



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Diseño de un Laboratorio para el Control de Calidad para  
Tuberías de HDPE Según la Norma INEN 1744 y el  
Aseguramiento de la Calidad de los Resultados Según la Norma  
ISO 17025.”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

(Proyecto de Graduación)

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

Jonathan Henry Gastezzi Mendoza

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2014

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ing. Rodrigo Perugachi, Director del LEMAT por su invaluable ayuda en el desarrollo de esta tesis.

A mi familia por el apoyo que me ha brindado durante toda mi carrera.

A todos mis profesores por haber compartido todo su conocimiento conmigo y a todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo.

Jonathan

## DEDICATORIA

A DIOS, por llenarme de bendiciones y brindarme fuerzas para siempre seguir adelante.

A mis padres, por su apoyo y confianza incondicional para lograr mis metas propuestas.

A Nathaly, por ser una parte muy importante en mi vida y siempre estar conmigo en todo momento.

Jonathan

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Dr. Kléber Barcia V., Ph.D.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
DIRECTOR DEL TFG

---

Ing. Omar Serrano V.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este TFG,  
me corresponde exclusivamente; y el patrimonio  
intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Jonathan Henry Gastezzi Mendoza

## RESUMEN

El presente trabajo consistió en la elaboración del diseño de un laboratorio para el control de la calidad de tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE) fabricadas con normativa nacional, con una descripción clara de los requisitos técnicos, procedimientos y métodos de control que debe cumplir el laboratorio para asegurar la calidad de los resultados obtenidos.

El diseño propuesto se desarrolló en base a la norma nacional INEN 1744 que describe los requisitos técnicos que deben cumplir los tubos de polietileno producidos por extrusión para conducir agua a presión, tanto para redes de agua potable como para usos generales.

Para el aseguramiento de la calidad de los resultados que emita el laboratorio, se generó un sistema de gestión que permita tener bajo control todos los parámetros de ensayo de modo que los equipos y procedimientos de ensayo, garanticen la idoneidad para el uso previsto y por otro lado que se mantengan las características metrológicas dentro de los límites permisibles en el transcurso del tiempo de servicio del laboratorio según lo descrito en la norma internacional ISO/IEC 17025:2005.

Como ya existe un primer acercamiento hacia las principales industrias plásticas del país, y teniendo la referencia de las necesidades y

oportunidades que se presentan dentro de este campo, se buscó como meta principal que el Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales (LEMAT), pueda contribuir con ensayos acreditados y estandarizados a la industria ecuatoriana, garantizando la calidad de los resultados emitidos.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO 1

1. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD Y SU PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE TUBERÍAS.....	3
--	---

### CAPÍTULO 2

2. PROBLEMAS MÁS COMUNES DURANTE EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE).....	21
2.1. Problemas con Exceso de Material Reprocesado y/o Reciclado. ...	22
2.2. Problemas de Tonalidad.....	26
2.3. Problemas con Ciertos Tipos de Aditivos .....	28
2.4. Problemas de Tuberías con Lubricante .....	29
2.5 Problemas de Mala Dispersión de Negro de Humo .....	30



### CAPÍTULO 3

3. SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE TUBERÍAS SEGÚN INEN 1744 Y EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS.....	33
3.1. Control de Acabado Superficial. ....	62
3.1.1. Color .....	62
3.1.2. Homogeneidad.....	62
3.2. Control de Materia Prima.....	64
3.2.1. Dispersión del Negro de Humo.....	64
3.2.2. Densidad.....	68
3.2.3. Índice de Fluidez (MFI).....	87
3.3. Ensayos para el Control de Dimensiones .....	96
3.3.1. Diámetro Exterior Medio.....	96
3.3.2. Espesor Mínimo de Pared.....	98
3.3.3. Aseguramiento de las Mediciones.....	100
3.4. Ensayos para el Control de Propiedades Mecánicas.....	105
3.4.1. Presión Hidrostática y Resistencia Hidrostática.....	106
3.4.1.1. Documentos del Sistema de Gestión de Calidad para Realización de Ensayos .....	106
3.4.1.2. Documentos para el Aseguramiento de la Calidad de los Resultados .....	111
3.5. Control de Propiedades Físicas.....	150

3.5.1. Prueba de Estabilidad Térmica.....	150
3.5.2. Prueba de Reversión Longitudinal.....	151
3.5.3. Prueba de Elongación hasta la Ruptura .....	152
3.5.4. Compatibilidad de la Fusión .....	152
3.5.4.1 Documentos del Sistema de Gestión de Calidad para Realización de Ensayos .....	152
3.5.4.2 Documentos para el Aseguramiento de la Calidad de los Resultados .....	160

#### **CAPÍTULO 4**

4. DISEÑO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.....	34
--	----

#### **CAPÍTULO 5**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	175
--	-----

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **APÉNDICES**

## ABREVIATURAS

ESPOL:	Escuela Superior Politécnica del Litoral
TFG:	Trabajo Final de Graduación
NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana.
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
Pág.:	Página.
Ec:	Ecuación
HDPE:	Polietileno de Alta Densidad.
LDPE:	Polietileno de Baja Densidad.
PE:	Polietileno.
e:	Espesor Nominal de la Tubería
Di:	Diámetro Interior de la Tubería.
DN:	Diámetro Nominal de la Tubería.
PN:	Presión Nominal de la Tubería.
SDR:	Relación de Dimensiones Standard.
ASTM:	Sociedad Americana para Pruebas de Materiales.
EMR:	Esfuerzo Mínimo Requerido.
Dm:	Diámetro Exterior Promedio.
$e_{min}$ :	Esfuerzo Mínimo de Pared
ISO:	International Organization for Standardization
Uc:	Incertidumbre estándar combinada
res:	Resolución del equipo
s:	Desviación estándar
$n$ :	Número de mediciones
MFI:	Índice de fluidez
SAE:	Servicio de acreditación ecuatoriana
IEC:	Comisión Electrotécnica Internacional

## SIMBOLOGÍA

$\sigma_t$ :	Esfuerzo Tangencial de Trabajo.
$^{\circ}\text{C}$ :	Grados Centígrados.
Bar:	Bar
mm:	Milímetros.
A:	Amperios.
$\text{Kg/cm}^2$ :	Kilogramo Fuerza por Centímetro Cuadrado.
MPa:	MegaPascal.
K:	Factor de cobertura
s:	Segundos
min:	Minutos
$\rho$ :	Densidad
$\sigma_p$ :	Esfuerzo Tangencial Inducido.
C:	Coefficiente de sensibilidad
g:	Gramos
Pe:	Presión de ensayo

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Efecto de la Ramificación sobre la Densidad.....	4
Figura 1.2 Tubería y sus Partes Principales.....	6
Figura 1.3 Unión por Termofusión.....	11
Figura 1.4 Unión por Electrofusión.....	12
Figura 1.5 Unión por Compresión.....	13
Figura 1.6 Extrusora Convencional.....	14
Figura 1.7 Tornillo de Extrusión Común.....	14
Figura 1.8 Línea de Extrusión de Tubería de HDPE.....	15
Figura 1.9 Dado para Tubería de HDPE con Diseño tipo Araña.....	16
Figura 1.10 Dado para Tubería de HDPE con Diseño tipo Canasta.....	17
Figura 2.1 Presencia de Poros en la Superficie de la Tubería.....	25
Figura 2.2 Presencia de Burbujas en la Tubería.....	25
Figura 2.3 Efecto de Degradación en la Tubería.....	26
Figura 2.4 Defecto de Opacidad Presentado en la Tubería.....	27
Figura 2.5 Huellas de Fluido en la Tubería.....	28
Figura 2.6 Efecto de Piel de Tiburón en la Tubería.....	30
Figura 2.7 Micrografías del Manejo de una Buena y Mala Dispersión....	32
Figura 3.1 Fuentes que Influyen en el Resultado de un Ensayo de Laboratorio.....	34
Figura 3.2 Distribución Rectangular.....	43
Figura 3.3 Distribución Triangular.....	45

Figura 3.4	Criterio de Conformidad en Base a las Condiciones del Ensayo y Condiciones de operación del Equipo.....	55
Figura 3.5	Cartas de control para Verificaciones Internas.....	57
Figura 3.6	Proceso de Confirmación Metrológica del Equipo/Instrumento de Medición.....	59
Figura 3.7	Etapas a seguir para Calcular la Incertidumbre de una Medida según el Método de la GUM.....	74
Figura 3.8	Exactitud del Método entre Laboratorios.....	119
Figura 3.9	Carta de Trazabilidad para el Transductor de Presión del Equipo de presión.....	133
Figura 3.10	Carta de Trazabilidad de la Termocupla del Equipo de Calefacción.....	134
Figura 3.11	Calorímetro Diferencial de Barrido.....	151
Figura 3.12	Curva Típica de Calibración.....	154

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Presiones de Trabajo para Tuberías de HDPE en serie internacional.....	8
Tabla 2 Presiones de Trabajo para Tuberías de HDPE en serie Inglesa.....	9
Tabla 3 Intervalo de Calibración en Función de las Características del Equipo.....	52
Tabla 4 Análisis del Certificado de Calibración.....	70
Tabla 5 Evaluación de la Reproducibilidad para Varias Muestras.....	116
Tabla 6 Evaluación de la Reproducibilidad para una Muestra Específica.	117
Tabla 7 Factores de Rango Crítico $f(n)$ .....	124
Tabla 8 Extracto de la Tabla F.....	149

# INTRODUCCIÓN

El desarrollo del siguiente TFG abarca principalmente lo siguiente:

En el primer capítulo se describe la clasificación de las tuberías de acuerdo a su sistema de dimensión, presión de trabajo, tipo de polietileno y el tipo de unión o junta, también se describe el proceso de extrusión, así mismo, la descripción de los principales equipos auxiliares usados en la producción de la tubería de polietileno.

El segundo capítulo describe algunos de los problemas que se presentan durante el proceso de extrusión de la tubería, pero sobre todo, la causa y la manera en que pueden resolverse.

Aunque la tubería presente buen aspecto superficial y sus dimensiones estén correctas, la única forma de controlar la calidad es mediante pruebas o ensayos realizados a una muestra obtenida de un lote de producción. Las inspecciones y pruebas para el aseguramiento de la calidad, comprenden el tercer capítulo del presente trabajo; dando a conocer el procedimiento, equipo y la manera de interpretar los resultados obtenidos en los ensayos, basados en la NTE INEN 1744 y la ISO/IEC 17025.



En el cuarto capítulo se detalla el diseño del laboratorio basado en los requerimientos establecidos en la norma ISO 17025:2005, así como los factores físicos que deben ser considerados para el diseño.

Finalmente en el quinto capítulo se detallan las conclusiones y recomendaciones sobre este trabajo.

# CAPÍTULO 1

## 1. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD Y SU PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE TUBERÍAS.

El Polietileno es una resina plástica proveniente de hidrocarburos simples, que son cadenas compuestas por átomos de carbono e hidrógeno y enlaces dobles. Sus propiedades físicas y mecánicas dependen principalmente de su peso molecular y de la distribución del mismo, así como de la longitud y número de ramificaciones. El polietileno abarca el 60 % del sector productivo de resinas plásticas y la principal ventaja de este material es que se puede reciclar. (1)

### **Clasificación del Polietileno**

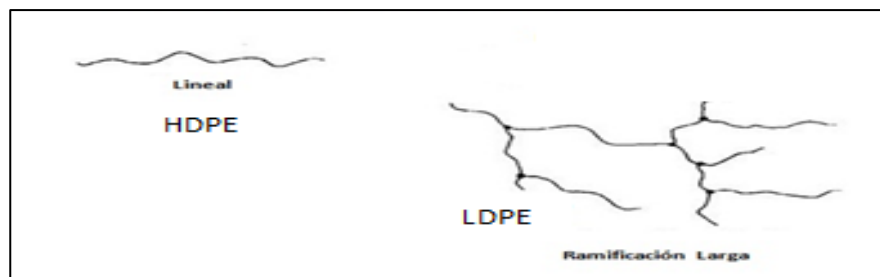
El polietileno se clasifica principalmente en:

- Polietileno de Baja Densidad → LDPE
- Polietileno de Alta Densidad → HDPE

Estos materiales presentan características muy diferentes de comportamiento y cualidades técnicas, las cuales se detallan a continuación:

**LDPE.-** Es un material translúcido, inodoro, con conductividad térmica baja y con un punto de fusión de 110 °C. Sus principales aplicaciones están dentro del sector de envases, empaques, y también se emplea como aislante eléctrico. (2)

**HDPE.-** Es un material con mejores propiedades mecánicas que el polietileno de baja densidad. Sus principales aplicaciones están dentro del sector de la producción de tuberías a presión para transporte de agua potable y usos generales. (2)



**FIGURA 1.1 EFECTO DE LA RAMIFICACION SOBRE LA DENSIDAD. (3)**

La figura 1.1 muestra la estructura molecular del HDPE y LDPE. Las diferencias entre estos materiales están relacionadas directamente con la forma de las ramificaciones en sus cadenas y al peso molecular de las mismas; entre más ramificaciones tenga, es menos cristalino y entre mayor sea su peso molecular tendrá menor cristalinidad. En cuanto a las propiedades mecánicas; entre mayor sea su peso molecular y ramificaciones, tendrán mayor magnitud sus propiedades mecánicas.

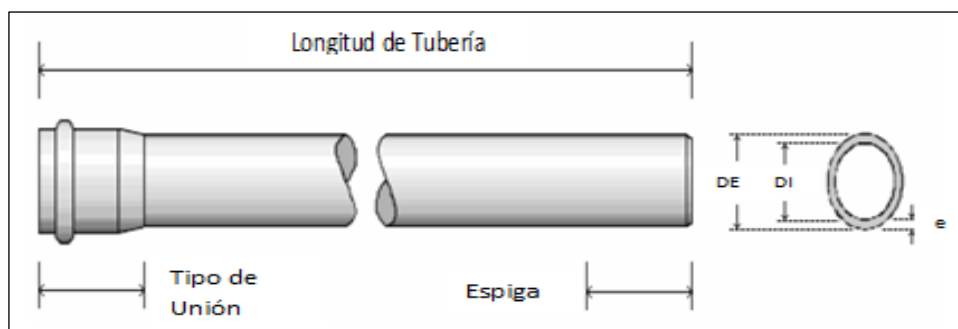
### **Tuberías de Polietileno de Alta Densidad**

Se define a la tubería como el medio utilizado para transportar fluidos, ya sean líquidos ó gases a presiones significativas, que causan esfuerzos de trabajo sobre sus paredes. Las tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE) poseen varias ventajas tales como alta rigidez anular, bajo peso, resistencia a gran cantidad de agentes químicos, baja rugosidad, resistencia a la abrasión, flexibilidad y gran resistencia al impacto. (4)

Las tuberías están diseñadas para trabajar enterradas a 20°C con una vida útil de 50 años y con un coeficiente de seguridad mínimo de 1,25 para transporte de agua a presión. (5)

### Clasificación de la tubería de HDPE.

Las tuberías de HDPE pertenecen a las tuberías semirrígidas que poseen cierta capacidad de deformación, la cual es útil durante su instalación y mantenimiento.



**FIGURA 1.2 TUBERÍA Y SUS PARTES PRINCIPALES. (6)**

DE: diámetro exterior, DI: diámetro interior, e: espesor

En la figura 1.2 se puede observar las partes principales de las que se compone la tubería de polietileno.

Las tuberías de HDPE se clasifican según:

- Sistema de dimensionamiento.
- Presión de trabajo
- Tipo de PE.
- Tipo de unión.

### Sistema de Dimensionamiento

La clasificación depende del sistema de dimensión a utilizar y se clasifica en:

- Serie internacional
- Serie inglesa

### **Serie internacional (SI)**

Para la serie internacional la clasificación hace referencia a la presión nominal de trabajo de la tubería. El diseño de la tubería también se basa en la relación entre el espesor de pared y el diámetro exterior del tubo, de modo que el espesor de pared sea necesario para el tubo respecto a su diámetro, dependiendo de la presión que va a soportar y siempre teniendo en cuenta la resistencia de la resina con la que se fabrica la tubería. (7)

El cociente entre el doble del esfuerzo tangencial de trabajo ( $\sigma_t$ ) en Bares con el espesor nominal de la tubería (e) en mm y el diámetro interior del tubo (Di) en mm, permite obtener la presión nominal de la tubería (PN). En la ecuación 1 se puede definir a la presión nominal como la máxima presión de trabajo a la cual el sistema puede ser sometido en operación continua a una determinada temperatura.

$$\frac{2 \times \sigma_t \times e}{D_i} = PN = \text{Presión Nominal}$$

Ec.1



### Serie Inglesa

Para la serie inglesa las tuberías se clasifican según la relación de dimensiones estándar (SDR). (7)

La SDR es la relación entre el diámetro nominal de la tubería (DN) y el espesor nominal (e), como se indica en la ecuación 2.

$$\frac{DN}{e} = SDR = \text{Relación Dimensional estándar} \quad \text{Ec.2}$$

**TABLA 2**

### Presiones de trabajo para tuberías de HDPE según serie inglesa (7)

SDR	7		7,3		9		11		13,5	
TIPO	Presión Nominal (Bar)									
ALTA DENSIDAD	18,63		17,86		14,06		11,25		9,14	
DN	Espesor Nominal ( e )					Diámetro Interior ( Di )				
Pulg.	e	Di	e	Di	e	Di	e	Di	e	Di
1/2	3	14,9	2,9	15,1	2,4	16,3				
3/4	3,8	18,4	3,7	18,9	3	20,4				
1	4,8	23,3	4,6	23,7	3,7	29,6	3	26,9		
1 1/4	6	29,4	5,8	29,9	4,7	32,3	3,8	34		
1 1/2	6,88	33,66	6,6	34,26	5,36	39,9	4,39	38,94	3,6	40,7
2	8,6	42,1	8,2	42,8	6,7	46,1	5,5	48,7	4,5	50,8
4	16,3	79,7	16	81,1	12,7	87,4	10,4	92,3	8,5	96,4
6	24	117,3	23	119,4	18,4	129	15,3	135,9	12,5	141,8
8	32,3	152,7	30	155,4	24,3	168	19,3	176,9	16,2	184,7
10	39	190,3	37	193,7	30,3	209	24,8	220,4	20,2	230,2
12	46,3	225,8	44	229,8	36	248	29,4	261,4	24	273
14	50,8	247,9	49	252,3	39,5	272	32,3	287	26,3	300
16	57,6	283,3	56	288,4	45,2	311	37	328	30,1	342,6
20	72,6	354,2	70	360,5	56,4	388	46,2	410,1	37,6	428,2
22	79,8	389,6	77	396,5	62,1	427	50,8	435,9	41,4	471
24	87,1	425	84	432,5	67,7	466	55,4	492,1	45,1	513,9
26	94,3	460,4	91	468,6	73,4	505	60	533,1	48,9	556,7
28	102	495,8	97	504,6	79	529	64,6	574,2	52,7	599,5
30	109	531,2	104	540,6	84,7	544	69,3	615,2	56,4	642,3
32	116	566,6	111	576,7	90,3	621	73,9	656,2	60,2	685,2
34	123	602,1	118	612,8	96	660	78,5	697,2	64	728
36	131	637,5	125	648,8	102	699	83,1	738,1	67,7	770,8
42									79	899,3



En las tablas 1 y 2 se puede observar que para tuberías de la misma presión nominal, la relación diámetro/espesor es igual y es un número adimensional que identifica una clase de presión (a menor SDR, mayor presión nominal).

Si se observa la tabla 1, se ve que para tuberías de PE 100, diámetro nominal 200 mm y presión nominal de 16 Bares; el espesor de pared mínimo es de 18,2 mm.

### **Según el Tipo de Polietileno de Alta Densidad**

Los dos tipos principales de resinas que se usan con mayor frecuencia en el mercado ecuatoriano son las denominadas PE-80 y PE-100.

Según el Comité Europeo de Normalización la tensión admisible del material a tracción pura, por un tiempo de servicio de al menos 50 años es 63,00 Kg/cm<sup>2</sup> para la resina PE-80 y 80,00 Kg/cm<sup>2</sup> para la resina PE-100, considerando un factor de seguridad igual a 1,25. (4)

### **Según el Tipo de Unión**

Los principales tipos de unión para las tuberías de polietileno son:

- Unión por termofusión
- Unión por electrofusión
- Unión por compresión

### **Unión por Termofusión**

La unión se realiza en poco tiempo a través del calentamiento de los extremos a una temperatura determinada según el diámetro exterior y el espesor de la tubería; una vez alcanzada la temperatura se lo somete a una presión constante y predeterminada durante un cierto tiempo, resultando una fusión molecularmente homogénea.

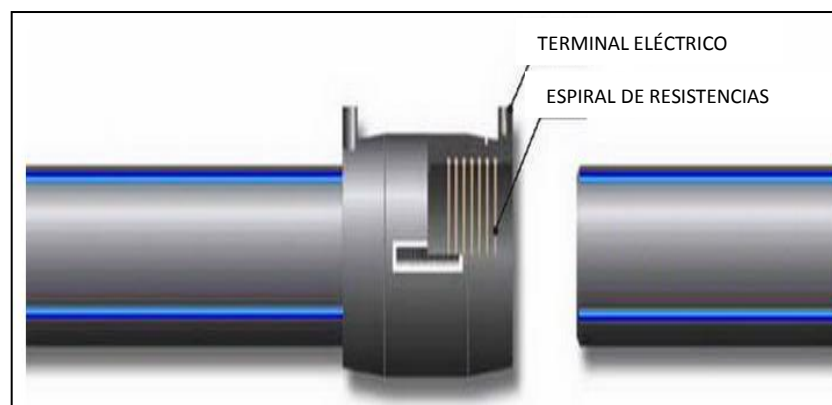
Por este método se puede unir tuberías desde 40 mm hasta 1200 mm de diámetro nominal. (7)



**FIGURA 1.3 UNIÓN POR TERMOFUSIÓN. (7)**

### Unión por Electrofundión

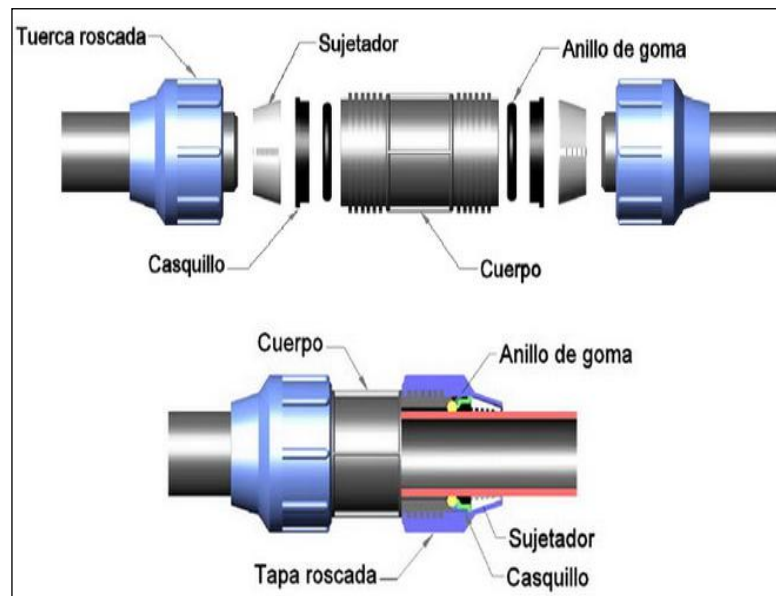
La unión de la tubería se realiza a través de una conexión especial en la que se insertan los extremos de los tubos y se conectan los terminales a una máquina electrofundidora. Por medio de este método se puede soldar tuberías hasta 125 mm de diámetro. (7)



**FIGURA 1.4 UNIÓN POR ELECTROFUSIÓN. (7)**

### Unión por Compresión

Las uniones pueden ser realizadas a través de accesorios denominados de compresión o mecánicos. Bajo este sistema, se pueden unir tuberías desde 25 hasta 110 mm de diámetro. La unión entre el accesorio y la tubería es realizada a través de un anillo de goma que produce un sello hermético, un sujetador y una tapa roscada cónica que se fija a la tubería. (7)



**FIGURA 1.5 UNIÓN POR COMPRESIÓN. (7)**

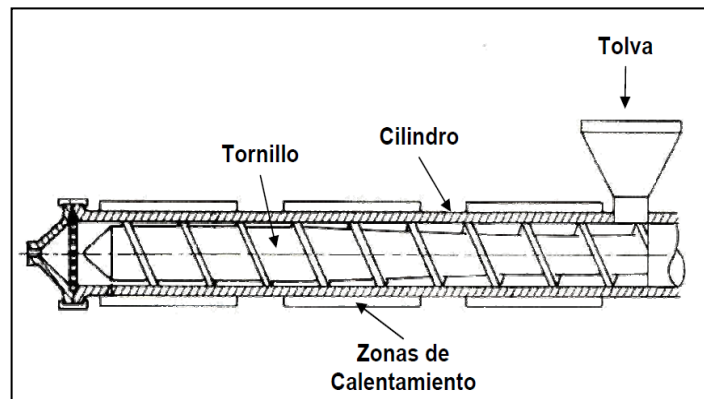
## **Equipo y procesamiento de la tubería de HDPE**

### **Manejo de la Materia Prima.**

La materia prima y los aditivos como el pigmento son mezclados dentro de las instalaciones del fabricante antes de ser extruida, ya sea por el método tradicional (centrifugado) o por turbo mezcladores.

### **Descripción del proceso de extrusión.**

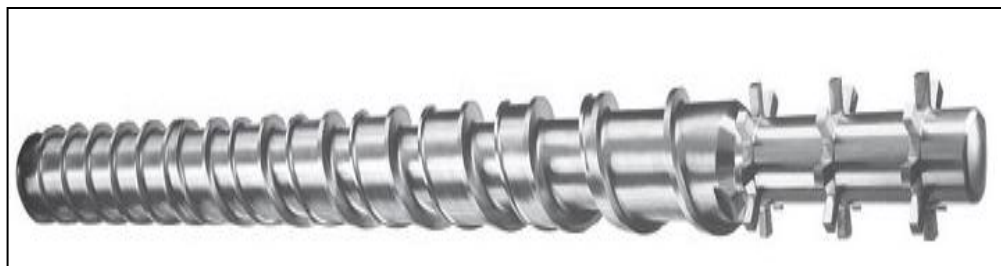
La función de la extrusora durante la fabricación de la tubería es calentar, fundir, mezclar y transportar el material al dado, donde se da la forma tubular. La extrusora convencional usada para la fabricación de la tubería de polietileno se muestra en la Figura 1.6 (8)



**FIGURA 1.6 EXTRUSORA CONVENCIONAL (9)**

Dentro de la extrusora, la resina se somete a calor, presión y cizallamiento (calor por fricción). La medida en que el material se somete a estas tres condiciones para la producción de las tuberías de alta calidad, es en función de la velocidad del tornillo, los ajustes de temperatura del túnel de calefacción y el diseño del tornillo. (8)

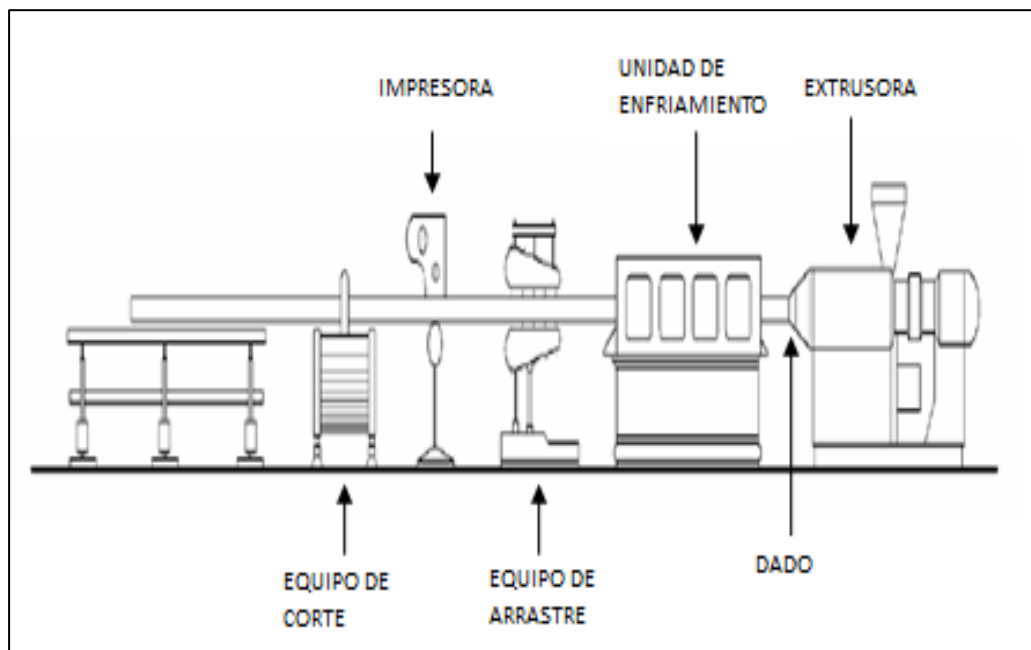
Hay diferentes tipos de diseños de tornillo, pero todos ellos tienen en común la forma que se muestra en la figura 1.7. (8)



**FIGURA 1.7 TORNILLO DE EXTRUSIÓN COMÚN (8)**

### Equipo principal y periférico.

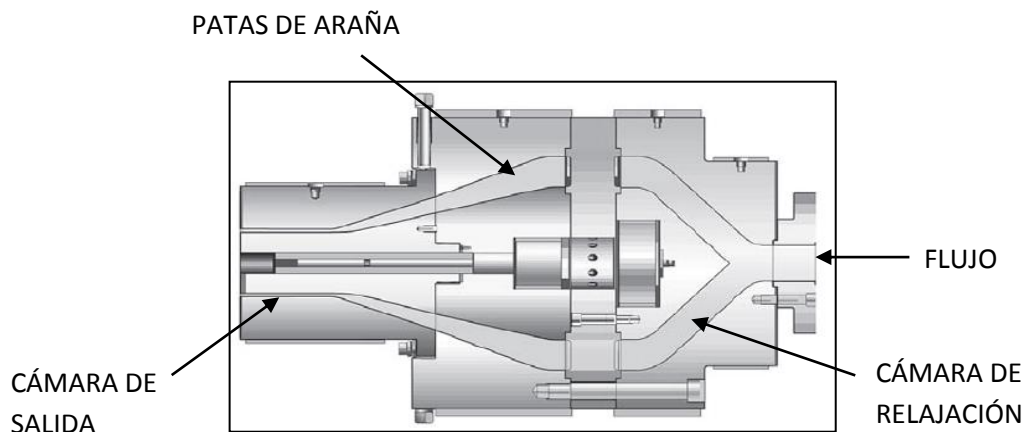
La línea de extrusión de la tubería consiste generalmente de la extrusora, el dado, la unidad de enfriamiento, el equipo de arrastre, la impresora y el equipo de corte como se presenta en la figura 1.8.



