estabilidad de la emulsión	-	100 % mínimo	100%<: N/A. <100%: se da rompimiento de emulsión y suciedad sobre la chapa.	-
Conductividad de la emulsión	-	400 $\mu$ S máx	400 $\mu$ S<: exceso de sales disueltas, las cuales generarían óxido sobre la superficie de la chapa de acuerdo a la humedad relativa.	Medición indirecta del nivel de sales.
Índice de acidez de la emulsión	-	4.0-6.6 mgKOH/gr	Acidez menor: provoca una disminución de la lubricidad de la emulsión en el proceso de laminación. Acidez mayor: implica una oxidación de la emulsión que la degrada y la vuelve químicamente inestable para la aplicación.	Mide el nivel de adhesión que tienen los jabones de hierro sobre la lámina en la mordida. Esta medida solo se registra para el proveedor del aceite, ya que no se puede controlar.
Jabón de hierro de la emulsión	-	0.5 % máx	-	Mide el nivel de suciedad.
Nivel de tanque de la emulsión	-	-	Nivel alto de aceite, baja dosificación de agua.	-
pH del agua del tanque de laminación	-	6.0-7.0	Si el pH sale del rango crea desequilibrio químico en la emulsión.	-
Conductividad del agua del tanque de laminación	-	50-100 $\mu$ S.	$\mu$ S>: implica oxidación en superficie de la chapa debido a incremento de sales. $\mu$ S<: implica rompimiento de la emulsión debido al bajo contenido de sales.	-

A continuación se presenta la aplicación del método AMEM a las magnitudes de la etapa de Laminación.

Tabla 12. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES - LAMINACIÓN					
Magnitud	Impacto en el cliente	Impacto en el producto	Probabilidad de falla	Número de Importancia	Determinación de características
Espesor de la chapa	10	10	3	300	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Ancho de la chapa	10	1	3	30	Esta característica puede ser medida.
Temperatura de la emulsión	10	10	7	700	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.

<b>Cont. Tabla 12. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES - LAMINACIÓN</b>					
<b>Magnitud</b>	<b>Impacto en el cliente</b>	<b>Impacto en el producto</b>	<b>Probabilidad de falla</b>	<b>Número de Importancia</b>	<b>Determinación de características</b>
Presión de entrada de la emulsión	1	10	7	70	Esta característica puede ser medida.
Fuerza de separación	5	5	7	175	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Velocidad de la línea	3	1	2	6	Esta característica no es relevante.
Tensión de los mandriles	10	5	2	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.

A continuación se presenta la aplicación del método AMEM para las magnitudes de Laminación verificadas por el Laboratorio.

<b>Tabla 13. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES – LAMINACIÓN/LABORATORIO</b>					
<b>Magnitud</b>	<b>Impacto en el cliente</b>	<b>Impacto en el producto</b>	<b>Probabilidad de falla</b>	<b>Número de Importancia</b>	<b>Determinación de características</b>
Porcentaje de aceite total	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
Porcentaje de aceite activo	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
pH de la emulsión	10	1	10	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Índice de saponificación	10	5	1	50	Esta característica puede ser medida.
Concentración de hierro total	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
Cloruros en la emulsión	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
Contaminantes sólidos	1	5	1	5	Esta característica no es relevante.
Índice de estabilidad	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
Conductividad de la emulsión	10	1	10	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Índice de acidez	5	10	1	50	Esta característica puede ser medida.

<b>Cont. Tabla 13. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES – LAMINACIÓN/LABORATORIO</b>					
<b>Magnitud</b>	<b>Impacto en el cliente</b>	<b>Impacto en el producto</b>	<b>Probabilidad de falla</b>	<b>Número de Importancia</b>	<b>Determinación de características</b>
Jabón de hierro	1	5	1	5	Esta característica no es relevante.
Nivel de tanque	1	1	2	2	Esta característica no es relevante
Temperatura de la emulsión	10	10	7	700	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
pH del agua del tanque laminador	1	10	10	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Conductividad del agua del tanque de laminación	10	1	10	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Cloruros del agua del tanque de laminación	1	1	1	1	Esta característica no es relevante.

De las tablas anteriores, se tiene que las magnitudes críticas en la etapa de LAMINACIÓN son las siguientes:

- ESPESOR DE LA CHAPA.
- TEMPERATURA DE LA EMULSIÓN.
- TENSIÓN DE LOS MANDRILES.
- FUERZA DE SEPARACIÓN.
- PH DE LA EMULSIÓN.
- CONDUCTIVIDAD DE LA EMULSIÓN
- PH DEL AGUA DEL TANQUE LAMINADOR
- CONDUCTIVIDAD DEL AGUA DEL TANQUE DE LAMINACIÓN

### 2.4.3 Recocido

Tabla 14. Comparación de Magnitudes de Recocido				
Magnitud	Incidencia teórica en la calidad del producto	Rango de operación	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Observaciones
Porcentaje de oxígeno en la campana	Una entrada de aire en la campana de recocido durante el ciclo, trae aparejada la contaminación de la atmósfera inerte con oxígeno. Como ya es sabido, el acero que es una aleación de hierro, carbono y otros componentes, en la que prevalece fundamentalmente el hierro (con más de 99%) es afín con el oxígeno; esta afinidad traducida en la formación de óxido de hierro, aumenta a medida que aumenta la temperatura del material. Debido a ésta propiedad del acero, si la atmósfera inerte se contamina con oxígeno, éste se combinará fácilmente con el hierro del material, oxidándolo. Esta oxidación del material es la que se conoce como “halos de recocido”, los halos de recocido son óxido estable (no progresivo), cuya intensidad depende de la cantidad de aire que haya entrado durante el ciclo. Las distintas causas de entrada de aire en la campana pueden ser: por serpentín del sistema de enfriamiento, por las juntas (fundamentalmente las de goma) en mal estado, y por fisuras en la campana. Otro motivo de oxidación de la carga, puede ser un retiro anticipado de la campana de recocido. Si al retirar la campana de recocido, la carga tiene temperatura superior a la normal de descarga, ésta se oxidará al entrar en contacto con la atmósfera.	-	-	-
Temperatura de la bobina (temperatura de recocido)	Un ciclo de recocido está formado principalmente por temperatura y tiempo de permanencia a temperatura; ambas cosas están estrechamente vinculadas. No es posible realizar un correcto ciclo de recocido llevando el material a muy alta temperatura, durante un corto lapso de tiempo. Tampoco es posible recocer un material a baja temperatura durante mucho tiempo. Para que un ciclo de recocido sea correcto se deberá adecuar la temperatura del material con el tiempo de permanencia a ésta temperatura. Si un material es recocido a excesiva temperatura, se produce un “pegado” de las espiras, conocido como “encoladuras de recocido”. Pero no siempre la elevada temperatura es la única causa del encolado; muy a menudo, la bobina viene “predispuesta a la encoladura”, esta predisposición puede estar dada por baja rugosidad y/o alta tensión de bobinado. Cualquiera de los mencionados factores separadamente o combinados entre si pueden ser motivo de encoladuras.	1240 °C máx	No permite continuar el proceso.	-



<b>Cont. Tabla 14. Comparación de Magnitudes de Recocido</b>				
<b>Magnitud</b>	<b>Incidencia teórica en la calidad del producto</b>	<b>Rango de operación</b>	<b>Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación</b>	<b>Observaciones</b>
Tiempo de elevación de la temperatura (Velocidad de calentamiento)	El recocido es el responsable de quitarle la "acritud" al material laminado en frío, haciéndolo apto para absorber deformaciones (plegado, estirado, embutido, perfilado, etc.). Las características metalúrgicas son los parámetros que determinan la capacidad de absorber deformaciones que posee la chapa. Los factores de los cuales depende un recocido correcto son los siguientes: velocidad de calentamiento, temperatura de recocido, y tiempo de permanencia a temperatura. Estos parámetros tienen valores que dependen de la carga (peso y forma) y de la calidad que se quiera obtener.	12 horas	Decremento en la calidad del producto.	-
Tiempo del sostenimiento de la temperatura	Ídem.	20 horas	Decremento en calidad del producto.	-
Presión de campana interna	-	0 - 30	No permite continuar el proceso.	-
Tiempo de enfriamiento con aire	-	6 horas	Decremento en calidad del producto.	-
Tiempo de enfriamiento con agua	-	20 horas	Decremento en calidad del producto.	-
Flujo de hidrógeno	-	0-25 m <sup>3</sup> 4-20 MA	No permite continuar el proceso.	-
Flujo de nitrógeno	-	0-25 m <sup>3</sup> 4-20 MA	No permite continuar el proceso.	-
Flujo de agua	-	Enfriadores: 0-100 gal/min máx Sellos: 0-30 gal/min máx	No permite continuar el proceso.	-
pH en torre de enfriamiento	-	8.3-8.9	Se pasa la emulsión al sistema, los intercambiadores se tapan. Si el pH baja, las purgas son muy grandes.	Es función de los ciclos de concentración.
Ciclos de concentración	-	Torre de enfriamiento: 1.5-1.8 (1.5-2.2)	Incrustaciones en la campana.	Se determinan a través de la relación de los cloruros que hay en el sistema y los cloruros que hay en el agua de reposición.
Nivel de inhibidor (fosfonato)	-	> 10 unidades	Incrustaciones en la campana.	-
RPM del ventilador	-	-	Diferencias de dureza en la bobina	Homogenización de la atmósfera dentro de la campana del horno.

A continuación se presenta la aplicación del método AMEM a las magnitudes de la etapa de Recocido.

<b>Tabla 15. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES - RECOCIDO</b>					
<b>Magnitud</b>	<b>Impacto en el cliente</b>	<b>Impacto en el producto</b>	<b>Probabilidad de falla</b>	<b>Número de Importancia</b>	<b>Determinación de características</b>
Temperatura de la bobina	10	10	2	200	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Presión de campana interna	1	10	2	20	Esta característica puede ser medida.
Tiempo de elevación de la temperatura	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
Tiempo de sostenimiento de la temperatura	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
Tiempo de enfriamiento con aire	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
Tiempo de enfriamiento con agua	10	1	1	10	Esta característica no es relevante.
Flujo de hidrógeno	1	10	5	50	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Flujo de nitrógeno	1	10	5	50	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Flujo de agua	1	10	5	50	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Porcentaje de oxígeno en la campana	10	10	2	200	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Consumo de gas	1	1	7	7	Esta característica no es relevante.
RPM del ventilador	1	10	10	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.

A continuación se presenta la aplicación del método AMEM para las magnitudes de Recocido verificadas por el Laboratorio.

<b>Tabla 16. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES – RECOCIDO/LABORATORIO</b>					
<b>Magnitud</b>	<b>Impacto en el cliente</b>	<b>Impacto en el producto</b>	<b>Probabilidad de falla</b>	<b>Número de Importancia</b>	<b>Determinación de características</b>
pH en torre de enfriamiento	1	1	1	1	Esta característica no es relevante.
Ciclos de concentración	1	10	1	10	Esta característica no es relevante.
Nivel de inhibidor	1	10	1	10	Esta característica no es relevante.
Sólidos totales disueltos	1	1	5	5	Esta característica no es relevante.

De las tablas anteriores, se tiene que las magnitudes críticas en la etapa de RECOCIDO son las siguientes:

- TEMPERATURA DE LA BOBINA
- PORCENTAJE DE OXÍGENO EN LA CAMPANA
- FLUJO DE HIDRÓGENO
- FLUJO DE NITRÓGENO
- FLUJO DE AGUA
- RPM DEL VENTILADOR

#### 2.4.4 Temper

Tabla 17. Comparación de Magnitudes de Temper				
Magnitud	Incidencia teórica en la calidad del producto	Rango de operación	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Observaciones
Alargamiento (Elongación)	El “alargamiento” a que se debe someter al material durante el temperado es un valor calculado en base al espesor, ancho y calidad; el alargamiento puede ser efectuado de manera inferior o superior al indicado. si el alargamiento es menor al indicado el mismo no alcanzará para eliminarle al material totalmente la zona de fluencia. Si queda una zona de fluencia aunque sea menor, durante el estampado pueden aparecer “líneas de LUDERS”. Si el alargamiento dado por el temper es superior al indicado, la zona de fluencia se eliminará totalmente, pero con un aumento considerable de la tensión de fluencia ( $\sigma_z$ ). Este incremento en dicha tensión originará una disminución del período plástico, con el consiguiente deterioro de las características metalúrgicas. El valor del alargamiento es tal que sirve para eliminar la zona de fluencia sin incrementar la tensión ( $\sigma_z$ ); esto significa que el período plástico debe permanecer igual al que tendría el material sin temperar.	0.8% máx.	Se maximizan las ondulaciones en el centro y borde de la chapa.	-

Cont. Tabla 17. Comparación de Magnitudes de Temper				
Magnitud	Incidencia teórica en la calidad del producto	Rango de operación	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Observaciones
Envejecimiento	En los productos para estampado, hechos con material efervescente, las características metalúrgicas impuestas por el temper no son perennes. Al cabo de un corto período comenzará a aparecer la zona de fluencia, esto significa que un cliente que compre material efervescente para estampado, si quiere obtener buenos resultados, deberá procesarlo inmediatamente. El material calmado, no sufre alteraciones de importancia con el tiempo; es decir, que para aquellos clientes que trabajan con stock de material, lo adecuado para estampado es este acero. Otro parámetro sumamente importante en el envejecimiento es la temperatura de laminado en el temper. Una bobina para estampado debe ser laminada a temperatura ambiente, ya que una temperatura mayor acelera notablemente el proceso de envejecimiento. Esto sucede no solamente en el material efervescente sino también en el material calmado.	-	-	-
Aspo de salida	Si las guías de bronce se hallan desgastadas o sobresalientes producen una abolladura transversal a la dirección de laminación, que comienza grave en las espiras en contacto con el mandril y disminuye a medida que las espiras se alejan del mismo.	-	-	-
Rugosidad de cilindros	Todas las consideraciones sobre rugosidad hechas en laminación son válidas para el temper. El temper es, prácticamente, la última línea del proceso de laminación, que le confiere al material características metalúrgicas y/o superficiales. Su objeto principal es dotar al material de características superficiales que faciliten su uso posterior.	-	-	-
Sistema detergente (Suciedad)	El “detergente” usado en temper, es una solución de un detergente alcalino en agua, en concentraciones que oscilan entre un 5% y un 9%. El detergente alcalino que conforma la solución, lleva en su composición, aditivos anticorrosivos; si la solución se prepara con concentraciones de detergente por debajo del 5%, se corre el riesgo de que se forme en el material seco herrumbre por detergente. En realidad, la herrumbre por detergente no solamente puede atribuirse a una mala composición de la solución detergente, sino que esta condición favorece la aparición del defecto, cuando el lavado en decapado fue deficiente. El detergente no debe pasar, pero si esto sucede es preferible que sobre la chapa se forme una película uniforme. Cuando pasa en forma de gotas aisladas, las posibilidades de formación de herrumbre son mayores.	-	Se detiene el proceso para evitar mala forma de la chapa.	-

Cont. Tabla 17. Comparación de Magnitudes de Temper				
Magnitud	Incidencia teórica en la calidad del producto	Rango de operación	Consecuencias de faltar o exceder el rango de operación	Observaciones
Convexidad o concavidad de los rodillos	Al igual que en laminación, los cilindros de trabajo de temper tienen bombé. La diferencia fundamental es que en temper, la bombatura del cilindro se puede modificar con el sistema Fox. El Fox consiste básicamente en aplicar una fuerza en los bordes de los cilindros de trabajo. Si el material viene ondulado al centro, dando presión Fox se disminuye la bombatura de los cilindros, laminando más los bordes. Si el material trae ondulaciones en los bordes, quitando el Fox, se les devuelve al cilindro la bombatura original, caminando preferiblemente al centro.	-	-	-
Fuerza de carga	-	250-650 kN	Incidencia directa en ondulaciones y elongación de la chapa. La elongación debe ser como mínimo 0.8%.	-
Tensión entre mandriles	-	Depende del grosor de la lámina.	No se produciría suficiente elongación en la chapa, y no se podría controlar la forma de ésta.	-
Rugosidad de la chapa	-	Brillante: 15-20µin Semimate: 20-70 µin Mate: 70 µin en adelante	Fuera de especificación de cliente.	-
Peso de la bobina	-	-	Pérdidas económicas, y fuera de especificación del cliente.	-
Dureza	-	-	Fuera de especificación del cliente y norma.	-
Ondulaciones de la chapa	-	-	Fuera de especificación del cliente.	Depende de la carga de los rodillos no de la velocidad de la chapa. Para mantenerlas según especificación de cliente es necesario modificar la fuerza o el crown del rodillo.
Fuerza de separación	-	3000 psi máx.	La falta de presión puede producir ondulaciones en el centro de la chapa, mientras que mucha presión puede producir ondulaciones en los bordes.	-

A continuación se presenta la aplicación del método AMEM a las magnitudes de la etapa de Recocido.

<b>Tabla 18. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS MEDICIONES - TEMPER</b>					
<b>Magnitud</b>	<b>Impacto en el cliente</b>	<b>Impacto en el producto</b>	<b>Probabilidad de falla</b>	<b>Número de Importancia</b>	<b>Determinación de características</b>
Velocidad lineal de la chapa	1	1	1	1	Esta característica no es relevante.
Fuerza de carga	10	1	2	20	Esta característica puede ser medida.
Tensión entre mandriles	10	3	1	30	Esta característica no es relevante.
Rugosidad	10	10	9	900	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Peso de la bobina	10	10	1	100	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Suciedad de la bobina	10	2	1	20	Esta característica puede ser medida.
Ondulaciones de la chapa	10	1	3	30	Esta característica puede ser medida.
Dureza	10	10	9	900	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Fuerza de separación	10	5	7	350	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Convexidad o concavidad de los rodillos	10	5	7	350	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.
Elongación	5	10	7	350	Esta característica DEBE ser medida, asegurándose la calibración del equipo.