**FIGURA 1.8 LÍNEA DE EXTRUSIÓN DE TUBERÍA DE HDPE (6)**

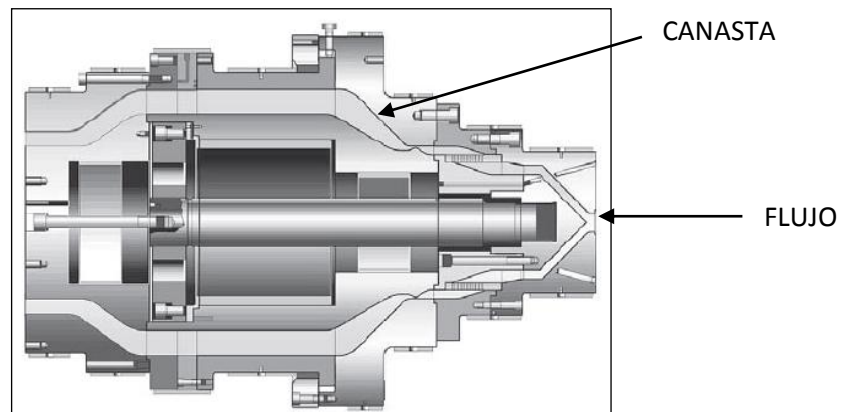
### Dado.

La fabricación de la tubería implica la extrusión del polímero fundido a través de un dado con forma anular. Hay dos tipos comunes de diseños, el tipo araña y el tipo canasta. (8)



**FIGURA 1.9 DADO PARA TUBERÍA DE HDPE CON DISEÑO TIPO ARAÑA (8)**

En el dado tipo araña (Figura 1.9), el flujo es distribuido alrededor del mandril cónico conocido como cámara de relajación. Para evitar las líneas de flujo generadas en la cámara de relajación se reduce el área anular después de las patas de la araña para causar una acumulación en la presión del dado y forzar las corrientes del fluido a converger. Después de que el fluido fue desacelerado y aumento su tiempo de residencia en el dado, se produce una relajación de los esfuerzos impartidos por el paso a través de filtros, al final el fluido pasa por la cámara de salida, dándole la forma tubular. La cámara de salida adversamente puede afectar la superficie de la tubería si es demasiado corta o larga, por lo general es de 15 a 20 veces más que la distancia del espaciamiento anular. (8)



**FIGURA 1.10 DADO PARA TUBERÍA DE HDPE CON DISEÑO TIPO  
CANASTA (8)**

El diseño tipo canasta (Figura 1.10) tiene una ventaja sobre el diseño tipo araña, dándole mayor convergencia al fluido. El polímero fundido pasa a través de una manga la cual contiene centenares de hoyos pequeños, que estabilizan el flujo. La manga agujereada, también es llamada canasta y elimina las líneas de flujo. (8)

La calibración del dado es la variable más importante para la conformación final de la tubería. Se debe considerar que la resina fluya, con volumen y caudal uniforme, alrededor de toda la circunferencia del dado, para lograr espesores uniformes. Para cada serie existe un dado diseñado para brindar un acabado dimensional determinado. (6)



**Unidad de Enfriamiento.**

Las dimensiones y la tolerancia de la tubería dependen del diseño de la unidad de enfriamiento, la tubería debe ser refrigerada lo suficiente para que mantenga su forma. Existen varios métodos de refrigeración que se utilizan para eliminar el calor residual de la tubería, dependiendo del tamaño de la tubería el sistema puede ser por inmersión total o enfriamiento por “spray”.

El enfriamiento por “spray”, se aplica a tuberías de grandes diámetros, mientras que el enfriamiento por inmersión total se usa para tuberías diámetros pequeños. Las temperaturas de enfriamiento por lo general están en el rango de 4°C a 10 °C. (8)

**Equipo de arrastre.**

La unidad de arrastre genera toda la fuerza que mantiene el plástico en movimiento dentro de la línea de extrusión. Existen tres tipos diferentes de equipos de arrastre: (10)

1. Por Oruga
2. Por Bandas
3. Por Rodillos

De estos tipos de equipos, se prefieren el tipo 1 y 2 cuando el artículo producido es sensible a la presión, esto es, que pueda sufrir deformaciones bajo presiones moderadas o en productos de grandes

dimensiones. El equipo por rodillos, es más sencillo y adecuado cuando es muy pequeña el área de contacto, por lo tanto se usa para diámetros pequeños. (10)

### **Impresora.**

Existen varias formas de realizar la marcación de la tubería, una de ellas es de forma manual usando un sello y la otra forma es por medio de rodillos impresores, los cuales contienen en su borde los datos de marcaje, que giran sobre la superficie de la tubería conforme esta avanza. (8)

### **Equipo de Corte.**

Para la selección de unidades de corte de tubería semirígida ó flexible, será necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

- El diámetro y espesor de pared
- La materia prima utilizada
- La forma y calidad del corte
- La longitud del corte (10)

De los puntos anteriores, el diámetro y espesor de la pared son de mayor importancia.

Existen varios mecanismos de corte para las tuberías de polietileno, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Por guillotina
- Por sierras

**Por guillotina**, es usado en el corte de tubería semirrígida, es efectivo, pero puede conducir a ligeras deformaciones por acción de impacto de la cuchilla. (10)

**Por sierras**, las pequeñas dentaciones que cortan provocan al mismo tiempo la formación de pequeñas virutas que algunas veces permanece unidas al tubo. (10)

# **CAPÍTULO 2**

## **2. PROBLEMAS MÁS COMUNES DURANTE EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE).**

En la producción de las tuberías de polietileno se usan temperaturas altas para llevar el compuesto a un estado de fusión, temperaturas insuficientes llevan al compuesto a un estado de gelación y aunque el producto terminado puede tener un buen aspecto, las propiedades físicas requeridas no serían las óptimas; en cambio temperaturas extremas podrían degradar el material dando como resultado la pérdida de las propiedades mecánicas de la tubería. Por ello, para poder procesar a temperaturas altas sin causar la degradación de la resina, es muy importante disponer de procesos adecuadamente diseñados.

La adición de lubricantes durante la mezcla también es un factor muy importante que incurre en el proceso, algunos fabricantes obtienen resultados favorables agregándolos al inicio y otros al final.

Si los lubricantes se incorporan a temperaturas muy altas, el equipo no estará bien lubricado. Si se añaden al principio a temperatura baja, se corre el riesgo de dejar parte de los lubricantes en las paredes de los equipos de mezclado.

Por otro lado, es muy importante mantener un adecuado control de la temperatura y de la revoluciones del husillo, para lograr que el plástico fundido salga siempre de la extrusora con volumen y velocidad de flujo uniforme a través del dado con el fin de alcanzar espesores uniformes.

### **2.1. Problemas con Exceso de Material Reprocesado y/o Reciclado.**

Antes de entrar en detalles se debe diferenciar entre un material reprocesado y uno reciclado o de postconsumo, a nivel de la industria del plástico se considera a un material reprocesado a aquel que salió como producto defectuoso de la manufactura continúa y es usado nuevamente durante el proceso; mientras que un material reciclado es aquel que resulta de un producto que cumplió con su vida útil y se lo puede reusar, pero para conducción

de agua y usos generales está prohibido el uso de este tipo de material como se indica en el inciso 4.4.3 de la normativa nacional INEN 1744.

Una mala mezcla entre materiales (virgen-reciclado) puede causar problemas durante la plastificación y afectar la calidad del producto, dichos problemas son mencionados a continuación:

### **Porosidad.**

Es un defecto que se puede presentar superficialmente sobre la superficie de la tubería y se produce porque el tornillo ejerce mayor calor por cizalla (fricción) sobre material reciclado, haciendo que la velocidad de extrusión aumente y se generen gases durante la plastificación del plástico, provocando la porosidad en la tubería. Dicho problema se soluciona reduciendo el porcentaje de material reprocesado y reduciendo la velocidad de extrusión.

En la figura 2.1 se puede apreciar la presencia de poros sobre la superficie de la tubería.

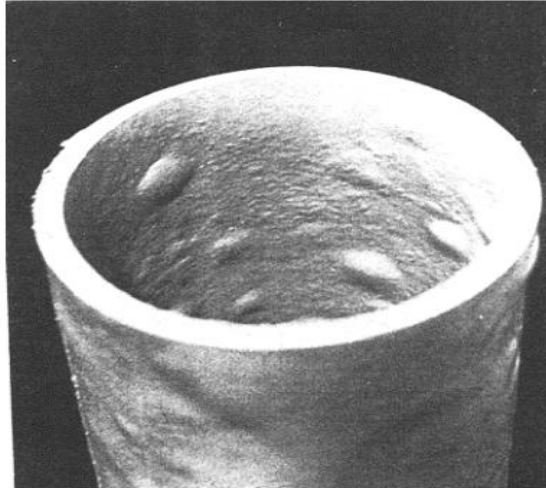


**FIGURA 2.1 PRESENCIA DE POROS EN LA SUPERFICIE DE LA TUBERÍA**

### **Burbujas**

La presencia de burbujas en la superficie de la tubería se debe a una presión insuficiente en la parte posterior del dado y un exceso en la temperatura en la zona de expulsión, seguida por una caída brusca de presión en el dado. El excedente de temperatura se debe a que necesita mayor temperatura para fundir el material reciclado, ya que no se tiene un punto de operación definido como en las resinas vírgenes. (6)

En la figura 2.2 se puede observar la presencia de este defecto en la superficie de la tubería.



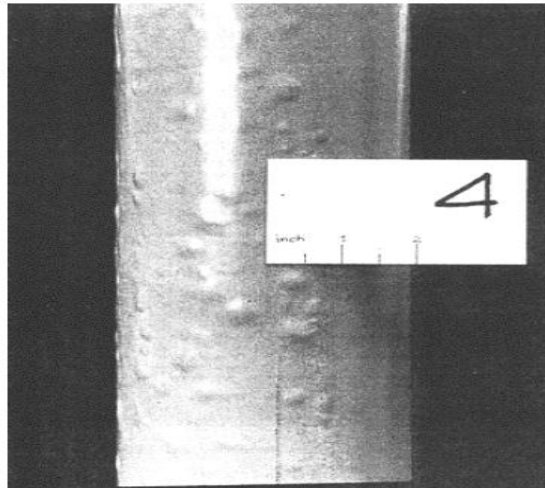
**FIGURA 2.2 PRESENCIA DE BURBUJAS EN TUBERÍA (6)**

### **Degradación.**

El problema de trabajar con materiales reciclados es que no se puede detectar un punto de referencia de las veces que ha sido procesado, esto dificulta mantener los parámetros de operación durante la extrusión de la tubería. La degradación del material sucede cuando las temperaturas de operación son excesivamente elevadas y no existe una plastificación homogénea, esto se soluciona colocando un aditivo modificador de impacto y controlando las temperaturas del túnel de calefacción.

En la figura 2.3 se pueden ver el efecto de la degradación en la tubería.





**FIGURA 2.3 EFECTO DE DEGRADACIÓN EN LA TUBERÍA (6)**

#### **Dimensionamiento irregular.**

A mayor porcentaje de material reprocesado se necesitará una mejor calibración en el equipo de arrastre, en general se pueden aumentar o disminuir las dimensiones exteriores de acuerdo a la velocidad de operación.

## **2.2. Problemas de tonalidad**

#### **Superficie Opaca.**

Esto se debe a una mala mezcla entre el compuesto y las ceras usadas durante la extrusión. También es debido a que se opera a una temperatura de expulsión demasiado baja. (6)

En la figura 2.4 se puede ver una tubería con el defecto de opacidad.



**FIGURA 2.4 DEFECTO DE OPACIDAD PRESENTADO EN  
TUBERÍA (6)**

**Huellas de Fluido.**

Se presentan como manchas por humedad alrededor de la superficie de la tubería, y se produce cuando la cámara de vacío no está fija, debido a que la tubería no tiene el espesor adecuado. (6)

En la figura 2.5 se puede ver una tubería que presenta huellas de fluido en su superficie.



**FIGURA 2.5 HUELLAS DE FLUIDO EN LA TUBERÍA**

### **2.3. Problemas con cierto tipos de aditivos**

#### **Encogimiento en el moldeo.**

La presencia de aditivos reduce el nivel de encogimiento al cual están sometidos los termoplásticos debido a su naturaleza semicristalina. (11)

#### **Rigidez.**

Una de las principales limitaciones de los termoplásticos es su baja rigidez, especialmente a elevadas temperaturas (temperatura de distorsión). El uso de rellenos aumenta la rigidez de las tuberías de polietileno. (11)

**Envejecimiento.**

Los rellenos minerales pueden producir un efecto prodegradante y estabilizador en el polietileno. (11)

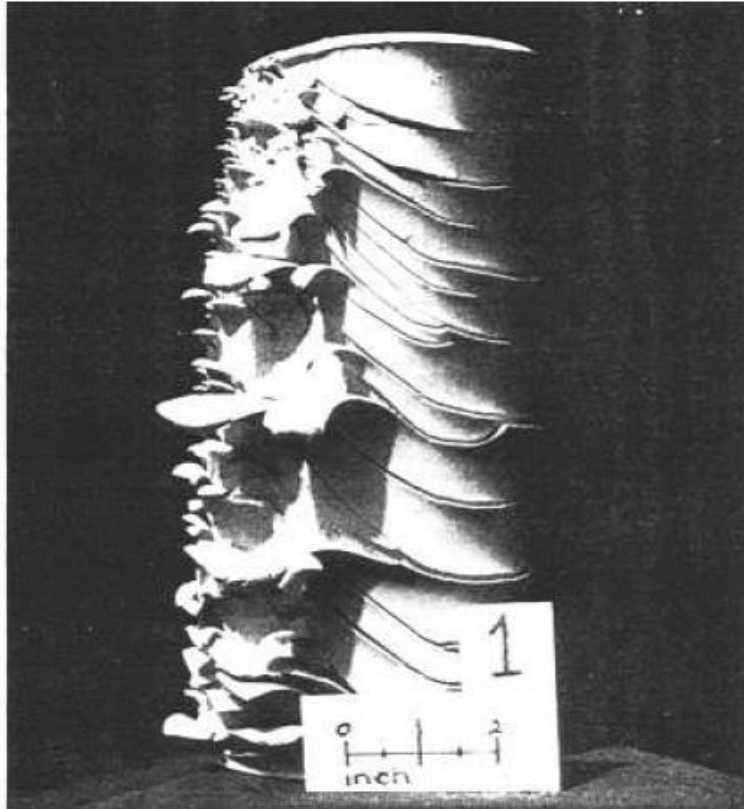
**2.4. Problemas con exceso de lubricante****Fractura del Fundido.**

Se da por que la tubería no tiene buena resistencia y se desgarran debido a que la plastificación no es la adecuada, el problema también se genera por realizar un mal mezclado o falta de lubricante.

**Piel de Tiburón.**

Este problema se debe a que el material lubricante (cera) está con exceso de humedad antes de ingresar a la extrusora, para solucionarlo solo se debe presecar la cera con un sistema de calefacción o almacenar la cera en cuartos debidamente controlados.

En la figura 2.6 se puede apreciar la presencia del defecto denominado piel de tiburón.



**FIGURA 2.6 EFECTO DE PIEL DE TIBURÓN EN TUBERÍA (6)**

## **2.5. Problemas de mala dispersión de negro de humo**

### **Puntos, aglomerados y núcleos o aglutinantes.**

Son términos comunes que describen la aparición de pequeños grumos que resultan de la inestabilidad en los concentrados de color líquido. Para resolver este problema se debe obtener una buena dispersión, ya sea a través de aditivos, mejoras mecánicas u otras técnicas. (12)

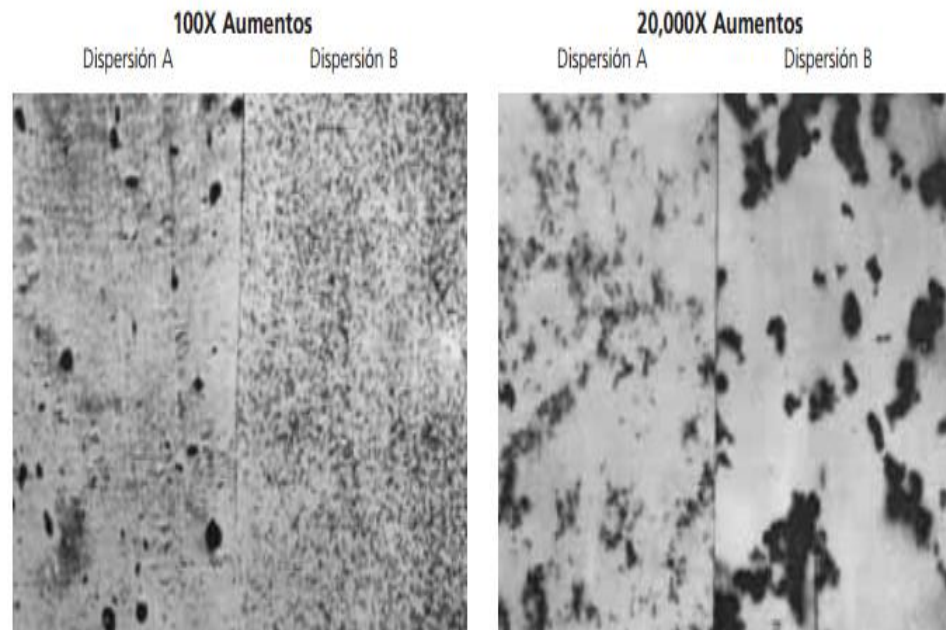
**Reducción de color, brillo y aparición de una matriz café en el producto final.**

Estos problemas se deben a una mala dispersión, la cual se puede resolver aumentando la energía de dispersión del compuesto. Esto se obtiene optimizando las cargas de negro de humo, extendiendo los tiempos de mezclado y modificando las condiciones del proceso.

(12)

**Alta viscosidad.**

Está asociada con cargas altas de negro de humo, puede generar calor excesivo durante el mezclado, lo que ocasiona la formación de geles que degradan la calidad y estabilidad de la dispersión. El uso de cargas reducidas o el control correcto de la temperatura ayuda a resolver este problema. (12)



**FIGURA 2.7 MICROGRAFÍAS DEL MANEJO DE UNA BUENA Y MALA DISPERSION (12)**

La dispersión A en la figura 2.7 a baja magnificación da la apariencia de estar mal dispersa, pero a mayor magnificación se aprecia la buena dispersión. Esto lleva a concluir que aunque se manejó una buena dispersión la dilución final fue inadecuada. La dispersión B fue mal dispersa aunque la base adelgazada estuvo bien realizada.

# **CAPÍTULO 3**

## **3. SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE TUBERÍAS SEGÚN INEN 1744 Y EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS**

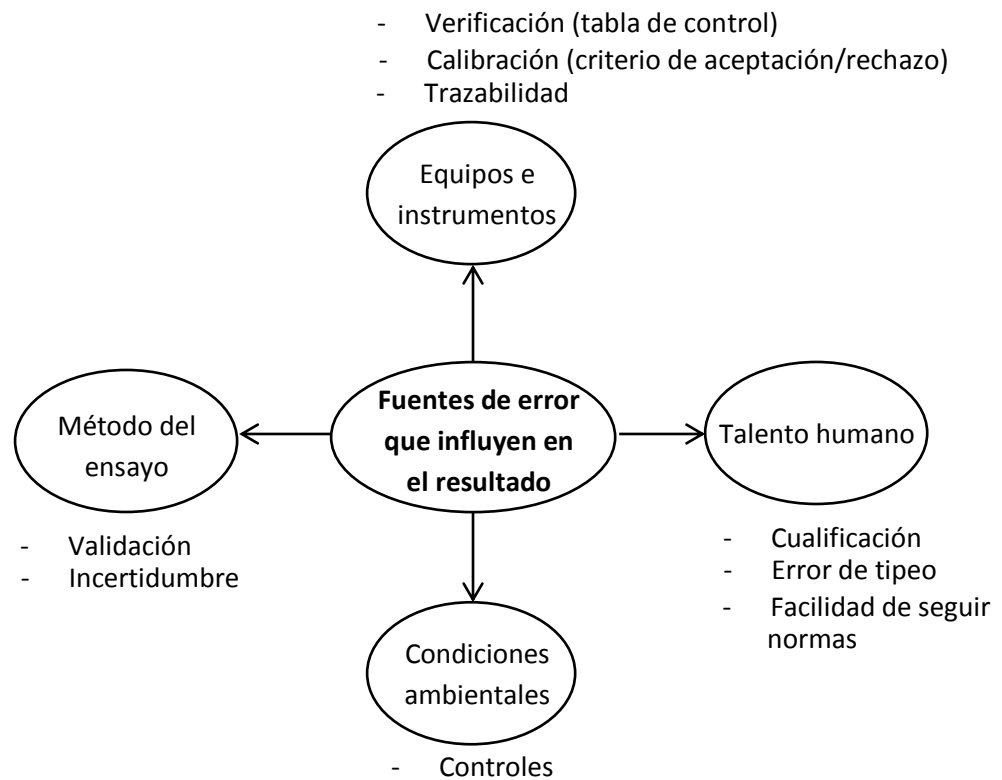
El término control de la calidad forma parte del vocabulario habitual aunque a veces no es tan fácil de establecerla.

El sistema de gestión para el control de la calidad no solo debe permitirse establecer si un producto se rechaza o se acepta, sino que debe evitar que esto ocurra, identificando y cuantificando las fuentes de error.

En la figura 3.1 se representan las principales fuentes de error que influyen en el resultado de un ensayo dentro de un laboratorio; dentro de



las cuales se encuentra el método del ensayo, el equipo o los instrumentos con los que se realiza la medición, las condiciones ambientales en las que se desarrolla el ensayo y el talento humano que ejecuta el ensayo.



**FIGURA 3.1 FUENTES DE ERROR QUE INFLUYEN EN EL RESULTADO DE UN ENSAYO DE LABORATORIO**

**Método del ensayo.-** El método del ensayo que emplee el laboratorio debe satisfacer las necesidades del cliente y ser apropiado para el uso

previsto. Existen varios métodos de ensayo y se clasifican de la siguiente manera:

- a) Métodos normalizados
- b) Métodos alternativos
- c) Métodos basados en normas
- d) Métodos desarrollados por el laboratorio

#### **a) Métodos normalizados**

Los métodos normalizados son aquellos que fueron publicados como normas internacionales, nacionales o por organizaciones técnicas reconocidas (ISO, ASTM, FDA, UNE, INEN, etc.) (13)

La norma ISO 17025 establece que el método normalizado es el más conveniente a la hora de seleccionar un método de ensayo y también establece que se debe utilizar la versión vigente de la norma, para garantizar los resultados emitidos.

#### **b) Métodos alternativos**

La necesidad de evaluar rápidamente la calidad de las materias primas y los productos terminados, ha llevado al desarrollo de métodos alternativos de análisis, que son más rápidos y fáciles de realizar que los métodos normalizados.

Estos métodos pueden dar resultados equivalentes a los proporcionados por el método normalizado, mientras que otros pueden llevar a resultados que difieren apreciablemente. (13)

**c) Métodos basados en normas**

Son los descritos en procedimientos internos del laboratorio, que están basados en los métodos normalizados y que no tienen una modificación técnica respecto del método de referencia, que ponga en cuestión su validez técnica. Deben mantenerse actualizados en relación con el método de referencia en el que se fundamentan. (13)

**d) Métodos desarrollados por el laboratorio**

Estos métodos son los desarrollados por el laboratorio de forma unilateral, no disponen del reconocimiento de los métodos normalizados o de los métodos alternativos. (13)

La norma ISO 17025 establece que la introducción de métodos de ensayo desarrollados por el laboratorio para su propio uso, debe ser una actividad planificada y debe ser asignada a un personal calificado, provisto de los recursos adecuados.

Como parte de los procedimientos de ensayo, se deben incluir también los procedimientos para la preparación de las muestras pues se trata de un aspecto crítico en determinados ensayos. Existen normas reconocidas

que regulan la manipulación previa de las muestras de un ensayo y deben ser consideradas como una referencia adecuada. (13)

El inciso 5.4.5.2 de la normativa internacional ISO/IEC 17025:2005, describe que el laboratorio debe validar los métodos no normalizados, los métodos que diseña o desarrolla, los métodos normalizados empleados fuera del alcance previsto, así como las ampliaciones y modificaciones de los métodos normalizados, con la finalidad de confirmar que los métodos son aptos para el fin previsto. La validación del método debe ser tan amplia como sea necesario para satisfacer las necesidades del tipo de aplicación o del campo de aplicación dados. El laboratorio debe registrar los resultados obtenidos, el procedimiento utilizado para la validación y una declaración sobre la aptitud del método para el uso previsto.

Para validar el método se sugiere una comparación con un método de referencia, realizado por un laboratorio organizador debidamente acreditado en la norma de referencia; el protocolo de validación está compuesto de dos etapas:

- 1) Un estudio comparativo de métodos; del método alternativo frente al método de referencia realizado por el laboratorio organizador;
- 2) Un estudio interlaboratorio de cada uno de los métodos.

Una parte importante de la validación del método es la estimación de la incertidumbre de la medición, en el inciso 5.4.6.2 de la norma ISO/IEC 17025 se describe que el laboratorio de ensayo debe tener y debe aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre.

Según la JCGM 100:2008 (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) [GUM 1995], la estimación de la incertidumbre de medida consiste en la evaluación por separado de la dispersión de los valores posibles para el mensurando debido a cada una de las fuentes de error que intervienen en la medición. Algunas contribuciones a la dispersión pueden ser evaluadas por métodos experimentales (se designan evaluaciones tipo A) y otras se evalúan por métodos no experimentales (se designan evaluaciones tipo B).

**Evaluación tipo A.-** La incertidumbre de una magnitud de entrada  $X_i$  obtenida a partir de observaciones repetidas, bajo condiciones de repetibilidad se estima con base en la dispersión de los resultados individuales.