De las tablas anteriores, se tiene que las magnitudes críticas en la etapa de RECOCIDO son las siguientes:

- RUGOSIDAD DE CILINDROS Y CHAPA.
- PESO DE LA BOBINA.
- DUREZA.
- FUERZA DE SEPARACIÓN.
- CONVEXIDAD O CONCAVIDAD DE LOS RODILLOS.
- ELONGACIÓN.

#### 2.4.5 Laboratorio

Con referencia al equipo de laboratorio que es importante calibrar, se determinó en base a la tabla de equipos con que cuenta esta unidad y la función principal de cada uno de ellos, excluyendo a los equipos que se utilizan para mediciones directas de las magnitudes de cada etapa, como los mostrados en los Cuadros de Diagnóstico. Por lo que, los equipos de laboratorio que se incluirán en el Plan de Calibración son:

- Horno
- Báscula semianalítica
- Báscula de vacío analítica
- Medidor de partes por millón

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO DEL PLAN DE CALIBRACIÓN**

#### **3.0 Introducción**

Este capítulo define el plan de calibración para los equipos o instrumentos de medición utilizados en el proceso de laminación en frío, y cuyas magnitudes se identificaron como críticas en la etapa de diagnóstico a través del método AMEM.

Cada plan de calibración detalla el método de verificación o calibración, la frecuencia, los documentos de referencias, registros y responsabilidades para cada magnitud según la etapa del proceso productivo.

Como documento de referencia y soporte al plan de calibración, se presenta el Manual de Procedimientos de verificación o calibración para los equipos involucrados en la medición de las magnitudes críticas del proceso de laminación en frío. También, se determina la Trazabilidad de la verificación o calibración de los equipos considerados dentro del plan.





Codigo: PCAL-001  
 Descripción: PLAN DE CALIBRACIÓN  
 Area: DECAPADO

Página: 1 de 5  
 Fecha de emisión: Oct. / 04  
 Revisión: \_\_\_\_\_

MAGNITUD	EQUIPO O INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	METODO DE CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FRECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	REGISTRO	RESPONSABLE	INFORMAR EN CASO DE NO CONFORMIDAD
Temperatura de baños acidos	Termopar / Termómetro	Punto de hielo y punto de ebullición	C / 3 MESES	PDCAL 001 SEC 3.01	TER 001	Supervisor Decapado	-Jefe de Area -Control de Calidad
pH del agua desmineralizada y agua dura en última etapa de enjuague	medidor digital de pH	Comparación con buffers (soluciones estándar)	C / MES	PDCAL 001 SEC 4.01	pHM 001	Encargado Laboratorio	-Jefe de Laboratorio -Control de Calidad
Conductividad del agua desmineralizada y agua dura en última etapa de enjuague	medidor digital de Conductividad	Comparación con buffers (soluciones estándar)	C / MES	PDCAL 001 SEC 4.02	CDT 001	Encargado Laboratorio	-Jefe de Laboratorio -Control de Calidad
Presión de vapor	Manómetro	Comparación con manómetro patrón	C / 3 MESES	PDCAL 001 SEC 5.01	MAN 001	Supervisor Decapado	-Jefe Decapado -Control de Calidad
Velocidad de linea	Transductor de velocidad (Tacómetro)	Proveedor externo aprobado	C / 6 MESES	N/A	Certificado de Calibración	-	-Jefe Decapado -Control de Calidad
Peso de la bobina	Báscula	Proveedor externo aprobado	C / 6 MESES	N/A	Certificado de Calibración	-	-Jefe Decapado -Control de Calidad

Realizado por:  
 Fecha:

Revisado y aprobado por:  
 Fecha:



Código: PCAL-001  
 Descripción: PLAN DE CALIBRACIÓN  
 Área: LAMINACIÓN

Página: 2 de 5  
 Fecha de emisión: Oct. / 04  
 Revisión: \_\_\_\_\_

MAGNITUD	EQUIPO O INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MÉTODO DE CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FRECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	REGISTRO	RESPONSABLE	ACCIONES EN CASO DE NO CONFORMIDAD
Temperatura de la emulsión	Termómetro	Punto de hielo y punto de ebullición	C / 3 MESES	PDCAL 001 SEC 3.01	TER 001	Supervisor Laminación	-Jefe de Area -Control de Calidad
pH de la emulsión	medidor digital de pH	Comparación con buffers (soluciones estándar)	C / MES	PDCAL 001 SEC 4.01	pHM 001	Supervisor Laminación	-Jefe de Laboratorio -Control de Calidad
Conductividad de la emulsión	medidor digital de Conductividad	Comparación con buffers (soluciones estándar)	C / MES	PDCAL 001 SEC 4.02	CDT 001	Supervisor Laminación	-Jefe de Laboratorio -Control de Calidad
Espesor de la chapa	Gamma Gauge	Comparación contra micrómetro calibrado	C / MES	PDCAL 001 SEC 7.03	GMG 001	Supervisor Laminación	-Jefe de Area -Control de Calidad
	Micrómetro	Comparación con bloques estándar	C / MES	PDCAL 001 SEC 7.01	MIC 001	Supervisor Laminación	-Jefe de Area -Control de Calidad
Tensión de los mandriles	Celda de carga	Proveedor externo aprobado	C / 6 MESES	N/A	Certificado de calibración	-	-Jefe de Area -Control de Calidad
pH del agua del tanque de laminación	medidor digital de pH	Comparación con buffers (soluciones estándar)	C / MES	PDCAL 001 SEC 4.01	pHM 001	Encargado Laboratorio	-Jefe de Laboratorio -Control de Calidad
Conductividad del agua del tanque de laminación	medidor digital de Conductividad	Comparación con buffers (soluciones estándar)	C / MES	PDCAL 001 SEC 4.02	CDT 001	Encargado Laboratorio	-Jefe de Laboratorio -Control de Calidad
Fuerza de separación	Celda de carga	Proveedor externo aprobado	C / 6 MESES	N/A	Certificado de calibración	-	-Jefe de Area -Control de Calidad

Realizado por:  
 Fecha:

Revisado y aprobado por:  
 Fecha:



Código: PCAL-001  
 Descripción: PLAN DE CALIBRACIÓN  
 Área: RECOCIDO

Página: 3 de 5  
 Fecha de emisión: Oct. / 04  
 Revisión: \_\_\_\_\_

MAGNITUD	EQUIPO O INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MÉTODO DE CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FRECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	REGISTRO	RESPONSABLE	INFORMAR EN CASO DE NO CONFORMIDAD
Temperatura de la bobina	Termopar	Punto de hielo y punto de ebullición	C / 3 MESES	PDCAL 001 SEC 3.01	TER 001	Supervisor Recocido	-Jefe de Area -Control de Calidad
Flujo de Hidrógeno	Medidor de Flujo	Proveedor externo aprobado	C / AÑO	N/A	Certificado de Calibración	-	-Jefe de Area -Control de Calidad
Flujo de Nitrógeno	Medidor de Flujo	Proveedor externo aprobado	C / AÑO	N/A	Certificado de Calibración	-	-Jefe de Area -Control de Calidad
Flujo de Agua	Medidor de Flujo	Proveedor externo aprobado	C / AÑO	N/A	Certificado de Calibración	-	-Jefe de Area -Control de Calidad
Porcentaje de oxígeno en campana	Analizador de contenido de oxígeno	Comparacion con gas estándar	C / 2 MESES	PDCAL 001 SEC 8.01	AOX 001	Supervisor Recocido	-Jefe de Area -Control de Calidad
RPM del ventilador	Transductor de velocidad (Tacómetros)	Proveedor externo aprobado	C / 6 MESES	N/A	Certificado de Calibración	-	-Jefe de Area -Control de Calidad

Realizado por:  
 Fecha:

Revisado y aprobado por:  
 Fecha:



Código: PCAL-001  
 Descripción: PLAN DE CALIBRACIÓN  
 Área: TEMPER

Página: 4 de 5  
 Fecha de emisión: Oct. / 04  
 Revisión: \_\_\_\_\_

MAGNITUD	EQUIPO O INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MÉTODO DE CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FRECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	REGISTRO	RESPONSABLE	INFORMAR EN CASO DE NO CONFORMIDAD
Rugosidad	Rugosímetro	Comparación con bloque estándar	C / 3 MESES	PDCAL 001 SEC 6.02	RUG 001	Supervisor Temper	-Jefe de Area -Control de Calidad
Convexidad o concavidad de los rodillos	Indicador de carátula	Comparación con bloques estándar	C / MES	PDCAL 001 SEC 7.02	ICA 001	Supervisor Temper	-Jefe de Area -Control de Calidad
Peso de la bobina	Báscula	Proveedor externo aprobado	C / 6 MESES	N/A	Certificado de calibración	-	-Jefe de Area -Control de Calidad
Dureza	Durómetro	Comparación con bloques estándar	C / 6 MESES	PDCAL 001 SEC 6.01	DUR 001	Supervisor Temper	-Jefe de Area -Control de Calidad
Fuerza de separación	Celda de carga	Proveedor externo aprobado	C / 6 MESES	N/A	Certificado de calibración	-	-Jefe de Area -Control de Calidad

Realizado por:  
 Fecha:

Revisado y aprobado por:  
 Fecha:



Codigo: PCAL-001  
 Descripción: PLAN DE CALIBRACIÓN  
 Area: LABORATORIO

Página: 5 de 5  
 Fecha de emisión: Oct. / 04  
 Revisión: \_\_\_\_\_


MAGNITUD	EQUIPO O INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MÉTODO DE CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FRECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	REGISTRO	RESPONSABLE	INFORMAR EN CASO DE NO CONFORMIDAD
Temperatura	Horno	Gráfica de Temperatura contra tiempo	C / 3 MESES	PDCAL 001 SEC 3.02	TER 002	Encargado Laboratorio / Supervisor Recocido	-Jefe de Area -Control de Calidad
Masa	Báscula de Vacío Analítica	Excentricidad repetibilidad linealidad	C / 4 MESES	PDCAL 001 SEC 2.01	BAS 001	Encargado Laboratorio	-Jefe de laboratorio -Control de Calidad
Masa	Báscula semi-analitica	-Excentricidad -repetibilidad -linealidad	C / 4 MESES	PDCAL 001 SEC 2.01	BAS 001	Encargado Laboratorio	-Jefe de laboratorio -Control de Calidad
Volumen	Medidores de volumen	Método gravimétrico	ANUAL Ó EQUIPO NUEVO	PDCAL 001 SEC 2.02	VOL 001	Encargado Laboratorio	-Jefe laboratorio -Control de Calidad

Realizado por:  
 Fecha:

Revisado y aprobado por:  
 Fecha:





TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
GENERALIDADES DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 1.00	Página 1 de 5

## 1. OBJETIVO

Establecer las generalidades para el uso y aplicación de este manual, a fin de aclarar los conceptos referentes a la verificación o calibración.

## 2. ALCANCE

Este manual es aplicable a los instrumentos involucrados en las magnitudes críticas del proceso de laminación en frío.

## 3. RESPONSABILIDADES


El mantenimiento y mejora continua de este manual es responsabilidad del departamento de Control de Calidad, la identificación y corrección de cualquier error contenido en este manual es responsabilidad del jefe del departamento de Control de Calidad.

## 4. DEFINICIONES

A continuación se presentan las definiciones de los conceptos importantes antes de hacer uso de este manual de procedimientos de verificación de calibración.

**Buffer:** Nombre que se le da las soluciones estándar usadas en calibración de pH y conductividad.

**Calibración:** conjunto de operaciones que establecen, bajo 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 un material de referencia, y los valores correspondientes de una cantidad obtenida por un patrón de referencia.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
GENERALIDADES DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 1.00	Página 2 de 5

**Error absoluto de medición:** es el resultado numérico de una medición menos el valor verdadero del mensurando.

**No Conformidad:** Se entenderá como cualquier anomalía o variación de los resultados fuera del error permitido.

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

**Registro de calibración:** Documento físico o digital que guarda información referente a los resultados de las calibraciones que demuestran la capacidad de medición de cada elemento de medición.

**Resolución (de un dispositivo indicador):** expresión cuantitativa de la aptitud de un dispositivo indicador para distinguir significativamente valores adyacentes de la magnitud indicada.

**Termopar:** Dispositivo que censa la temperatura por medio del potencial termoeléctrico de dos metales distintos en contacto íntimo entre los cuales se desarrolla un voltaje que depende de la temperatura de la unión y de los materiales particulares empleados.


**Trazabilidad:** la propiedad del resultado de una medición por la cual ella puede ser relacionada a patrones de medición apropiados, generalmente patrones internacionales o nacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones. La cadena ininterrumpida de comparaciones es llamada cadena de trazabilidad.

## 5. SECCIONES DEL MANUAL PDCAL 001

El manual está dividido en secciones, con la finalidad de hacer más fácil la búsqueda de los equipos a través del documento; además de esta manera resulta más accesible modificar y sustituir una sección en particular y no todo el manual cuando se requiera alguna corrección o actualización.

A continuación el resumen de cada sección:



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
GENERALIDADES DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 1.00	Página 3 de 5

SEC 2.00 → Masas y Volúmenes; Se incluyen las básculas de vacío analíticas y semi-analíticas, así como también los recipientes volumétricos de laboratorio.

SEC 3.00 → Termometría; Termómetros, termopares y hornos forman esta sección dedicada a los equipos de medición de la temperatura.

SEC 4.00 → Química; Forman parte de esta sección los medidores de pH y conductividad.

SEC 5.00 → Presión; Los manómetros son los participantes en esta sección.

SEC 6.00 → Acabado; Se incluyen el durómetro y el rugosímetro como elementos que verifican propiedades de acabado del material.

SEC 7.00 → Dimensionales; Todo lo relacionado a las dimensiones de la lámina forman este grupo, micrómetros, indicadores de carátula y medidor de espesor por radiación ionizante.

SEC 8.00 → Otros Equipos; Se incluye el analizador de oxígeno.

SEC 9.00 → Trazabilidad.

## 6. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

### 6.2 ACEPTACIÓN

Se considerará **ACEPTADO** el estatus de cualquier medición y por consiguiente el del equipo de medición., siempre y cuando el valor del error no exceda el valor del error máximo permisible que aparece en cada sección y para cada equipo en particular.

De determinarse un equipo como **ACEPTADO** se procederá a colocar la viñeta de color verde (Fig. 1) que avala la verificación de la calibración extendiéndose el período de ésta según se exprese en la sección correspondiente.


TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
GENERALIDADES DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 1.00	Página 4 de 5



Fig.1. Viñeta de aceptación de la verificación de calibración.

### 6.3 RECHAZO

Un equipo se considerará **RECHAZADO** en caso de que no se cumplan los requisitos para con el error máximo permisible, es decir que el error calculado para cualquiera de las mediciones sobrepase el error permitido.

Si un equipo es considerado como **RECHAZADO** se procederá a colocar la tarjeta de rechazo (Fig. 2) en la cual se deberá especificar el motivo por el cual se ha rechazado el equipo.