Si  $X_i$  se determina por  $n$  mediciones independientes, resultando en valores  $q_1, q_2, \dots, q_n$ , para el mejor estimado  $x_i$  para el valor de  $X_i$  es la media de los resultados individuales:

$$x_i = \bar{q} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n q_j \quad \text{Ec. 3}$$

La dispersión de los resultados de la medición  $q_1, q_2, \dots, q_n$ , para la magnitud de entrada  $X_i$  se expresa por su desviación estándar experimental:

$$s(q) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2} \quad \text{Ec. 4}$$

La incertidumbre estándar  $u(x_i)$  de  $X_i$  se obtiene finalmente mediante el cálculo de la desviación estándar experimental de la media:

$$u(x_i) = s(\bar{q}) = \frac{s(q)}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. 5}$$

Así que resulta para la incertidumbre estándar de  $X_i$ :

$$u(x_i) = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2} \quad \text{Ec. 6}$$

Para una medición que se realiza por un método bien caracterizado y bajo condiciones controladas, es razonable suponer que la distribución (dispersión) de los  $q_j$  no cambia, o sea se mantiene prácticamente igual para mediciones realizadas en diferentes días, por distintos analistas, etc. (esto es, la medición está bajo control estadístico). En este caso esta componente de la incertidumbre puede ser más confiablemente estimada con la desviación estándar  **$s_p$  obtenida de un solo experimento anterior**, que con la desviación estándar experimental  $s(q)$  obtenida por

un número  $n$  de mediciones, casi siempre pequeño, según la Ecuación 4.

(14)

La incertidumbre estándar de la media se estima en este caso por:

$$u(x_i) = \frac{s_p}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. 7}$$

Cabe mencionar que  $n$  es el número de mediciones repetidas para evaluar  $x_i = \bar{q}$ , según la Ecuación 3, mientras  $s_p$  se determinó por un número distinto (y grande) de mediciones.

No se puede dar una recomendación general para el número ideal de las repeticiones  $n$ , ya que éste depende de las condiciones y exigencias (meta para la incertidumbre) de cada medición específica. Hay que considerar que:

- Aumentar el número de repeticiones resulta en una reducción de la incertidumbre tipo A, la cual es proporcional a  $1/\sqrt{n}$ .
- Un número grande de repeticiones aumenta el tiempo de medición, que puede ser contraproducente, si las condiciones ambientales u otras magnitudes de entrada no se mantienen constantes en este tiempo.

- En pocos casos se recomienda o se requiere  $n$  mayor de 10. Por ejemplo cuando se caracterizan instrumentos o patrones, o se hacen mediciones o calibraciones de alta exactitud.
- Para determinar el impacto que tiene  $n$  en la incertidumbre expandida hay que estimar su influencia en el número de grados efectivos de libertad.

Otras fuentes de incertidumbre que se evalúan con este método son la reproducibilidad y las obtenidas al hacer una regresión lineal. (14)

**Evaluación tipo B.-** Las fuentes de incertidumbre tipo B son cuantificadas usando información externa u obtenida por experiencia.

Estas fuentes de información pueden ser:

- Certificados de calibración.
- Manuales del instrumento de medición, especificaciones del instrumento.
- Normas nacionales o internacionales.
- Valores de mediciones anteriores.
- Conocimiento sobre las características o el comportamiento del sistema de medición.



La cuantificación de una fuente de incertidumbre incluye la asignación de un valor y la determinación de la distribución a la cual se refiere este valor. Las distribuciones que se usan con mayor frecuencia son:

- a) Distribución normal
- b) Distribución rectangular
- a. Distribución triangular

### **Distribuciones de probabilidad**

#### **a) Distribución normal**

Los resultados de una medición repetida afectada por una o más magnitudes que varían aleatoriamente, generalmente se aproximan a una distribución normal. Un ejemplo típico de una distribución normal es la incertidumbre indicada en certificados de calibración.

(14)

Cuando se dispone de valores de una incertidumbre expandida  $U$ , como los presentados por ejemplo en certificados de calibración, se divide  $U$  para el factor de cobertura ( $K$ ) obtenido, ya sea directamente igual a 2 o a partir de un nivel de confianza dado. (14)

#### **b) Distribución rectangular**

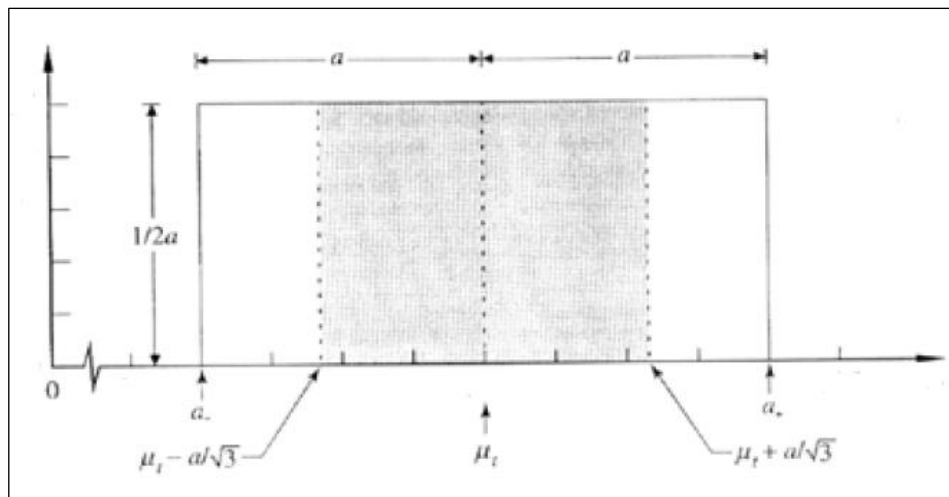
En una distribución rectangular la función de densidad de probabilidad es constante en un intervalo dado. (14)

En general, cuando exclusivamente hay conocimiento de los límites superior e inferior del intervalo de variabilidad de la magnitud de entrada, lo más apropiado es suponer una distribución rectangular. Ejemplos típicos de una distribución rectangular son la resolución de un instrumento digital. (14)

Si la magnitud de entrada  $X_i$  tiene una distribución rectangular como se muestra en la figura 3.2, con el límite superior  $a_+$  y el límite inferior  $a_-$ , el mejor estimado para el valor de  $X_i$  está dado por:

$$X_i = \frac{a_+ + a_-}{2}$$

Ec. 8



**FIGURA 3.2 DISTRIBUCIÓN RECTANGULAR**

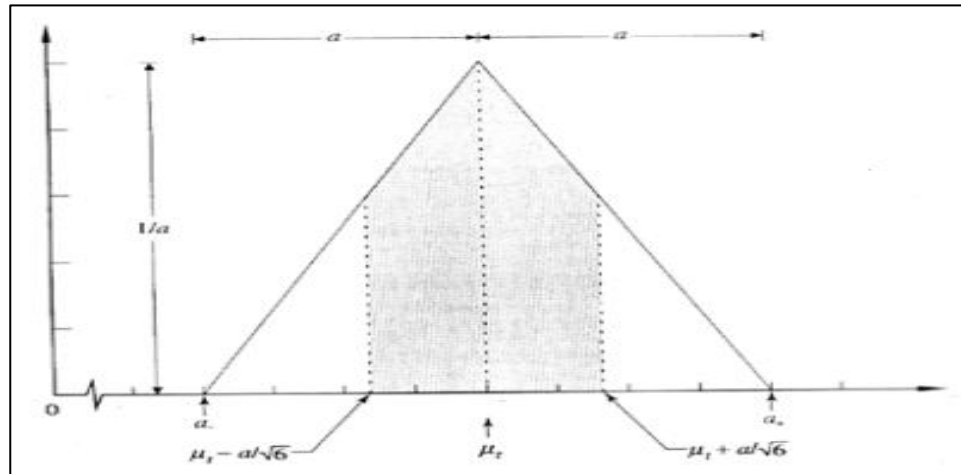
Cabe mencionar que la incertidumbre está relacionada a la variabilidad de las mediciones y dicha variabilidad esta enlazada a la varianza de los datos. Por lo tanto la incertidumbre estándar se calcula por:

$$u(x_i) = \frac{a_+ + a_-}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec. 9}$$

### c) Distribución triangular

Si además del conocimiento de los límites superiores e inferior hay evidencia de que la probabilidad es más alta para valores en el centro del intervalo y se reduce hacia los límites, puede ser más adecuado emplear la estimación de la incertidumbre con una distribución triangular. (14)

Si la magnitud de entrada  $X_i$  tiene una distribución triangular como se muestra en la figura 3.3, con el límite superior  $a_+$  y el límite inferior  $a_-$ , el mejor estimado para el valor de  $X_i$  está dado por la Ecuación 8



**FIGURA 3.3 DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR**

Debido a que la incertidumbre está relacionada a la varianza de la distribución triangular, la incertidumbre estándar se calcula por:

$$u(x_i) = \frac{a_+ + a_-}{\sqrt{24}} \quad \text{Ec. 10}$$

**Equipos e instrumentos de medición.-** El laboratorio debe estar provisto con todos los equipos requeridos para la medición, y para la correcta ejecución de los ensayos y dichos equipos deben ser operados por personal autorizado. (15)

Para asegurar que los equipos e instrumentos de medición cumplen con los requisitos metrológicos; se deben calibrar, verificar y mantener la trazabilidad a las unidades de medida del Sistema Internacional (SI) a través de un patrón primario.

1) **Calibración.-** según el VIM la calibración es una operación que bajo condiciones especificadas establece la relación entre los valores de una magnitud indicados por el equipo/instrumento de medición o valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones. Es importante no confundir la calibración con los procesos de: ajuste, mantenimiento o reparación y verificación.

Existen dos tipos de ajustes según el VIM: ajuste mayor y ajuste usual.

El ajuste mayor de acuerdo con el VIM se define como la operación para llevar un instrumento de medición a un estado de funcionamiento adecuado para el uso. El ajuste usual se realiza únicamente usando los medios a disposición del usuario.

Mientras que el mantenimiento o reparación según el VIM es una acción tomada sobre un producto no conforme para convertirlo en aceptable para el uso previsto.

### **Informe de calibración (certificado)**

El informe de calibración es el documento en el que se reportan los resultados de la calibración de los equipos/instrumentos de medición. Los resultados mínimos de todo informe de calibración que cumpla con los requisitos de ISO 17025 son:

- Resultados cuantitativos, como son errores o correcciones, e incertidumbre de la calibración,
- Evidencia de la trazabilidad a los laboratorios nacionales que representan las magnitudes del Sistema Internacional de unidades (SI),
- Condiciones ambientales durante la calibración

El certificado de calibración puede ir acompañado de etiquetas que confirman el equipo como “Calibrado”.

### **Intervalo de calibración**

Uno de los puntos más importantes de la calibración de los equipos e instrumentos de medición es la determinación del intervalo de calibración, la ISO 10012:2003, detalla que un sistema que mantenga intervalos de calibración sin revisar determinados únicamente por intuición ingenieril (por ejemplo, 1 año), no es confiable. La ISO 10012:2003 recomienda el documento de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML D10), para determinar el intervalo de calibración de los equipos e instrumentos y debe ser analizado para optimizar el compromiso del riesgo de falla entre calibraciones con intervalos amplios y el costo de operación por calibraciones frecuentes en intervalos muy cortos. OIML D10 recomienda los siguientes métodos

para estimar el período de calibración de los equipos/instrumentos del laboratorio:

1. Ajuste automático o en “escalera” (tiempo calendario).
2. Cartas de control (tiempo calendario).
3. Tiempo en uso.
4. Verificación en servicio o test de “caja negra”.
5. Aproximación estadística.

Todos estos métodos describen técnicas gráficas y estadísticas que hacen uso de los resultados obtenidos en una calibración previa para estimar las tendencias de los equipos/instrumentos y poder determinar su período de calibración.

La norma internacional ISO 10012 describe en su apartado 3.1 que, la confirmación metrológica es el conjunto de operaciones requeridas para asegurar que el equipo de medición cumple con los requerimientos para el uso previsto.

El proceso de confirmación metrológica tiene dos entradas: los requisitos metrológicos del cliente (RMC) y las características metrológicas del equipo de medición (CMEM); y un solo resultado que es el estado de confirmación del equipo de medición.

### **Requisitos metrológicos del cliente (RMC)**

Los RMC son aquellos requisitos de medición que el cliente especifica como pertinentes para el proceso de producción. Este proceso requiere del conocimiento del proceso de producción y de metrología. Los RMC deberían tener en cuenta el riesgo de mediciones incorrectas y sus efectos en la organización y el negocio y pueden ser expresados en términos de error máximo permitido.

### **Características metrológicas del equipo de medición (CMEM)**

Dado que las CMEM a menudo se determinan por calibración o verificaciones intermedias, se deben considerar las entradas para el proceso de calibración del equipo de medición, un patrón de medida y un procedimiento que especifique las condiciones ambientales bajo las cuales se realizó la calibración o verificación. Los resultados de la calibración deberían incluir una declaración de la incertidumbre de medición. Los resultados de la calibración pueden documentarse en el sistema de confirmación metrológica por cualquier método apropiado, por ejemplo mediante certificados o informes de calibración (cuando las calibraciones son contratadas con proveedores externos), o por registros de los resultados de calibración (cuando se realizan internamente).



La confirmación metrológica (período de calibración) debe ser determinado por el usuario del equipo/instrumento de medición, y normalmente incluye calibración, verificación, cualquier ajuste o reparación en caso de ser necesario.

### **Periodo de calibración de los equipos/instrumentos de medición**

Para optimizar el periodo de calibración de los equipos/instrumento de medición se recomienda el siguiente procedimiento: (22)

#### **1) Definir los periodos de calibración en función de las características del equipo como:**

##### **a) Estabilidad del equipo (E)**

- **Equipos estables (E=1).**- Son aquellos que presentan variaciones poco significativas en sus medidas con el paso del tiempo. Se incluyen en este grupo los equipos caracterizados por materializar magnitudes (Calibres) y por tener derivas poco significativas o despreciables. Un ejemplo puede ser un bloque patrón. (22)
- **Equipos inestables (E=2).**- Son aquellos que presentan variaciones significativas en sus medidas con el paso del tiempo. Se incluyen en este grupo los equipos con dispositivos mecánicos, eléctricos o electrónicos. (22)

**b) Deterioro previsto del equipo (D)**

El deterioro previsto se obtiene a partir de la expresión:

$$D = \frac{IU}{S} \quad \text{Ec.11}$$

**IU: Intensidad de uso del equipo**

- Intensidad de uso alta (IU=2).- Cuando con el equipo se realizan frecuentemente mediciones.
- Intensidad de uso baja (IU=1).- Cuando con el equipo se realizan medidas esporádicas.

**S: Sensibilidad al uso**

- Sensibilidad alta (S=1).- Equipos que por sus características constructivas son sensibles al número de veces que se utilizan. Se incluyen en este apartado equipos que pueden sufrir desgastes, holguras, etc. (22)
- Sensibilidad baja (S=2).- Equipos que por sus características constructivas son poco sensibles al número de veces que se utilizan. Se incluyen en este apartado los equipos que pueden utilizarse muchas veces sin sufrir alteraciones de sus características metrológicas. (22)

En el caso particular de que  $D=IU/S= 0,5$  se aproxima a 0.

**c) Movilidad (M)**

- **Móviles (M=2).**- Equipos cuyo uso puede ser realizado en distintos lugares. Se incluyen en este apartado los equipos que se calibran no in situ o equipos multipropósito. (22)
- **Fijos (M=1).**- Equipos cuyo uso es realizado en un lugar fijo. Se incluyen en este apartado los equipos que se calibran in situ. (22)

Una vez que se ha asignado los valores para cada punto antes mencionado se emplea la siguiente fórmula para poder determinar el periodo de calibración:

$$ST = E + D + M \quad \text{Ec.12}$$

Finalmente se aplica la tabla 3 para determinar el periodo de calibración en función de las características del equipo:

**TABLA 3**  
**INTERVALO DE CALIBRACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS**  
**CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO (22)**

ST	2	3	4	5	6
<b>Intervalo (meses)</b>	36	24	18	12	6

## **2) Revisión de los periodos de calibración en función de los resultados tras varias calibraciones**

La modificación del intervalo de calibración de un equipo puede obedecer a que los parámetros asignados a un equipo a priori pueden ser modificados cuando se produce alguna de las circunstancias siguientes: (22)

- Cuando los resultados de las calibraciones sucesivas permiten detectar que la estabilidad o sensibilidad del equipo es distinta de la prevista inicialmente. Para ello se puede hacer estudios de las derivas de los equipos o calibres en función de la evolución de la estabilidad de la incertidumbre analizados según los resultados tras calibraciones sucesivas. (22)
- Cuando se producen cambios en la intensidad de uso de los equipos debido al incremento o reducción de la demanda de piezas. (22)
- Cuando se determinan cambios en cuanto a la posibilidad de movilidad de los equipos. (22)

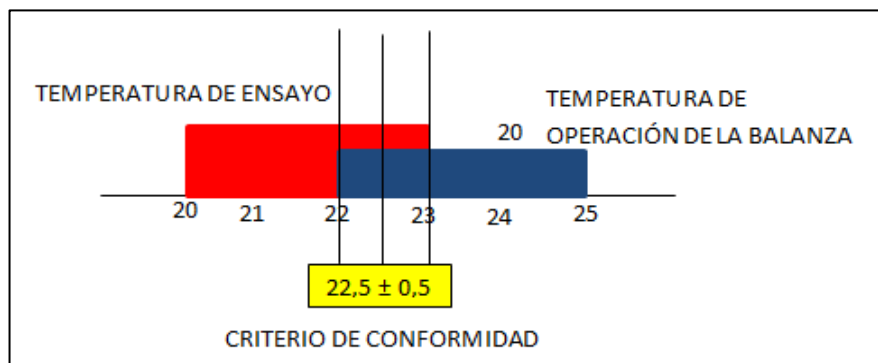
## **3) Beneficios de gestionar adecuadamente las calibraciones**

- Disminución del riesgo de utilizar equipos no conformes.
- Reducción de costes al evitar calibraciones en periodos más cortos de lo necesario.

- Análisis del comportamiento de los equipos con el objetivo de ser una medida preventiva, del deterioro de los mismos.
- Aumentar la confianza en los valores reales indicados por los equipos.
- Aplicar las herramientas de mejora, ya que se revisan los resultados de las sucesivas calibraciones. (22)

### **Criterios para la declaración de conformidad de los equipos/instrumentos de medición**

La interpretación de los resultados del certificado de calibración para conocer la capacidad de medición del equipo/instrumento es propia del LEMAT, ya que la organización determina cual es el criterio de aceptación o de rechazo del equipo/instrumento de medición; para la determinación de este criterio, se deben considerar más los requisitos del proceso que las especificaciones del fabricante. Por ejemplo si se usa una balanza como instrumento de medición, y el fabricante recomienda que la temperatura de operación de la balanza sea entre 22°C y 25°C; y la temperatura del ensayo que se realice según la normativa técnica sea entre 20°C y 23°C, se deberá considerar un factor común entre las condiciones del ensayo y del equipo. En la figura 3.4 se observa que el criterio de conformidad es  $22,5 \pm 0,5$  °C.



**FIGURA 3.4 CRITERIO DE CONFORMIDAD EN BASE A LAS CONDICIONES DEL ENSAYO Y CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EQUIPO**

### **Evaluación de la conformidad**

Los resultados típicos de una calibración son los errores (E) y la incertidumbre expandida (U) del instrumento comparados con la tolerancia (T) establecida por el laboratorio.

Cuando el intervalo de error más incertidumbre ( $E \pm U$ ) se encuentra dentro de los límites de tolerancia (T), se dice que el resultado es conforme.

Cuando el intervalo de error más incertidumbre ( $E \pm U$ ) se encuentra fuera de los límites de tolerancia (T), se dice que el resultado es no conforme.

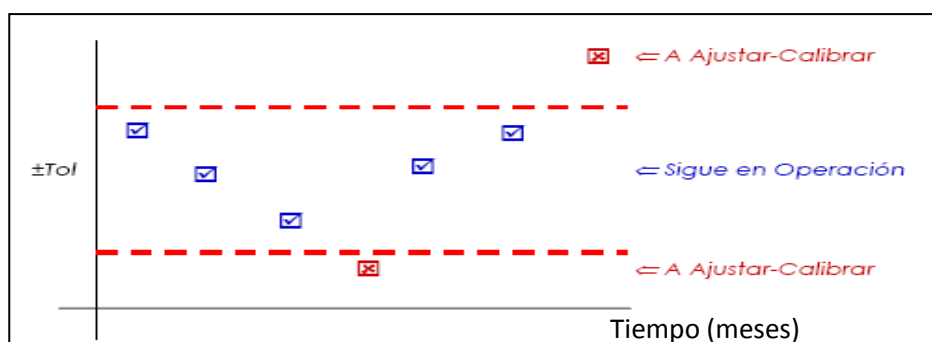
Cuando el intervalo de error más incertidumbre ( $E \pm U$ ) se intercepta con los límites de tolerancia (T), se dice que el resultado es ambiguo. Cuando existan ambigüedades el laboratorio debe definir reglas especiales, por ejemplo, considerar el resultado como conforme sujeto a verificación cuando el error (E) se encuentra dentro de la tolerancia o no conforme sujeto a verificación cuando el error (E) se encuentra fuera de tolerancia.

2) **Verificar.**- después de la calibración las CMEM son comparadas con los RMC antes de confirmar el equipo para su uso previsto, a este proceso se lo conoce como verificación. Por ejemplo, el error de indicación declarado con el equipo de medición se compararía con el error máximo permitido especificado como un RMC. Si el error es menor que el error máximo permitido, entonces el equipo cumple con ese requisito y puede ser confirmado para su uso. Si el error es mayor, deberían tomarse acciones para eliminar la no conformidad, o informarse al cliente que el equipo no puede ser confirmado.

Se deben llevar a cabo las verificaciones que sean necesarias para mantener la confianza del estado de los requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos de medición y toda verificación debe ser documentada. (15)

Una forma práctica de realizar una verificación intermedia es con el uso de las cartas de control, en las que se evalúan los puntos de

medición que están relacionados con el funcionamiento del equipo/instrumento a lo largo del período de calibración, estos puntos son llamados puntos de control. (16)



**FIGURA 3.5 CARTAS DE CONTROL PARA VERIFICACIONES INTERNAS (17)**

La carta de control representada en la figura 3.5, muestra la tolerancia normalizada dentro de la cual los resultados obtenidos por el equipo o instrumento son aceptados durante un periodo de tiempo. Esta carta de control también sirve para predecir si tiene que reducir el período de calibración.

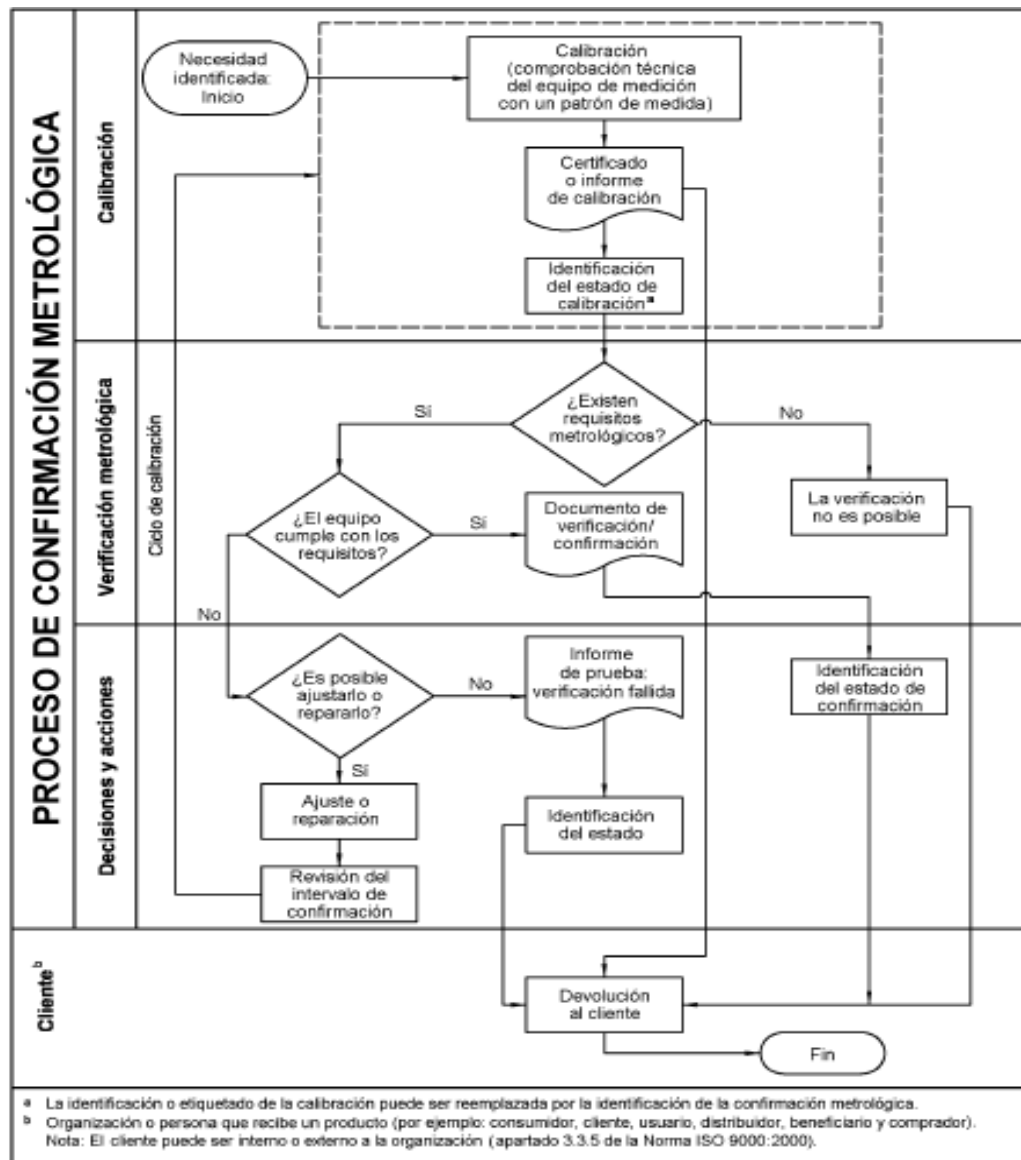
- 3) **Trazabilidad.**- El laboratorio debe asegurar la trazabilidad de la medición mediante el uso de servicios de calibración provistos por laboratorios que puedan demostrar su competencia y su capacidad de medición y trazabilidad. Por ejemplo se consideran competentes los laboratorios de calibración que cumplan con la norma ISO/IEC 17025,



institutos nacionales de metrología y los recomendados por la Conferencia General de Pesas y medidas (CGPM-BIMP) y el Comité Internacional de Pesas y medidas (CIMP-BIMP).

El sistema de gestión de las mediciones se compone del control de los procesos de medición asignados y de la confirmación metrológica del equipo de medición, así como de los procesos de soporte necesarios. Deben controlarse los procesos de medición dentro del sistema de gestión de las mediciones. Debe confirmarse todo el equipo de medición dentro del sistema de gestión de las mediciones.

La confirmación metrológica de los equipos/instrumentos de medición se define de acuerdo al diagrama de flujo propuesto por la ISO 10012 y representado en la figura 3.6 la cual describe los procesos, documentos y decisiones a considerar.



**FIGURA 3.6 PROCESO DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DEL EQUIPO/INSTRUMENTO DE MEDICIÓN (18)**

**Talento humano.-** La dirección del laboratorio debe asegurar la competencia de todos los que operan los equipos, realizan ensayos, evalúan resultados y firman los informes de ensayos. Cuando emplea

personal en formación, debe proveer una supervisión apropiada. El personal que realiza tareas específicas debe estar calificado sobre la base de una educación, una formación, una experiencia apropiada y de habilidades demostradas, según sea requerido. (15)

**Condiciones ambientales.-** El laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones. Se deben documentar las condiciones ambientales que puedan afectar los resultados. (15)

Hoy en día, la implantación de la norma ISO/IEC 17025:2005 es una práctica generalizada en los laboratorios de ensayo que quieren ser referentes, las razones que lo justifican en cada caso son distintas, pero se pueden resumir en dos; la necesidad de reforzar la competitividad y el prestigio del laboratorio, aspectos normalmente vinculados al objetivo de acreditación y la continua necesidad de mejora de la eficiencia, vinculada a la aplicación de procesos estandarizados. (13)

El uso de un software para asegurar la calidad de los resultados se ha incrementado en los últimos años, ya que reduce los tiempos de ensayo y facilita las actividades del analista durante la ejecución del mismo, reduciendo los errores humanos, como por ejemplo el error de tipeo. En el presente trabajo se desarrolló un software denominado "INEN 1744" programado en Visual Basic 6.0, para presentar una interface agradable

y flexible al momento de realizar los ensayos en las tuberías de polietileno y que el analista del laboratorio pueda hacer uso de la documentación proporcionada, el mismo programa elimina los errores por mala interpretación del usuario durante cualquier ensayo ya que está restringido en base a la normativa técnica nacional INEN 1744, y permite generar inmediatamente el informe, reduciendo los tiempos de respuesta a los clientes.

Una vez conocido los posibles defectos que se pueden presentar en las tuberías plásticas durante su procesamiento, descritos en el capítulo 2, se revisó cada uno de los requisitos técnicos que deben cumplir según normativa nacional. Dentro de los requisitos técnicos que deben cumplir las tuberías se encuentra el acabado superficial, el control de las materias primas, el control de dimensiones, el control de propiedades mecánicas y físicas.