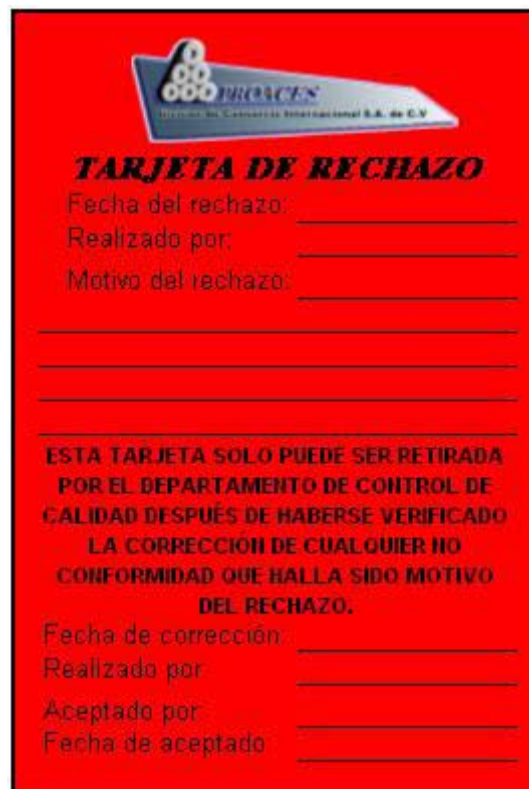



Fig. 2. Tarjeta de rechazo para la verificación de la calibración

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
GENERALIDADES DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 1.00	Página 5 de 5


**Nota: La aceptación para poder retirar la tarjeta de rechazo debe ser realizada por el personal de Control de Calidad, siendo éste departamento el único autorizado para poder retirar la tarjeta de rechazo.**


## 7. REGISTRO DE CALIBRACIÓN


A continuación la descripción del registro de calibración y las consideraciones importantes para el llenado de los mismos:

- La primera parte del registro se refiere a la identificación del equipo; en la *descripción* se especificará brevemente el tipo del equipo que se está verificando, el apartado para el *área* sirve para determinar responsabilidades en caso de una no conformidad, también se deberá asignar un *código* a cada equipo para poder identificar a cada equipo individualmente.
- La segunda parte muestra el detalle de las mediciones realizadas para la verificación, el error calculado, el error permitido y el estatus de cada medición.
- El registro debe de contener los valores de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa.
- La parte final del registro contiene la fecha en la que se realiza la verificación y la de la futura verificación, además se especifica quien *realiza* la verificación y quien *aprueba* los resultados del registro.
- Todos los registros deberán tener un código para poder identificar a cada uno de ellos.
- El llenado del registro se hará con lápiz, no se aceptarán tachones ni correcciones que dificulten la identificación o lectura de cualquier valor en el registro.
- La firma de aceptación deberá estar plasmada con bolígrafo y **SOLO EL DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD ESTÁ AUTORIZADO PARA APROBAR CUALQUIER REGISTRO.**



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA BÁSCULAS DE LABORATORIO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.01	Página 1 de 8
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar las Básculas de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a las básculas del área de laboratorio.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste de las básculas del área de laboratorio, son responsabilidad del personal encargado de dicha área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración de los equipos es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para básculas de laboratorio, código BAS-001</li> <li>▪ Certificado de calibración de masas patrón.</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA BÁSCULAS DE LABORATORIO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.01	Página 2 de 8
<p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ OIML R74</li> <li>▪ Manual del fabricante de la báscula a calibrar.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Masas patrón</li> <li>▪ Báscula a calibrar</li> <li>▪ Burbuja de nivel</li> <li>▪ Guantes de látex</li> <li>▪ Pinzas</li> <li>▪ Porta pesas</li> <li>▪ Alcohol</li> <li>▪ Papel de limpieza o franela</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <p>a) La báscula debe de encontrarse conectada a la corriente eléctrica, al menos 24 horas antes de la calibración, aún cuando no se encuentre encendida (“standby”).La calibración debe realizarse en el lugar donde, normalmente, es utilizada la báscula.</p> <p>b) Limpiar la báscula y las masas patrón con alcohol, siendo necesario la utilización de guantes de látex. Es necesario que se utilicen guantes de látex, al momento de realizar la calibración y durante la manipulación de las masas patrón, con el objeto de no añadir contaminantes o pesos extras al momento de realizar la medición, ya que puede afectar el resultado de la medición.</p>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA BÁSCULAS DE LABORATORIO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.01	

- c) Asegurarse que la báscula se encuentra correctamente nivelada sobre la superficie que se encuentre, use la burbuja de nivel.
- d) Revisar las condiciones ambientales durante el proceso de calibración, la temperatura debe ser de  $25 \pm 5$  ° C y la humedad relativa no mayor al 50 %.
- e) Las masas patrón deben dejarse ambientar cerca de la báscula, con el fin de que exista un equilibrio térmico entre las pesas y el instrumento ( al menos 4 horas).
- f) Realizar el ajuste de la escala electrónica de la báscula, lo que normalmente los fabricantes llaman la “calibración interna”, antes de iniciar con las pruebas.
- g) Al iniciar cada prueba debe ajustarse a cero la indicación y no se debe repetir hasta finalizar la prueba.
- h) Una vez iniciada cada prueba no se suspende hasta finalizarla. Si por cualquier motivo se tiene que suspender alguna prueba, se debe de reiniciar y continuarla hasta su término.
- i) Siempre colocar las masas patrón en el centro del plato de pesada, exceptuando las posiciones en la prueba de excentricidad.

### 6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

#### 6.3.1 *Prueba de Excentricidad*

- a) La prueba debe realizarse con una masa patrón o carga de, aproximadamente, un tercio del alcance máximo de la báscula.
- b) Las posiciones de la carga en el plato de la báscula son las mostradas en la Fig. 1.

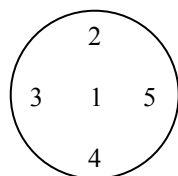


Fig. 1. Posiciones de la masa patrón en la prueba de excentricidad.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA BÁSCULAS DE LABORATORIO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.01	Página 4 de 8

- c) Se ajusta a cero la indicación del instrumento, se espera un tiempo hasta que estabilice la lectura en la pantalla (2.5-3 seg. aproximadamente) y se registra la lectura de la báscula sin carga en el formato BAS 001.
- d) Se coloca la masa patrón en la posición 1 del plato de la báscula, se espera un tiempo para la estabilización de la lectura en la pantalla (2.5-3 seg. aproximadamente) y se registra dicha lectura.
- e) Se retira la carga, se espera un tiempo para la estabilización de la lectura en la pantalla y se registra la lectura de la báscula sin carga..
- f) Repetir los literales d) y e) para el resto de los puntos de la prueba, recuerde dejar un tiempo prudencial para la estabilización de la lectura y de registrar cada resultado en el formato correspondiente.
- g) Se toman las lecturas de las condiciones ambientales y se registran en el formato de calibración correspondiente (BAS 001).

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato BAS 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

### 6.3.2 *Prueba de Linealidad*

- a) La prueba consiste en un mínimo de 10 pesadas, con 5 cargas crecientes y 5 cargas decrecientes, equidistantes y cubriendo toda la escala de la báscula. Para la ejecución de la prueba se requiere un juego de pesas o masas patrón certificado en valor de masa convencional.
- b) Se ajusta a cero la indicación del instrumento, se espera un tiempo hasta que estabilice la lectura en la pantalla (2.5-3 seg. aproximadamente) y se registra la lectura de la báscula sin carga en el formato BAS 001.




TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA BÁSCULAS DE LABORATORIO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.01	Página 5 de 8

- c) Se coloca una masa patrón equivalente al 20% del alcance máximo de la báscula, sobre el plato de pesada, se toma un tiempo de estabilización (2.5-3 seg. aproximadamente) y se registra la lectura.
- d) Se repite el literal c) para los siguientes porcentajes del alcance máximo de la báscula: 40%, 60%, 80% y 100%, respectivamente. Finaliza la parte creciente de la prueba.
- e) Para la parte decreciente de la prueba, se realiza el mismo procedimiento que en la parte creciente de la prueba, solo que ahora iniciando con la masa patrón equivalente al 100% del alcance máximo de la báscula y finalizando con la lectura de la báscula sin carga después de la masa patrón equivalente al 20% del alcance máximo de la báscula.
- f) Se toman las lecturas de las condiciones ambientales y se registran en el formato de calibración correspondiente (BAS 001).

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato BAS 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

### 6.3.3 *Prueba de Repetibilidad*

- a) Se seleccionan las pesas a utilizar en la prueba. La masa de sensibilidad se selecciona como una pesa entre 10 y 100 veces la resolución de la báscula sin que exceda el 1% del alcance máximo del instrumento. La prueba se realiza al 50% y al 100% del alcance máximo, por lo que se selecciona una pesa que se encuentre cercana a cada uno de estos porcentajes de la escala; cuando por el diseño del instrumento se requiera, se pueden utilizar mas de una pesa pero considerando que sea el menor número posible de estas y tratando de acercarse a los porcentajes especificados.
- b) Se ajusta a cero la indicación del instrumento.
- c) Se espera un tiempo de estabilización (2.5-3 seg. aproximadamente) y se anota la lectura de la báscula sin carga sobre el plato de pesada.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA BÁSCULAS DE LABORATORIO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.01	Página 6 de 8


- d) Se coloca la pesa de sensibilidad sobre el plato de la báscula, se espera un tiempo de estabilización y se anota la lectura de la báscula.
- e) Se retira la pesa de sensibilidad, se espera un tiempo de estabilización y se anota la lectura de la báscula sin carga sobre el plato de pesada.
- f) Se coloca la carga que corresponde al 50% o al 100% según sea la prueba que se esté realizando, se espera un tiempo de estabilización y se toma la lectura de la báscula.
- g) Se retira la pesa, se espera un tiempo de estabilización y se anota la lectura de báscula sin carga sobre el plato de pesada.
- h) Se repiten los literales f) y g) hasta realizar 10 lecturas del instrumento con la carga sobre el plato de la báscula.
- i) Se coloca nuevamente la pesa de sensibilidad sobre el plato de la báscula, se espera un tiempo de estabilización y se toma la lectura de la báscula.
- j) Se retira la pesa de sensibilidad, se espera un tiempo de estabilización y se toma la lectura de la báscula sin carga en el plato de pesada.
- k) Se toman las lecturas de las condiciones ambientales y se registran en el formato de calibración correspondiente. BAS 001.

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato BAS 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El error permitido entre el valor nominal de las masas patrón y la lectura de la báscula será de 0.2 mg máximo para básculas de vacío analíticas y de 0.1 g máximo para básculas de tipo semi-analíticas.


En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA BÁSCULAS DE LABORATORIO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.01	Página 7 de 8

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **4 meses** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

## 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA BÁSCULAS DE LABORATORIO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.01	

APÉNDICE A1  
 FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA  
 BÁSCULAS  
 CODIGO BAS 001



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo

Descripción:	
Área:	
Código:	

Registro N°: \_\_\_\_\_

DETALLE DE CALIBRACIÓN

<i>Prueba de Excentricidad</i>				
Posición	Valor nominal	Valor medido	Error	Estatus
0 (Sin carga)				
1				
1 (Sin carga)				
2				
2 (Sin carga)				
3				
3 (Sin carga)				
4				
4 (Sin carga)				
5				
5 (Sin carga)				


<i>Prueba de linealidad</i>				
% de carga	Valor nominal	Valor medido	Error	Estatus
0 (Sin carga)				
20%				
40%				
60%				
80%				
100%				
100%				
80%				
60%				
40%				
20%				
0 (Sin carga)				


<i>Prueba de Repetibilidad</i>				
	Valor nominal	Valor medido	Error	Estatus
Sin carga				
P. Sensibilidad				
Sin carga				
Con Carga (1)				
Sin carga				
Con Carga (2)				
Sin carga				
Con Carga (3)				
Sin carga				
Con Carga (4)				
Sin carga				
Con Carga (5)				
Sin carga				
Con Carga (6)				
Sin carga				
Con Carga (7)				
Sin carga				
Con Carga (8)				
Sin carga				
Con Carga (9)				
Sin carga				
Con Carga (10)				
Sin carga				
P. Sensibilidad				
Sin carga				


Error permitido:			
Condiciones ambientales	Temp:	HR:	

Día de Cal:	Próx. Cal:
Realiza:	
Aprueba:	

Cod: BAS 001

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA EQUIPO DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.02	Página 1 de 5
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar equipo de medición volumétrica de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a pipetas, buretas, tituladores, matraces y cualquier equipo de laboratorio utilizado para la medición de volúmenes.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación de calibración del equipo volumétrico es responsabilidad del personal encargado del área de laboratorio. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para equipo volumétrico, código VOL-001</li> <li>▪ Certificado de calibración de báscula patrón.</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA EQUIPO DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.02	Página 2 de 5
<p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ficha técnica o certificado de calibración del equipo volumétrico.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Equipo a calibrar (Bureta, pipeta, etc.)</li> <li>▪ Agua</li> <li>▪ Báscula semi-analítica calibrada</li> <li>▪ Superficie nivelada</li> <li>▪ Calculadora</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Los elementos volumétricos sujetos a verificación deberán estar completamente secos y limpios.</li> <li>b) Las condiciones ambientales para la verificación deberán ser: Temperatura <math>23^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}</math> y la humedad relativa no mayor del 50 %.</li> </ol> <p>6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>c) Se pesa el sujeto de calibración completamente vacío y se anota este valor en el registro de calibración correspondiente.</li> <li>d) Repita el primer literal hasta obtener cinco lecturas con el recipiente vacío.</li> <li>e) Llene el recipiente hasta el volumen que desea verificar, se tomará como referencia el menisco formado por el agua en el recipiente.</li> </ol>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA EQUIPO DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.02	Página 3 de 5

- f) Coloque el recipiente lleno sobre la báscula y anote el valor del recipiente lleno en el formato de calibración correspondiente.
- g) Repita los literales c) y d) hasta obtener cinco lecturas con el recipiente lleno.
- h) Anote los valores de las condiciones ambientales en el registro de calibración.

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato VOL 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para la aceptación de la verificación de la calibración del equipo volumétrico se usará la siguiente fórmula:

$$V = \frac{m}{\rho_{\text{agua}}}$$

Donde:

V: Volumen contenido por el recipiente


$\rho$ : Densidad del agua

m: Masa aparente;  $m_{\text{lleno}} - m_{\text{vacío}}$ . \*Ambas masas son la media de las cinco lecturas.

El error máximo permitido para la calibración de elementos volumétricos será de **más o menos la mitad de la menor unidad de medida del recipiente.**

En el caso de que no se cumplan los requerimientos, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.


Si los resultados satisfacen las condiciones requeridas, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **1 año** hasta la próxima verificación de la calibración **o para equipos nuevos**, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA EQUIPO DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.02	Página 4 de 5

## 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA EQUIPO DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 2.02	Página 5 de 5

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**EQUIPO VOLUMÉTRICO**  
**CODIGO VOL 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo

Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

Volumen nominal: \_\_\_\_\_

Densidad del agua: \_\_\_\_\_

	$m_{vacio}$	$m_{lleno}$	
1			
2			
3			
4			
5			$m_{aparente}$
Media			


Volumen Nominal	Volumen Calculado	Error	Estatus


Error permitido:			
Condiciones ambientales	Temp:	HR:	

Día de Cal:	Próx. Cal:
Realiza:	
Aprueba:	

Cod: VOL 001



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA TERMÓMETROS Y TERMOPARES	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.01	Página 1 de 6
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar Termómetros y termopares de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a los termopares de las diferentes áreas (decapado, recocido), así como también para termómetros bimetálicos de todas las áreas.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste de los termopares y termómetros en todas las áreas de la planta, son responsabilidad del personal encargado de cada área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración de los equipos es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para Termómetros y termopares, código TER-001</li> <li>▪ Certificado de calibración del patrón que se utilice.</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA TERMÓMETROS Y TERMOPARES	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.01	Página 2 de 6

## 5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS

- Procedimiento TH-004 para la calibración de termómetros de columna de líquido de inmersión total. Centro Español de Metrología.
- Manual del fabricante del equipo a calibrar.


## 6. DESARROLLO

### 6.1 MATERIALES Y EQUIPOS

- Vaso aislado térmicamente como recipiente de profundidad adecuada
- Cuchara de plástico o de acero inoxidable
- Agua Destilada
- Varilla de vidrio
- Termómetro patrón de resistencia de platino
- Hot plate, que alcance el grado de ebullición del agua
- Guantes
- Registrador de condiciones ambientales: Temperatura y Humedad Relativa.


### 6.2 PREPARACIÓN

- a) El vaso deberá lavarse repetidas veces con agua destilada y no utilizarse para otros líquidos.
- b) El hielo se preparará con agua destilada y a ser posible en forma de escamas, en caso de no poder disponer de él en esta forma, deberá ser triturado hasta alcanzar gránulos de un tamaño inferior a 1 cm.
- c) Se anotarán las condiciones ambientales durante la calibración: temperatura y humedad relativa.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA TERMÓMETROS Y TERMOPARES	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.01	Página 3 de 6

### 6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

- a) Se comienza la calibración con la medida en 0 ° C, si este valor no estuviese incluido en la escala, se medirá el de temperatura más baja.
- b) Llenar el vaso con un mínimo de 100 ml de hielo, procurando no tocar el hielo con la manos, para lo que puede utilizarse una cuchara .
- c) Añadir la mínima cantidad de agua destilada, aproximadamente 50 ml, suficiente para que el hielo adquiera un aspecto traslúcido.
- d) Agitar el baño de hielo con objeto de uniformizarlo, usando una varilla de vidrio o cuchara de acero inoxidable. Idealmente, debería haber en el vaso tanto hielo como fuera posible, con los espacios intermedios entre los gránulos de hielo llenos de agua destilada y el agua destilada debería estar saturada de aire.
- e) Debido a que el hielo flota en el agua, se producirá una acumulación de agua en el fondo del vaso. Para evitarlo, debe retirarse ésta y añadir hielo para mantener la uniformidad, procurando siempre no contaminar el baño.
- f) Para comprobar si el baño está lo suficientemente estable, es conveniente registrar la lectura del patrón.
- g) Antes de utilizar el baño de hielo es conveniente esperar de 15 a 30 minutos, para que toda la mezcla alcance una temperatura constante.
- h) Colocar el termómetro o termopar a calibrar y el patrón en la zona central del baño (zona caracterizada en uniformidad), próximos y sin tocarse entre sí. Asegurándose una profundidad de inmersión adecuada del termómetro o termopar a calibrar y el patrón.
- i) Se debe procurar que ni el patrón ni el termómetro o termopar a calibrar toquen el fondo o las paredes del baño. Se deben situar en la zona caracterizada del baño en uniformidad y a veces puede ser útil utilizar un homogeneizador (bloque metálico, p.e.) para ganar en uniformidad y en temperatura.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA TERMÓMETROS Y TERMOPARES	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.01	Página 4 de 6

- j) Conecte el termopar o el termómetro a calibrar adentro del vaso, y déjelo descansando en la mezcla (agua destilada / hielo) por espacio de 1 minuto. Los gránulos de hielo no deben haberse fundido.
- k) Tome la lectura tanto del equipo a calibrar como la del patrón , regístrela en el formato TER 001.
- l) Retire el termopar o el termómetro del vaso y bote la mezcla del mismo.
- m) Lave el vaso repetidas veces con agua destilada.
- n) Coloque en el vaso 20 ml de agua destilada.
- o) Encienda el hot plate y ponga el vaso en él, hasta que el agua ebulle.
- p) Tome el vaso con la mano (usando guantes) y coloque la punta de el termopar o termómetro en el mismo, déjelo que descanse en éste por unos 20 segundos.
- q) Conecte el termopar o el termómetro al patrón y tome la lectura y registre la lectura.