De acuerdo a la norma internacional ISO/IEC 17025, en la que se establece en el inciso 4.2.1 que “la documentación del sistema debe ser comunicada al personal pertinente, debe ser comprendida por él, debe estar a su disposición y debe ser implementada por él” se plantea usar un formato establecido llamado Hoja de Datos Primarios, en la cual el analista anotará las observaciones que se presenten durante la inspección de la tubería usando un instructivo de llenado de hoja de

datos primarios que facilitará el llenado de dicho formato, con el fin de que se anoten cada una de las observaciones que exige la norma de ensayo.

### **3.1. Control de acabado superficial.**

#### **3.1.1. Color**

Las tuberías de polietileno de alta densidad se diferencian mediante un color específico según la aplicación para la cual fue diseñada.

En la norma INEN 1744 se establece que para transporte de agua potable deben ser de color azul y para usos generales deben ser de color negro. (19)

#### **3.1.2. Homogeneidad**

Las tuberías deben ser totalmente homogéneas a través de su pared y uniformes en su color, este control lo hace visualmente el analista. Adicionalmente debe verificar que la superficie interna y externa de la tubería no presente grietas, fisuras, rugosidades, perforaciones o incrustaciones de materiales extraños. (19)

Con el fin de establecer las actividades a realizar durante la inspección del acabado superficial de las tuberías de polietileno se determinó el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento de ensayo de control de acabado superficial**

Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT y la norma de ensayo INEN 1744, se propuso el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/13**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice A, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo, debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual facilitará ingresar la información necesaria, como por ejemplo los datos primarios e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en conjunto con los demás ensayos que aplican a este producto.

El software INEN 1744 podrá utilizarse siguiendo el instructivo de uso IU/LEMAT/03 detallado de manera completa en el Apéndice B.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma de ensayo INEN 1744 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE1301 está dentro del Apéndice C.

Como indica el literal a, del inciso 5.4.7.2 “el software desarrollado por el usuario debe estar documentado con el detalle suficiente y haya sido convenientemente validado, de modo que se pueda asegurar su uso”. El software INEN 1744 fue validado para el ensayo del control del acabado superficial, el mismo que se evidencia en el Apéndice C.

### **3.2. Control de Materia Prima.**

#### **3.2.1. Dispersión del Negro de Humo**

El control de la dispersión del negro de humo se determina según la normativa nacional INEN 1741, la cual consiste en determinar el tamaño de la partícula de negro de humo así como el grado de dispersión observada con el microscopio óptico de luz reflejada.

(20)

De acuerdo a la norma internacional ISO/IEC 17025, en la que se establece en el inciso 5.5.1 que “el laboratorio debe estar provisto con todos los equipos para el muestreo, medición y el ensayo, requeridos para la correcta ejecución de los ensayos”, se procede a detallar los requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos establecidos en la normativa nacional INEN 1741 para realizar correctamente el ensayo, y para controlar la dispersión del negro de humo en las tuberías de polietileno.

### **Requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos utilizados**

El requisito metrológico a tomar en consideración es el siguiente:

1. Se necesita un microscopio óptico de luz reflejada, con una cámara fotográfica incorporada capaz de tomar micrografías con una ampliación de  $100 \pm 5$  aumentos (20)

Con el fin de establecer las actividades a realizar durante el ensayo para el control de la dispersión del negro de humo en las tuberías de polietileno, se determinó el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento de ensayo de control de la dispersión de negro de humo PEE/LEMAT/14**



Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT y la norma de ensayo INEN 1741, se propuso el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice D, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo, debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual permitirá o facilitará ingresar la información necesaria, como por ejemplo los datos primarios, e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en conjunto con los demás reportes de los demás ensayos que aplican a este producto.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma nacional de ensayo INEN 1741 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE1401 se encuentra en el Apéndice E.

El software INEN 1744 fue validado para el ensayo del control de la dispersión de negro de humo de las tuberías de polietileno, el mismo que se evidencia en el Apéndice E.

De acuerdo al inciso 5.3.1 de la norma internacional ISO/IEC 17025, en la que se establece que “el laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones”, se consideran las siguientes verificaciones a realizar por el analista durante el ensayo.

### **Verificación de instalaciones y condiciones ambientales**

Los analistas deben controlar y registrar las condiciones ambientales que puedan incidir en la calidad del resultado como son:

- Humedad, la cual debe ser menor al 80 %
- Temperatura, la cual debe ser  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Estas condiciones fueron consideradas en función de las especificaciones técnicas del fabricante.

Se debe controlar el acceso y uso de las áreas que afecten la calidad del ensayo.

### **Procedimiento de mantenimiento de equipo**

El mantenimiento del equipo consiste en una limpieza básica y debe seguirse según el manual del equipo.

### **3.2.2. Densidad**

La densidad de la tubería se determina de acuerdo a la norma nacional INEN 1742.

De acuerdo al inciso 5.5.1 de la norma internacional ISO/IEC 17025, se procede detallar los requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos establecidos en la normativa nacional INEN 1742 para realizar correctamente el ensayo del control de la densidad en las tuberías de polietileno.

#### **Requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos utilizados**

Los requisitos metrológicos a tomar en consideración según la normativa nacional INEN 1742 son los siguientes:

1. Se debe contar con una balanza analítica con una exactitud  $\pm 0,0001$  g. (21)
2. Se debe contar con una balanza analítica con un rango máximo de 200 g. (21)

De acuerdo a la norma internacional ISO/IEC 17025, en la que se establece en el inciso 5.5.2 que “el equipo debe ser verificado o calibrado antes de su uso, con el fin de asegurar que responde a las exigencias especificadas por laboratorio y cumple las especificaciones normalizadas pertinentes”, se procede a realizar la comprobación de los requisitos metrológicos.

### **Comprobación de los requisitos metrológicos**

La comprobación de los requisitos metrológicos para este ensayo se hace en base al certificado de calibración de la balanza, el mismo debe ser emitido por un laboratorio acreditado en calibración de balanzas.

La balanza cumple con los requisitos metrológicos si en cada punto calibrado el error es  $\pm 0,0001$  g.

Para facilitar la comprobación de los requisitos metrológicos se emplea la tabla 4.

**TABLA 4**  
**ANÁLISIS DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

No. Certificado			
Valor patrón	Valor medido	Error (±)	Conformidad Cumple/No cumple
$X_{11}$	$Y_{12}$	$z_{13}$	Cumple/No cumple
$X_{21}$	$Y_{22}$	$z_{23}$	Cumple/No cumple
....	....	....	.....
$X_{n1}$	$Y_{n2}$	$z_{n3}$	Cumple/No cumple

Es decir,

$X_{11}$  representa la primera medida de referencia de  $n$  valores que se desean calibrar

$Y_{12}$  representa la primera medida obtenida por un instrumento patrón de  $n$  valores de referencia

Siendo  $z_{n3} = | Y_{n2} - X_{n1} |$  y representa el error que se debe evaluar para determinar si el equipo cumple con la tolerancia estimada por la norma del ensayo.

Con el fin de establecer las actividades a realizar durante el ensayo para el control de la densidad en las tuberías de polietileno se determinó el siguiente procedimiento.

## **Procedimiento de ensayo para el control de la densidad PEE/LEMAT/15**

Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT y la normativa nacional INEN 1742, se propuso el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice F, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual permitirá o facilitará ingresar la información necesaria como por ejemplo los datos primarios, e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en conjunto con los demás reportes de los demás ensayos que aplican a este producto.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma nacional de ensayo INEN 1742 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE1501 se encuentra en el Apéndice G.

El software INEN 1744 fue validado para el ensayo del control de la densidad, el mismo que se evidencia en el Apéndice G.

De acuerdo al inciso 5.3.1 de la norma internacional ISO/IEC 17025, se consideran las siguientes verificaciones a realizar por el analista durante el ensayo.

### **Verificación de instalaciones y condiciones ambientales**

Los analistas deben controlar y registrar las condiciones ambientales que puedan incidir en la calidad del resultado como son:

- Se debe controlar que la temperatura del ambiente sea de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- La balanza debe estar montada sobre una superficie fija.
- La balanza debe estar nivelada sobre la superficie.

Estas condiciones fueron consideradas en función de las especificaciones técnicas del fabricante y de los requisitos que exige la norma nacional INEN 1742.

### **Procedimiento de mantenimiento de la balanza**

- Limpiar el platillo de pesaje, para que se encuentre libre de polvo o suciedad. La limpieza se efectúa con una pieza de tela limpia que puede estar humedecida con agua destilada.
- Limpiar externa e internamente la cámara de pesaje, verificar que los vidrios estén libres de polvo.
- La balanza se debe calibrar según la ecuación (12).

### **Aseguramiento de la calidad de los resultados**

La norma ISO/IEC 17025:2005 incluye el cálculo de incertidumbre como requisito aplicable a los resultados producidos por el laboratorio, ya que es una herramienta para el análisis de confiabilidad de resultados.

Según lo establecido en la INEN 1742, hay cuatro posibles casos que se pueden dar para obtener la densidad de la tubería, a continuación se detalla la obtención de la incertidumbre para cada caso:

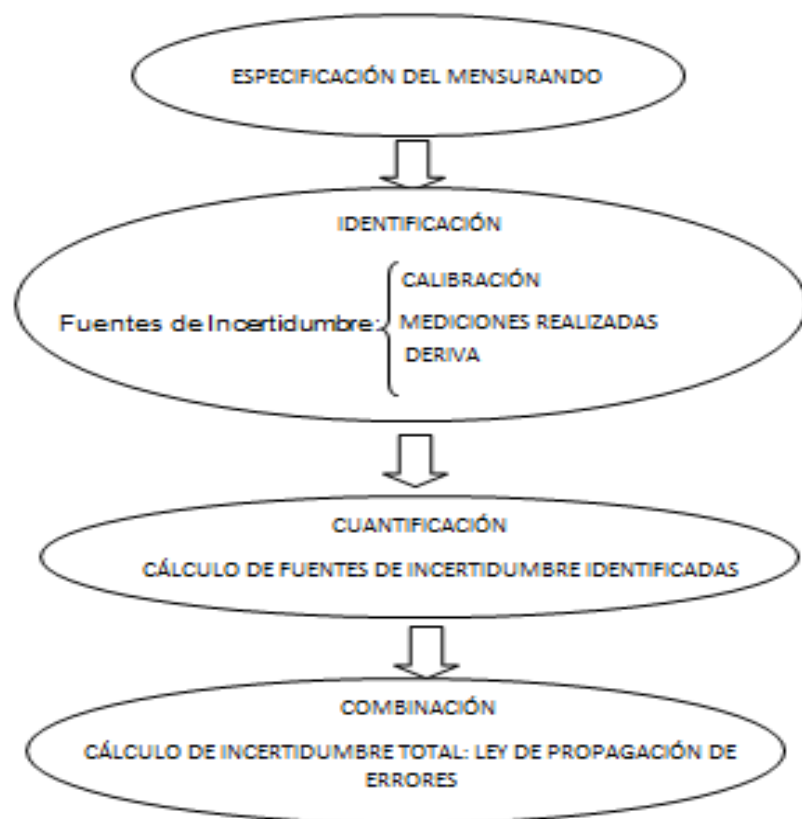
#### **Estimación de la incertidumbre.**

##### **Caso 1.- Tubería sin contenido de negro de humo cuya densidad es mayor que la del líquido de inmersión**

La incertidumbre de la densidad de la tubería ( $\rho_E$ ) sin contenido de negro de humo depende de los errores asociados al proceso de



calibración de la balanza, a la deriva de la misma y a las mediciones realizadas durante el ensayo. Para estimarla se sigue la metodología propuesta por la JCGM 100:2008 [GUM 1995], la cual se basa en identificar, cuantificar y combinar todas las fuentes de incertidumbre del procedimiento de medición. En la figura 3.7 se detallan las cuatro etapas, propuesta por la GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) para realizar la estimación de la incertidumbre.



**FIGURA 3.7 ETAPAS A SEGUIR PARA ESTIMAR LA INCERTIDUMBRE DE UNA MEDIDA SEGÚN EL MÉTODO DE LA GUM**

La JCGM 200:2008 (Vocabulario Internacional de Metrología) [VIM] define al mensurando como la magnitud sujeta a la medición.

### **Especificación del mensurando**

En esta etapa se establece cuál es la relación a través de una ecuación matemática, entre los resultados de las mediciones realizadas en la balanza, con la densidad. La densidad de la tubería ( $\rho_E$ ) para el primer caso se expresa como:

$$\rho_E = \left(0,793 \times \frac{a \times \rho_l}{b-c}\right) + 0,188 \quad \text{Ec.13}$$

Donde:

a → Masa de la muestra

b → Masa de la muestra sumergida en el líquido de inmersión

c → Masa del líquido de inmersión

$\rho_l$  → Densidad del líquido de inmersión (agua destilada) 0,9976 g/cm<sup>3</sup> @ 23°C

### **Identificación**

En esta etapa deben identificarse todas las fuentes de incertidumbre asociadas a la medición indirecta de la densidad de la tubería. Estas fuentes son:

- 1. Incertidumbre de la calibración de la balanza.** Cualquier instrumento de medición debe calibrarse para garantizar la trazabilidad de los resultados que proporciona. La incertidumbre en esta etapa está asociada a la corrección calculada durante la calibración de la balanza; depende de la incertidumbre de las masas patrón con que se calibre el equipo y de los errores asociados al propio proceso de calibración.
- 2. Resolución de la balanza.** Se relaciona con la capacidad de la balanza para observar más datos del comportamiento del mensurando.
- 3. Repetibilidad de las mediciones.** Depende de la dispersión o cercanía de los valores medidos en varios periodos cortos de tiempo; realizados por el mismo analista, bajo las mismas condiciones ambientales del ensayo.
- 4. Deriva de la balanza.** Según JCGM 200:2008 en el apartado 4.21, se refiere a la deriva como la variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida.

## Cuantificación

Una vez identificadas todas las fuentes de error que puedan contribuir a la incertidumbre final, la siguiente etapa consiste en cuantificar la magnitud de la incertidumbre:

### 1. Incertidumbre de la calibración.

Se utiliza la información obtenida del certificado de calibración emitido por un laboratorio acreditado.

Para obtener la incertidumbre por la calibración del equipo, ( $\mu_{\text{calibración}}$ ) debe dividirse la incertidumbre expandida de la calibración ( $U_{\text{expandida}}$ ) para el valor del factor de cobertura ( $k$ ) igual a 2 que corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%

$$\mu_{\text{(calibración)}} = \frac{U_{\text{expandida}}}{k} \quad \text{Ec.14}$$

La incertidumbre por calibración se la considera del tipo B con distribución normal, ya que no se conoce el valor de la magnitud, pero si el intervalo máximo de variación y se obtuvo de un certificado.

### 2. Incertidumbre por resolución

La incertidumbre por la resolución puede ser obtenida de equipos/instrumentos digitales o analógicos, por lo tanto, se denominan; resolución para instrumentos con indicación digital

y división de escala para instrumentos con indicación analógica.

A la incertidumbre por resolución se la considera del tipo A, con una función de distribución de probabilidad rectangular, asociada para equipos/instrumentos digitales o con una función de distribución de probabilidad triangular, asociada para equipos/instrumentos analógicos. La incertidumbre estándar de esta fuente es:

$$\mu_{(res)} = \frac{\text{Resolución}}{\sqrt{12}}; \text{ para instrumentos digitales} \quad \text{Ec.15}$$

$$\mu_{(res)} = \frac{\text{División de escala}}{\sqrt{24}}; \text{ para instrumentos analógicos} \quad \text{Ec.16}$$

### 3. Incertidumbre por repetibilidad

Se determina a partir de una corrida de “5” lecturas tomadas en un intervalo de tiempo corto por el analista, para determinarla se emplea la Ecuación 5, mencionada anteriormente.

Aplicando la ley de propagación de errores a las dos fuentes mencionadas anteriormente y considerando las tres variables que se miden para el caso 1 para determinar la densidad de la tubería de polietileno según la INEN 1742, se obtiene lo siguiente:

$$\mu_a = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{a})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.17}$$

$$\mu_b = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{b})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.18}$$

$$\mu_c = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{c})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.19}$$

Las ecuación (17) (18) (19) son las incertidumbres combinadas de las variables medidas en la balanza para obtener la densidad de la tubería, las cuales involucran la incertidumbre por repetibilidad que se evalúa a partir de la desviación estándar,  $s(\bar{a})$ ,  $s(\bar{b})$  y  $s(\bar{c})$ , de las  $n$  medidas realizadas durante el ensayo, y la incertidumbre por resolución ( $\text{res}_B$ ), que se determina en función de la resolución dada por el fabricante de la balanza. Para poder estimar la incertidumbre combinada asociada a las mediciones se debe determinar el coeficiente de sensibilidad respecto a cada variable, ya que es utilizado para estandarizar el resultado en la unidad deseada debido a que existen contribuciones que tienen unidades diferentes a la que se desea obtener.

$C_a$ ,  $C_b$  y  $C_c$  son los coeficientes de sensibilidad evaluados como:

$$C_a = \frac{\partial \rho_E}{\partial a} ; C_b = \frac{\partial \rho_E}{\partial b} ; C_c = \frac{\partial \rho_E}{\partial c} \quad \text{Ec.20}$$

Donde:

$$C_a = \frac{0,793 \times \rho_1}{b-c} ; C_b = \frac{-0,793 \times a \times \rho_1}{(b-c)^2} ; C_c = \frac{0,793 \times a \times \rho_1}{(c-b)^2} \quad \text{Ec.21}$$

Con este resultado, se tienen ahora todas las contribuciones necesarias para estimar la incertidumbre combinada total asociada a cada una de las mediciones. Para hallar la incertidumbre combinada total asociada a las mediciones ( $U_B$ ) se usa la siguiente expresión:

$$U_B = \sqrt{C_a^2 \cdot U_a^2 + C_b^2 \cdot U_b^2 + C_c^2 \cdot U_c^2} \quad \text{Ec.22}$$

Para obtener la incertidumbre ( $\mu_E$ ) asociada a las mediciones realizadas con la balanza por precisión y resolución, se debe multiplicar la incertidumbre combinada asociada a las mediciones por un factor de cobertura  $k=2$ , como se describe a continuación:

$$\mu_E = k \cdot U_B \quad \text{Ec.23}$$

#### 4. Deriva de la balanza.

La incertidumbre de la deriva considera que la balanza varía continua o incrementa su indicación a lo largo del tiempo debido a las variaciones metrológicas, la  $\mu$  (deriva) se determina por:

$$\mu(\text{deriva}) = \sqrt{\frac{\text{dif}^2}{3}} \quad \text{Ec.24}$$

Según la ISO/IEC Guide 98:1995 (GUM), la deriva se obtiene con la diferencia entre dos calibraciones sucesivas (dif), considerando una distribución rectangular, para esta fuente de incertidumbre.

#### Combinación

Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores. De esta forma, se obtiene la incertidumbre estándar combinada ( $\mu_c$ ), asociada a la densidad.

$$\mu_c = \sqrt{u_{(\text{calibración})}^2 + u_E^2 + u(\text{deriva})^2} \quad \text{Ec.25}$$

En la ecuación 25 se muestra la expresión para calcular la incertidumbre combinada de la densidad.



El último paso, consiste en estimar la incertidumbre total expandida,  $U(\rho_E)$ . Para ello, debe multiplicarse la incertidumbre estándar ( $\mu_c$ ) por un factor de cobertura,  $k=2$ :

$$U(\rho_E) = k \cdot \mu_c \quad \text{Ec.26}$$

Se escoge  $k$  igual a 2 ya que si se repite el ensayo bajo las mismas condiciones de ensayo, existe una posibilidad de aproximadamente el 95% que el valor coincida con el valor calibrado ( $\rho_E \pm U\rho_E$ ).

### **Caso 2.- Tubería sin contenido de negro de humo cuya densidad es menor que la del líquido de inmersión**

Para estimar la incertidumbre de la densidad de la tubería ( $\rho_E$ ) sin contenido de negro de humo cuya densidad es menor que la del agua destilada; al igual que el caso anterior depende de los errores asociados al proceso de calibración de la balanza, a la deriva de la misma y a las mediciones realizadas durante ensayo. Para estimar la incertidumbre se sigue la metodología propuesta por la GUM.

#### **Especificación del mensurando**

La densidad de la tubería ( $\rho_E$ ) se expresa como:

$$\rho_E = \left( 0,793 \times \frac{a \times \rho_l}{b - (c+d)} \right) + 0,188 \quad \text{Ec.27}$$

Donde:

$a \rightarrow$  Masa de la muestra

$b'$  → Masa de la muestra con masa adicional sumergida en el agua destilada

$c$  → Masa del agua

$d$  → Masa adicional

$\rho_1$  → Densidad del agua destilada @ 23°C

### **Cuantificación**

Una vez identificadas todas las fuentes de error, que son iguales a las del caso 1, se procede a cuantificar la magnitud de la incertidumbre:

#### **Incertidumbre de la calibración.**

Para determinarla se hace uso de la ecuación 14 descrita anteriormente.

#### **Incertidumbre por resolución y repetibilidad**

Se usa las ecuaciones (17) y (19) determinadas anteriormente; y considerando las nuevas variables ( $b'$ ,  $d$ ) que se miden en el caso 2, se obtiene lo siguiente:

$$\mu_{b'} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{b}')}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.28}$$

$$\mu_d = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{d})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.29}$$

Las ecuaciones (28) y (29) son las nuevas incertidumbres asociadas a este caso, las cuales involucran la incertidumbre por repetibilidad que se evalúa a partir de la desviación estándar,  $s(\bar{b}')$  y  $s(\bar{d})$ , de las  $n$  medidas realizadas durante el ensayo, y la incertidumbre por resolución de la balanza ( $res_B$ ). Para poder estimar la incertidumbre combinada asociada a las mediciones se debe determinar los coeficientes de sensibilidad para este caso.

$C_a$ ,  $C_{b'}$ ,  $C_c$  y  $C_d$  son los coeficientes de sensibilidad evaluados como:

$$C_a = \frac{\partial \rho_E}{\partial a}; C_{b'} = \frac{\partial \rho_E}{\partial b'}; C_c = \frac{\partial \rho_E}{\partial c}; C_d = \frac{\partial \rho_E}{\partial d} \quad \text{Ec.30}$$

Donde:

$$C_a = \frac{0,793 \times \rho_1}{b' - (c+d)}; C_{b'} = \frac{-0,793 \times a \times \rho_1}{(b' - (c+d))^2}; C_c = \frac{0,793 \times a \times \rho_1}{(c - (b'-d))^2}; C_d = \frac{0,793 \times a \times \rho_1}{(d - (b'-c))^2} \quad \text{Ec.31}$$

Con este resultado, se tienen ahora todas las contribuciones necesarias para calcular la incertidumbre combinada asociada a cada una de las mediciones. Para hallar la incertidumbre combinada asociada a las mediciones ( $U_B$ ) se usa la siguiente ecuación.

$$U_B = \sqrt{C_a^2 \cdot U_a^2 + C_{b'}^2 \cdot U_{b'}^2 + C_c^2 \cdot U_c^2 + C_d^2 \cdot U_d^2} \quad \text{Ec.32}$$

Para obtener la incertidumbre expandida ( $\mu_E$ ) asociada a las mediciones, se hace uso de la ecuación (23)

### **Deriva de la balanza.**

Para hallar la deriva de la balanza se usa la ecuación (24)

### **Combinación**

Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores. De esta forma, se obtiene una incertidumbre estándar combinada ( $\mu_c$ ), asociada a la densidad, para determinarla se usa la ecuación (25).

Por último para estimar la incertidumbre total expandida  $U(\rho_E)$ ; se usa la ecuación (26) usando un  $k=2$ .

### **Caso 3.- Tubería con contenido de negro de humo cuya densidad es mayor que la del líquido de inmersión**

La incertidumbre de la densidad de la tubería ( $\rho_E$ ) con contenido de negro de humo depende de los errores asociados al proceso de calibración de la balanza, a la deriva de la misma y a las mediciones realizadas durante el ensayo.

### **Especificación del mensurando**

La densidad de la tubería ( $\rho_E$ ) se expresa como:

$$\rho_E = 0,793 \times \left( \frac{a \times \rho_l}{b-c} - 0,0045 \times C \right) + 0,188 \quad \text{Ec.33}$$

Donde:

a → Masa de la muestra

b → Masa de la muestra sumergida en agua destilada

c → Masa del agua destilada

**es menor que la C** → Porcentaje en masa de negro de humo

$\rho_1$  → Densidad del agua destilada @ 23°C

### **Cuantificación y Combinación**

La cuantificación de la incertidumbre y la combinación de la misma es determinada de igual manera como se hizo en el caso 1.

### **Caso 4.- Tubería con contenido de negro de humo cuya densidad del líquido de inmersión**

La incertidumbre de la densidad de la tubería ( $\rho_E$ ) con contenido de negro de humo cuya densidad es menor que la del agua destilada, se estima siguiendo la metodología propuesta por la GUM.

### **Especificación del mensurando**

La densidad de la tubería ( $\rho_E$ ) se expresa como:

$$\rho_E = 0,793 \times \left( \frac{a \times \rho_1}{b' - (c+d)} - 0,0045 \times C \right) + 0,188 \quad \text{Ec.34}$$

Donde:

a → Masa de la muestra

$b'$  → Masa de la muestra con masa adicional sumergida en el agua destilada

$c$  → Masa del agua destilada

$d$  → Masa adicional

$C$  → Porcentaje en masa de negro de humo

$\rho_1$  → Densidad del agua destilada @ 23°C

### **Cuantificación y Combinación**

La cuantificación de la incertidumbre y la combinación de la misma es determinada de igual manera como se hizo en el caso 2.

#### **3.2.3. Índice de fluidez (MFI)**

El índice de fluidez (MFI) de los termoplásticos se determina según la norma internacional ISO 1133 y se usa el procedimiento A descrito en dicha norma, el que consiste en la medición de masa y hacer uso del plastómetro de extrusión para determinarlo.

De acuerdo al inciso 5.5.1 de la norma internacional ISO/IEC 17025, se procede detallar los requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos establecidos en la normativa internacional ISO 1133 para realizar correctamente el ensayo del control del índice de fluidez en las tuberías de polietileno.

### **Requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos utilizados**

Los requisitos metrológicos a tomar en consideración según la normativa internacional ISO 1133 son los siguientes:

1. Se debe contar con un sensor de temperatura con una resolución de 0,1 °C (23)
2. Se debe contar con un cronómetro con una exactitud de  $\pm 0,1$  s (23)
3. Se debe contar con una balanza con una exactitud de  $\pm 0,0005$  g (23)

### **Comprobación de los requisitos metrológicos**

Debido a la baja robustez del sensor de temperatura del plastómetro es necesario verificar periódicamente la exactitud del sistema de control de temperatura. La verificación del equipo y de los instrumentos usados en este ensayo se detallan en el procedimiento PEE/LEMAT/16 del LEMAT.

Con el fin de establecer las actividades a realizar durante el ensayo para el control del índice de fluidez en las tuberías de polietileno se determinó el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento de ensayo para el control del índice de fluidez PEE/LEMAT/16**

Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT y la normativa internacional ISO 1133, se propuso el siguiente procedimiento.

#### **Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice H, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual permitirá o facilitará ingresar la información necesaria, como por ejemplo los datos primarios e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en conjunto con los demás reportes de los demás ensayos que aplican a este producto.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma internacional de



ensayo ISO 1133 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE1601 se encuentra en el Apéndice I.

El software INEN 1744 fue validado para el ensayo para el control del índice de fluidez, el mismo que se evidencia en el Apéndice J.

Para el uso plastómetro se procedió a realizar el instructivo de uso IU/LEMAT/04 y se detalla en el Apéndice J.

### **Verificación de instalaciones y condiciones ambientales**

Como la muestra está dentro del cilindro del equipo, las condiciones ambientales estarán establecidas por las condiciones ambientales de operación del equipo.

Los analistas deben controlar y registrar las condiciones ambientales que puedan incidir en la calidad del resultado como son:

- Controlar que la temperatura del ambiente sea alrededor de 15 °C a 35 °C y una humedad relativa entre el 3% y el 80%.
- El plastómetro y la balanza deben estar montados sobre una superficie fija.
- El plastómetro y la balanza deben estar nivelados sobre la superficie.

### **Procedimiento de mantenimiento de equipo**

El plastómetro siempre se debe de limpiar antes y después de realizar el ensayo. Use gas de nitrógeno para limpiar el cilindro. Haga uso de los instrumentos de limpieza del equipo mientras el cilindro este caliente.