**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato TER 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El error permitido entre la lectura que se obtiene con el equipo a calibrar y el patrón, para la medición de 0 ° C y 100 ° C es de  $\pm 1$  ° C.


En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **3 meses** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA TERMÓMETROS Y TERMOPARES	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.01	Página 5 de 6

## 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA TERMÓMETROS Y TERMOPARES	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.01	Página 6 de 6

APÉNDICE A1  
 FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA  
 TERMOPARES Y TERMÓMETROS  
 CODIGO TER 001



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo

Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

PUNTO FRÍO

Lectura del equipo	Lectura del patrón	Error
Estatus		

PUNTO DE EBULLICIÓN


Lectura del equipo	Lectura del patrón	Error
Estatus		


Error permitido:				
Condiciones ambientales	Temp:		HR:	


Día de Cal:		Próx. Cal:	
Realiza:			
Aprueba:			

Cod: TER 001



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA HORNOS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.02	Página 1 de 5
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar hornos de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a los hornos de las áreas de laboratorio y recocido, siempre que éstos entrelacen las variables de temperatura y tiempo.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste de los hornos en todas las áreas de la planta, son responsabilidad del personal encargado de cada área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración de los equipos es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para hornos, código TER-002</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA HORNOS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.02	Página 2 de 5
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Certificado de calibración del graficador de temperatura o termómetro patrón que se utilice.</li> </ul> <p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual del fabricante del equipo a calibrar.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Graficador de temperatura.</li> <li>▪ Termocupla tipo K.</li> <li>▪ Termómetro patrón de resistencia de platino</li> <li>▪ Guantes</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) En caso de que el horno este apagado, enciéndalo asegurándose que esté programado de acuerdo a su funcionamiento normal.</li> <li>b) Debe de haber material del proceso normal dentro del horno para que la gráfica que se obtenga sea lo mas real posible.</li> </ol> <p>6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Colocar la termocupla del graficador o termómetro patrón al lado de la termocupla del controlador del horno.</li> </ol>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA HORNOS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.02	Página 3 de 5

- b) Conectar la termocupla al graficador de temperatura/ termómetro cierre el horno para que comience su proceso normal.
- c) Dejar el graficador funcionando por un período de una hora o el tiempo del ciclo de la máquina.
- d) Al final de los primeros 15, 30 minutos y al final del ciclo de la máquina obtenga la lectura del graficador/ termómetro y compárela con las lecturas del display del horno, anote los resultados en el formato de calibración.
- e) La grafica completa debe de verificarse contra la temperatura nominal que debe alcanzar el horno cuando se programa.


**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato TER 002 del Apéndice A1 de esta misma sección. La gráfica completa que se obtenga al final de la verificación se deberá anexar como parte del registro de calibración del horno.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El error permitido entre la lectura que se obtiene con el patrón y el display del horno será de  $\pm 10^{\circ} \text{C}$  para el horno de laboratorio y de  $\pm 25^{\circ} \text{C}$  para los hornos de recocido.


En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **3 meses** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA HORNOS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.02	Página 4 de 5

## 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA HORNOS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 3.02	Página 5 de 5

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**HORNOS**  
**CODIGO TER 002**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo

Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

*15 MIN*

Lectura del display	Lectura del patrón	Error
Estatus		

*30 MIN*

Lectura del display	Lectura del patrón	Error
Estatus		

*FINAL*

Lectura del display	Lectura del patrón	Error
Estatus		


Error permitido:			
Condiciones ambientales	Temp:		HR:


Día de Cal:		Próx. Cal:	
Realiza:			
Aprueba:			

NOTA: El registro incluye la gráfica completa del horno


Cod: TER 002



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIGITAL DE pH	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.01	Página 1 de 5
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar Medidores digitales de pH de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a medidores digitales de pH y abarca todos los rangos de medición de las diferentes áreas de la planta.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste del medidor digital es responsabilidad del personal encargado del área (laboratorio). Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para medidor digital de pH, código pHM-001</li> <li>▪ Certificado de calibración de las soluciones estándar.</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIGITAL DE pH	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.01	Página 2 de 5
<p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual del fabricante del equipo a calibrar.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solución buffer de 4.01, 7.00 y 10.01 pH</li> <li>▪ Medidor digital de pH a calibrar</li> <li>▪ Beaker</li> <li>▪ Agua desmineralizada</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Las condiciones ambientales que se deben tener en cuenta a la hora de calibrar un equipo de este tipo son: una temperatura de <math>23^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}</math>, y la humedad relativa no debe ser mayor del 40%.</li> <li>b) Coloque agua desmineralizada dentro del beaker para lavar el electrodo (punta de medición) de pH.</li> <li>c) Encienda el medidor digital en su modo de medición de pH.</li> <li>d) Lave el electrodo con el agua desmineralizada, teniendo cuidado de no golpearlo contra las paredes del beaker porque podría dañarse el electrodo.</li> </ol> <p>6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Se comienza la calibración con la solución de pH de 4.01.</li> </ol>			




TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIGITAL DE pH	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.01	Página 3 de 5

- b) Sumerja el electrodo para pH en la solución buffer de 4.01, espere que establezca la lectura aproximadamente de 3 a 5 minutos y anote el valor de pH en el registro de calibración código pHM 001.
- c) Lavar el electrodo con agua desmineralizada, para limpiarlo de toda contaminación.
- d) Quitar el exceso de agua sacudiéndolo con mucho cuidado. No se debe tocar el electrodo en ningún momento.
- e) Sumerja el electrodo para pH en la solución buffer de 7.00, espere que establezca la lectura aproximadamente de 3 a 5 minutos y anote el valor de pH en el registro de calibración código pHM 001.
- f) Lavar el electrodo con agua desmineralizada, para limpiarlo de toda contaminación.
- g) Quitar el exceso de agua sacudiéndolo con mucho cuidado.
- h) Sumerja el electrodo para pH en la solución buffer de 10.01, espere que establezca la lectura aproximadamente de 3 a 5 minutos y anote el valor de pH en el registro de calibración código pHM 001.
- i) Lavar el electrodo con agua desmineralizada, para limpiarlo de toda contaminación.
- j) Quitar el exceso de agua sacudiéndolo con mucho cuidado.
- k) Anote el valor de la temperatura y la humedad relativa en el formato de calibración.

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato pHM 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El error máximo permitido para la calibración de medidores digitales será de  $\pm 0.01$  para los tres puntos de calibración.


TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIGITAL DE pH	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.01	Página 4 de 5

En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **1 mes** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

#### 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIGITAL DE pH	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.01	Página 5 de 5

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**MEDIDOR DIGITAL DE pH**  
**CODIGO pHM 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

<i>pH 4.01</i>		
Lectura del equipo	Lectura del patrón	Error

Estatus	
---------	--

<i>pH 7.00</i>		
Lectura del equipo	Lectura del patrón	Error

Estatus	
---------	--


<i>pH 10.01</i>		
Lectura del equipo	Lectura del patrón	Error

Estatus	
---------	--

Error permitido:				
Condiciones ambientales	Temp:		HR:	

Día de Cal:	Próx. Cal:		
Realiza:			
Aprueba:			

Cod: pHM 001

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIG. DE CONDUCTIVIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.02	Página 1 de 5

## 1. OBJETIVO

Sistematizar las actividades para verificar o calibrar Medidores digitales de Conductividad de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a medidores digitales de conductividad y abarca todos los rangos de medición de las diferentes áreas de la planta.

## 3. RESPONSABILIDADES

La verificación, calibración y ajuste del medidor digital es responsabilidad del personal encargado del área (laboratorio). Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.


## 4. DEFINICIONES


Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00

## 5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

### 5.1 DOCUMENTOS INTERNOS

- Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.
- Formato de calibración para medidor digital de conductividad, código CDT-001
- Certificado de calibración de las soluciones estándar.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIG. DE CONDUCTIVIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.02	
<p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual del fabricante del equipo a calibrar.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solución buffer</li> <li>▪ Medidor digital conductividad</li> <li>▪ Beaker</li> <li>▪ Agua desmineralizada</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Las condiciones ambientales que se deben tener en cuenta a la hora de calibrar un equipo de este tipo son: una temperatura de <math>23^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}</math>, y la humedad relativa no debe ser mayor del 40%.</li> <li>b) Coloque agua desmineralizada dentro del beaker para lavar el electrodo (punta de medición) de conductividad.</li> <li>c) Encienda el medidor digital en su modo de medición de conductividad.</li> <li>d) Lave el electrodo con el agua desmineralizada, teniendo cuidado de no golpearlo contra las paredes del beaker porque podría dañarse el electrodo.</li> </ol> <p>6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Se comienza la calibración con la solución de conductividad mas baja.</li> </ol>			


TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIG. DE CONDUCTIVIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.02	Página 3 de 5

- b) Sumerja el electrodo para conductividad en la solución buffer de 23  $\mu\text{S}$ , espere que estabilice la lectura aproximadamente de 3 a 5 minutos y anote el valor de pH en el registro de calibración código CDT 001.
- c) Lavar el electrodo con agua desmineralizada, para limpiarlo de toda contaminación.
- d) Quitar el exceso de agua sacudiéndolo con mucho cuidado. No se debe tocar el electrodo en ningún momento.
- e) Sumerja el electrodo para conductividad en la solución buffer de 84  $\mu\text{S}$ , espere que estabilice la lectura aproximadamente de 3 a 5 minutos y anote el valor de pH en el registro de calibración código CDT 001.
- f) Lavar el electrodo con agua desmineralizada, para limpiarlo de toda contaminación.
- g) Quitar el exceso de agua sacudiéndolo con mucho cuidado.
- h) Sumerja el electrodo para conductividad en la solución buffer de 447  $\mu\text{S}$ , espere que estabilice la lectura aproximadamente de 3 a 5 minutos y anote el valor de pH en el registro de calibración código CDT 001.
- i) Lavar el electrodo con agua desmineralizada, para limpiarlo de toda contaminación.
- j) Quitar el exceso de agua sacudiéndolo con mucho cuidado.
- k) Anote el valor de la temperatura y la humedad relativa en el formato de calibración.

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato CDT 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El error máximo permitido para la calibración de medidores digitales será de  $\pm 0.1 \mu\text{S}$  para los tres puntos de calibración.


TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIG. DE CONDUCTIVIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.02	Página 4 de 5

En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **1 mes** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

#### 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DIG. DE CONDUCTIVIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 4.02	

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**MEDIDOR DIGITAL DE CONDUCTIVIDAD**  
**CODIGO CDT 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	_____
Área:	_____
Código:	_____

DETALLE DE CALIBRACIÓN

<i>23 <math>\mu</math>S</i>		
Lectura del equipo	Lectura del patrón	Error

Estatus	
---------	--

<i>84 <math>\mu</math>S</i>		
Lectura del equipo	Lectura del patrón	Error

Estatus	
---------	--

<i>447 <math>\mu</math>S</i>		
Lectura del equipo	Lectura del patrón	Error

Estatus	
---------	--


Error permitido:				
Condiciones ambientales	Temp:		HR:	


Dia de Cal:		Próx. Cal:	
Realiza:			
Aprueba:			


Cod: CDT 001





TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MANÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 5.01	Página 1 de 5
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar Manómetros de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es de aplicación a los manómetros bourdon clásicos, totalmente mecánicos y analógicos que miden presiones relativas, es decir, referenciados a la presión atmosférica, independientemente del fluido utilizado como medio transmisor de la presión.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste de los manómetros son responsabilidad del personal encargado del área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para manómetros, código MAN 001</li> </ul>			


TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MANÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 5.01	Página 2 de 5
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Certificado de calibración del patrón usado.</li> </ul> <p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Procedimiento ME-003 para la calibración de manómetros tipo Bourdon.</li> <li>▪ Manual del fabricante del equipo a calibrar.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manómetro patrón.</li> <li>▪ Tuberías de acero al carbono ASTM A-53.</li> <li>▪ Generador de presión con regulador.</li> <li>▪ Separador de fluidos.</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Se comprobará el estado de la carátula, aguja indicadora (posibles defectos, torceduras, etc.), separación entre divisiones, respuestas a las variaciones de presión, etc.</li> <li>b) Se comprobarán fugas en la red de vapor y se desperezará el manómetro subiendo y bajando presión dos o tres veces hasta fondo de escala. Una idea de la existencia de fugas nos la dará la indicación del manómetro, lecturas que no son estables y que van disminuyendo lentamente.</li> <li>c) Manómetro y patrón se colocarán al mismo nivel de referencia para minimizar las variaciones de presión por diferencia de alturas.</li> </ol>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MANÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 5.01	Página 3 de 5

- d) El patrón se programará a ser posible en las mismas unidades que el manómetro a calibrar.
- e) Las condiciones ambientales deberán ser: Temperatura  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa menor de 40%.

### 6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

- a) La calibración cubrirá todo el rango del instrumento, se realizarán al menos 5 puntos que estarán regularmente espaciados, desde el 10% al 100% de su rango, además del cero si no tiene tope.
- b) Una vez desperezado el manómetro y definidos los puntos de calibración, se procederá a calibrar el instrumento.
- c) Con el generador se irá generando presión hasta alcanzar un valor cercano al primer punto definido de presión, a continuación con el regulador se ajustará la presión hasta que la lectura del patrón sea la deseada.
- d) La lectura del manómetro se realizará vibrando ligeramente el instrumento, para evitar errores producidos por fricciones mecánicas.
- e) La medida será válida siempre que el sistema sea estable y no se observen saltos o variaciones en las indicaciones del patrón e instrumento.
- f) Se repetirá este paso con los siguientes puntos de calibración, siempre aumentando la presión hasta llegar al valor máximo definido.
- g) El mismo proceso se realizará, pero ahora en sentido de presiones decrecientes hasta llegar al cero del manómetro.
- h) Se realizará la lectura del cero y se volverá a iniciar el ciclo.
- i) Se realizarán dos series de medidas siguiendo los ciclos definidos anteriormente: creciente y decreciente, con lo cual obtendremos 4 valores por punto de calibración, cantidad que se estima suficiente para la mayoría de instrumentos de este tipo.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MANÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 5.01	Página 4 de 5

- j) Una vez finalizada la calibración y antes de quitar el montaje conviene analizar los datos obtenidos, por si fuese necesario repetir algún punto de valor dudoso.
- k) Anote los valores de temperatura y humedad relativa en el registro de calibración.

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato MAN 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO


El error máximo permitido para la calibración de manómetros será **4%** para todos los puntos de calibración.

En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **3 meses** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

#### 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MANÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 5.01	Página 5 de 5

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**MANÓMETROS**  
**CODIGO MAN 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

	Valor nominal	Valor medido	Error	Estatus
0				
20%				
40%				
60%				
80%				
100%				
100%				
80%				
60%				
40%				
20%				
0				


	Valor nominal	Valor medido	Error	Estatus
0				
20%				
40%				
60%				
80%				
100%				
100%				
80%				
60%				
40%				
20%				
0				

Error permitido:				
Condiciones ambientales	Temp:		HR:	


Día de Cal:		Próx. Cal:	
Realiza:			
Aprueba:			

Cod: MAN 001



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA DURÓMETRO.	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.01	Página 1 de 7
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar Durómetros de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a máquinas para Dureza Rockwell.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste del Durómetro es responsabilidad del personal encargado del área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para durómetro, código DUR-001</li> <li>▪ Certificado de calibración de los bloques patrón.</li> </ul>			



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA DURÓMETRO.	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.01	Página 2 de 7
<p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual del fabricante del equipo a calibrar.</li> <li>▪ ASTM E18-02, “ Verification of Machines for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness Testing”</li> </ul> <p>6. DESARROLLO</p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bloques estándar</li> <li>▪ Durómetro</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Asegurarse que la máquina esté correctamente nivelada.</li> <li>b) El porta indentador debe estar correctamente asentado en el émbolo de indentación.</li> <li>c) Los bloques estándar a utilizar deben haber sido calibrados con el mismo tipo de bola indentadora, que el indentador a utilizar en la verificación indirecta.</li> <li>d) Las condiciones ambientales deben ser de: Temperatura <math>23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}</math> y la humedad relativa debe ser menor de 50%.</li> </ol> <p>6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) La máquina debe verificarse usando bloques estándares que recorran los rangos bajo, medio y alto de dureza, según la escala a utilizar. (Ver Tabla 1).</li> </ol>			


TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA DURÓMETRO.	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.01	Página 3 de 7


Tabla 1. Rangos de dureza usados en el Método de Verificación por Bloques Estándares<sup>A</sup>

Escala Rockwell	Rangos de dureza
C	20 a 30 35 a 55 59 a 65
B	40 a 59 60 a 79 80 a 100
30N	40 a 50 55 a 73 75 a 80
30T	43 a 56 57 a 70 incl Más de 70 a 82

<sup>A</sup> Para escalas no listadas, usar rangos de dureza equivalente; como por ejemplo: 20 HRC a 30 HRC corresponde a 69.4 HR 15N a 75.0 HR 15N.