### **Validación del método**

Se recomienda que para validar el método de este ensayo, se debe tomar en consideración los resultados de una participación en una ronda interlaboratorio realizada por un organismo debidamente acreditado; a través del valor del Z-Score, el cual reporta la desviación de cada laboratorio en unidades de desviación estándar. El Z-score corresponde a la relación entre la desviación del laboratorio y la desviación estándar general de todos los laboratorios. Un Z-Score entre 2 y -2 es considerado aceptable, en caso contrario el laboratorio debería revisar la información del ensayo por un posible error sistemático. El Z-Score se determina usando la siguiente expresión:

$$Z - Score = \frac{(\text{Promedio del laboratorio} - \text{Promedio General})}{\text{Desviación Estándar General}} \quad \text{Ec. 35}$$

La forma de la muestra de ensayo puede ser un factor significativo en la determinación de la reproducibilidad. Por tanto, la forma de la muestra debe ser controlada durante el ensayo por el analista para mejorar la comparabilidad de los resultados entre laboratorios y reducir la variabilidad entre las corridas. (23)

El grado de limpieza del cilindro también puede influir significativamente en los resultados finales del ensayo, por lo que se estableció un método de limpieza exhaustivo descrito en el procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/16.

La humedad además de afectar la reproducibilidad de las mediciones del índice de fluidez, también acelera la degradación a las altas temperaturas que se utilizan en el ensayo. (23)

## **Aseguramiento de la calidad de los resultados**

### **Estimación de la incertidumbre**

La incertidumbre de índice de fluidez (MFI) depende de los errores asociados al proceso de calibración del plastómetro y de la balanza, a la deriva de los instrumentos de medición y a las mediciones realizadas durante el ensayo. Para estimarla se sigue la metodología propuesta por la GUM.

### **Especificación del mensurando**

El índice de fluidez (MFI) se expresa como:

$$\text{MFI}(T, m_{\text{nom}}) = \frac{600.m}{t} \quad \text{Ec.36}$$

Donde:

T → Temperatura del ensayo

$m_{\text{nom}}$  → Carga nominal

m → Medida de la masa promedio de los cortes

t → Tiempo entre cortes

### **Cuantificación**

Una vez identificadas todas las fuentes de error que puedan contribuir a la incertidumbre del índice de fluidez, la siguiente etapa es la cuantificación de la incertidumbre:

#### **Incertidumbre de la calibración.**

Para obtener el índice de fluidez se debe medir dos variables que son la masa y el tiempo, por tal motivo se debe trabajar con los certificados de calibración de cada instrumento de medición (balanza, cronómetro).

Se utiliza la ecuación (14) para obtener la incertidumbre debida a la calibración de los instrumentos de medición.

### **Incertidumbre por repetibilidad y resolución.**

Debido a que el MFR de la tubería se obtiene indirectamente, se debe calcular la incertidumbre por repetibilidad y resolución de los equipos usados durante el ensayo.

$$\mu_m = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{m})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.37}$$

$$\mu_t = \sqrt{\left(\frac{\text{res}_t}{\sqrt{12}}\right)^2} \quad \text{Ec.38}$$

Las ecuación (37) (38) son las incertidumbres combinadas asociadas a las mediciones realizadas, las cuales involucran la incertidumbre por repetibilidad, que se evalúa a partir de la desviación estándar  $s(\bar{m})$ , de las  $n$  medidas realizadas durante el ensayo, y la incertidumbre por resolución ( $\text{res}_B$ ) y ( $\text{res}_t$ ), que es dada por el fabricante de la balanza y el cronómetro respectivamente. Para poder estimar la incertidumbre combinada total asociada a las mediciones, debemos determinar el coeficiente de sensibilidad respecto a cada variable.

$C_m$ ,  $C_t$  son los coeficientes de sensibilidad evaluados como:

$$C_m = \frac{\partial \text{MFR}}{\partial m} ; C_t = \frac{\partial \text{MFR}}{\partial t} \quad \text{Ec.39}$$

Donde:

$$C_m = \frac{600}{t}; C_t = -\frac{600 \cdot m}{t^2} \quad \text{Ec.40}$$

Con este resultado, se tienen ahora todas las contribuciones necesarias para estimar la incertidumbre combinada total asociada a cada una de las mediciones. Para hallar la incertidumbre estándar combinada total ( $U_C$ ) se usa la siguiente expresión:

$$U_C = \sqrt{C_m^2 \cdot U_m^2 + C_t^2 \cdot U_t^2} \quad \text{Ec.41}$$

Para obtener la incertidumbre expandida asociada a las mediciones ( $u_E$ ) se usa la ecuación (23).

### **Deriva de la balanza y del cronómetro.**

La deriva de la balanza y del cronómetro se obtiene usando la ecuación (24)

### **Combinación**

Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores. Se usa la ecuación (25) para estimar la incertidumbre total del MFI.

Por último se estima la incertidumbre total expandida ( $\pm U_{MFI}$ ) usando la ecuación (26).

### **3.3. Ensayos para el Control de Dimensiones.**

La medición de las dimensiones es fundamental para el control de calidad de las tuberías plásticas; las dimensiones a ser consideradas según la normativa nacional INEN 1744 son:

1. Diámetro exterior promedio de la tubería ( $D_m$ )
2. Espesor mínimo de la pared de la tubería ( $e_{min}$ )

Las dimensiones de las tuberías de polietileno se determinan según la normativa nacional INEN 499.

A continuación se procede a detallar los requisitos metrológicos de los instrumentos de medición establecidos según la normativa nacional INEN 499 para realizar el ensayo del control del diámetro exterior medio y el control del espesor mínimo de pared en las tuberías de polietileno.

#### **3.3.1. Diámetro exterior medio**

##### **Requisito metrológico del instrumento utilizado**

El requisito metrológico a tomar en consideración según la INEN 499 es el siguiente:

1. Es necesario contar con una cinta diametral con una exactitud de 0,05 mm. (24)

De acuerdo a la norma internacional ISO/IEC 17025, en la que se establece en el inciso 5.5.2 se procede a realizar la comprobación de los requisitos técnicos de la siguiente manera:

### **Comprobación de satisfacción de los requisitos metrológicos**

La cinta diametral (Pi-tape) satisface el requisito metrológico, si en el certificado de calibración la incertidumbre global corregida asignada para todo el rango calibrado es  $\pm 0.05$  mm. (24)

Con el fin de establecer las actividades a realizar durante el ensayo para el control del diámetro exterior medio en las tuberías de polietileno se determinó el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento de ensayo para el control del diámetro exterior medio PEE/LEMAT/17**

Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT y la normativa nacional INEN 499, se propuso el siguiente procedimiento.



### **Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice K, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual permitirá o facilitará ingresar la información necesaria como por ejemplos los datos primarios e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en conjunto con los demás reportes de los demás ensayos que aplican a este producto.

### **3.3.2. Espesor mínimo de pared**

#### **Requisito metrológico del instrumento utilizado**

El requisito metrológico a tomar en consideración según la INEN 499 es el siguiente:

1. Se necesita un micrómetro para espesores con una exactitud de 0,01 mm. (24)

De acuerdo al inciso 5.5.2 de la normativa internacional ISO/IEC 17025 se procede a realizar la comprobación de los requisitos técnicos.

### **Comprobación de satisfacción de los requisitos metrológicos**

La micrómetro para espesores satisface el requisito metrológico, si en el certificado de calibración la incertidumbre global corregida asignada para todo el rango calibrado es  $\pm 0.01$  mm.

Con el fin de establecer las actividades a realizar durante el ensayo para el control del espesor mínimo de pared en las tuberías de polietileno se determinó el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento de ensayo para el control del espesor mínimo de pared PEE/LEMAT/18**

#### **Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice L, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma nacional de ensayo INEN 499 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE1701se encuentra en el Apéndice M.

El software INEN 1744 fue validado para el ensayo del control de las dimensiones, el mismo que se evidencia en el Apéndice M.

### **3.3.3. Aseguramiento de las mediciones**

#### **Verificación de instalaciones y condiciones ambientales**

El analista debe controlar que la temperatura del ambiente sea de  $23 \pm 2$  °C. Esta condición fue considerada en base a las recomendaciones del fabricante para el uso de la cinta diametral y del micrómetro para espesores.

#### **Procedimiento de mantenimiento para los instrumentos de medición**

La cinta diametral siempre se debe de limpiar antes y después de realizar el ensayo con un trapo de algodón y con alcohol, al igual que el micrómetro para espesores.

La cinta diametral y el micrómetro para espesores se deben calibrar según la metodología para determinar el período de calibración de los equipos/instrumentos de medición detallados anteriormente, en conjunto con la ecuación 12.

### **Estimación de la incertidumbre para el diámetro exterior medio**

La incertidumbre de diámetro exterior medio ( $D_m$ ) depende de los errores asociados al proceso de calibración de la cinta diametral, a la deriva del instrumento de medición y a las mediciones realizadas durante ensayo. Para estimarla se sigue la metodología propuesta por la GUM

### **Especificación del mensurando**

El diámetro exterior medio ( $D_m$ ) se expresa como:

$$D_m = \frac{M_D}{3,142} \quad \text{Ec.42}$$

Donde:

$M_D$  → Medición realizada con la cinta diametral

### **Cuantificación**

Una vez identificadas todas las fuentes de error que puedan contribuir a la incertidumbre del diámetro exterior medio, la siguiente etapa es la cuantificación de la incertidumbre:

#### **Incertidumbre de la calibración.**

Para obtener la incertidumbre de la calibración de la cinta diametral se debe trabajar con el certificado de calibración.

Se utiliza la ecuación (14) para obtener la incertidumbre estándar de la calibración.

### **Incertidumbre por repetibilidad y resolución.**

Se debe estimar la incertidumbre estándar debido a la precisión y resolución de la cinta diametral.

$$U_{Dm} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\overline{M}_D)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_{Dm}}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.43}$$

La ecuación (43) es la incertidumbre estándar combinada de las mediciones realizadas con la cinta, la que involucra la incertidumbre por repetibilidad que se evalúa a partir de la desviación estándar,  $s(\overline{M}_D)$ , de las  $n$  medidas realizadas durante el ensayo, y la incertidumbre por resolución ( $res_{Dm}$ ), de la cinta diametral.

En este caso la incertidumbre combinada asociada a las mediciones es igual a la incertidumbre estándar asociada a las mediciones ya que se realizan mediciones directas.

Para obtener la incertidumbre expandida asociada a las mediciones ( $u_E$ ) se usa la ecuación (23).

### **Deriva de la cinta diametral.**

La incertidumbre de la cinta diametral se obtiene usando la ecuación (24)

### **Combinación**

Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores. Se usa la ecuación (25) para calcular la incertidumbre combinada total del diámetro exterior medio.

Por último se estima la incertidumbre expandida ( $\pm U_{D_m}$ ) usando la ecuación (26).

### **Estimación de la incertidumbre para el espesor mínimo de pared**

La incertidumbre del espesor mínimo de pared ( $e_{min}$ ) depende de los errores asociados al proceso de calibración del micrómetro para espesores, a la deriva del instrumento de medición y a las mediciones realizadas durante ensayo. Para estimarla se sigue la metodología propuesta por la GUM

### **Especificación del mensurando**

El espesor mínimo de pared ( $e_{min}$ ) se expresa como:

$$e_{min} = M_e \quad \text{Ec.44}$$

Donde:

$M_e \rightarrow$  Medición realizada con el micrómetro para espesores

### **Cuantificación**

Una vez identificadas todas las fuentes de error que puedan contribuir a la incertidumbre del espesor mínimo de pared, la siguiente etapa es la cuantificación de la incertidumbre:

#### **Incertidumbre de la calibración.**

Para obtener la incertidumbre de la calibración del micrómetro para espesores se debe trabajar con el certificado de calibración.

Se utiliza la ecuación (14) para obtener la incertidumbre estándar de la calibración.

#### **Incertidumbre por repetibilidad y resolución**

Se debe estimar la incertidumbre estándar debido a la repetibilidad y resolución del micrómetro para espesores.

$$U_e = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\overline{M}_e)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_e}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.45}$$

Las ecuación (45) es la incertidumbre estándar combinada asociada a las mediciones realizadas con el micrómetro para espesores; la que involucra la incertidumbre por repetibilidad que se evalúa a partir de la desviación estándar,  $s(\overline{M}_e)$ , de las  $n$  medidas realizadas durante el ensayo, y la incertidumbre por resolución ( $res_e$ ) del micrómetro para espesores.

En este caso la incertidumbre combinada asociada a las mediciones es igual a la incertidumbre estándar asociada a las mediciones ya que se realizan mediciones directas.

Para obtener la incertidumbre expandida asociada a las mediciones ( $u_E$ ) se usa la ecuación (23).

#### **Deriva del micrómetro para espesores.**

La incertidumbre de la deriva para el micrómetro de espesores se obtiene usando la ecuación (22)

#### **Combinación**

Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores. Se usa la ecuación (25) para estimar la incertidumbre combinada del espesor mínimo de pared.

Por último se calcula la incertidumbre total expandida ( $\pm U_{e_{\min}}$ ) usando la ecuación (26).

### **3.4. Ensayos para el control de propiedades mecánicas**

El control de las propiedades mecánicas en las tuberías de polietileno se mide en base a la resistencia que tienen, al ser expuestas a una presión constante durante un tiempo determinado



y se determinan según la normativa nacional INEN 503 o la normativa internacional ISO 1167.

### **3.4.1. Presión hidrostática y resistencia hidrostática**

De acuerdo al inciso 4.3.1 en el que se describe que “el laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para el control de todos los documentos que forman parte de su sistema de gestión, tales como normas, métodos de ensayo o de calibración, software, las especificaciones, las instrucciones y los manuales” se procedió a establecer la documentación respectiva del sistema de gestión de calidad para la realización del ensayo de presión hidrostática interna sostenida a 1 hora o a largo plazo.

#### **3.4.1.1. Documentos del sistema de gestión de calidad para realización de ensayos**

A continuación se procede a detallar los requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos establecidos en la normativa nacional INEN 503 para realizar correctamente el ensayo para el control de las propiedades mecánicas en las tuberías de polietileno.

#### **Requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos utilizados**

Los requisitos metrológicos a considerar son los siguientes:

1. Se debe contar con un equipo de presión que sea capaz de incrementar la presión interna en la tubería requerida de una forma gradual y suave y que mantenga dicha presión indicada entre el  $\begin{matrix} +2 \\ -1 \end{matrix}$  %, durante el tiempo de ensayo. (26)
2. Se necesita un depósito, en el cual se pueda sumergir la tubería en agua, mantenido a una temperatura constante, con una tolerancia de  $\pm 1$  °C. (26)
3. Para controlar el tiempo de ensayo, se necesita de un cronómetro adecuado para registrar la duración del ensayo o hasta que ocurre un fallo o una fuga dentro del  $\pm 0,5$  % del tiempo esperado del ensayo. (26)

Actualmente el laboratorio de ensayos metrológicos y materiales (LEMAT) perteneciente a la ESPOL, cuenta con un banco de pruebas automatizado para realizar ensayos de presión hidrostática interna sostenida a 1 hora o a largo plazo en tuberías plásticas, el cual cuenta con un depósito que permite incrementar la temperatura del líquido de inmersión hasta la temperatura deseada. Este equipo está dotado de un transductor de presión y de una termocupla como instrumentos de medición, las especificaciones de los instrumentos son detalladas a continuación:

**Transductor de presión:**

- Rango: 0 - 100 Bar
- Resolución: 0,01 Bar
- Exactitud:  $\pm 1\%$  de la presión deseada

**Termocupla:**

- Rango: 30 - 95 °C
- Resolución: 0.1 °C
- Exactitud:  $\pm 0.5\%$  de la temperatura deseada

De acuerdo al inciso 5.5.2 de la normativa internacional ISO/IEC 17025 se procede a realizar la comprobación de los requisitos metrológicos.

**Comprobación de satisfacción de requisitos**

Los instrumentos para medir la temperatura, presión y tiempo, debe ser capaz de mantener los valores dentro de los límites especificados para el ensayo. (26)

La exactitud de los instrumentos de medición debe ser tal, que se cumplan los requisitos metrológicos de temperatura, presión y tiempo. (26)

El laboratorio que realice la calibración de los instrumentos de medición debe estar acreditado por la SAE.

Con el fin de establecer las actividades a realizar durante el ensayo para el control de las propiedades mecánicas en las tuberías de polietileno se determinó el siguiente procedimiento.

**Procedimiento de ensayo para el control de la presión hidrostática interior sostenida a 1 hora o a largo plazo PEE/LEMAT/19**

Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT, la normativa nacional INEN 503 y la normativa internacional ISO 1167, se propuso el siguiente procedimiento.

**Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice N, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual permitirá o facilitará ingresar la información necesaria como por ejemplos los datos primarios e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en

conjunto con los demás reportes de los demás ensayos que aplican a este producto.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma nacional de ensayo INEN 503, de la normativa internacional ISO 1167 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE1901 se encuentra en el Apéndice O.

El software INEN 1744 fue validado para el ensayo para el control de las propiedades mecánicas, el mismo que se evidencia en el Apéndice O.

Según el inciso 5.8.1 de la normativa internacional ISO/IEC 17025 en el que se describe que “el laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación, la conservación y protección de las muestras” se procedió a realizar el instructivo de ensayo IE/LEMAT/07 para realizar el montaje y desmontaje correcto de la tubería en el depósito y se detalla en el Apéndice P. De igual manera se realizó un instructivo de ensayo IE/LEMAT/08 para realizar la verificación de fugas antes de realizar el ensayo y se detalla en el Apéndice Q.

Para el uso del equipo de presión se procedió a realizar el instructivo de uso IU/LEMAT/05 ya sea para realizar el ensayo de presión hidrostática a 1 hora o a largo plazo y se detalla en el Apéndice R.

De acuerdo con el inciso 5.9.1 de la ISO/IEC 17025 en el que describe que “el laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos y las calibraciones llevadas a cabo y que los datos resultantes deben ser registrados en tal forma que se pueden detectar las tendencias” se procedió a realizar la documentación para asegurar la calidad de los resultados de los ensayos para el control de las propiedades mecánicas.

#### **3.4.1.2. Documentos para el aseguramiento de la calidad de los resultados**

##### **Estimación de la incertidumbre**

Para estimar la incertidumbre del ensayo es recomendable seguir la metodología propuesta por la GUM.

##### **Especificación del mensurando**

En esta etapa se establece cuál es la relación a través de una ecuación matemática, entre los resultados de las mediciones como son la presión de ensayo ( $P_e$ ), el diámetro exterior medio ( $D_m$ ) y el espesor mínimo de pared ( $e_{min}$ ). El esfuerzo tangencial inducido ( $\sigma_p$ ) se expresa como:

$$\sigma_p = \frac{P_e}{2} \left( \frac{D_m}{e_{min}} - 1 \right) \quad \text{Ec.46}$$

El diámetro exterior medio y el espesor mínimo de pared se determinan en base a los procedimientos específicos de ensayos PEE/LEMAT/17 y PEE/LEMAT/18 determinados anteriormente.

### **Identificación**

La incertidumbre del esfuerzo tangencial inducido ( $\sigma_p$ ) depende de las fuentes asociadas al ensayo y estas incluyen de carácter no exhaustivo las siguientes:

Incertidumbre debido a la calibración del transductor de presión del equipo de presión, a la deriva del transductor, a las condiciones ambientales del ensayo, a la resolución del equipo y a la repetibilidad y reproducibilidad del ensayo.

## Cuantificación

Una vez identificadas todas las fuentes de incertidumbre asociadas al resultado del ensayo, la siguiente etapa consiste en cuantificar la magnitud de la incertidumbre:

### 1. Incertidumbre de la calibración.

Se utiliza la información obtenida en el certificado de calibración para el transductor de presión, la termocupla y el cronómetro, emitido por laboratorio acreditado. Se usa la ecuación (14) para determinarla.

### 2. Incertidumbre por repetibilidad y resolución

Se procede a calcular la incertidumbre por repetibilidad y resolución instrumentos de medición usados.

En el apartado de los ensayos para el control de dimensiones se determinó la incertidumbre para el diámetro exterior promedio ( $U_{Dm}$ ) y para el espesor mínimo de pared ( $U_e$ ), la incertidumbre por resolución del transductor de presión se obtiene con la siguiente ecuación:

$$U_{P_e} = \frac{res_{P_e}}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec.47}$$

La incertidumbre respecto a la resolución del transductor de presión,  $res_{P_e}$ , es dada por fabricante del instrumento. No se considera la incertidumbre por repetibilidad para el caso de la medición de presión, debido a que el equipo de presión solo



cuenta con un puerto para realizar el ensayo, es decir, solo Se puede realizar el ensayo a una probeta por ocasión.

Para poder estimar la incertidumbre combinada asociada a las mediciones, Se debe determinar el coeficiente de sensibilidad respecto a la presión de ensayo, diámetro exterior medio y espesor mínimo de pared.

$C_{P_e}$ ,  $C_{D_m}$  y  $C_e$  son los coeficientes de sensibilidad evaluados como:

$$C_{P_e} = \frac{\partial \sigma_p}{\partial P_e}, C_{D_m} = \frac{\partial \sigma_p}{\partial D_m} \text{ y } C_e = \frac{\partial \sigma_p}{\partial e} \quad \text{Ec.48}$$

Donde:

$$C_{P_e} = \frac{1}{2} \left( \frac{D_m}{e} - 1 \right); C_{D_m} = \frac{P_e}{2e}; C_e = - \frac{P_e D_m}{2e^2} \quad \text{Ec.49}$$

Con este resultado, se tienen ahora todas las contribuciones necesarias para calcular la incertidumbre combinada asociada a cada una de las mediciones directas. Para hallar la incertidumbre estándar combinada total se usa la siguiente expresión:

$$U_c = \sqrt{C_{P_e}^2 \cdot U_{P_e}^2 + C_{D_m}^2 \cdot U_{D_m}^2 + C_e^2 \cdot U_e^2} \quad \text{Ec.50}$$

Para obtener la incertidumbre expandida asociada a las mediciones se usa la ecuación (23)

### 3. Incertidumbre por reproducibilidad

Según la VIM la incertidumbre por reproducibilidad es una proximidad de concordancia entre los resultados de las mediciones del mismo mensurando realizadas bajo condiciones variables de medición, ya sea por diferentes operadores, diferentes equipos o distintos momentos.

Para cuantificar la reproducibilidad se realiza una prueba experimental consistente en la repetición del ensayo o mediciones en condiciones de reproducibilidad.

En principio las pruebas se realizan sobre una única muestra, aunque a veces interesa realizarlas sobre varias muestras similares, es decir de las mismas características y magnitudes, en este caso el objetivo es disponer de una evaluación más representativa de la reproducibilidad.

Como se puede apreciar en la tabla 5, normalmente se toman dos valores de la muestra en condiciones de reproducibilidad (C1 y C2) un número  $n$  de veces (sobre una muestra cualquiera  $m$ , se realiza  $n$  reiteraciones). C1 y C2 representan a las dos condiciones en las que se ejecutan mediciones, por ejemplo C1 podría ser la medida por el analista 1 en un día determinado y C2 podría representar a la medida obtenida por el analista 2, una semana más tarde.

**TABLA 5**  
**EVALUACIÓN DE LA REPRODUCIBILIDAD PARA VARIAS**  
**MUESTRAS (13)**

	Muestra 1		...	Muestra m		...	Muestra M	
Reiteración	C1	C2	...	C1	C2	...	C1	C2
1	$X_{111}$	$X_{112}$	...	$X_{m11}$	$X_{m12}$	...	$X_{M11}$	$X_{M12}$
2	$X_{121}$	$X_{122}$	...	$X_{m21}$	$X_{m22}$	...	$X_{M21}$	$X_{M22}$
...	...	....	...	....	....	...	....	....
n	$X_{1n1}$	$X_{1n2}$	...	$X_{mn1}$	$X_{mn2}$	...	$X_{Mn1}$	$X_{Mn2}$

Es decir,

$X_{111}$  representa la primera medida obtenida sobre la muestra 1 en las condiciones C1

$X_{112}$  representa la primera medida obtenida sobre la muestra 1 en las condiciones C2

Tal como han sido obtenidos  $X_{111}$  y  $X_{112}$  su diferencia proporciona una estimación de la reproducibilidad (recorrido). Igualmente se puede obtener una estimación de la reproducibilidad a partir de la desviación típica de estos dos valores.

$X_{121}$  representa la segunda medida obtenida sobre la muestra 1 en las condiciones C1

$X_{122}$  representa la segunda medida obtenida sobre la muestra 1 en las condiciones C2

Igualmente a partir de  $X_{121}$  y  $X_{122}$  se puede obtener una nueva estimación de la reproducibilidad. De este modo se dispone  $n$  estimaciones independientes de la reproducibilidad (obtenidas sobre la muestra 1).

Por lo tanto, una estimación de la reproducibilidad sobre una muestra cualquiera  $m$  puede obtenerse del siguiente modo, descrito en la tabla 6:

**TABLA 6**  
**EVALUACIÓN DE LA REPRODUCIBILIDAD PARA**  
**UNA MUESTRA ESPECÍFICA (13)**

Muestra m		Recorrido
C1	C2	R
$X_{m11}$	$X_{m12}$	$R_{m1}$
$X_{m21}$	$X_{m22}$	$R_{m2}$
.....	.....	.....
$X_{mn1}$	$X_{mn2}$	$R_{mn}$

Siendo  $R_{mn} = |X_{mn1} - X_{mn2}|$

Una estimación de la desviación típica de reproducibilidad puede obtenerse del siguiente modo:

$$\mu_{R_m} = S_{R_m} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{nm} R_{mn}^2}{2n}} \quad \text{Ec. 51}$$

Dado que en general se dispondrá de  $M$  muestras, se tienen  $M$  estimaciones independientes de la reproducibilidad a partir de las cuales se podrá obtener una estimación global del siguiente modo:

$$\mu_{R_m} = S_R = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^{nm} R_{mn}^2}{2Mn}} \quad \text{Ec. 52}$$

#### 4. Deriva del sensor de presión.

La deriva para el transductor de presión se obtiene usando la ecuación 24.

##### **Combinación**

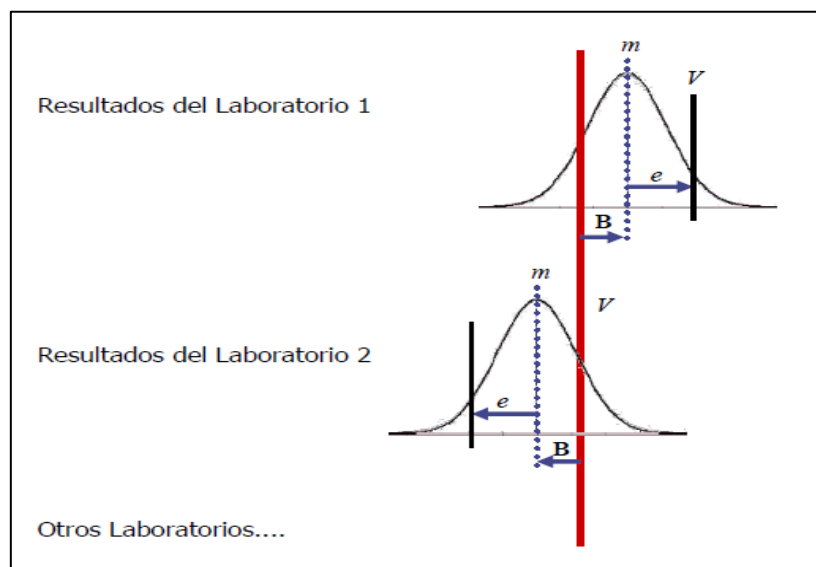
Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores, para determinarla se adiciona la incertidumbre por reproducibilidad a la ecuación 25.

El último paso, consiste en calcular la incertidumbre total expandida para ello se usa la ecuación 26.

Si se repite el ensayo bajo las mismas condiciones, existe una probabilidad de aproximadamente el 95% que el valor coincide con el intervalo calibrado ( $\sigma_{pe} \pm U_{\sigma_{pe}}$ ).

### Validación del método

La validación del método se puede realizar en base a una ronda interlaboratorio, en la figura 3.8 se detalla el procedimiento de evaluación de una ronda interlaboratorio en la que el error entre laboratorios designado por B y se suma al error debido a la variación experimental observada por los demás laboratorios, para evaluar la exactitud del método.



**FIGURA 3.8 EXACTITUD DEL MÉTODO ENTRE LABORATORIOS**

Dado que los valores  $B$  y  $e$  son centrales, es decir, son variables aleatorias con medida cero, (no contienen error sistemático), los signos se deben trabajar en valores absolutos para no variar el resultado de la medida.

La participación en rondas interlaboratorios permite una evaluación para que el laboratorio pueda demostrar que se mantiene dentro de los criterios de aceptación definidos por normas o reglamentos.

Una base del control de calidad de los ensayos es la determinación de la compatibilidad de resultados en distintas circunstancias, participando diferentes analistas, equipos de medición, laboratorios, valores de referencia, etc.

### **Compatibilidad metrológica de los resultados**

Según la VIM, la compatibilidad metrológica es una propiedad de un conjunto de resultados de medida de un mensurando específico, tal que el valor absoluto de la diferencia de los valores medidos, para cualquier par de resultados de medida sea inferior a un cierto múltiplo seleccionado de la incertidumbre típica de esta diferencia.

## **Control estadístico de la precisión y veracidad**

Los valores obtenidos mediante los métodos de ensayo pueden estar acompañados de errores debidos al muestreo, preparación de la muestra, medición, etc.

Una aplicación del control estadístico en una ronda interlaboratorio es determinar la estabilidad de la precisión (error atribuido a causas aleatorias) y la veracidad (error atribuido a causas sistemáticas) del método de ensayo.

Cuando se tiene en cuenta un método de ensayo, es común esperar que tanto la precisión como la veracidad del método sean satisfactorias, sin embargo, no existe garantía alguna de que el método sea satisfactorio en cuanto a veracidad, aunque lo sea en precisión. En consecuencia, cuando es necesario examinar la estabilidad de los resultados de ensayo dentro de un laboratorio, debe controlarse tanto la precisión como la veracidad de los resultados, y mantener los valores de ambas en los niveles deseados, durante largos periodos de tiempo.

### **a) Control de la precisión**

En los ensayos los valores de repetibilidad y reproducibilidad del método obtenido en la validación deben permanecer estadísticamente estables a lo largo del tiempo bajo las



condiciones en las que el ensayo se realizó. El control de precisión comprende las distintas técnicas que pueden emplearse para este propósito, como son la determinación de los límites de repetibilidad y reproducibilidad, realizar comparaciones de dos grupos de mediciones en un mismo laboratorio y realizar comparaciones de dos grupos de mediciones en 2 laboratorios distintos.

### **Límites de repetibilidad y reproducibilidad**

La práctica normal del laboratorio consiste en examinar las diferencias observadas entre dos o más resultados del ensayo. Para ello, es necesario contar con alguna medida parecida a una diferencia crítica, más que a una desviación típica.

Cuando una magnitud se obtiene como suma o diferencia de  $n$  estimaciones independientes, cada una con una desviación típica  $\sigma$ , la magnitud resultante tendrá una desviación típica  $\sigma\sqrt{n}$ .

Los límites de reproducibilidad (R) y de repetibilidad (r) son los límites para diferenciar dos resultados de ensayo; por ello, la desviación típica asociada es  $\sigma\sqrt{2}$ .

En la práctica para examinar la diferencia entre estos dos valores se utiliza una diferencia crítica igual a  $f$  veces esta desviación típica, es decir  $f \cdot \sigma$

El valor de  $f$  (factor de rango crítico) depende del nivel de probabilidad asociado a la diferencia crítica y de la forma de la distribución subyacente.

Para los límites de reproducibilidad y de repetibilidad, el nivel de probabilidad especificado es del 95%, suponiendo que la distribución subyacente es aproximadamente normal.

**Rango Crítico CR%(n):** valor límite para el recorrido de una muestra de  $n$  elementos por encima del cual se puede considerar, con una confianza especificada, que las observaciones no pertenecen a la misma población.

**Factor de rango crítico  $f(n)$ :** Factor que multiplicado por la desviación típica subyacente proporciona el rango crítico. Su valor depende del número de observaciones con las que se estima el recorrido. El factor de rango crítico se lo puede obtener a partir de la tabla 7. (13)

Dado que las estimaciones están basadas en un apreciable número de resultados de ensayos, se utilizará el símbolo  $\sigma$

para representar los valores obtenidos en un experimento total de precisión, tratándolos como si fueran verdaderas desviaciones típicas.

**TABLA 7**

**Factores de rango crítico  $f(n)$  (13)**

n	$f(n)$	n	$f(n)$
2	2,8	25	5,2
3	3,3	26	5,2
4	3,6	27	5,2
5	3,9	28	5,3
6	4,0	29	5,3
7	4,2	30	5,3
8	4,3	31	5,3
9	4,4	32	5,3
10	4,5	33	5,4
11	4,6	34	5,4
12	4,6	35	5,4
13	4,7	36	5,4
14	4,7	37	5,4
15	4,8	38	5,5
16	4,8	39	5,5
17	4,9	40	5,5
18	4,9	45	5,6
19	5,0	50	5,6
20	5,0	60	5,8
21	5,0	70	5,9
22	5,1	80	5,9
23	5,1	90	6,0
24	5,1	100	6,1

El factor de rango crítico  $f(n)$  es el percentil al 95% de la distribución de  $(x_{\max} - x_{\min})/\sigma$ , donde  $x_{\max}$  y  $x_{\min}$  son los valores extremos de una muestra de tamaño  $n$  de una distribución normal con desviación típica  $\sigma$ .

A la hora de examinar dos resultados individuales de ensayo, obtenidos en condiciones de repetibilidad o de reproducibilidad, la comparación debe realizarse respecto al límite de repetibilidad:

$$r = 1,96\sqrt{2\sigma_r} = 2,8 \sigma_r \quad \text{Ec.53}$$

o al límite de reproducibilidad:

$$R = 1,96\sqrt{2\sigma_R} = 2,8 \sigma_R \quad \text{Ec.54}$$

### **Comparaciones de dos grupos de mediciones en un mismo laboratorio**

Si en un laboratorio se realizan dos grupos de mediciones en condiciones de repetibilidad, el primer grupo con  $n_1$  resultados de ensayo y una media aritmética  $\bar{y}_1$  y el segundo grupo con  $n_2$  resultados de ensayo y una media aritmética  $\bar{y}_2$ , la desviación típica de  $(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)$  es:

$$\sigma = \sqrt{2}\sigma_r\sqrt{\left(\frac{1}{2n_1} + \frac{1}{2n_2}\right)} \quad \text{Ec.55}$$

y la diferencia crítica para  $|\bar{y}_1 - \bar{y}_2|$  es:

$$CD = 2,8 \sigma_r\sqrt{\left(\frac{1}{2n_1} + \frac{1}{2n_2}\right)} \quad \text{Ec. 56}$$

Para un nivel de probabilidad del 95%, si  $|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| < CD$  las medidas son compatibles, esta técnica se usa por lo general para comparar las mediciones realizadas por dos analistas diferentes dentro de un mismo laboratorio, bajo condiciones de repetibilidad.

## Comparaciones de dos grupos de mediciones en 2 laboratorios distintos

La medida obtenida por un laboratorio siguiendo un método de ensayo puede expresarse según la ecuación modelo:

$$Y=X+B \quad \text{Ec. 57}$$

Donde:

X: es la variable que representa al valor estimado por el laboratorio. (Variabilidad Intralaboratorio)

B: es la variable que representa al error debido a la realización del ensayo por el laboratorio en diferentes condiciones (operador, equipo, entorno) a cualquier otro laboratorio que pudiera ejecutar el mismo ensayo (Variabilidad interlaboratorio).

En general, si un método ha sido normalizado, estas varianzas se conocen de antemano y se puede escribir la siguiente expresión característica del método:

$$\sigma_R^2 = \sigma_r^2 + \sigma_L^2 \quad \text{Ec. 58}$$

Donde:

$\sigma_R^2$  : es la varianza interlaboratorio debida a la reproducibilidad del método.

$\sigma_r^2$ : es la varianza interlaboratorio debida a la repetibilidad del método.

$\sigma_L^2$ : es la varianza interlaboratorio debida a la variabilidad entre operadores, equipos, condiciones, etc.

La diferencia entre las medidas obtenidas por 2 laboratorios distintos que siguen el mismo método viene dada por la siguiente ecuación modelo:

$$Y1-Y2 = (X1+B1)-(X2+B2) \quad \text{Ec. 59}$$

Por lo tanto la varianza estimada es:

$$\sigma^2_{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)} = \frac{\sigma^2_{x1}}{\sqrt{n1}} + \sigma^2_{B1} + \frac{\sigma^2_{x2}}{\sqrt{n2}} + \sigma^2_{B2} \quad \text{Ec.60}$$

Donde  $\bar{y}_1$  e  $\bar{y}_2$  son los valores medidos por los laboratorios a partir de  $n_1$  y  $n_2$  observaciones respectivamente.

Al aplicar ambos laboratorios el mismo método de ensayo se puede escribir que:

$$\sigma^2_{x1} = \sigma^2_{x2} = \sigma^2_r \quad \text{y} \quad \sigma^2_{B1} = \sigma^2_{B2} = \sigma^2_L$$

Si el primer laboratorio obtiene  $n_1$  resultados de ensayo, con una medida  $\bar{y}_1$  mientras que el segundo obtiene  $n_2$  resultados con una medida  $\bar{y}_2$ , en ambos casos en condiciones de repetibilidad, la desviación típica de  $(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)$  es:

$$\sigma = \sqrt{2(\sigma_L^2 + \sigma_r^2) - 2\sigma_r^2 \left( \frac{1}{2n_1} + \frac{1}{2n_2} \right)} \quad \text{Ec.61}$$

y la diferencia crítica para  $|\bar{y}_1 - \bar{y}_2|$  es:

$$CD = \sqrt{(2,8 \sigma_R)^2 - (2,8 \sigma_r)^2 \left(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2}\right)} \quad \text{Ec. 62}$$

Para un nivel de probabilidad del 95%, sí  $|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| < CD$  las medidas de los 2 laboratorios son compatibles.

#### **b) Control de la veracidad**

Los resultados de los procesos de medición deben ser trazables a las unidades de medición del Sistema Internacional.

La trazabilidad de las unidades del Sistema Internacional se obtiene por referencia a un patrón primario apropiado o a una constante natural cuyo valor se conozca en términos de las unidades SI pertinentes y esté recomendado por la Conferencia General de Pesas y Medidas y el Comité Internacional de Pesas y Medidas.

En los laboratorios de ensayo los instrumentos y patrones deben ser calibrados para evidenciar su trazabilidad interna o externa, por ejemplo, a través de su acreditación mediante un organismo reconocido.

Los registros de trazabilidad de los resultados de medición deben mantenerse durante todo el tiempo como lo requieran los requisitos legales o reglamentarios.

Debe garantizarse que los instrumentos de medida se utilizan en el rango para el que se ha realizado la calibración, ya que

no es posible extrapolar los resultados de la misma. Es decir, la trazabilidad solo está garantizada en el rango de calibración.

### **Comparaciones con un valor de referencia en un laboratorio**

Si en un laboratorio, en condiciones de repetibilidad, se obtienen  $n$  resultados de ensayo, con una media  $\bar{y}_1$ , la comparación con un valor de referencia  $\mu_0$  debe realizarse utilizando una desviación típica para  $(\bar{y}_1 - \mu_0)$ , la cual se detalla en la ecuación 63:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{2(\sigma_L^2 + \sigma_R^2) - 2\sigma_R^2 \left(\frac{n-1}{n}\right)} \quad \text{Ec.63}$$

y la diferencia crítica para  $|\bar{y}_1 - \mu_0|$  es:

$$\text{CD} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(2,8 \sigma_R)^2 - (2,8 \sigma_R)^2 \left(\frac{n-1}{n}\right)} \quad \text{Ec.64}$$

Para un nivel de probabilidad del 95%, si  $|\bar{y}_1 - \mu_0| < \text{CD}$ , si hay trazabilidad.

De acuerdo a la norma internacional ISO/IEC 17025, en la que se establece en el inciso 5.6.1 que “todos los equipos utilizados para los ensayos o las calibraciones, incluidos los equipos para mediciones auxiliares (por ejemplo, de las



condiciones ambientales) que tengan un efecto significativo en la exactitud o en la validez del resultado del ensayo, de la calibración o del muestreo, deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio” se procede a detallar el proceso de calibración de los instrumentos de medición

### **Calibraciones**

La calibración es la comparación del instrumento de medición contra un patrón conocido, una acreditación adecuada involucra el uso de patrones con trazabilidad, es decir que se necesita de la documentación necesaria para demostrar que el patrón fue comparado correctamente con una cadena de patrones hasta llegar al patrón primario. Se recomienda usar la metodología propuesta para determinar el periodo de calibración de los equipos/instrumentos de medición, empleando la ecuación 34 detallada anteriormente.

#### **1. Conclusión de validación de las calibraciones**

Las calibraciones de los instrumentos de medición deben ser realizadas únicamente por laboratorios de calibración acreditados por un organismo regulador como es la SAE y

estos deben emitir un informe de los resultados obtenidos, conocido como certificado de calibración.

## 2. Criterios de aceptación y rechazo

### - Posibilidad de presión

El transductor de presión se considera como apto si la incertidumbre expandida es de  ${}_{-1}^{+2}$  % de la presión medida, caso contrario se rechaza y se debe ajustar o cambiar el transductor de presión.

### - Posibilidad de temperatura

La termocupla se considera como apta si la incertidumbre expandida es de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , caso contrario se rechaza y se debe ajustar o cambiar la termocupla.

### - Posibilidad del cronómetro

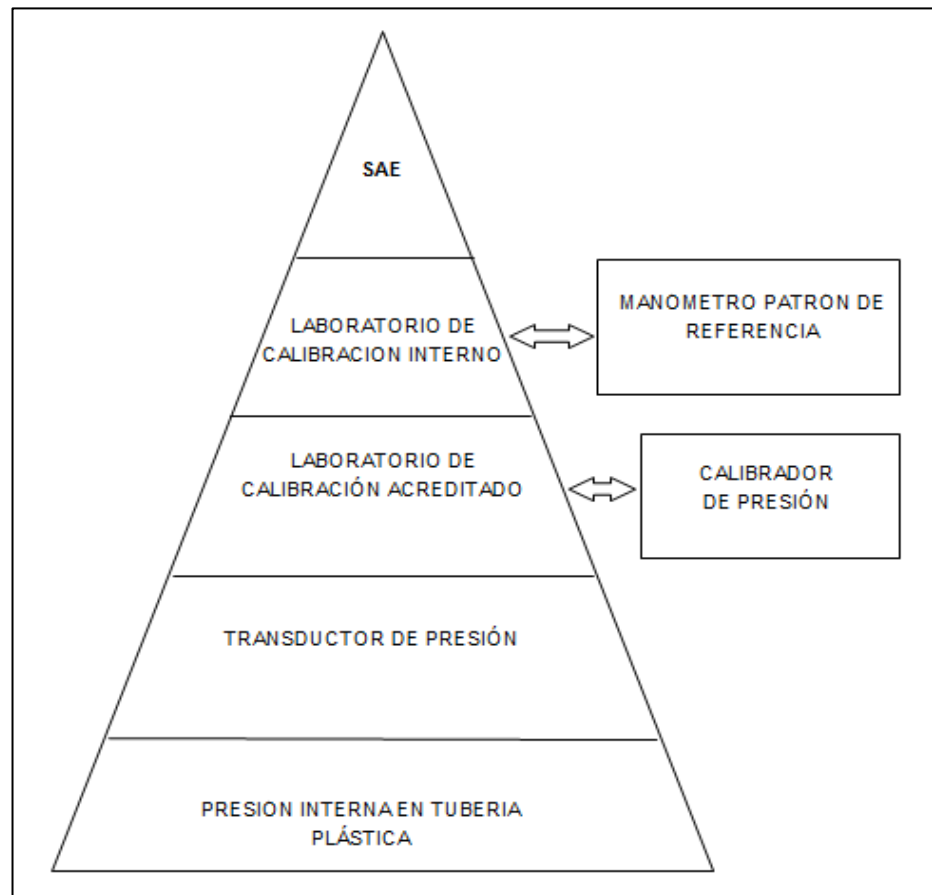
El cronómetro se considera como apto si la incertidumbre expandida es de  $\pm 0,5\%$  del tiempo medido, caso contrario se rechaza y se debe ajustar o cambiar el cronómetro.

De acuerdo a la norma internacional ISO/IEC 17025, en la que se establece en el inciso 5.6.2.1.1 que “un laboratorio de calibración establece la trazabilidad de sus propios patrones de medición al sistema SI por medio de una

cadena ininterrumpida de calibraciones o de comparaciones que los vinculen a los pertinentes patrones primarios de las unidades de medida SI” se procede a detallar los cuadros de trazabilidad de los instrumentos de medición usados en el ensayo para el control de las propiedades mecánicas.

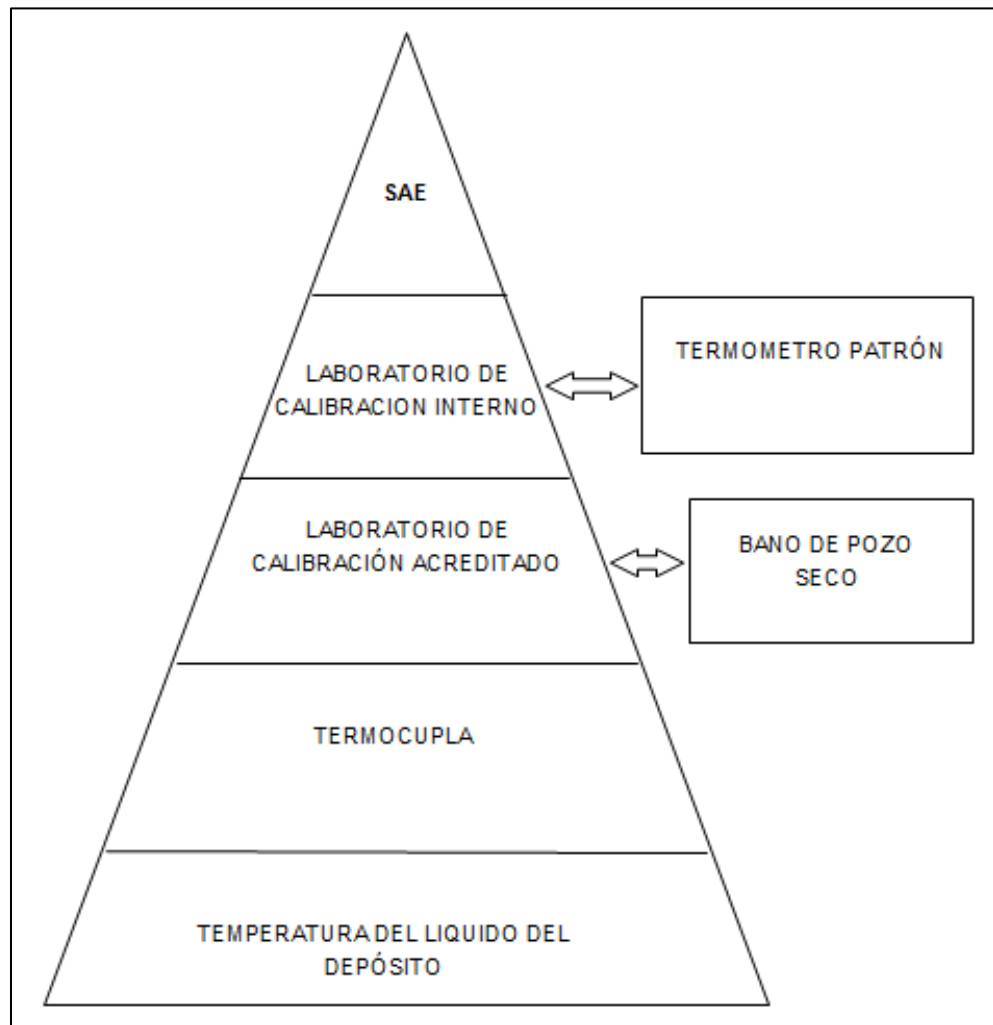
### **3. Cuadro de trazabilidad de los instrumentos de medición del equipo de presión**

- La carta de trazabilidad para el transductor de presión del equipo se detalla en la figura 3.9:



**FIGURA 3.9 CARTA DE TRAZABILIDAD PARA EL  
TRANSDUCTOR DE PRESIÓN DEL EQUIPO DE PRESIÓN**

- La carta de trazabilidad para la termocupla del equipo se detalla en la figura 3.10:



**FIGURA 3.10 CARTA DE TRAZABILIDAD PARA LA TERMOCUPLA DEL EQUIPO DE CALEFACCIÓN**

## **Verificaciones intermedias**

### **1. Criterios de aceptación y rechazo**

Si el instrumento de medición se mantiene dentro de las tolerancias asignadas entre una calibración y otra, se acepta.

### **2. Tabla de control para autodiagnóstico**

Los intervalos de calibración se deben revisar en base a los resultados obtenidos en verificaciones anteriores.

Para la verificación se usan cartas de control, ya que la información brindada acerca del comportamiento del equipo entre dos calibraciones es una herramienta para establecer la validez del sistema de confirmación metrológica.

Esta verificación consiste en realizar una comprobación sencilla de los parámetros más críticos del instrumento de medición, la cual se puede realizar día a día.

La principal ventaja de tener una gráfica de control es que se puede sustentar períodos de confirmación extensos, lo que reduce costos y salidas de servicio del equipo.

## **Verificación de instalaciones y condiciones ambientales**

Como la muestra está dentro del depósito, las condiciones ambientales estarán establecidas por las condiciones ambientales de operación del equipo.

Los analistas deben controlar los parámetros de ensayo como:

- Temperatura de ensayo
- Presión de ensayo
- Tiempo de ensayo

Se debe controlar el acceso y uso de las aéreas que afecten la calidad del ensayo, es decir prevenir la contaminación cruzada por la realización de otros ensayos que influyan en el resultado final, como por ejemplo el ensayo de envejecimiento acelerado que se realiza en el LEMAT, ya que las altas temperaturas que maneja el equipo puede afectar a los resultados del ensayo de presión hidrostática interna.

Según lo descrito en el inciso 5.2.1 de la norma ISO/IEC 17025, referente al recurso humano del laboratorio se describe que “la dirección del laboratorio debe asegurar la competencia de todos los que operan equipos específicos, realizan ensayos o calibraciones, evalúan los

resultados y firman los informes de ensayos y los certificados de calibración”, por tal motivo se detalla a continuación las competencias que debe poseer los analistas que realicen el ensayo para el control de las propiedades mecánicas en tuberías.

### **Calificación del personal**

La dirección del laboratorio, debe asegurar la competencia de los analistas en la operación del equipo de presión, ejecución de ensayos según los procedimientos PEE/LEMAT/17 y PEE/LEMAT/18, evaluación de los resultados e interpretación de los certificados de calibración.

Los analistas responsables además de las calificaciones apropiadas, entrenamiento y experiencia en el ensayo realizado, deben tener:

- Conocimientos pertinentes de la tecnología empleada.
- Conocimientos de los requisitos generales de la norma INEN 503, ISO 1167 aplicada a este ensayo.
- Conocimientos de programas utilitarios.



El laboratorio debe de realizar una encuesta directa a los analistas o un examen para identificar las necesidades de entrenamiento al personal, políticas y procedimientos.

### **Procedimiento de mantenimiento de equipo**

Se debe de realizar un plan de mantenimiento, basado en horas de uso del equipo o en base a un análisis estadístico.

El equipo siempre se debe de limpiar antes de realizar un ensayo y después de ejecutar un ensayo.

### **Intercomparaciones**

Se realizará de tal forma que se asegure que en un periodo de 4 años se realice una comparación con otros laboratorios, de al menos un método asociado a cada familia de ensayo.

Siempre que sea posible la participación se realizará entre las siguientes opciones siendo el orden establecido el siguiente:

1. Intercomparaciones promovidas por organismos oficiales. En estos casos habitualmente un laboratorio de nivel superior actúa como laboratorio de referencia.

Los proveedores de estas intercomparaciones se pueden encontrar en la base EPTIS disponible en [www.eptis.ban.de](http://www.eptis.ban.de), o las promovidas dentro de los organismos con EA, ILAC o ENAC.

2. Intercomparaciones entre varios laboratorios. En este caso se tiene que evaluar a los laboratorios participantes y tener como punto de análisis el informe de evaluación. En estos casos el valor de referencia suele ser consensuado con los participantes. No existe laboratorio de referencia por lo que adquiere mayor importancia los tratamientos estadísticos que se realizan con los valores resultantes de los demás laboratorios. Se debe analizar en el informe de evaluación la idoneidad de los cálculos y tratamientos que se han realizado por el laboratorio piloto. Se recomiendan que el número de laboratorios sea mayor a 7.
3. Comparaciones bilaterales entre laboratorios. Este caso es únicamente aceptable si los dos casos anteriores no se han podido realizar por causas ajenas al laboratorio. En este caso, el laboratorio que se utilice como laboratorio de referencia en la

bicomparación debe haber sido compatible con un laboratorio de referencia o un valor de referencia completamente verificado en una intercomparación en la que haya participado.

En el caso de que el resultado de la intercomparación no sea satisfactorio, se deberá abrir un informe de No conformidad que detalle el resultado, para iniciar la búsqueda de las causas que identifiquen esa no compatibilidad, para evitar que no se repitan los problemas encontrados.

La detección de los problemas que se presentan en una intercomparación se debe realizar en base a:

1. No se produjeron errores en la expresión de resultados, como unidades o transcripción de los datos.
2. Comprobar que se siguió el proceso descrito en el protocolo de la intercomparación, como el método, puntos, reiteraciones y ajustes previos.
3. Comprobar que se utilizó un equipo adecuado y que funcionaba correctamente en el día que se hizo la intercomparación.

4. Comprobar que se ha realizado pruebas internas de aseguramiento de la calidad con ese mismo equipo, el nivel de índices de compatibilidad entre los técnicos y el nuevo índice de los resultados de otros técnicos con los resultados obtenidos del valor de referencia.
5. Comprobar si existen interferencias en los resultados de los demás laboratorios en el propio resultado y si el análisis estadístico realizado por el laboratorio organizador es correcto.
6. Comprobar los resultados en otras intercomparaciones similares.
7. Analizar la repercusión del resultado en los ensayos rutinarios del laboratorio.

Una vez analizados los anteriores puntos y siempre que se haya hecho un análisis riguroso de las causas de los problemas presentados en la intercomparación, si se encuentra que el motivo de la no compatibilidad y se es capaz de determinar fiablemente que es una causa localizada, puntual y sin probabilidad de que haya ocurrido anteriormente, se abriría una acción correctora para evitar que la causa vuelva a ocurrir en un futuro y se debe realizar el seguimiento de la misma para asegurar

que no se vuelva a repetir. No es necesario realizar una nueva de intercomparación, aunque este análisis debería ser valorado para la planificación de próximas intercomparaciones.

En el caso de no poder determinar el origen del problema, o ser una causa repetible se deberá realizar estudios más exhaustivos que incluya la repetición de la misma calibración.

En el caso de que volvieran a salir resultados no satisfactorios, se debería revisar método y cálculo de la incertidumbre del ensayo para solucionar el problema y volver a planificar si fuera necesaria una nueva intercomparación para comprobar los cambios establecidos.

### **Cálculo de las estadísticas de eficacia**

Para permitir la comparación y facilitar la interpretación, los resultados de los ensayos suelen transformarse en una estadística de eficacia que sea significativa para los participantes en el programa. Las estadísticas de uso corriente, relativas a resultados cuantitativos se enumeran en grado creciente de transformación de los resultados y de grado de complejidad:

- Diferencia  $(x-X)$ , siendo  $x$  el resultado de cada participante y  $X$  el valor asignado.

La diferencia simple entre el resultado del participante y el valor asignado puede ser suficiente para determinar la eficacia y es fácilmente comprensible para todos los participantes. La magnitud  $(x-X)$  se denomina “estimación de la desviación del laboratorio”.

- Diferencia en porcentaje

$$D\% = \frac{(x-X)}{X} 100 \quad \text{Ec. 65}$$

- Percentil o rango: Orden numerado de los laboratorios desde el menor resultado hasta el mayor.

$$\frac{(i-\frac{1}{2})}{p} 100 \quad \text{Ec. 66}$$

Donde,

$i$  = número de orden y  $p$  es el número de laboratorios.

La utilización de los percentiles es útil para resultados muy dispersos, aunque deberá utilizarse con precaución.

- Puntuaciones  $z'$

$$z' = \frac{(x-X)}{s} \quad \text{Ec. 67}$$

Donde,

s es una medida de la variabilidad. Como criterio de eficacia con estas puntuaciones se suele aceptar el siguiente:

$|z'| \leq 2$ : satisfactorio

$2 < |z'| < 3$ : discutible

$|z'| \geq 3$ : insatisfactorio

### **Evaluación de resultados entre varios laboratorios, usando el estadístico de prueba $E_n$**

Las intercomparaciones entre resultados de varios laboratorios se pueden utilizar para:

- Validar métodos de medida no normalizados. Estudios colaborativos. Estimación de la reproducibilidad de diferentes analistas.
- Determinar la eficacia de las entidades participantes. Ensayos de aptitud.
- Identificar problemas existentes entre entidades participantes. Problemas en medios, métodos, analistas.
- Identificar diferencias entre participantes.
- Asignar valores de referencia. Estudios de exactitud.
- Validación de los sistemas de medida.