- b) La máquina no debe ajustarse entre pruebas realizadas. De lo contrario, la verificación se considera incompleta, a menos que se cumplan los requerimientos del Reporte de Verificación.
- c) Hacer dos indentaciones para asegurarse que la máquina está trabajando libremente y que los bloques estándar, el indentador y el yunque están asentados correctamente. Los resultados de estas indentaciones preliminares deben ignorarse.
- d) Realizar 5 indentaciones en cada uno de los bloques estándar, distribuidas uniformemente sobre la superficie del bloque y registrar el valor de la dureza dentro del 0.2 de una unidad Rockwell.
- e) Para cada bloque estándar las lecturas de dureza de las 5 indentaciones ( $R_1, R_2 \dots R_5$ ) deben estar arregladas en orden creciente de magnitud ( $R_1 < R_2 < \dots < R_5$ )
- f) Anote las lecturas de las condiciones ambientales de la prueba en el formato de calibración DUR 001

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato DUR 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA DURÓMETRO.	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.01	Página 4 de 7

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para la aceptación de la verificación de la calibración del durómetro se deberá hacer en base a dos criterios: *La Repetibilidad y el error de la máquina.*

##### REPETIBILIDAD:

La repetibilidad de la máquina, bajo condiciones particulares de verificación, es determinada por la siguiente cantidad:

$$R_5 - R_1$$


La repetibilidad de la máquina verificada se considera satisfactoria, si se cumplen las condiciones dadas por la Tabla 2.

Tabla 2. Repetibilidad de máquinas.

Rangos de dureza de los bloques estándar	Repetibilidad <sup>A</sup> de la máquina no debe ser mayor que:
<i>Escala Rockwell C:</i> 25 a 30 35 a 55 59 a 65	2.0 1.5 1.0
<i>Escala Rockwell B:</i> 40 a 59 60 a 79 80 a 100	2.5 2.0 2.0
<i>Escala Rockwell 30N:</i> 40 a 50 55 a 73 75 a 80	2.0 1.5 1.0
<i>Escala Rockwell 30T:</i> 45 a 56 57 a 70, incl Más de 70 a 82	2.5 2.0 2.0

<sup>A</sup> La repetibilidad de máquinas sobre la escala de dureza Rockwell o Rockwell superficial, diferentes a las dadas en la Tabla 2 deben convertirse a su equivalente en dureza para esas escalas; excepto para las escalas 15N y 15T. En este caso, para escalas 15N y 15T, la repetibilidad no debe ser mayor que 1.0.

##### ERROR:

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA DURÓMETRO.	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.01	

El error de la máquina, bajo condiciones particulares de verificación, es determinada por la siguiente cantidad:

$$\bar{R} - R$$


Donde,  $\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_5}{5}$  y  $R =$  dureza establecida del bloque estándar utilizado.

El valor medio de las 5 pruebas no debe ser mayor que el valor medio de dureza del bloque estándar más la tolerancia máxima de este, mostrada en la tabla 3.

Tabla 3. Tolerancias para los bloques estándar.

Dureza Nominal de los bloques estándar	Tolerancias máxima de los bloques estándar:
<i>Escala C<sup>A</sup></i> 60 y mayores Menores de 60	± 0.5 ± 1.0
<i>Escala A</i> 80 y mayores Menores de 80 a 60.5, incl	± 0.5 ± 1.0
<i>Escala 15N</i> 90 y mayores Menores de 90 a 69.4, incl	± 0.7 ± 1.0
<i>Escala 30N</i> 77.5 y mayores Menores de 77.5 a 41.5, incl	± 0.7 ± 1.0
<i>Escala 45N</i> 66.5 y mayores Menores de 66.5 a 19.6, incl	± 0.7 ± 1.0
<i>Escala B<sup>B</sup></i> 45 y mayores Menores de 45 a 1.5, incl	± 1.0 ± 1.5
<i>Escala F</i> 99.6 a 57.0, incl	± 1.0
<i>Escala 15T</i> 75.3 y mayores Menores de 75.3 a 60.5, incl	± 1.0 ± 1.5
<i>Escala 30T</i> 46.2 y mayores Menores de 46.2 a 15.0, incl	± 1.0 ± 1.5
<i>Escala 45T</i> 17.6 y mayores Menores de 17.6 a 1.0, incl	± 1.0 ± 1.5

<sup>A</sup> Todas las otras escalas sobre bloques de acero equivalentes son las siguientes: 70.0 HRC a 60.0 HRC = ± 0.5 y 59.9 HRC a 20.0 HRC = ± 1.0. <sup>B</sup> Todas las otras escalas sobre bloques de bronce equivalentes son las siguientes: 100.0 HRB a 1.0 HRB = ± 1.0.


TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA DURÓMETRO.	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.01	Página 6 de 7

En el caso de que no se cumplan los requerimientos, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si los resultados satisfacen las condiciones requeridas, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **6 meses** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

#### 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA DURÓMETRO.	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.01	Página 7 de 7

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**DURÓMETRO**  
**CODIGO DUR 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo

Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

<b>Bloque # 1</b>	Dureza del estándar:			
	Lectura del equipo	Error	Estatus	Repetibilidad
1a Indentación				
2a Indentación				
3a Indentación				
4a Indentación				
5a Indentación				
				Aceptado <input type="checkbox"/>
				Rechazado <input type="checkbox"/>


<b>Bloque # 2</b>	Dureza del estándar:			
	Lectura del equipo	Error	Estatus	Repetibilidad
1a Indentación				
2a Indentación				
3a Indentación				
4a Indentación				
5a Indentación				
				Aceptado <input type="checkbox"/>
				Rechazado <input type="checkbox"/>


<b>Bloque # 3</b>	Dureza del estándar:			
	Lectura del	Error	Estatus	Repetibilidad
1a Indentación				
2a Indentación				
3a Indentación				
4a Indentación				
5a Indentación				
				Aceptado <input type="checkbox"/>
				Rechazado <input type="checkbox"/>

Condiciones ambientales	Temp:		HR:	
-------------------------	-------	--	-----	--


Día de Cal:		Próx. Cal:	
Realiza:			
Aprueba:			

Cod: DUR 001

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA RUGOSÍMETRO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.02	Página 1 de 4
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar rugosímetros de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a máquinas portátiles de rugosidad superficial.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste del rugosímetro es responsabilidad del personal encargado del área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para rugosímetros, código RUG-001</li> <li>▪ Certificado de calibración del bloque patrón.</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA RUGOSÍMETRO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.02	Página 2 de 4
<p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual del fabricante del equipo a calibrar.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bloque estándar de rugosidad</li> <li>▪ Rugosímetro</li> <li>▪ Superficie nivelada</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) El patrón de rugosidad que se utilice deberá estar calibrado y el valor nominal de rugosidad de éste debe estar dentro del rango de uso.</li> <li>b) Las condiciones ambientales para la verificación deberán ser: Temperatura <math>23^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}</math> y la humedad relativa no mayor del 50 %.</li> </ol> <p>6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Coloque el bloque patrón y el rugosímetro sobre una superficie perfectamente nivelada y encienda el equipo.</li> <li>b) Realice 5 mediciones de rugosidad sobre el bloque en puntos distintos y procurando abarcar toda el área del bloque patrón.</li> <li>c) Anote los resultados en el formato del registro de calibración correspondiente.</li> <li>d) Anote los valores de las condiciones ambientales en el registro de calibración.</li> </ol>			



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA RUGOSÍMETRO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.02	

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato RUG 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO


El error máximo permisible en la calibración del rugosímetro para la magnitud  $R_a$  será de  $\pm 5 \mu\text{pulg.}$  para todas las mediciones.

En el caso de que no se cumplan los requerimientos, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si los resultados satisfacen las condiciones requeridas, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **3 meses** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

#### 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA RUGOSÍMETRO	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 6.02	Página 4 de 4

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**RUGOSÍMETRO**  
**CODIGO RUG 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Informacion del equipo Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

Para la magnitud Ra


Valor nominal del patrón	Lectura del equipo	Error	Estatus


Error permitido:	
Condiciones ambientales	Temp:      HR:


Día de Cal:	Próx. Cal:
Realiza:	
Aprueba:	

Cod: RUG 001



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MICRÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.01	Página 1 de 5
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar Micrómetros digitales de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a Micrómetros digitales en milímetros y abarca todos los rangos de medición de las diferentes áreas de la planta.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste del medidor digital es responsabilidad del personal encargado del área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para Micrómetros, código MIC-001</li> <li>▪ Certificado de calibración de los bloques estándar.</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MICRÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.01	Página 2 de 5
<p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual del fabricante del equipo a calibrar.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bloques estándar en escala milimétrica.</li> <li>▪ Micrómetro digital</li> <li>▪ Base para micrómetros.</li> <li>▪ Alcohol.</li> <li>▪ Papel de limpieza.</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Las condiciones ambientales que se deben tener en cuenta a la hora de calibrar un equipo de este tipo son: una temperatura de <math>23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}</math>, y la humedad relativa no debe ser mayor del 40%.</li> <li>b) Antes de iniciar la calibración, el micrómetro se debe limpiar con alcohol a fin de eliminar cualquier tipo de suciedad que interfiera con la medición.</li> <li>c) Coloque el micrómetro en la base de modo que quede bien sujeto y no exista la posibilidad de que este tenga movimiento.</li> <li>d) La verificación de calibración se debe realizar sobre una mesa nivelada. Sobre ésta deberá colocarse el conjunto base-micrómetro.</li> <li>e) Se utilizará un juego de 5 bloques estándar de modo que estos abarquen todo el rango de medición del micrómetro.</li> </ol>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MICRÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.01	Página 3 de 5

### 6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN


- a) Se toman cinco lecturas de la medición cero del micrómetro, las lecturas se anotarán en el formato correspondiente.
- b) Con un bloque estándar equivalente al 20% de la capacidad del micrómetro se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- c) Con un bloque estándar equivalente al 40% de la capacidad del micrómetro se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- d) Con un bloque estándar equivalente al 60% de la capacidad del micrómetro se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- e) Con un bloque estándar equivalente al 80% de la capacidad del micrómetro se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- f) Con un bloque estándar equivalente al 100% de la capacidad del micrómetro se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- g) Anote el valor de la temperatura y humedad relativa en el formato de calibración.

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato MIC 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El error máximo permitido para la calibración de indicadores de carátula será igual al **doble de la resolución del equipo** para todos los puntos de medición.


En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MICRÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.01	Página 4 de 5

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **1 mes** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

## 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MICRÓMETROS	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.01	Página 5 de 5

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**MICRÓMETRO**  
**CODIGO MIC 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo

Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

*Medición cero*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #1*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #2*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #3*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #4*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #5*


Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus


Error permitido:	
Condiciones ambientales	Temp:    HR:


Día de Cal:	Próx. Cal:
Realiza:	
Aprueba:	

Cod: MIC 001



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA INDICADORES DE CARÁTULA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.02	Página 1 de 5
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar Indicadores de Carátula de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a indicadores de carátula en milímetros y abarca todos los rangos de medición de las diferentes áreas de la planta.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste del indicador es responsabilidad del personal encargado del área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para Indicadores de carátula, código ICA-001</li> <li>▪ Certificado de calibración de los bloques estándar.</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA INDICADORES DE CARÁTULA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.02	
<p>5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual del fabricante del equipo a calibrar.</li> </ul> <p><b>6. DESARROLLO</b></p> <p>6.1 MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bloques estándar en escala milimétrica.</li> <li>▪ Indicador de carátula</li> <li>▪ Soporte para el indicador de carátula.</li> <li>▪ Alcohol.</li> <li>▪ Papel de limpieza.</li> </ul> <p>6.2 PREPARACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Las condiciones ambientales que se deben tener en cuenta a la hora de calibrar un equipo de este tipo son: una temperatura de <math>23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}</math>, y la humedad relativa no debe ser mayor del 40%.</li> <li>b) Antes de iniciar la calibración, el indicador de carátula se debe limpiar con alcohol a fin de eliminar cualquier tipo de suciedad que interfiera con la medición.</li> <li>c) Coloque el indicador de carátula en el soporte de modo que quede bien sujeto y no exista la posibilidad de que este tenga movimiento.</li> <li>d) La verificación de calibración se debe realizar sobre una mesa nivelada. Sobre ésta deberá colocarse el conjunto soporte-indicador.</li> <li>e) Se utilizará un juego de 5 bloques estándar de modo que estos abarquen todo el rango de medición del indicador de carátula.</li> </ol>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA INDICADORES DE CARÁTULA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.02	Página 3 de 5

### 6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION


- a) Se toman cinco lecturas de la medición cero del indicador de carátula, las lecturas se anotarán en el formato correspondiente.
- b) Con un bloque estándar equivalente al 20% de la capacidad del indicador se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- c) Con un bloque estándar equivalente al 40% de la capacidad del indicador se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- d) Con un bloque estándar equivalente al 60% de la capacidad del indicador se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- e) Con un bloque estándar equivalente al 80% de la capacidad del indicador se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- f) Con un bloque estándar equivalente al 100% de la capacidad del indicador se toman 5 lecturas y se anotan en el formato correspondiente.
- g) Anote el valor de la temperatura y humedad relativa en el formato de calibración.

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato ICA 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El error máximo permitido para la calibración de indicadores de carátula será igual al **doble de la resolución del equipo** para todos los puntos de medición.


En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA INDICADORES DE CARÁTULA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.02	Página 4 de 5

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **1 mes** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

## 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA INDICADORES DE CARÁTULA	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.02	Página 5 de 5

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**INDICADOR DE CARÁTULA**  
**CODIGO ICA 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo

Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

*Medición cero*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #1*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #2*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #3*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

*Bloque #4*

Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus


*Bloque #5*


Valor nominal:	
Lecturas	Error    Estatus

Error permitido:	
Condiciones ambientales	Temp:    HR:

Día de Cal:	Próx. Cal:
Realiza:	
Aprueba:	

Cod: ICA 001

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DE ESPESOR POR RADIACIÓN IONIZANTE	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.03	Página 1 de 5
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar el Gamma Gauge de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a Medidores de espesor por radiación ionizante de las áreas de laminación y temper.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste del medidor es responsabilidad del personal encargado del área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para Gamma Gauge, código GMG-001.</li> <li>▪ Registro de calibración del micrómetro patrón</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DE ESPESOR POR RADIACIÓN IONIZANTE	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.03	Página 2 de 5

## 5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS

- Manual del fabricante del equipo.


## 6. DESARROLLO

### 6.1 MATERIALES Y EQUIPOS

- Micrómetro calibrado como patrón
- Gamma Gauge
- Papel de limpieza
- Alcohol o cualquier solución desgrasante

### 6.2 PREPARACIÓN

- a) Las condiciones ambientales deben ser las mismas a las que el equipo opera normalmente.
- b) Antes de iniciar la verificación, el área de contacto entre la lámina y el micrómetro calibrado se debe limpiar con alcohol u otra solución que elimine el aceite presente en el punto de contacto a fin de eliminar cualquier tipo de suciedad o falso contacto que interfiera con la medición.
- c) Asegúrese de que todas las magnitudes involucradas en la medición con el gamma gauge estén programadas correctamente en el sistema, entiéndase la permisividad según norma del material, entre otras.
- d) Realice una medición en cualquier punto de la chapa con el Gamma Gauge para verificar el funcionamiento del sistema.
- e) Se deberán realizar tres mediciones a lo largo de la lámina en ambos lados de ésta como muestra la figura 1.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DE ESPESOR POR RADIACIÓN IONIZANTE	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.03	

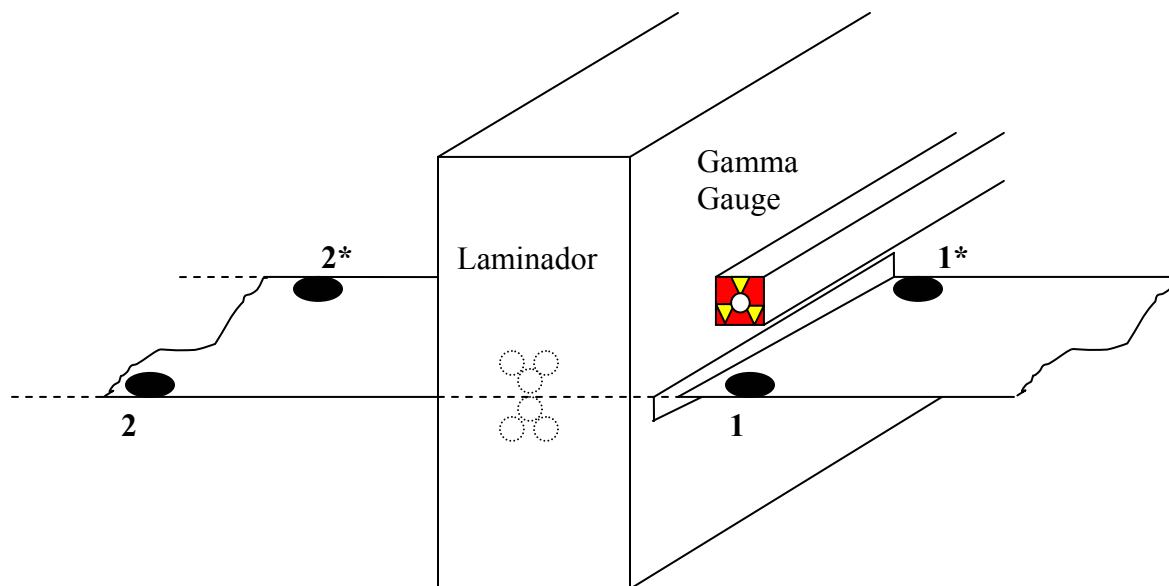



Fig. 1. Puntos de comparación entre micrómetro y Gamma Gauge.