La realización de intercomparaciones permite validar métodos de medida y laboratorios, evaluando y demostrando la fiabilidad de los datos que producen. Se basan en las siguientes normas:

- UNE 66543-1:1999
- ILAC-G13:2000
- EA-2/03 Rev.01
- CGA-ENAC-PPI Rev.01 Abril 2003
- UNE 82009-1:1998, -3:1999, -4:1999, -5:1999, -6:1999

Se basa en la realización de ensayos sobre objetos idénticos o similares por parte de varias entidades y en análisis posterior de los resultados obtenidos.

Cada resultado de medición individual se compara con los valores de referencia establecidos. Estos valores de referencia pueden ser establecidos por un organismo independiente a la intercomparación superior, por ejemplo un laboratorio acreditado o se puede establecer un valor de referencia consensuado resultante de los valores medidos de todos los participantes. Uno de los criterios que se suelen tomar en estos casos, donde no hay un valor independiente del valor, es el valor de la



magnitud la media de los resultados y como valor de la incertidumbre la media cuadrática de las incertidumbres independientes se usa la siguiente ecuación:

$$U = k * \sqrt{\frac{\sum u^2}{n}} \quad \text{Ec. 68}$$

Donde U es la incertidumbre de la intercomparación, k el factor de cobertura, por lo general igual a 2, u la incertidumbre de cada laboratorio y n el número de laboratorios participantes.

En el caso de utilizar un valor de referencia consensuado, conviene eliminar los resultados aberrantes mediante métodos estadísticos.

Para realizar la comparación entre los resultados se usan estadísticas de eficacia para facilitar la interpretación de los resultados y la compatibilidad entre ellos. El objetivo de estas estadísticas es medir la desviación con respecto al valor asignado. La estadística que se suele usar con mayor frecuencia es el cálculo del número  $E_n$  que se define como:

$$E_n = \frac{|x-X|}{\sqrt{U^2_{lab} + U^2_{REF}}} \quad \text{Ec. 69}$$

Donde:

$x$ : es el valor obtenido por uno de los participantes

$X$ : es el valor de referencia

$U_{lab}$ : es el valor calculado de incertidumbre del resultado de cada participante

$U_{REF}$ : es el valor de incertidumbre del resultado asignado como referencia.

En el caso de que  $E_n$  sea  $\leq 1$  las medidas son aceptables o los ensayos son satisfactorios y compatibles entre sí.

**Prueba F para evaluar la comparabilidad de varianzas de dos series de resultados.**

En el caso de disponer dos grupos de observaciones independientes con diferentes varianzas, para comprobar las equivalencias o trazabilidad de ambas medidas, no solo se puede comparar únicamente en términos de su valor medio (Test t), se debe primero asegurar mediante un método estadístico que las varianzas en ambos grupos son iguales. El test F o el test de la razón de varianzas es el método estadístico usado para el análisis de las varianzas.

Se define el valor experimental de F como:

$$F_{exp} = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad \text{Ec. 70}$$

Donde  $s_1$  y  $s_2$  son las desviaciones estándar de las series 1 y 2 respectivamente. En el numerador se sitúa siempre el valor más alto para que  $F$  sea mayor que la unidad.

Para decidir cuando las varianzas de los conjuntos de valores difieren de forma significativa y por lo tanto no pertenecen a dos poblaciones con igual variabilidad, se comparan con los valores tabulados de  $F(F_{crit})$  para un nivel de confianza dado. Si  $F_{exp} < F_{crit}$  se concluye que no hay diferencias significativas de varianzas, por lo que hay homogeneidad de varianzas en ambos conjuntos.

Una vez comprobado la homogeneidad de las varianzas se puede comparar la homogeneidad de los valores medios, a través del test  $t$ .

Para la aplicación del test  $t$ , admitiendo la normalidad de los datos, se calcula el valor del estadístico experimental:

$$t_{exp} = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sqrt{\frac{(n-1)s_1^2 + (m-1)s_2^2}{n+m-2} * \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}} \quad \text{Ec. 71}$$

Siendo  $\bar{X}$  y  $\bar{Y}$  los promedios de cada muestra,  $s_1$  y  $s_2$  las desviaciones típicas de los valores extraídos de las dos muestras y  $n$  y  $m$  respectivamente los tamaños de las muestras.

Si el valor calculado de  $t_{exp}$  es menor que el valor de  $t_{crit}$  para una significación  $\alpha=0,05$  (confianza del 95%) para  $n+m-2$  grados de libertad, se podrá afirmar que la hipótesis es cierta y existe trazabilidad entre los valores medidos.

En la tabla 8 se puede apreciar un extracto de la tabla F para poder evaluar la comparabilidad de varianzas de dos series de resultados.

**TABLA 8**

**Extracto de la Tabla F**

$\alpha$ 0,05		grados de libertad del numerador										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20
grados de libertad del denominador	1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	236,77	238,88	240,54	241,88	248,02
	2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,45
	3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,66
	4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,80
	5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,56
	6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	3,87
	7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,44
	8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,15
	9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	2,94
	10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,77
	11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,65
	12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,54
	13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,46
	14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,39
	15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,33
	16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,28
	17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,23
	18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,19
	19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,16
	20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,12

### **3.5. Control de propiedades físicas.**

#### **3.5.1. Prueba de estabilidad térmica**

Este ensayo se basa en la norma internacional ISO 10837 y consiste en determinar el tiempo de oxidación de una muestra de la tubería de polietileno.

El calorímetro diferencial de barrido es un equipo térmico capaz de realizar una prueba OIT (tiempo de inducción a la oxidación) la cual mide el nivel de estabilización térmica del material ensayado. En este ensayo se mide el tiempo entre la fusión y el tiempo de degradación en condiciones isotérmicas. La atmósfera tiene que ser de nitrógeno hasta la fusión y después la atmosfera tiene que ser de oxígeno. La temperatura de ensayo generalmente es entre 190 y 220°C.

El equipo tiene incorporado un horno con movimiento automatizado y un sistema de ingreso de gases de purga en dirección horizontal que es regulada con un controlador digital de flujo másico como se muestra en la figura 3.11.



**FIGURA 3.11 CALORÍMETRO DIFERENCIAL DE BARRIDO**

### **3.5.2. Prueba de reversión longitudinal**

Por medio de este ensayo se puede determinar el cambio de longitud de la tubería de polietileno sometida a un baño térmico durante un periodo prolongado.

La normativa nacional INEN 1743 describe todos los lineamientos necesarios para poder obtener el mayor grado de confiabilidad de este ensayo.

Este ensayo puede realizarse mediante 2 métodos, el método A en el cual se somete a la probeta a un líquido de inmersión a una temperatura entre 100 °C o 110 °C, y el método B usa un horno eléctrico con recirculación de aire para someter a la probeta a la temperatura de ensayo.

### **3.5.3. Prueba de elongación hasta la ruptura**

Por medio de este ensayo se puede determinar las propiedades físicas de la tubería de polietileno sometida a una carga axial de tracción, a partir de una gráfica esfuerzo- deformación.

La norma internacional ISO 6259 describe todas las recomendaciones necesarias para poder obtener el mayor grado de confiabilidad de este ensayo.

### **3.5.4. Compatibilidad de la fusión**

Si las tuberías fabricadas a partir de compuestos designados PE 63, PE 80 o PE 100 se van a unir por fusión a tope o usando accesorios para electrofusión, deben pasar el ensayo de resistencia a la presión hidrostática interna con un tiempo de ensayo de 165 horas a 80°C.

#### **3.5.4.1. Documentos del sistema de gestión de calidad para realización de ensayos**

**Requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos utilizados para el ensayo de estabilidad térmica**

Los requisitos metrológicos a tomar en consideración son los siguientes:

1. Se debe contar con un sensor de temperatura con una exactitud  $\pm 0,5$  °C. (27)
2. Se debe tener una balanza analítica con una exactitud de  $\pm 0,0005$  g y una precisión de  $\pm 0,0001$  g. (27)
3. Se debe contar con un controlador de flujo másico con una exactitud de  $\pm 10\%$  del flujo de ensayo.(27)

### **Comprobación de satisfacción de los requisitos para el ensayo de estabilidad térmica**

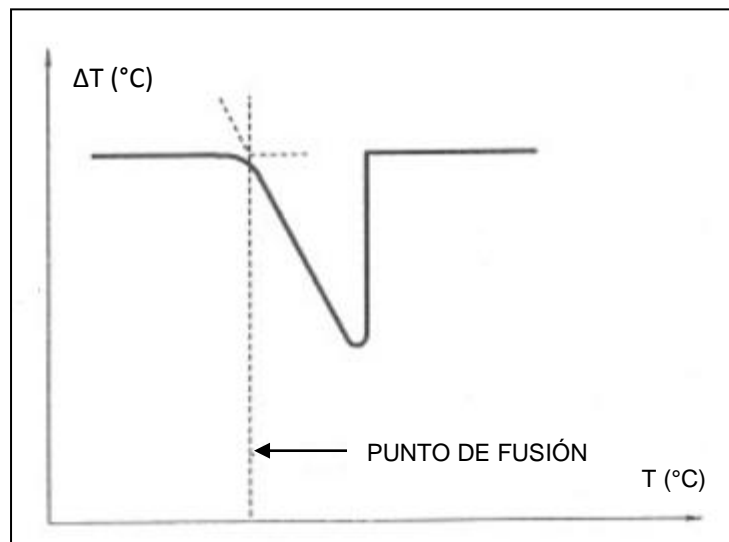
La comprobación de la satisfacción de los requisitos metrológicos se hace en base al certificado de calibración interna del calorímetro diferencial de barrido, la cual consiste en determinar el punto de fusión de una muestra patrón (Indio) a partir de una curva de calibración.

El punto de fusión se debe tomar del intercepto de la línea de base extendida realizada con una muestra de zafiro y la tangente a la primera pendiente de la endoterma, como se muestra en la figura 3.12.



El equipo satisface los requisitos metrológicos si la incertidumbre expandida asignada para todo el rango calibrado es  $\pm 0,5$  °C y la precisión de  $\pm 0,2$  °C. (27)

En caso de ser necesario se debe ajustar el equipo de modo que el punto de fusión indicado del indio se encuentre en  $156,6$  °C  $\pm 0,5$  °C. (27)



**FIGURA 3.12 CURVA TÍPICA DE CALIBRACIÓN (27)**

**Especificaciones técnicas del equipo:**

- Rango de temperatura: 27 °C a 1500 ° C
- Precisión:  $\pm 0,1$  °C, en base a muestras patrones
- Resolución: 0,01 °C/min
- Capacidad de la muestra (máx.) : 200 mg

## **Procedimiento de ensayo para el control de la estabilidad térmica PEE/LEMAT/20**

Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT y la normativa internacional ISO 10837, se propuso el siguiente procedimiento.

### **Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice S, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual permitirá o facilitará ingresar la información necesaria como por ejemplos los datos primarios e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en conjunto con los demás reportes de los demás ensayos que aplican a este producto.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma internacional de

ensayo ISO 10837 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE2001 se encuentra en el Apéndice T.

El software INEN 1744 fue validado para el ensayo para el control de estabilidad térmica, el mismo que se evidencia en el Apéndice T.

Para el uso del calorímetro diferencial de barrido se procedió a realizar el instructivo de uso IU/LEMAT/06 y se detalla en el Apéndice U.

### **Requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos utilizados para realizar el control de reversión longitudinal**

Los requisitos metrológicos a tomar en consideración son los siguientes:

1. Se debe contar con un sensor de temperatura con una exactitud  $\pm 0,2$  °C (28)
2. Se debe contar con pie de rey con una exactitud y precisión de  $\pm 0,25$  mm (28)

### **Comprobación de satisfacción de los requisitos**

La comprobación de la satisfacción de los requisitos metrológicos se hace en base al certificado de calibración de la termocupla del horno.

La termocupla satisface los requisitos metrológicos si la incertidumbre global corregida asignada para todo el rango calibrado es  $\pm 0.5$  °C (28)

### **Procedimiento de ensayo para el control de la reversión longitudinal PEE/LEMAT/21**

Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT y la normativa nacional INEN 1743, se propuso el siguiente procedimiento.

#### **Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice V, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual permitirá o facilitará ingresar la información necesaria como por ejemplos los datos primarios e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en conjunto con los demás reportes de los demás ensayos que aplican a este producto.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de

la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma nacional de ensayo INEN 1743 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE2101 se encuentra en el Apéndice W.

El software INEN 1744 fue validado para el ensayo para el control de la reversión longitudinal, el mismo que se evidencia en el Apéndice W.

### **Requisitos metrológicos de los equipos e instrumentos utilizados para el ensayo de elongación hasta la ruptura**

Los requisitos metrológicos a tomar en cuenta son los siguientes:

1. Se debe contar con una celda de carga con una exactitud  $\pm 1\%$  (29)
2. Se debe contar con un extensómetro capaz de medir la deformación con una exactitud  $\pm 1\%$  (29)
3. Se necesita de un micrómetro o pie de rey con una exactitud de  $\pm 0,01$  mm (29)

### **Comprobación de satisfacción de los requisitos**

La comprobación de la satisfacción de los requisitos metrológicos se hace en base al certificado de calibración del extensómetro y de la celda de carga del equipo usado.

El extensómetro satisface los requisitos metrológicos si la incertidumbre global corregida asignada para todo el rango calibrado es  $\pm 0,1$  mm. (29)

La celda de carga satisface los requisitos metrológicos si la incertidumbre global corregida asignada para todo el rango calibrado es  $\pm 0,5$  N/mm<sup>2</sup>. (29)

### **Procedimiento de ensayo para el control de la elongación hasta la ruptura PEE/LEMAT/22**

Siguiendo el procedimiento general de la Gestión de la documentación del LEMAT y la normativa internacional ISO 6259, se propuso el siguiente procedimiento.

#### **Procedimiento específico de ensayo**

El procedimiento en completo y bajo formato PG0102-03 establecido por el LEMAT se lo presenta en el Apéndice X, sin embargo es preciso indicar que al momento de realizar el ensayo debe realizarse junto a la utilización del software INEN 1744, el cual permitirá o facilitará ingresar la información necesaria como por ejemplos los datos primarios e incluso generar el reporte final de manera fácil e inmediata ya sea de manera independiente o en conjunto con los demás reportes de los demás ensayos que aplican a este producto.

Tal como se indicó anteriormente, el software INEN 1744 tiene la opción de generar el reporte final del ensayo bajo los requisitos de la norma internacional ISO/IEC 17025, de la norma internacional de ensayo ISO 6259 y el manual de calidad del LEMAT, el reporte de manera independiente PEE2401 se encuentra en el Apéndice Y.

El software INEN 1744 fue validado para el ensayo para el control de elongación hasta la ruptura, el mismo que se evidencia en el Apéndice Y.

Para el uso correcto de la máquina universal de ensayo se procedió a realizar el instructivo de uso IU/LEMAT/06 y se detalla en el Apéndice Z.

#### **3.5.4.2. Documentos para el aseguramiento de la calidad de los resultados**

##### **Estimación de la incertidumbre para el ensayo de estabilidad térmica**

La incertidumbre del tiempo de inducción a la oxidación (OIT) depende de los errores asociados al proceso de calibración del equipo, interpretación del termograma, sensibilidad del equipo, velocidad de calentamiento y forma de la muestra. Debido a que la medición del OIT es directa y que es igual al promedio de 5

mediciones realizadas en la muestra, solo se considera el error por repetibilidad debido al analista al momento de la toma de datos, la reproducibilidad con otras muestras y la resolución del equipo.

### **Especificación del mensurando**

El tiempo de inducción a la oxidación (OIT) se expresa como:

$$OIT = M_{OIT} \quad \text{Ec.72}$$

Donde:

$M_{OIT}$  → Medición realizada con el calorímetro diferencial de barrido

### **Cuantificación**

Una vez identificadas todas las fuentes de error que puedan contribuir a la incertidumbre del OIT, la siguiente etapa es la cuantificación de la incertidumbre:

#### **Incertidumbre de la calibración.**

Para obtener la incertidumbre de la calibración del equipo se debe trabajar con el certificado de calibración interno antes del ensayo.

Se utiliza la ecuación (14) para obtener la incertidumbre estándar de la calibración.

#### **Incertidumbre por repetibilidad y resolución**

$$\mu_{OIT} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(M_{OIT})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_{OIT}}{\sqrt{12}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.73}$$



La ecuación (73) es la incertidumbre combinada de las mediciones realizadas con el equipo, la que involucra la incertidumbre por repetibilidad que se evalúa a partir de la desviación estándar,  $s(\overline{M_{OIT}})$ , de las  $n$  mediciones realizadas durante el ensayo, y el error por resolución ( $res_e$ ), del equipo.

Para obtener la incertidumbre expandida asociada a las mediciones se usa la ecuación (23)

### **Incertidumbre por reproducibilidad**

Para determinar la reproducibilidad del ensayo, se puede emplear la ecuación (52).

### **Incertidumbre por deriva**

Se desprecia el error por deriva debido a que la calibración se realiza al inicio de cada ensayo.

### **Combinación**

Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores. Se usa la ecuación (25) para calcular la incertidumbre combinada total del OIT, adicionando la incertidumbre por reproducibilidad a la expresión.

Por último se calcula la incertidumbre expandida del ensayo ( $\pm U_{OIT}$ ) usando la ecuación (26).

### **Calificación del personal**

La dirección del laboratorio, debe asegurar la competencia de los analistas en la operación del calorímetro diferencial de barrido, ejecución del ensayo según el procedimiento establecido PEE/LEMAT/20, evaluación de los resultados e interpretación de los certificados de calibración.

Los analistas responsables además de las calificaciones apropiadas, entrenamiento y experiencia en el ensayo realizado, deben tener:

- Conocimientos pertinentes de la tecnología empleada.
- Conocimientos de los requisitos generales de la norma aplicada a este ensayo.
- Conocimientos de programas utilitarios.
- Saber interpretar termogramas.

### **Verificación de instalaciones y condiciones ambientales**

Los analistas deben controlar que la temperatura del ambiente este entre 15 o 35 °C y la humedad relativa (HR) este entre 5 y 80 %.

Como la muestra está dentro de una cámara aislada, las condiciones ambientales fueron establecidas por las condiciones ambientales de operación del equipo.

### **Procedimiento de mantenimiento de equipo**

El mantenimiento del equipo consiste en una limpieza básica que se detalla en el manual del equipo.

### **Estimación de incertidumbre para el ensayo de reversión longitudinal**

La incertidumbre de la reversión longitudinal (S) depende de los errores asociados al proceso de calibración del pie de rey, a la deriva del mismo y a las mediciones realizadas durante el tiempo de ensayo. Para calcularla se sigue la metodología propuesta por la GUM.

### **Especificación del mensurando**

En esta etapa se establece cuál es la relación a través de una ecuación matemática, entre los resultados de las mediciones como son la longitud entre marcas antes del ensayo ( $L_0$ ) y la longitud entre las marcas después del ensayo ( $L$ ). La reversión longitudinal (S) se expresa como:

$$S = \frac{|L_0 - L|}{L_0} \times 100$$

Ec.74

## Cuantificación

Una vez identificadas todas las fuentes de error que puedan contribuir a la incertidumbre final, la siguiente etapa consiste en cuantificar la magnitud de la incertidumbre:

### 1. Incertidumbre de la calibración.

Se utiliza la información obtenida en el certificado de calibración emitido por laboratorio acreditado. Se usa la ecuación (14) para determinarla.

### 2. Incertidumbre por resolución y repetibilidad.

Se debe calcular la incertidumbre debida a la precisión y resolución del instrumento usado.

$$U_{Lo} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\overline{Lo})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_s}{\sqrt{3}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.75}$$

$$U_L = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\overline{L})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_s}{\sqrt{3}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.76}$$

Las ecuación (75) (76) son las incertidumbres combinadas asociadas a las mediciones realizadas con el pie de rey, las cuales involucran la incertidumbre por precisión que se evalúa a

partir de la desviación estándar,  $s(\overline{L_0})$  y  $s(\overline{L})$  de las  $n$  medidas realizadas durante el ensayo, y el error por resolución ( $res_S$ ), que es dada por el fabricante.

Para poder estimar la incertidumbre combinada respecto a las mediciones se debe determinar el coeficiente de sensibilidad respecto a cada variable.

$C_{L_0}$  y  $C_L$  son los coeficientes de sensibilidad evaluados como:

$$C_{L_0} = \frac{\partial S}{\partial L_0} ; C_L = \frac{\partial S}{\partial L} \quad \text{Ec.77}$$

Donde:

$$C_L = \frac{-100}{L_0} ; C_{L_0} = \frac{-100 \cdot L}{(L_0)^2} \quad \text{Ec.78}$$

Con este resultado, se tienen ahora todas las contribuciones necesarias para calcular la incertidumbre combinada asociada a las mediciones realizadas. Para hallar la incertidumbre combinada asociada a las mediciones ( $U_C$ ) se usa la ley de propagación de errores.

Para obtener la incertidumbre expandida asociada a las mediciones ( $u_E$ ) se usa la ecuación (23)

### 3. Deriva del sensor de presión.

La deriva se obtiene usando la ecuación (24)

### **Combinación**

Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores. Se usa la ecuación (25) para determinarla.

El último paso, consiste en calcular la incertidumbre total expandida ( $\pm U_5$ ) para ello se usa la ecuación (26).

### **Calificación del personal**

La dirección del laboratorio, debe asegurar la competencia de los analistas en el manejo del pie de rey, ejecución del ensayo según el procedimiento establecido PEE/LEMAT/21, evaluación de los resultados e interpretación de los certificados de calibración.

### **Verificación de instalaciones y condiciones ambientales.**

Los analistas deben controlar que la temperatura del ambiente sea de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  y la humedad relativa (HR) sea menor al 80%

Estas condiciones fueron consideradas en función de las condiciones de operación del equipo, ya que la muestra se localiza dentro de la cámara del horno y las condiciones externas no afectarían el resultado.

### **Procedimiento de mantenimiento del instrumento de medición.**

El mantenimiento del pie de rey consiste en una limpieza básica con algodón y alcohol sobre el husillo como lo indica el manual del fabricante, así mismo se deben dejar lubricadas las partes con una capa ligera de aceite.

El pie de rey se debe calibrar según la ecuación 12.

### **Estimación de la incertidumbre para el ensayo de elongación hasta la ruptura.**

La incertidumbre de la elongación ( $\epsilon$ ) depende de los errores asociados al proceso de calibración del pie de rey o micrómetro, a la deriva del mismo y a las mediciones realizadas durante el tiempo de ensayo. Para calcularla se sigue la metodología propuesta por la GUM.

### **Especificación del mensurando**

En esta etapa se establece cuál es la relación a través de una ecuación matemática, entre los resultados de las mediciones como son la longitud entre marcas antes de la ruptura ( $l_0$ ) y la longitud entre las marcas después de la ruptura ( $l$ ). La elongación ( $\epsilon$ ) se expresa como:

$$\epsilon = \frac{|l_0 - l|}{l_0} \times 100 \quad \text{Ec.79}$$

## Cuantificación

Una vez identificadas todas las fuentes de error que puedan contribuir a la incertidumbre final, la siguiente etapa consiste en cuantificar la magnitud de la incertidumbre:

### 1. Incertidumbre de la calibración.

Se utiliza la información obtenida en el certificado de calibración emitido por laboratorio acreditado. Se usa la ecuación (14) para determinarla.

### 2. Incertidumbre por repetibilidad y resolución

Debido a que la elongación se obtiene indirectamente, se debe calcular la incertidumbre estándar combinada de cada variable, la cual depende de la precisión y resolución del instrumento usado.

$$U_{10} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{l}_0)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_\varepsilon}{\sqrt{3}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.80}$$

$$U_1 = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{l})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_\varepsilon}{\sqrt{3}}\right)^2\right]} \quad \text{Ec.81}$$

Las ecuación (80) (81) son las incertidumbres combinadas de las variables medidas con el pie de rey o micrómetro para obtener la elongación de la muestra, las cuales involucran la incertidumbre por precisión que se evalúa a partir de la desviación estándar,  $s(\bar{l}_0)$  y  $s(\bar{l})$  de las  $n$  medidas realizadas



durante el ensayo, y el error por resolución ( $res_{\varepsilon}$ ), que es dada por el fabricante del pie de rey o micrómetro. Para poder estimar la incertidumbre asociada a las mediciones se debe determinar el coeficiente de sensibilidad respecto a cada variable.

$C_{l_0}$  y  $C_l$  son los coeficientes de sensibilidad evaluados como:

$$C_{l_0} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial l_0} ; C_l = \frac{\partial \varepsilon}{\partial l} \quad \text{Ec.82}$$

Donde:

$$C_l = \frac{-100}{l_0} ; C_{l_0} = \frac{100 \cdot l}{(l_0)^2} \quad \text{Ec.83}$$

Con este resultado, se tienen ahora todas las contribuciones necesarias para calcular la incertidumbre asociada a cada una de las mediciones. Para hallar la incertidumbre estándar combinada total ( $U_C$ ) se usa la ley de propagación de errores

Para obtener la incertidumbre expandida ( $u_E$ ) se usa la ecuación (23)

### 3. Deriva del sensor de presión.

La deriva se obtiene usando la ecuación (24)

### **Combinación**

Una vez calculadas todas las fuentes de incertidumbre, éstas deben combinarse aplicando la ley de propagación de errores.

Se usa la ecuación (25) para determinarla.

El último paso, consiste en calcular la incertidumbre total expandida para ello se usa la ecuación (26).

Se usa un  $k=2$ , de esta forma, hay aproximadamente un 95% de probabilidad de que el intervalo  $(\varepsilon \pm U\varepsilon)$  contenga la reversión longitudinal verdadera de la muestra.

### **Calificación del personal**

La dirección del laboratorio, debe asegurar la competencia de los analistas en el manejo del pie de rey, ejecución del ensayo según el procedimiento establecido PEE/LEMAT/22, evaluación de los resultados e interpretación de los certificados de calibración.

Los analistas responsables además de las calificaciones apropiadas, entrenamiento y experiencia en el ensayo realizado, deben tener:

- Conocimientos de los requisitos generales de la norma aplicada a este ensayo.

- Conocimientos de programas utilitarios.
- Conocimiento de la tecnología empleada
- Interpretación de graficas esfuerzo vs elongación

### **Verificación de instalaciones y condiciones ambientales**

Los analistas deben controlar que la temperatura del ambiente sea de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Estas condiciones fueron consideradas en función de las condiciones de operatividad del equipo e instrumentos de medición

# **CAPÍTULO 4**

## **4. DISEÑO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

La normativa internacional ISO/IEC 17025:2005 sugiere la implementación de acciones para que el laboratorio busque la excelencia en funcionamiento y en resultados, para esto el laboratorio debe documentar todos sus procesos.

El laboratorio debe ser una entidad con responsabilidad jurídica, establecer, mantener e implementar un sistema de gestión apropiado, el cual debe cubrir el trabajo realizado dentro de sus instalaciones y estar de acuerdo al alcance de sus actividades.

El laboratorio tiene que documentar sus políticas, sistemas, programas, procedimientos e instrucciones, contar con un manual de calidad, un sistema de control de documentos, un espacio para servicio al cliente,

sistema de recepción de quejas, acciones correctivas y preventivas, auditorías internas y verificación del cumplimiento de la norma.

Todos estos documentos deben ser archivados por el laboratorio por un tiempo establecido por los organismos de acreditación y deben tener un sistema para la identificación y almacenamiento de cada documento, todos estos registros serán plenamente legibles y almacenados donde no sufrán ningún deterioro y sean fácilmente ubicados dentro del laboratorio evitando desorden y pérdida de los mismos.

### **Requisitos técnicos.**

Los requisitos técnicos la norma ISO/IEC 17025:2005 se basa principalmente en el entorno en el cual se realizan las pruebas de ensayo, ya que estos factores pueden alterar los resultados obtenidos por el personal del laboratorio.

La norma ISO/IEC 17025:2005 sugiere que el personal del laboratorio debe ser competente, estar constantemente capacitado teniendo en cuante las acciones presentes y futuras que desarrollara el laboratorio.

Respecto a las condiciones ambientales dentro del laboratorio, la norma no precisa el valor de la temperatura, humedad, polvo y ruido, pero si indica que debe ser un ambiente armónico para que estos variables no

influyan en los resultados obtenidos, sugiere revisar las normas de los ensayos a realizar para verificar dichos parámetros.

En las instalaciones civiles debe haber una separación eficaz entre áreas vecinas en las que se realicen actividades incompatibles para que no exista contaminación cruzada, hace referencia en que el orden y la limpieza del laboratorio deben ser constantes y necesarios durante todos los procesos.