### 6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

- a) Limpie el punto donde se hará la medición con el micrómetro y tome la lectura del espesor anotándola en el registro correspondiente.
- b) Repita el literal a) con el otro extremo de la lámina.
- c) Con el gamma gauge tome la lectura de los mismos puntos que el micrómetro y anote los resultados en el registro de calibración.
- d) Repita el procedimiento para los otros dos puntos restantes.
- e) Anote el valor de las condiciones ambientales en las que se realizó la verificación.

**Nota:** Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato GMG 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DE ESPESOR POR RADIACIÓN IONIZANTE	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.03	Página 4 de 5

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO


El error máximo permitido entre la lectura del micrómetro y la del gamma gauge para todos los puntos de medición será **de  $\pm 1 \mu\text{m}$** .

En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **1 mes** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

#### 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDOR DE ESPESOR POR RADIACIÓN IONIZANTE	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 7.03	Página 5 de 5

**APÉNDICE A1**  
**FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA**  
**GAMMA GAUGE**  
**CODIGO GMG 001**



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Informacion del equipo Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

*Primer punto*

Lectura del display	Lectura del patrón	Error
Estatus		

1  
1\*

*Segundo punto*

Lectura del display	Lectura del patrón	Error
Estatus		

2  
2\*

*Tercer punto*

Lectura del display	Lectura del patrón	Error
Estatus		


3  
3\*


Error permitido:	
Condiciones ambientales	Temp.      HR:

Día de Cal:	Próx. Cal:
Realiza:	
Aprueba:	

Cod: GMG 001



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA ANALIZADOR DE PORCENTAJE DE O <sub>2</sub>	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 8.01	Página 1 de 4
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Sistematizar las actividades para verificar o calibrar el analizador de partes por millón de oxígeno de forma general, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable a los analizadores de partes por millón de oxígeno en la atmósfera de los hornos de recocido y abarca todos los rangos de medición de las diferentes áreas de la planta.</p> <p><b>3. RESPONSABILIDADES</b></p> <p>La verificación, calibración y ajuste del analizador es responsabilidad del personal encargado del área. Al mismo tiempo la identificación, corrección, seguimiento y cierre de cualquier no conformidad encontrada durante la calibración del equipo es responsabilidad del jefe del área.</p> <p><b>4. DEFINICIONES</b></p> <p>Ver Manual PDCAL 001, Procedimientos de calibración, Sección 1.00</p> <p><b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>5.1 DOCUMENTOS INTERNOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de procedimientos de calibración, código PDCAL 001.</li> <li>▪ Formato de calibración para analizador, código AOX-001</li> </ul>			

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA ANALIZADOR DE PORCENTAJE DE O <sub>2</sub>	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 8.01	

- Certificado de calibración de los bloques estándar.

## 5.2 DOCUMENTOS EXTERNOS

- Manual del fabricante del equipo a calibrar.

## 6. DESARROLLO

### 6.1 MATERIALES Y EQUIPOS


- Analizador de porcentaje de oxígeno en atmósferas gaseosas.
- Gas estándar.
- Mangueras de acople rápido.

### 6.2 PREPARACIÓN

- a) La calibración debe hacerse con un gas estándar que tenga identificado las PPM de oxígeno para usar como patrón.
- b) El equipo debe estarse purgando al menos 12 horas antes de usar el gas estándar para la verificación de la calibración.
- c) La verificación deberá realizarse a la temperatura y humedad relativa a la que usualmente trabaja el equipo.

### 6.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

- a) Se conecta el equipo a la fuente de gas estándar mediante mangueras de acople rápido.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA ANALIZADOR DE PORCENTAJE DE O <sub>2</sub>	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 8.01	Página 3 de 4

- b) Se hace pasar el gas estándar a través del equipo durante unos 10 a 15 minutos y se anota la lectura de este en el formato correspondiente.
- c) Se esperan cinco minutos y se vuelve a tomar una segunda lectura, anotándola en el formato.
- d) Después de dejar pasar cinco minutos más, se toma una tercera y última lectura.
- e) Se anotan las condiciones ambientales en el registro.

**Nota: Para el registro de las lecturas de la prueba ver el formato AOX 001 del Apéndice A1 de esta misma sección.**

#### 6.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO


El error máximo permitido para la verificación de la calibración del analizador de PPM de oxígeno será de  $\pm 1$  PPM.

En el caso de que el error en cualquiera de las mediciones exceda el valor máximo permitido, el equipo se considerará **RECHAZADO** y se le agregará la tarjeta de color rojo según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

Si todos los valores del error son menores a los valores máximos permitidos, se considerará el equipo como **ACEPTADO** y se procederá a colocar la viñeta de calibración correspondiente extendiendo el período de uso por **2 meses** hasta la próxima verificación de la calibración, según lo indica el manual PDCAL 001 SEC 1.00.

#### 6.5 REGISTRO DE CALIBRACIÓN

El contenido, llenado y todas las consideraciones para con el registro de calibración de estos equipos se encuentran en el manual PDCAL 001 SEC 1.00, y el formato del mismo se muestra en el APÉNDICE A1 de esta misma sección.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
DETALLE DE CALIBRACIÓN PARA ANALIZADOR DE PORCENTAJE DE O <sub>2</sub>	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 8.01	Página 4 de 4

APÉNDICE A1  
 FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN PARA  
 ANALIZADOR DE PPM DE OXÍGENO  
 CODIGO AOX 001



**REGISTRO DE CALIBRACIÓN**

Información del equipo

Registro N°: \_\_\_\_\_

Descripción:	
Área:	
Código:	

DETALLE DE CALIBRACIÓN

*LECTURA #1*

Valor del gas estándar	Valor del equipo	Error
Estatus		

*LECTURA #2*

Valor del gas estándar	Valor del equipo	Error
Estatus		

*LECTURA #3*

Valor del gas estándar	Valor del equipo	Error
Estatus		


Error permitido:	
Condiciones ambientales	Temp:      HR:

Día de Cal:	Próx. Cal:
Realiza:	
Aprueba:	

Cod: AOX 001





TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	

## 1. OBJETIVO

Establecer la trazabilidad de los procedimientos de verificación de la calibración contenidos en el manual PDCAL 001

## 2. ALCANCE


La trazabilidad que se presenta corresponde únicamente a los equipos contenidos en este manual.

## 3. RESPONSABILIDADES

El mantenimiento y mejora continua de este manual es responsabilidad del departamento de Control de Calidad, la identificación y corrección de cualquier error contenido en este manual es responsabilidad del jefe del departamento de Control de Calidad.

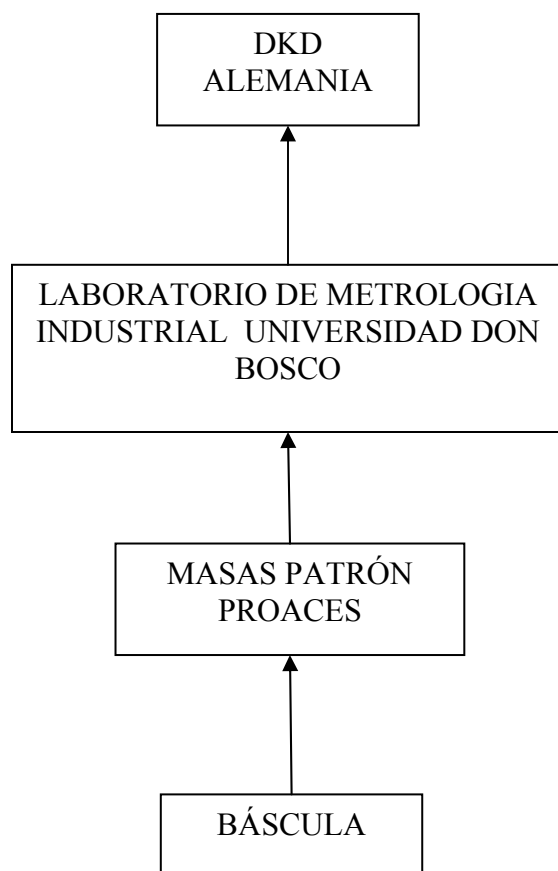
## 4. DEFINICIONES


**Trazabilidad:** la propiedad del resultado de una medición por la cual ella puede ser relacionada a patrones de medición apropiados, generalmente patrones internacionales o nacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones. La cadena ininterrumpida de comparaciones es llamada cadena de trazabilidad.

TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	

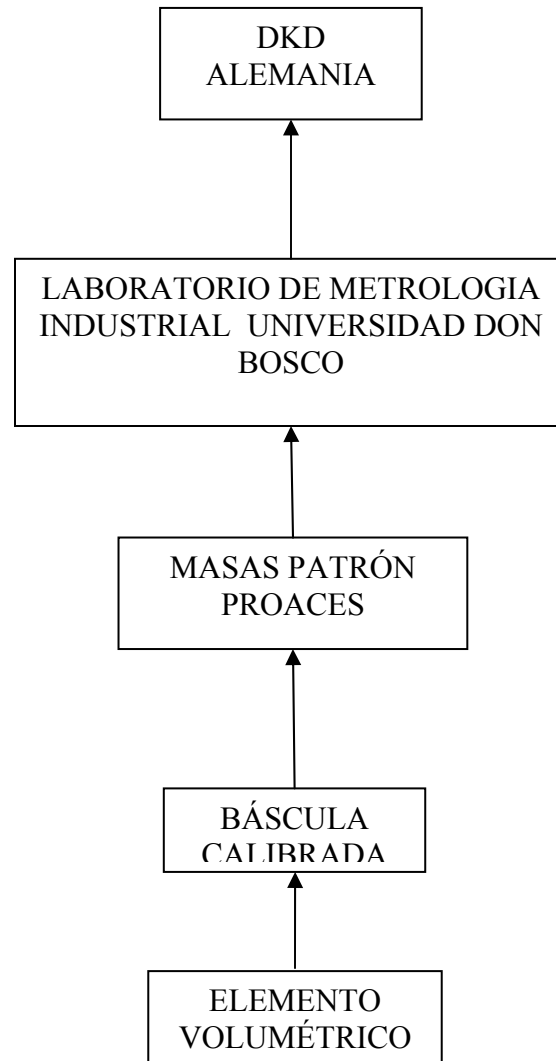
## 5 TRAZABILIDAD EN LOS PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN


### 5.1 BASCULAS



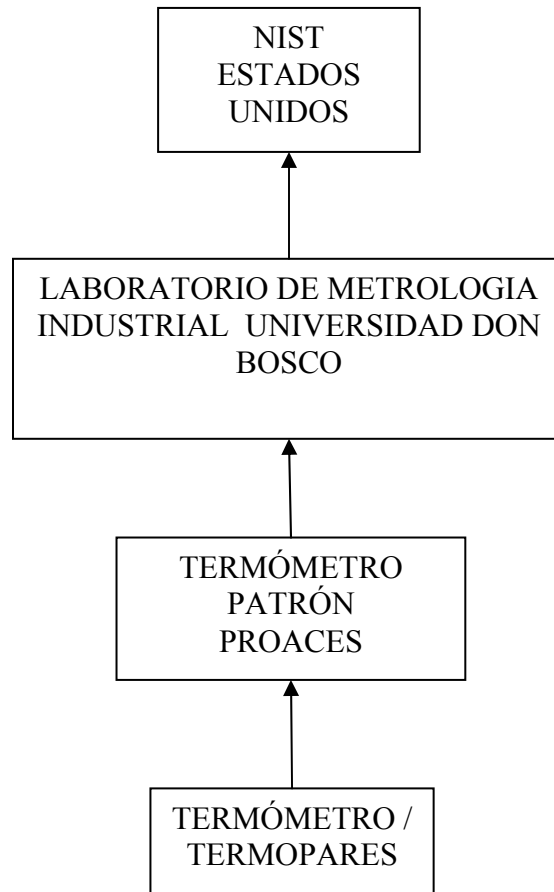
TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	


## 5.2 MEDIDORES DE VOLUMEN



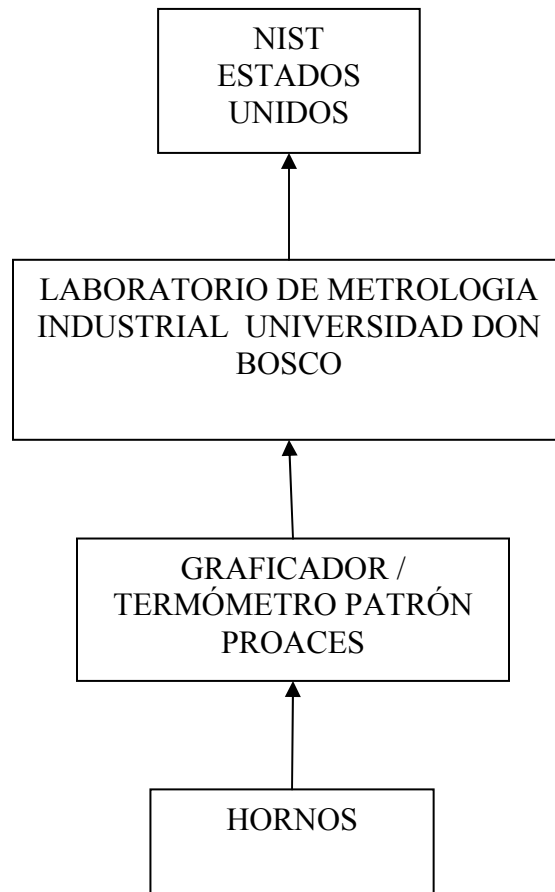
TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	Página 4 de 11


### 5.3 TERMÓMETROS Y TERMOPARES



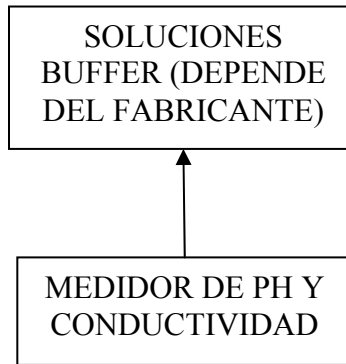
TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	

#### 5.4 HORNOS

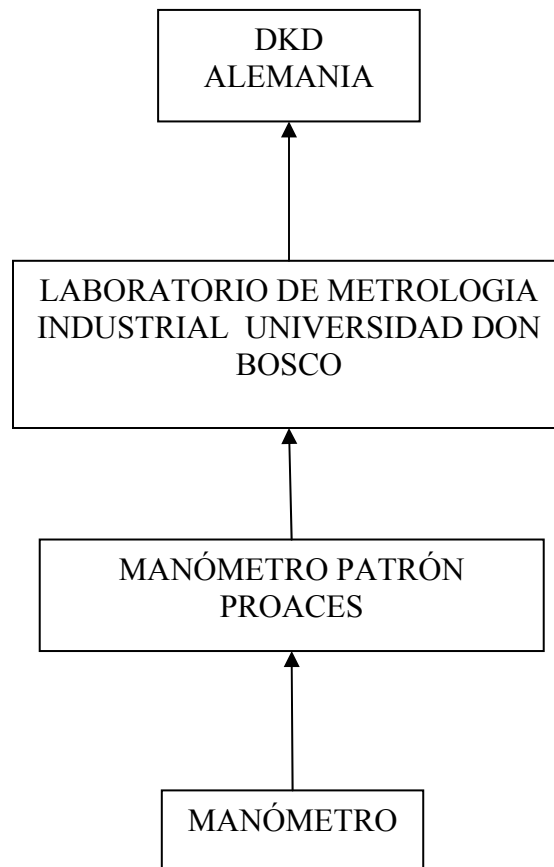



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	

5.5 MEDIDOR DE pH y CONDUCTIVIDAD

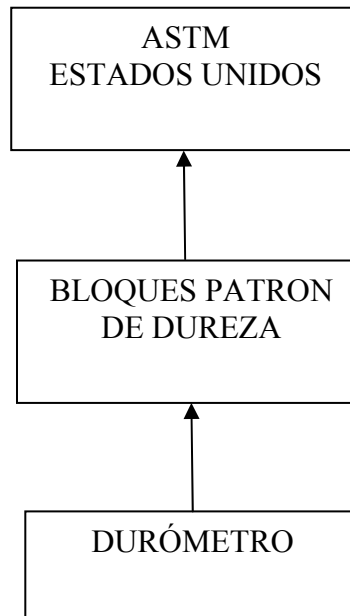


5.6 MANÓMETROS

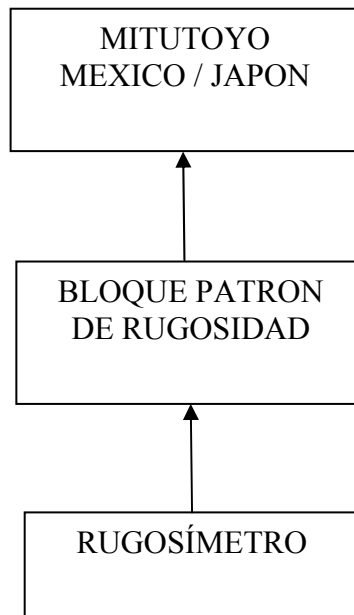


TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	

### 5.7 DURÓMETRO

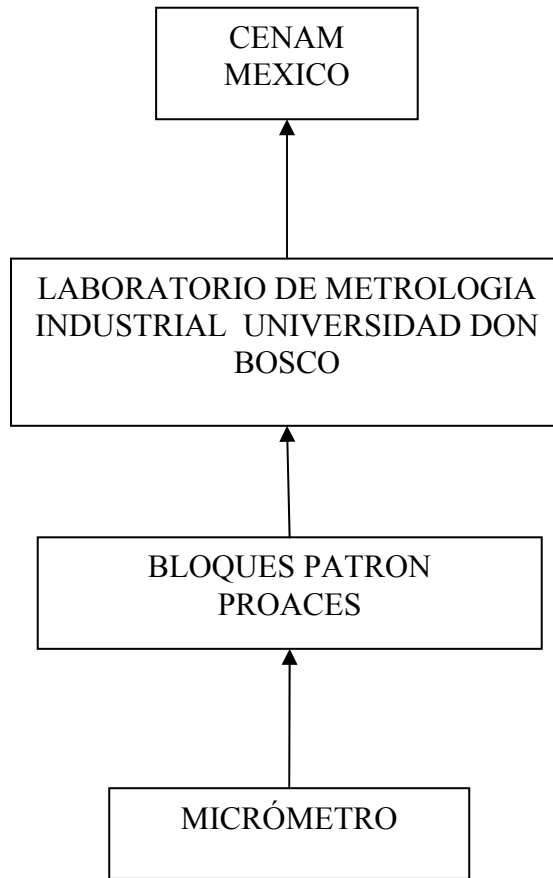


### 5.8 RUGOSÍMETRO



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	Página 8 de 11

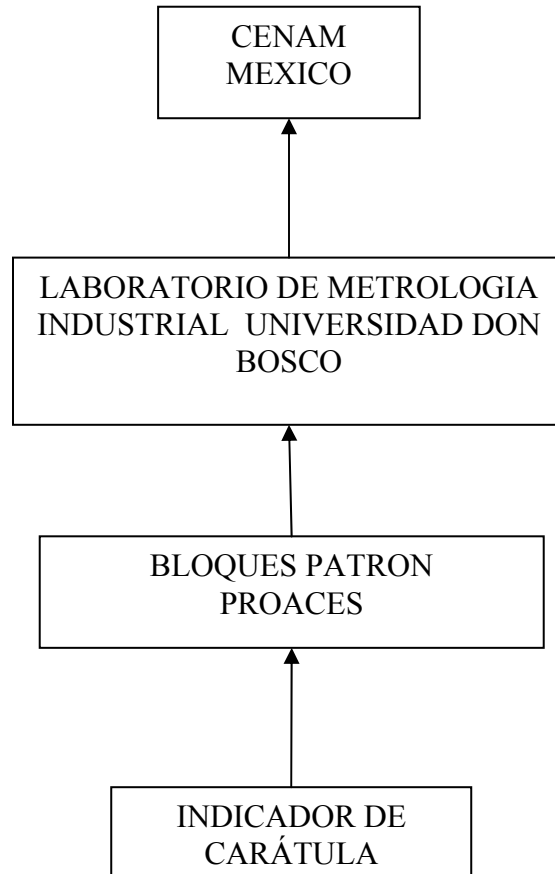
### 5.9 MICRÓMETRO





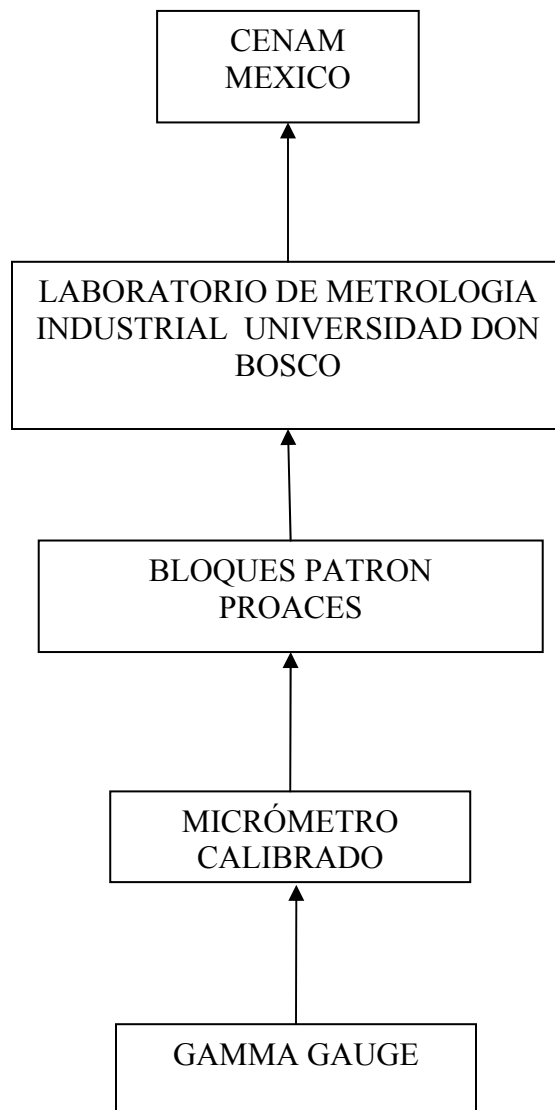
TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	


5.10 INDICADOR DE CARÁTULA



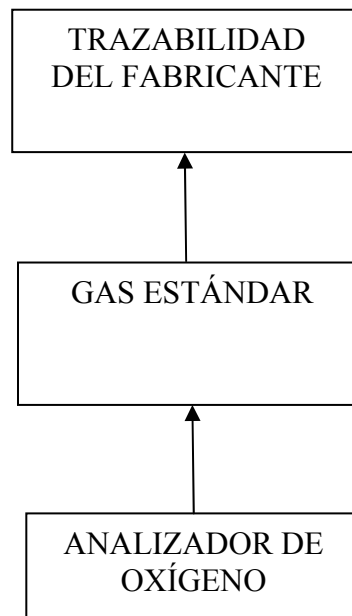
TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	

5.11 GAMMA GAUGE



TÍTULO:	Fecha Emitido	CÓDIGO:	
TRAZABILIDAD	OCT. 2004	PDCAL-001 SEC 9.00	Página 11 de 11

### 5.12 ANALIZADOR DE CONTENIDO DE OXÍGENO



## CONCLUSIONES

1. Como parte del aseguramiento metrológico de los equipos de medición, el Plan de Calibración será una herramienta que permita el seguimiento de la evolución de la calidad del instrumental calibrado, potenciando la cultura de Calidad de la empresa.
  
2. Las ventajas de la implementación del Plan de Calibración contribuirán al proceso productivo, disminuyendo los desperdicios, reprocesos y las no conformidades en el producto y proceso; ventajas como:
  - En Decapado: Aumento de productividad, mejora en la acción del baño decapante, reducción de pérdidas económicas.
  
  - En Laminación: Disminución de irregularidades superficiales que tienden a surgir en etapas posteriores (encoladuras, ovalización, ralladuras y remontaduras), evitar generación de óxido, exactitud dimensional.
  
  - En Recocido: Control de la homogenización de la atmósfera de hornos, mejora en los ciclos de recocido.
  
  - En Temper: Disminución de irregularidades superficiales (ondulaciones) y transversales (efecto cuña) de la chapa, reducción de pérdidas económicas y fuera de especificación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [www.iespana.es/proace/](http://www.iespana.es/proace/)
- [2] Shigley, Joseph Edward; Mischke, Charles R.; *“Diseño en Ingeniería Mecánica”*; Quinta edición; Cuarta edición en español; Editorial McGraw Hill; México; 1990; Pág. 217.
- [3] Baumeister, Theodore; Avallone, Eugene A.; Baumeister III, Theodore; *“Marks, Manual del Ingeniero Mecánico”*; Octava edición; Segunda edición en español; Volumen III; Editorial McGraw Hill; México; 1984; Pág. 13-16.
- [4] [www.personales.com/mexico/mexico/Documentaciones\\_Cs/laminado](http://www.personales.com/mexico/mexico/Documentaciones_Cs/laminado)
- [5] Propulsora Siderúrgica S.A.I.C.; *“Manual del Inspector de Calidad”*; 1974; Págs.: 2ª.I.1 a 2ª.IV.36.
- [6] Asociación Española de Normalización y Certificación; *“Sistemas de gestión de la calidad, directrices para la mejora del desempeño (UNE-EN ISO 9004:2000 correspondiente a la norma internacional ISO 9004:2000)”*; Diciembre 2000; Págs.: 8, 9, 11, 14, 31, 32, 33, 45, 46, 47, 48.
- [7] *Requisitos de aseguramiento de la calidad para equipo de medición. Parte 1: Sistema de confirmación metrológica para equipo de medición (NMX-CC-017/1:1995 IMNC correspondiente a la norma internacional ISO 10012-1:1992)*; Págs.: 1-11.
- [8] Buró Internacional de Pesas y Medidas; *“Vocabulario Internacional de Términos Básicos y Generales de Metrología”*

- [9] Elizondo Decanini, Alfredo; *“Manual de aseguramiento metrológico industrial”*; Primera edición; Ediciones Castillo; México; 1996; Págs.: 1-4.

# ANEXOS

# ANEXO 1



Procesadora de Acero de El Salvador  
División de CONSORCIO INTERNACIONAL S.A de S.V

## ITEMS A INSPECCIONAR POR LINEA

LINEAS	DEFECT. DE SUPERFICIE		REFILADO	ESPESOR	ANCHO	LARGO	ESCUADRA	PLANITUD	NUMERO HOJAS	APARIENCIA DE BOBINA	APARIENCIA DE PAQUETE	PESO	CONDICION DE ACEITE	CALIDAD REQUERIDA	DUREZA	ACABADO SUPERFICIAL
	SUPERIOR	INFERIOR														
DECAPADO	SI	SI	SI	SI	SI	—	—	—	—	SI	—	SI	SI	—	—	—
LAMINADOR	SI	SI	SI	SI	SI	—	—	SI	—	SI	—	SI	—	—	—	—
RECOCIDO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SI	—	—	—	SI	SI	—
TEMPER	SI	SI	—	SI	SI	—	—	SI	—	SI	—	SI	SI	—	SI	SI
PROIN T	SI	SI	—	SI	SI	SI	SI	SI	SI	—	SI	—	SI	—	—	—
PROIN L	SI	SI	—	SI	SI	—	—	SI	—	SI	—	SI	—	—	—	—
STAMCO	SI	SI	—	SI	SI	SI	SI	SI	SI	—	SI	—	SI	—	—	—
LINEA MEDIA	SI	SI	—	SI	SI	SI	SI	SI	SI	—	SI	—	—	—	—	—
PAMCO	SI	SI	SI	SI	SI	—	—	SI	—	SI	—	SI	—	—	—	—
PLATINADORA	—	—	—	SI	SI	SI	—	—	SI	—	—	—	—	—	—	—



## ANEXO 2

### CALIBRACION DE GAUGES

1. Obtenga una muestra de material usado comúnmente. Preferiblemente una muestra de material fino y una de material un poco más grueso que estén debidamente identificados en cuanto su espesor.
2. Apague el gauge que se calibrará.
3. Saque el gauge a la parte frontal y ordene que sea limpiado con un trapo absorbente.
4. Escriba el espesor de la muestra en la ventana del monitor (TouchScreen) del operador, ya sea en la parte izquierda o derecha (dependiendo del gauge que se calibrará).
5. Encienda y Estandaricé el Gauge que se está calibrando. El espesor leído deberá ser cero después que la Estandarización este completa.
6. Apague el gauge e inserte la muestra del material que servirá para calibrar.
7. Encienda el Gauge. Presione el botón SETUP y entre a la pantalla de calibración (posiblemente tendrá que utilizar el código de acceso).
8. En la pantalla de calibración toque el botón correspondiente en la parte de Calibrate (ya sea derecho o izquierdo dependiendo del gauge que se está calibrando). El botón se iluminará en pocos segundos y el nuevo valor aparecerá demostrando que la calibración ha sido realizada. El espesor leído será igual que el del espesor de la muestra.
9. Regrese a la pantalla previa oprimiendo el botón RETURN y luego a la pantalla del operador oprimiendo OPERATOR PANEL.
10. Apague el gauge y saque la muestra.
11. Repita el proceso para una segunda muestra si lo desea.
12. Cargue los valores reales de la ficha de laminación que se está usando antes de volver a laminar.

Código: 265-5684

## ANEXO 3

### CALIBRACION DEL SCREWDOWN (FUERZA DE SEPARACIÓN)

1. Remueva los rodillos de trabajo de la Jaula para que la máxima fuerza de separación no pueda dañar nada dentro de la jaula en el proceso de calibración.
2. Apague las bombas del Sistema Hidráulico y espere un momento hasta que no haya presión en el todo el sistema. Apriete la letra **Z** para poner el sistema de calibración en cero.
3. Encienda nuevamente el Sistema Hidráulico. Mueva los ScrewDowns (superior e inferior), hasta que estén completamente cerrados. Presione la letra **G** para calibrar la máxima fuerza de separación.
4. Instale los rodillos de trabajo en la Jaula, levántelos hasta las condiciones normales de operación. Mueva los ScrewDowns (inferior y superior), hasta que estén en equilibrio (posición 5). Presione la letra **B** para lograr el balance.

# ANEXO 4

## ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET

a subsidiary of Thermochemics Inc.  
a Thermo Electron Company

Sheet 1 OF 2

**Orion Research, Inc.**  
500 Cummings Center  
Beverly, MA 01915-6199 USA  
Telephone 978-922-4400

### I. PRODUCT IDENTIFICATION

Product Name: 12.9 mS/cm 7230 ppm as NaCl Conductivity/TDS Standard	Catalog No. 011006	Effective Date 10/15/96
Hazardous DOT Shipment Labeling: None	LATA None	
Prepared By <i>S. Thompson</i>	Title Quality Assurance Chemist	
Approved By <i>S. Thompson</i>	Title Director Regulatory Matters	

### II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTIFY INFORMATION)

Hazardous Components * Specific Chemical Identity: Common Name(s)	CAS NO.	%	OSHA PEL	ACGIH TLV	LD <sub>50</sub> mg/Kg
Potassium Chloride (KCl) **	7447-40-7	<1	None	None	383 (ORL-MUS)
Deionized Water (H <sub>2</sub> O)**	7732-18-5	>99	None	None	190,000 (IPR-MUS)

### III. PHYSICAL DATA

Boiling Point 750mm Hg 100°C	Freezing Point 0°C
Specific Gravity (H <sub>2</sub> O=1) 1.0	Vapor Pressure @ NA*
pH @ 25 °C 5.0 - 7.5	Solubility In Water, % by Wt @ Miscible
Volatiles % By Wt. NA	Evaporation Rate (BUTYL, ACETATE = 1) NA
Vapor Density (AIR = 1) NA	
Appearance and Odor Clear, odorless, colorless solution	

### IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

Flash Point (Test Method) Not flammable	Autoignition Temperature NA
Flammable Limits In air, % by volume:	Lower NA
	Upper NA
Extinguishing Media Any	
Special Fire-Fighting Procedures None	
Unusual Fire and Explosion Hazards None	

\*Chemicals which are not classified as hazardous per U.S. OSHA guidelines (29CFR Parts 1915.2 or 1916.2) or the Massachusetts Substance List (105CMR670.000 Appendix A) will not necessarily be listed on this form even though one or more may be a constituent of this product

\* NA Not available/not applicable

\*\* Non-hazardous component

*Liability is expressly disclaimed for any loss or injury arising out of the use of this information or the use of any materials designated. Safe use of the materials is the responsibility of the user.*

Document No. 223266-001  
Rev. C

Printed in U.S.A.  
Form MSDS/1192

# CONT. ANEXO 4

## ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET

a subsidiary of Thermedics Inc.  
a Thermo Electron Company

Sheet 1 OF 2

**Orion Research, Inc.**  
500 Cummings Center  
Beverly, MA 01915-6199 USA  
Telephone 978-922-4400

### I. PRODUCT IDENTIFICATION

Product Name: 12.9 mS/cm 7230 ppm as NaCl Conductivity/TDS Standard	Catalog No. 011006	Effective Date 10/15/96
Hazardous DOT Shipment Labeling: None	LATA None	
Prepared By <i>J. Thompson</i>	Title Quality Assurance Chemist	
Approved By <i>J. Thompson</i>	Title Director Regulatory Matters	

### II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTIFY INFORMATION)

Hazardous Components * Specific Chemical Identity: Common Name(s)	CAS NO.	%	OSHA PEL	ACGIH TLV	LD <sub>50</sub> mg/Kg
Potassium Chloride (KCl) **	7447-40-7	<1	None	None	383 (ORL-MUS)
Deionized Water (H <sub>2</sub> O)**	7732-18-5	>99	None	None	190,000 (IPR-MUS)

### III. PHYSICAL DATA

Boiling Point 750mm Hg 100°C	Freezing Point 0°C
Specific Gravity (H <sub>2</sub> O=1) 1.0	Vapor Pressure @ NA*
pH @ 25 °C 5.0 - 7.5	Solubility In Water, % by Wt @ Miscible
Volatiles % By Wt. NA	Evaporation Rate (BUTYL ACETATE = 1) NA
Vapor Density (AIR = 1) NA	
Appearance and Odor Clear, odorless, colorless solution	

### IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

Flash Point (Test Method) Not flammable	Autoignition Temperature NA
Flammable Limits in air, % by volume:	Lower NA
	Upper NA
Extinguishing Media Any	
Special Fire-Fighting Procedures None	
Unusual Fire and Explosion Hazards None	

\*Chemicals which are not classified as hazardous per U.S. OSHA guidelines (29CFR Parts 1915.2 or 1916.2) or the Massachusetts Substance List (105CMR670.000 Appendix A) will not necessarily be listed on this form even though one or more may be a constituent of this product  
\* NA Not available/not applicable  
\*\* Non-hazardous component

*Liability is expressly disclaimed for any loss or injury arising out of the use of this information or the use of any materials designated. Safe use of the materials is the responsibility of the user.*

Document No. 223266-001  
Rev. C

Printed in U.S.A.  
Form MSDS/1192

# CONT. ANEXO 4

## ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET

a subsidiary of Thermedics Inc.  
a Thermo Electron Company

Sheet 1 OF 2

**Orion Research, Inc.**  
500 Cummings Center  
Beverly, MA 01915-6199 USA  
Telephone 978-922-4400

### I. PRODUCT IDENTIFICATION

<b>Product Name:</b> 1413 $\mu$ S/cm 692 ppm as NaCl Conductivity/TDS Standard	<b>Catalog No.</b> 011007	<b>Effective Date</b> 10/15/96
<b>Hazardous DOT</b> None	<b>IATA</b> None	
<b>Shipment Labeling:</b>	<b>Title</b> Quality Assurance Chemist	
<b>Prepared By</b> <i>[Signature]</i>	<b>Title</b> Director Regulatory Matters	
<b>Approved By</b> <i>[Signature]</i>		

### II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTIFY INFORMATION)

Hazardous Components * Specific Chemical Identity: Common Name(s)	CAS NO.	%	OSHA PEL	ACGIH TLV	LD <sub>50</sub> mg/Kg
Potassium Chloride (KCl) **	7447-40-7	<1	None	None	383 (ORL-MUS)
Deionized Water (H <sub>2</sub> O)**	7732-18-5	>99	None	None	190,000 (IPR-MUS)

### III. PHYSICAL DATA

<b>Boiling Point 750mm Hg</b> 100°C	<b>Freezing Point</b> 0°C
<b>Specific Gravity (H<sub>2</sub>O=1)</b> 1.0	<b>Vapor Pressure @</b> NA*
<b>pH @ 25 °C</b> 5.0 - 7.5	<b>Solubility in Water, % by Wt @</b> Miscible
<b>Volatiles % By Wt.</b> NA	<b>Evaporation Rate (BUTYL, ACETATE = 1)</b> NA
<b>Vapor Density (AIR = 1)</b> NA	
<b>Appearance and Odor</b> Clear, odorless, colorless solution	

### IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

<b>Flash Point (Test Method)</b> Not flammable	<b>Autoignition Temperature</b> NA
<b>Flammable Limits</b> in air, % by volume:	<b>Lower</b> NA
	<b>Upper</b> NA
<b>Extinguishing Media</b> Any	
<b>Special Fire-Fighting Procedures</b> None	
<b>Unusual Fire and Explosion Hazards</b> None	

\*Chemicals which are not classified as hazardous per U.S. OSHA guidelines (29CFR Parts 1915.2 or 1916.2) or the Massachusetts Substance List (105CMR670.000 Appendix A) will not necessarily be listed on this form even though one or more may be a constituent of this product

\* NA Not available/not applicable

\*\* Non-hazardous component

*Liability is expressly disclaimed for any loss or injury arising out of the use of this information or the use of any materials designated. Safe use of the materials is the responsibility of the user.*

Document No. 223267-001  
Rev. C

Printed in U.S.A.  
Form MSDS/1192

# CONT. ANEXO 4

## ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET

a subsidiary of Thermedics Inc.  
a Thermo Electron Company

Sheet 1 OF 2

**Orion Research, Inc.**  
500 Cummings Center  
Beverly, MA 01915-6199 USA  
Telephone 978-232-6000

### I. PRODUCT IDENTIFICATION

Product Name: 1413 $\mu$ S/cm 692 ppm as NaCl Conductivity/TDS Standard	Catalog No. 011007	Effective Date 3/5/99
Hazardous Shipment Labeling: DOT None	LATA None	
Prepared By <i>[Signature]</i>	Title Quality Assurance Chemist	
Approved By <i>[Signature]</i>	Title Director Regulatory Matters	

### II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTIFY INFORMATION)

Hazardous Components * Specific Chemical Identity: Common Name(s)	CAS NO.	%	OSHA PEL	ACGIH TLV	LD <sub>50</sub> mg/Kg
Potassium Chloride (KCl) **	7447-40-7	<1	None	None	383 (ORL-MUS)
Deionized Water (H <sub>2</sub> O)**	7732-18-5	>99	None	None	190,000 (IPR-MUS)

### III. PHYSICAL DATA

Boiling Point 750mm Hg 100°C	Freezing Point 0°C
Specific Gravity (H <sub>2</sub> O=1) 1.0	Vapor Pressure @ NA*
pH @ 25 °C 5.0 - 7.5	Solubility In Water, % by Wt @ Miscible
Volatiles % By Wt. NA	Evaporation Rate (BUTYL ACETATE = 1) NA
Vapor Density (AIR = 1) NA	
Appearance and Odor Clear, odorless, colorless solution	

### IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

Flash Point (Test Method) Not flammable	Autoignition Temperature NA
Flammable Limits in air, % by volume:	Lower NA
	Upper NA
Extinguishing Media Any	
Special Fire-Fighting Procedures None	
Unusual Fire and Explosion Hazards None	

\*Chemicals which are not classified as hazardous per U.S. OSHA guidelines (29CFR Parts 1915.2 or 1916.2) or the Massachusetts Substance List (105CMR670.000 Appendix A) will not necessarily be listed on this form even though one or more may be a constituent of this product

\* NA Not available/not applicable

\*\* Non-hazardous component

*Liability is expressly disclaimed for any loss or injury arising out of the use of this information or the use of any materials designated. Safe use of the materials is the responsibility of the user.*

Document No. 223267-001  
Rev. D

Printed in U.S.A.  
Form MSDS/1192

# ANEXO 5

## ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Sheet 1 OF 2

a subsidiary of Thermedics Inc.  
a Thermo Electron Company

**Orion Research, Inc.**  
500 Cummings Center  
Beverly, MA 01915-6199 USA  
Telephone 978-922-4400

### I. PRODUCT IDENTIFICATION

<b>Product Name:</b> pH 10.01 Buffer	<b>Catalog No.</b> 910110, 911060, 9110CB	<b>Effective Date</b> 07/20/98
<b>Hazardous DOT</b>	IATA	
<b>Shipment Labeling:</b> NA	NA	
<b>Prepared By</b> <i>J. Salgan</i>	<b>Title</b> Quality Assurance Chemist	
<b>Approved By</b> <i>J. Salgan</i>	<b>Title</b> Director Regulatory Matters	

### II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTIFY INFORMATION)

Hazardous Components * Specific Chemical Identity: Common Name(s)	CAS NO.	%	OSHA PEL	ACGIH TLV	LD <sub>50</sub> mg/Kg
Sodium Bicarbonate (NaHCO <sub>3</sub> )	144-55-8	<1	None	None	4220 (ORL-RAT)
Sodium Carbonate (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	497-19-8	<1	None	None	117 (IPR-MUS)
Methylparaben (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> )	99-76-3	<0.1	None	None	NA
FD&C Blue (C <sub>37</sub> H <sub>34</sub> N <sub>2</sub> O <sub>9</sub> S <sub>3</sub> *2Na)	3844-45-9	<0.1	None	None	5.5g/Kg (SEN-RAT) LD Lo
**Deionized Water (H <sub>2</sub> O)	7732-18-5	99	None	None	190,000 (IPR-MUS)

### III. PHYSICAL DATA

<b>Boiling Point</b> 750mm Hg 100°C	<b>Freezing Point</b> 0°C
<b>Specific Gravity</b> (H <sub>2</sub> O=1) 1.0	<b>Vapor Pressure</b> @ NA
<b>pH</b> @ 25 °C 10.01	<b>Solubility In Water, % by Wt</b> @ Miscible
<b>Volatiles % By Wt.</b> NA	<b>Evaporation Rate</b> (BUTYL, ACETATE = 1) NA
<b>Vapor Density</b> (AIR = 1) NA	
<b>Appearance and Odor</b> Light blue, odorless liquid	

### IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

<b>Flash Point</b> (Test Method) Not flammable	<b>Autoignition Temperature</b> NA
<b>Flammable Limits</b> <b>in air, % by volume:</b>	<b>Lower</b> NA <b>Upper</b> NA
<b>Extinguishing Media</b> Water, CO <sub>2</sub> , Dry chemical, foam or spray	
<b>Special Fire-Fighting Procedures</b> None, non-flammable	
<b>Unusual Fire and Explosion Hazards</b> None	

\*Chemicals which are not classified as hazardous per U.S. OSHA guidelines (29CFR Parts 1915.2 or 1916.2) or the Massachusetts Substance List (10SCMR670.000 Appendix A) will not necessarily be listed on this form even though one or more may be a constituent of this product

\* NA Not available/not applicable

\*\* Non-hazardous component

*Liability is expressly disclaimed for any loss or injury arising out of the use of this information or the use of any materials designated. Safe use of the materials is the responsibility of the user.*

Document No. 205488-001  
Rev. J

Printed in U.S.A.  
Form MSDS/1192

# CONT. ANEXO 5

## ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET

a subsidiary of Thermedics Inc.  
a Thermo Electron Company

Sheet 1 OF 2

**Orion Research, Inc.**  
300 Cummings Center  
Beverly, MA 01915-6199 USA  
Telephone 978-922-4400

### I. PRODUCT IDENTIFICATION

<b>Product Name:</b> pH 7.00 Buffer	<b>Catalog No.</b> 910107, 910760 9107CB	<b>Effective Date</b> 10/15/96
<b>Hazardous DOT</b>	<b>IATA</b>	
<b>Shipment Labeling:</b> NA	NA	
<b>Prepared By</b> <i>S. Salgan</i>	<b>Title</b> Quality Assurance Chemist	
<b>Approved by</b> <i>S. Salgan</i>	Director Regulatory Matters	

### II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTIFY INFORMATION)

Hazardous Components * Specific Chemical Identity: Common Name(s)	CAS NO.	%	OSHA PEL	ACGIH TLV	LD <sub>50</sub> mg/Kg
Sodium Phosphate (Na <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	7558-79-4	<1	None	None	298 (IVN-DOG)
Sodium Chromate (Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> )	7775-11-3	<0.2	50µg/m <sup>3</sup>	None	117 (IPR-MUS)
Potassium Phosphate (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	7778-77-0	<1	None	None	None listed
Potassium Dichromate (K <sub>2</sub> CrO <sub>7</sub> )	778-50-9	<0.1	50µg/m <sup>3</sup>	50µg/m <sup>3</sup>	37 (IPR-RAT)
**Deionized Water (H <sub>2</sub> O)	7732-18-5	99	None	None	190,000 (IPR-MUS)

### III. PHYSICAL DATA

<b>Boiling Point 750mm Hg</b> 100°C	<b>Freezing Point</b> 0°C
<b>Specific Gravity (H<sub>2</sub>O=1)</b> 1.0	<b>Vapor Pressure @</b> NA***
<b>pH @ 25 °C</b> 7.00	<b>Solubility in Water, % by Wt @</b> Miscible
<b>Volatiles % By Wt.</b> NA	<b>Evaporation Rate (BUTYL, ACETATE = 1)</b> NA
<b>Vapor Density (AIR = 1)</b> NA	
<b>Appearance and Odor</b> Light yellow, odorless liquid	

### IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

<b>Flash Point (Test Method)</b> Not flammable	<b>Autoignition Temperature</b> NA
<b>Flammable Limits in air, % by volume:</b>	<b>Lower</b> NA <b>Upper</b> NA
<b>Extinguishing Media</b> Water, CO <sub>2</sub> , dry chemical, foam or mist.	
<b>Special Fire-Fighting Procedures</b> None, non-flammable	
<b>Unusual Fire and Explosion Hazards</b> None	

\*Chemicals which are not classified as hazardous per U.S. OSHA guidelines (29CFR Parts 1915.2 or 1916.2) or the Massachusetts Substance List (105CMR670.000 Appendix A) will not necessarily be listed on this form even though one or more may be a constituent of this product

\* NA Not available/not applicable

\*\* Non-hazardous component

*Liability is expressly disclaimed for any loss or injury arising out of the use of this information or the use of any materials designated. Safe use of the materials is the responsibility of the user.*

Document No. 205489-001  
Rev. L

Printed in U.S.A.  
Form MSDS/1192



# CONT. ANEXO 5

## ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET

a subsidiary of Thermedics Inc.  
a Thermo Electron Company

Sheet 1 OF 2

**Orion Research, Inc.**  
500 Cummings Center  
Beverly, MA 01915-6199 USA  
Telephone 978-232-6000

### I. PRODUCT IDENTIFICATION

Product Name: pH 4.01 Buffer		Catalog No. 910104, 910460, 9104CB	Effective Date 3/5/99
Hazardous DOT	IATA		NA
Shipment Labeling:	NA	NA	
Prepared By <i>S. Ferguson</i>	Title Quality Assurance Chemist		
Approved By <i>S. Ferguson</i>	Title Director Regulatory Matters		

### II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTIFY INFORMATION)

Hazardous Components * Specific Chemical Identity: Common Name(s)	CAS NO.	%	OSHA PEL	ACGIH TLV	LD <sub>50</sub> mg/Kg
Potassium Hydrogen Phthalate (KHP)	877-24-7	1	None	None	*NA
Amaranth Red Dye (C <sub>20</sub> H <sub>11</sub> N <sub>2</sub> Na <sub>3</sub> O <sub>10</sub> S <sub>3</sub> )	915-67-3	<0.01	None	None	1,000 (IPR-MUS)
**Deionized Water (H <sub>2</sub> O)	7732-18-5	99	NA	NA	190,000 (IPR-MUS)

### III. PHYSICAL DATA

Boiling Point 750mm Hg	100°C	Freezing Point	0°C
Specific Gravity (H <sub>2</sub> O=1)	1.0	Vapor Pressure @	NA
pH @ 25 °C	4.01	Solubility In Water, % by Wt @	Miscible
Volatiles % By Wt.	NA	Evaporation Rate (BUTYL, ACETATE = 1)	NA
Vapor Density (AIR = 1)	NA		
Appearance and Odor	Light red, odorless liquid		

### IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

Flash Point (Test Method)	Not flammable	Autoignition Temperature	NA
Flammable Limits in air, % by volume:	Lower NA	Upper NA	
Extinguishing Media	Water, CO <sub>2</sub> Dry chemical, foam or spray		
Special Fire-Fighting Procedures	None, non-flammable		
Unusual Fire and Explosion Hazards	None		

\*Chemicals which are not classified as hazardous per U.S. OSHA guidelines (29CFR Parts 1915.2 or 1916.2) or the Massachusetts Substance List (105CMR670.000 Appendix A) will not necessarily be listed on this form even though one or more may be a constituent of this product  
 • NA Not available/not applicable  
 \*\* Non-hazardous component

*Liability is expressly disclaimed for any loss or injury arising out of the use of this information or the use of any materials designated. Safe use of the materials is the responsibility of the user.*

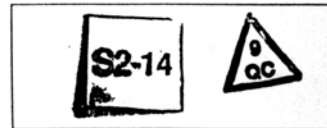
Document No. 205487-001  
Rev. H

Printed in U.S.A.  
Form MSDS/1192

# ANEXO 6

## CORNING

### *Certificate of Calibration* *Certificat d'Etalonnage* *Prüfzertifikat des Herstellers* *Certificato di Calibrazione* *Certificado de Calibración*



Inspector/Contrôleur/Prüfer/  
 Controllare/Inspector

Instrument Type

Type

Geräte-Typ

Tipo di Strumento

Modelo

443 i

Serial Number

Numéro de série

Serien-Nummer

Numero di Serie

Número de Serie

001214

TEMPERATURE CALIBRATION • ETALONNAGE DE LA TEMPERATURE • TEMPERATUR-KALIBRIERUNG • TEMPERATURA DI CALIBRAZIONE • CALIBRACION DE TEMPERATURA				
Value • Valeurs • Sollwert Valore • Valores	Measured Value • Valeurs Mesurées • Istwert Valore Misurato • Valores Medidos		Product Specification • Tolerances • Werkstoleranz Specifiche Tecniche • Tolerancia	
0.0°C	0.0°C I	0.0°C G	± 0.5°C	± 1 Digit
25.0°C	25.1°C I	25.0°C G	± 0.5°C	± 1 Digit
50.0°C	50.1°C I	50.0°C G	± 0.5°C	± 1 Digit
75.0°C	-----	75.1°C G	± 0.7°C	± 1 Digit
100.0°C	-----	100.0°C G	± 1.0°C	± 1 Digit

mV CALIBRATION • ETALONNAGE DU POTENTIEL • mV-KALIBRIERUNG • mV DI CALIBRAZIONE • CALIBRACION DE mV				
Value • Valeurs • Sollwert Valore • Valores	Measured Value • Valeurs Mesurées • Istwert Valore Misurato • Valores Medidos		Product Specification • Tolerances • Werkstoleranz Specifiche Tecniche • Tolerancia	
1500 mV	1500 mV		± 1 mV	± 1 Digit
500 mV	500 mV		± 1 mV	± 1 Digit
0 mV	0 mV		± 1 mV	± 1 Digit
-500 mV	-500 mV		± 1 mV	± 1 Digit
-1500 mV	-1500 mV		± 1 mV	± 1 Digit