La norma indica que el proceso de ensayo puede ser normalizados, desarrollados por el mismo laboratorio y no normalizados, estos procesos deben incluir el muestreo y cada uno debe satisfacer las necesidades del cliente.

El laboratorio debe tener los equipos necesarios para el muestreo, transporte y el desarrollo de procesos de ensayo para que los resultados se mantengan dentro de tolerancias permitidas, antes de poner en servicio todos los equipos se deben verificar y calibrar; para cada equipo se deberá establecer un programas de mantenimiento periódico que sirva para el sistema de trazabilidad.

Con respecto a la trazabilidad de las mediciones la norma esta referenciada al S.I., el sistema de trazabilidad se da por medio de una cadena de mediciones sin interrupción alguna para los ensayos.

El laboratorio debe garantizar que sus resultados sean valederos, esto se logra mediante un procedimiento de control de calidad, los resultados obtenidos se deben archivar para que en el futuro se puedan detectar tendencias y analizar datos para sacar conclusiones del proceso realizado a los equipos.

Por último, la norma establece que los resultados se deben entregar en un informe detallado de forma clara, exacta, no ambigua y objetiva en un certificado de ensayo, en el cual conste el nombre del laboratorio, del cliente, fechas de realización de las pruebas, una identificación única del documento, una breve descripción del procedimiento de las pruebas, resultados obtenidos, para certificados de calibración este constara de la incertidumbre obtenida y firmas del personal autorizado.

### **Diseño arquitectónico del laboratorio.**

El diseño arquitectónico del laboratorio no esta normalizado, sino que depende del espacio, de los equipos a instalarse, de los procesos establecidos y del número de personas que van a trabajar en el desarrollo de ensayos y/o calibraciones.

El espacio físico para desarrollar los procesos de ensayos debe ser suficiente para realizar cualquier actividad, considerando que se requiere de un espacio mínimo de 3 m<sup>2</sup> por persona y que cada actividad

debe estar aislada para que los resultados no se vean afectados por la contaminación cruzada.

En el anexo A1 se detalla el layout del laboratorio y las diferentes áreas para realizar los ensayos para determinar la calidad en las tuberías de polietileno.

### **Área administrativa.**

El diseño arquitectónico para las instalaciones del laboratorio no se limita a los laboratorios en sí, como se indica en la norma, el laboratorio debe contar con un sistema de gestión, para esto en los departamentos administrativos deben contar con un espacio para desarrollar las diferentes actividades de este sistema y asegurar el buen funcionamiento del laboratorio por lo que se contará con las siguientes áreas:

- Dirección General del laboratorio
- Departamento de Ensayo y/o Calibración
- Departamento de Auditorías
- Departamento de Atención al Cliente
- Secretaría General
- Sala de Juntas y Capacitación



# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### Conclusiones

- ✓ La calibración de un equipo/instrumento de medición y un buen técnico/operario no es condición suficiente para asegurar la calidad de los resultados en un laboratorio. Siempre es necesario calcular la incertidumbre (error) del método y validarlo, así como controlar las condiciones ambientales, y participar en ensayos de aptitud.
- ✓ Las condiciones ambientales deben satisfacer las condiciones del ensayo en base a la norma y las condiciones de operación indicadas por el fabricante del equipo.

- ✓ La calibración del equipo/instrumento de medición no tiene sentido si desconocemos los criterios de aceptación/rechazo, y para ello debe conocerse los errores máximos permitidos como indicador de conformidad.
  
- ✓ En el caso de que el laboratorio no cuente con un histórico de calibraciones, tiene la posibilidad de estimarlo por métodos teóricos, los cuales deben ser monitoreados a través de verificaciones internas. La verificación interna no solo es importante para la confirmación metrológica del equipo, sino también para predecir alguna desviación en la calibración, mediante el uso de tablas de control.
  
- ✓ El uso de tablas de control nos permiten evaluar si es necesario aumentar o disminuir el intervalo de calibración según la tendencia de los resultados obtenidos.
  
- ✓ Toda calibración a realizar en un equipo o instrumento de medición debe ser realizada por un laboratorio acreditado, institutos nacionales de metrología y los recomendados por la CGPM-BIMP Y CIMP-BIMP para asegurar la trazabilidad (cadena de patrones) de la medición a los patrones nacionales o internacionales de medida del Sistema Internacional de Unidades.

- ✓ El software INEN 1744 permite el estricto apego al cumplimiento de la norma de ensayo para el control de la calidad de las tuberías de polietileno, y reducir los errores de tipeo e interpretación de resultados cuando no son rutinarios.
- ✓ Los procedimientos de ensayos deben incluir desde el manejo de la muestra hasta el uso de los equipos e instrumentos de medición, debido a que también influyen en los resultados.
- ✓ La estimación de la incertidumbre de un método de ensayo, le permite al laboratorio evaluar la utilidad y calidad de un resultado, compararse ante otros laboratorios, permite mejorar el conocimiento de un método (factores de mayor variabilidad) y proveer confianza cuando el laboratorio necesite tomar decisiones basadas en los resultados.
- ✓ La incertidumbre debe ser menor que la tolerancia de los resultados, en caso de que sea elevada, debe disminuirse mejorando las etapas más críticas del método (factores influyentes) del ensayo.

- ✓ Los Ensayos de Aptitud son esenciales para el aseguramiento de la calidad de los resultados debido a que es una evaluación independiente y sin sesgo del rendimiento de todos los aspectos del laboratorio, sean estas preparaciones de muestras, procedimientos, equipos, etc.
  
- ✓ La confirmación metrológica es necesaria para asegurar que el equipo/instrumento de medición cumple con los requisitos para su uso previsto. La confirmación no se obtiene hasta que se demuestre y documente la adecuación de los equipos/instrumentos de medición.
  
- ✓ La calidad de un método de ensayo puede determinarse a través del análisis de precisión y exactitud. La primera se la estima por ensayos de repetibilidad y reproducibilidad, y la segunda por ensayos de aptitud.

### **Recomendaciones**

- ✓ En el Ecuador aún no existe un laboratorio acreditado en la norma INEN 1744, por lo que es necesaria y urgente su creación, por lo que se recomienda implementar el sistema creado en este

proyecto al LEMAT, para que pueda obtener la acreditación ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE).

- ✓ Se recomienda seguir paso a paso los procedimientos específicos de ensayo, instructivos de uso de equipos e instructivos específicos de ensayo realizados en este trabajo para ensayar correctamente las tuberías de polietileno para obtener resultados exactos y valederos.
  
- ✓ Se recomienda usar el programa INEN 1744 durante la realización de los ensayos, ya que facilita la información de documentos y la emisión de informes.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Cálculo de periodo de calibración. Información disponible en:  
<http://www.icm-calidad.com/Articulos/metrologia/periodo>
- (2) FAJARDO PORTILLO R., “Aseguramiento de calidad de extrusión de tubería de policloruro de vinilo”, (Tesis de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2007), Pág. 3- 7, 20, 22, 35, 36, 41-52
- (3) ISO/IEC 17025:2005, “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, Suiza, 2005
- (4) ISO 10012:2003, “Sistema de gestión de las mediciones – Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición”, Primera edición
- (5) ISO 1133:2005, “Plastics-Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volumen-flow (MVR) of thermoplastics”, Cuarta Edición
- (6) ISO 1167:2006, “Thermoplastics pipe for the conveyance of fluids– Resistance to internal pressure – Test method”
- (7) ISO 10837:1991, “Determination of the thermal stability of polyethylene (PE) for use in gas pipes and fittings”

- (8) ISO 6259:1997, "Thermoplastics pipe – Determination of tensile properties"
- (9) JOSÉ CÍVICOS., CLARA DE LA CRUZ., BLANCA DÍEZ., "Producción de polietileno", 2008, 3
- (10) La Guía Metas. (2009-Mayo), Verificaciones y comprobaciones intermedias. Metas & Metrólogos Asociados. Cd. Guzmán, Jalisco, México.
- (11) La Guía Metas. (2002-Febrero), Proceso de confirmación metrológica industrial. Metas & Metrólogos Asociados. Cd. Guzmán, Jalisco, México.
- (12) MICHAEL SEPE - MICHAEL P. SEPE, LLC., "Densidad y peso molecular en polietileno". Plastics Technology, 2012.
- (13) NTE-INEN 1744:09, "Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión", Primera Edición
- (14) NTE-INEN 1741:90, "Tubos de Polietileno, Determinación de la Dispersión de Negro de Humo",
- (15) NTE-INEN 1742:90, "Tubos de Polietileno, Determinación de la Densidad"
- (16) NTE-INEN 499:94, "Determinación de las Dimensiones", Segunda edición
- (17) NTE-INEN 503:86, "Determinación de la Resistencia a la Presión Hidrostática Interior Sostenida", Primera edición

- (18) NTE-INEN 1743:90, "Tubos de Polietileno, Determinación de la Reversión Longitudinal",
- (19) PLASTICS PIPE INSTITUTE, "Handbook Polyethylene of Pipe", Second Edition, 2008, Pág. 108-115
- (20) RODRÍGUEZ Y GOLDSACK., "Diseño estructural de la tubería de HDPE", (XV Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Ingenieros Civiles Ltda., Concepción, 2003), 2-5
- (21) SILICEO BERNARDI L., "Propuesta de empresa de reciclaje de plástico en el sector de envase y embalaje de Puebla", (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería, Puebla-México, 2004), 33-34
- (22) SUÉSCUM TREJOS J., "Mejoramiento de la eficiencia de una extrusora de doble tornillo para fabricación de tuberías", (Tesis de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil-Ecuador, 2007), Pág. 24.
- (23) TÉCNICAS DE CONTROL METROLÓGICO, "Validación y control de calidad en laboratorios", España, 2004
- (24) Tecnología de los plásticos. Disponible en:  
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>



- (25) Tuberías de polietileno. Disponible en:  
<http://www.extruline.es/userfiles/file/Fichas%20tecnicas%20CONDUCION.pdf>
- (26) Tuberías de Polietileno. Disponible en:  
<http://galeon.com/elregante2/tubospe.html>
- (27) Usos de negro de humo para plásticos. Información disponible en:  
<http://www.youblisher.com/p/591765-Usos-de-negros-de-humos-RAVEN-especiales-para-plasticos/>
- (28) VÍCTOR GUADALUPE E., “Diseño de una metodología a través de indicadores metrológicos que asegure los sistemas de medición en las industrias productoras de artículos plásticos, para mejorar la calidad de sus productos”, (Tesis de Magister en Gestión de la Calidad, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil-Ecuador, 2008), Pág. 30
- (29) W. Schmid y R. Lazos., “Guía para estimar la incertidumbre de la medición”, (Centro Nacional de Metrología, México, 2000), Pág. 8-13.
- (30) ZAMBRANO ROMÁN B., “Evaluación de las propiedades de compuestos de polietileno y carbonato de calcio”, (Tesis de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil-Ecuador, 2007), Pág. 45-58.

# APÉNDICES

## **APÉNDICE A**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/13  
para el control del acabado superficial en muestras de  
tubería de polietileno**

## **APÉNDICE B**

**Instructivo de uso del software INEN 1744**

**IU/LEMAT/03 para el control del acabado superficial**

**en muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE C**

**Formato de reporte final PEE1301 y validación del software INEN 1744 para el ensayo del control del acabado superficial en tuberías de polietileno**

## **APÉNDICE D**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/14  
para el control de la dispersión de negro de humo en  
muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE E**

**Formato de reporte final PEE1401 y validación del software INEN 1744 para el ensayo del control de la dispersión de negro de humo en tuberías de polietileno**

## **APÉNDICE F**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/15  
para el control de la densidad en muestras de tubería  
de polietileno**



## **APÉNDICE G**

**Formato de reporte final PEE1501 y validación del software INEN 1744 para el ensayo del control de la densidad en tuberías de polietileno**

## **APÉNDICE H**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/16  
para el control del índice de fluidez en muestras de  
tubería de polietileno**

## **APÉNDICE I**

**Formato de reporte final PEE1601 y validación del software INEN 1744 para el ensayo del control del índice de fluidez en tuberías de polietileno**

## **APÉNDICE J**

**Instructivo de uso del equipo XNRD-400  
IU/LEMAT/04 para el control del índice de fluidez en  
muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE K**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/17  
para el control del diámetro exterior medio en  
muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE L**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/18  
para el control del espesor mínimo de pared en  
muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE M**

**Formato de reporte final PEE1701-PEE1801 y  
validación del software INEN 1744 para el ensayo del  
control de las dimensiones en tuberías de polietileno**

## **APÉNDICE N**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/19  
para el control de la presión hidrostática interna  
sostenida a 1 hora o a largo plazo en muestras de  
tubería de polietileno**



## **APÉNDICE O**

**Formato de reporte final PEE1901 y validación del software INEN 1744 para el ensayo del control de la presión hidrostática interna sostenida a 1 hora o a largo plazo en muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE P**

**Instructivo de ensayo IE/LEMAT/07 para el montaje y  
desmontaje correcto de tuberías en el depósito del  
equipo SCITEQ-2000**

## **APÉNDICE Q**

**Instructivo de ensayo IE/LEMAT/08 para la  
verificación de fugas de agua en tuberías antes del  
ensayo del control de la presión hidrostática interna  
sostenida a 1 hora o a largo plazo en muestras de  
tubería de polietileno**

## **APÉNDICE R**

**Instructivo de uso del equipo SCITEQ-2000**

**IU/LEMAT/05 para el control de la presión hidrostática  
interna sostenida a 1 hora o a largo plazo en muestras  
de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE S**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/20  
para el control de la estabilidad térmica en muestras  
de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE T**

**Formato de reporte final PEE2001 y validación del software INEN 1744 para el ensayo del control de la estabilidad térmica en muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE U**

**Instructivo de uso del equipo SDT-Q 600**

**IU/LEMAT/06 para el control de la estabilidad térmica**

**en muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE V**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/21  
para el control de la reversión longitudinal en  
muestras de tubería de polietileno**



## **APÉNDICE W**

**Formato de reporte final PEE2101 y validación del software INEN 1744 para el ensayo del control de la reversión longitudinal en muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE X**

**Procedimiento específico de ensayo PEE/LEMAT/22  
para el control de la elongación hasta la ruptura en  
muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE Y**

**Formato de reporte final PEE2101 y validación del software INEN 1744 para el ensayo del control de la elongación hasta la ruptura en muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE Z**

**Instructivo de uso del equipo UH-600 KN**

**IU/LEMAT/07 para el control de la elongación hasta la  
ruptura en muestras de tubería de polietileno**

## **APÉNDICE A1**

**Layout del laboratorio para realizar el control de la  
calidad de las tuberías de polietileno**

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><i>PEE/LEMAT/13</i></p> <p><i>Hoja 1 de 5</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

# LEMAT

**PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/13**

**PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERÍAS  
DE POLIETILENO**

Fecha de Edición: 3 de Marzo del 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/13</b></p> <p><i>Hoja 2 de 5</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	3
2. <b>ALCANCE</b> .....	3
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	3
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
4. <b>GENERAL</b> .....	4
4.1 Preparación de la Muestra.....	4
4.2 Realización.....	4
5. <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	5
6. <b>INFORME</b> .....	5

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO  PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/13</b>  <i>Hoja 3 de 5</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante el control del acabado superficial de las tuberías de polietileno ya sean para conducir agua potable como para usos generales.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento permite establecer si las tuberías de polietileno son homogéneas y si cumplen con la cláusula 4.5 de la norma INEN 1744.

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición
- INEN 2016, “Tubería Plástica. Tubos y Accesorios Plásticos. Muestreo, Inspección y Recepción”, Primera Edición



<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO  PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>PEE/LEMAT/13</i>  <i>Hoja 4 de 5</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

## 4. GENERAL

### 4.1 Preparación de la muestra

Se necesitan 2 muestras, que están formadas por 3 tuberías cada una, las tuberías se deben seleccionar aleatoriamente por cada lote de 1200 unidades.

Asegurarse de limpiar las tuberías al momento de realizar la inspección, elimine todo tipo de grasas o polvos que estén en las superficies internas y externas.

### 4.2 Realización

A continuación se detallan las acciones a realizar durante la ejecución del ensayo.

1. Ejecutar el software INEN 1744 como se detalla en el INSTRUCTIVO DE USO IU/LEMAT/03
2. Inspeccionar a simple vista el color de la tubería, y verificar que no presente manchas en la superficie externa.
3. Identificar la presencia de grietas, fisuras, rugosidades, perforaciones o incrustaciones de material extraño tanto en la superficie externa como interna, para inspeccionar las tuberías internamente se deberá cortar perpendicularmente

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO  PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/13</b>  <i>Hoja 5 de 5</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

al diámetro de la tubería, partiéndola en dos medias lunas con una moladora.

4. Adicionalmente, identificar la presencia de defectos como burbujas, degradación o piel de tiburón.

## **5. ANALISIS DE RESULTADOS**

Si la muestra no tiene ninguno de los defectos mencionado anteriormente se la puede considerar como homogénea y se acepta la muestra. Si 2 tuberías de las muestras presentan alguno de los problemas por más pequeño que sea, será rechazada la muestra.

Cuando el número de unidades defectuosas de la muestra sea igual a 1, se debe tomar una segunda muestra del mismo tamaño que la inicial del mismo lote; y se deben sumar el número de unidades defectuosas de la primera y segunda muestra.

## **6. INFORME**

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE1301

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL SOFTWARE INEN 1744</b></p>	<p><b><i>IU/LEMAT/03</i></b>  <i>Hoja 1 de 4</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

## 1. DESCRIPCIÓN

A continuación se detallan las acciones a realizar durante la ejecución del software INEN 1744 para realizar los respectivos ensayos en tuberías de polietileno.

1. Abrir el software “INEN 1744”



Figura 1 Icono de software INEN 1744

2. Automáticamente se abrirá el interfaz de presentación con todos los ensayos que pueden realizarse a las tuberías de polietileno usando este programa

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL SOFTWARE INEN 1744</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/03</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 2 de 4</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

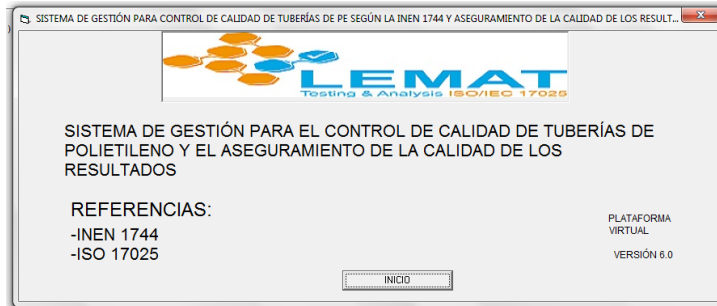


Figura 2 Ventana de presentación

3. Seleccione la opción del ensayo que quiere realizar



Figura 3 Ventana de menú de ensayos según la normativa nacional INEN 1744

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL SOFTWARE INEN 1744</b></p>	<p style="text-align: center;"><b><i>IU/LEMAT/03</i></b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 3 de 4</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

4. Dentro de cada uno de los ensayos que se presenta en el programa, existe el procedimiento específico de ensayo en forma digital, una opción para empezar a realizar el ensayo (reporte final), una base de datos de los equipos e instrumentos de medición del LEMAT y un buscador de reportes para trabajos de trazabilidad de la información de acuerdo a los requisitos de la norma ISO/IEC 17925.
5. Una vez terminado el respectivo ensayo se genera automáticamente el reporte final, el cual debe almacenarse y ser entregado al Director Técnico para su revisión y aprobación.
6. El Director Técnico debe de completar en el reporte final la información concerniente al cliente por motivo de salvaguardar la confidencialidad de la información y procedimientos para evitar conflictos de intereses, como se estipula en el inciso 5.4.7.2 literal b, de la norma ISO/IEC 17025.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL SOFTWARE INEN 1744</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/03</b></p> <p><i>Hoja 4 de 4</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## 2. ANEXOS

	<i>Elaborado:</i>	<i>Revisado por:</i>	<i>Aprobado/ Autorizado por:</i>
<b>Nombre</b>			
<b>Firma</b>			
<b>Fecha</b>			

Guayaquil, 9 de marzo de 2014

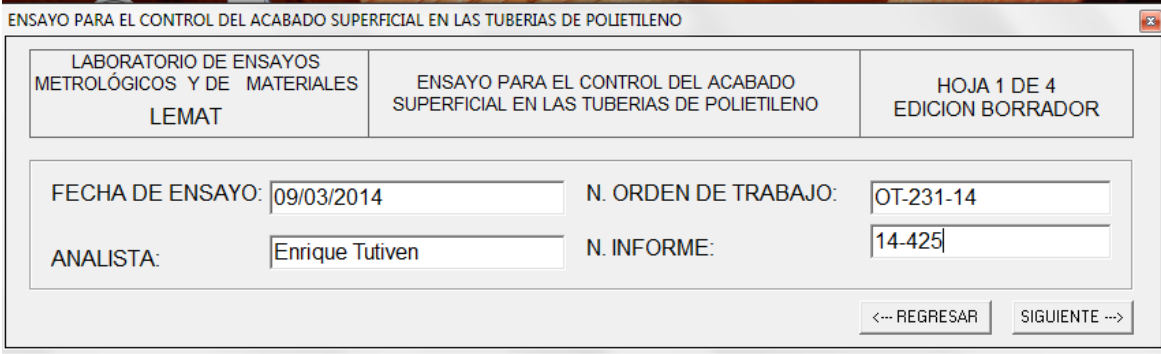
## **INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE CONTROL DE ACABADO SUPERFICIAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando una muestra de 3 tuberías seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades que cumple con el requisito 4.5 de la norma INEN 1744 y otra que no cumple con dicho requisito.

### **CASO DE MUESTRA QUE CUMPLE CON REQUISITO TÉCNICO 4.5 DE LA NORMA NACIONAL INEN 1744**

#### **EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo



The screenshot shows a software window titled "ENSAYO PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO". The window contains a header section with three boxes: "LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT", "ENSAYO PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO", and "HOJA 1 DE 4 EDICION BORRADOR". Below the header is a data entry section with four fields: "FECHA DE ENSAYO:" with the value "09/03/2014", "N. ORDEN DE TRABAJO:" with the value "OT-231-14", "ANALISTA:" with the value "Enrique Tutiven", and "N. INFORME:" with the value "14.425". At the bottom right of the data entry section are two buttons: "<-- REGRESAR" and "SIGUIENTE -->".

2.- Ingresamos la información obtenida de las inspecciones que se realizan durante el ensayo.

LABORATORIO DE ENSAYOS  
METROLÓGICOS Y DE MATERIALES  
LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL  
DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

HOJA 2 DE 4  
EDICION BORRADOR

### ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRA

ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD/ ACEITE/ CONTAMINANTES EN MUESTRA

CONFORME

### INSPECCIÓN DE LA MUESTRA

#### TUBERÍA 1

CÓDIGO DE LA MUESTRA:

14-1744-1

CANTIDAD DE TUBERÍAS

3

COLOR:

AZUL

EL COLOR ES UNIFORME?

SI NO

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN GRIETAS?

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN FISURAS?

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA ESTAN RUGOSAS?

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN PERFORACIONES?

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN INCRUSTACIONES?

SIGUIENTE -->

LABORATORIO DE ENSAYOS  
METROLÓGICOS Y DE MATERIALES  
LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL  
DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

HOJA 3 DE 4  
EDICION BORRADOR

### INSPECCIÓN DE LA MUESTRA

#### TUBERÍA 2

EL COLOR ES UNIFORME?

SI NO

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN GRIETAS?

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN FISURAS?

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA ESTAN RUGOSAS?

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN PERFORACIONES?

LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN INCRUSTACIONES?

SIGUIENTE -->



ENSAYO PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 4 EDICION BORRADOR
--	--	---------------------------------

**INSPECCIÓN DE LA MUESTRA**  
**TUBERÍA 3**

	SI	NO
EL COLOR ES UNIFORME?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN GRIETAS?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN FISURAS?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA ESTAN RUGOSAS?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN PERFORACIONES?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN INCRUSTACIONES?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

FINALIZAR

3.- Finalizamos el ensayo y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

INEN1744

REPORTE AL DT DEL LEMAT QUE EL ENSAYO TERMINO Y ALMACENE EL DOCUMENTO CON EL NOMBRE DE LA ORDEN DE TRABAJO

Aceptar

## REPORTE FINAL

Analista: Enrique Tutiven      Fecha de emisión: 03/09/2014  
 N° Informe: 14-425      Número de Orden: OT-231-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

DATOS DE LA MUESTRA			
Código de muestra:	14-1744-1		
Cantidad de tuberías:	3		
Color de tuberías:	AZUL	Acondicionamiento:	CONFORME

INSPECCION DE LA MUESTRA			
PRIMERA TUBERIA			
SELECCIONE CON UNA X SEGUN APLIQUE		SI	NO
El color es uniforme?		X	
La superficie interna y externa presentan grietas?			X
La superficie interna y externa presentan fisuras?			X
La superficie interna y externa estan rugosas?			X
La superficie interna y externa tienen perforaciones?			X
La superficie interna y externa tienen incrustaciones?			X

SEGUNDA TUBERIA			
SELECCIONE CON UNA X SEGUN APLIQUE		SI	NO
El color es uniforme?		X	
La superficie interna y externa presentan grietas?			X
La superficie interna y externa presentan fisuras?			X
La superficie interna y externa estan rugosas?			X
La superficie interna y externa tienen perforaciones?			X
La superficie interna y externa tienen incrustaciones?			X

TERCERA TUBERIA			
SELECCIONE CON UNA X SEGUN APLIQUE		SI	NO
El color es uniforme?		X	
La superficie interna y externa presentan grietas?			X
La superficie interna y externa presentan fisuras?			X
La superficie interna y externa estan rugosas?			X
La superficie interna y externa tienen perforaciones?			X
La superficie interna y externa tienen incrustaciones?			X

PERSONA-ESD

CONCLUSION	
TUBERIAS DEFECTUOSAS:	0
La muestra no presenta ningun defectos se la puede considerar como homogénea y se acepta el lote del que proviene	

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	INEN 1744, INEN 2016

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
Director del Laboratorio

**Nota:** Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo autorización escrita del SENSAT.

Chaquepall - Casapal - Caserío Colón de Y. Km. 20. 2 Viajeoeste, Santiago y localidad Santa Cruz

Fax: (225)-0228228 - Teléfono 0228212

Correo electrónico

040 228202

**PERUOAE-OED**

4.- Como se puede notar en el informe, la muestra paso satisfactoriamente todas las inspecciones, dando como resultado la aceptación del Lote del que provienen las muestras

**CASO DE MUESTRA QUE NO CUMPLE CON REQUISITO TÉCNICO 4.5 DE LA NORMA NACIONAL INEN 1744**

**EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT		ENSAYO PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO		HOJA 1 DE 4 EDICION BORRADOR	
FECHA DE ENSAYO:	09/03/2014	N. ORDEN DE TRABAJO:	OT-231-14		
ANALISTA:	Enrique Tutiven	N. INFORME:	14-425		
				<-- REGRESAR	SIGUIENTE -->

2.- Ingresamos la información obtenida de las inspecciones que se realizan durante el ensayo.

ENSAYO PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 2 DE 4 EDICION BORRADOR
---	--	------------------------------

**ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRA**  
ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD/ ACEITE/ CONTAMINANTES EN MUESTRA

CONFORME

**INSPECCIÓN DE LA MUESTRA**  
TUBERÍA 1

<p>CÓDIGO DE LA MUESTRA:</p> <p>14-1744-1</p> <p>CANTIDAD DE TUBERÍAS</p> <p>3</p> <p>COLOR:</p> <p>AZUL</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EL COLOR ES UNIFORME?</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input checked="" type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN GRIETAS?</td> <td><input checked="" type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN FISURAS?</td> <td><input checked="" type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA ESTAN RUGOSAS?</td> <td><input checked="" type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN PERFORACIONES?</td> <td><input checked="" type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN INCRUSTACIONES?</td> <td><input checked="" type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table>		SI	NO	EL COLOR ES UNIFORME?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN GRIETAS?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN FISURAS?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA ESTAN RUGOSAS?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN PERFORACIONES?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN INCRUSTACIONES?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
	SI	NO																				
EL COLOR ES UNIFORME?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>																				
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN GRIETAS?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>																				
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN FISURAS?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>																				
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA ESTAN RUGOSAS?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>																				
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN PERFORACIONES?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>																				
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN INCRUSTACIONES?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>																				

SIGUIENTE -->

ENSAYO PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 3 DE 4 EDICION BORRADOR
---	--	------------------------------

**INSPECCIÓN DE LA MUESTRA**  
TUBERÍA 2

	SI	NO
EL COLOR ES UNIFORME?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN GRIETAS?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN FISURAS?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA ESTAN RUGOSAS?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN PERFORACIONES?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN INCRUSTACIONES?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

SIGUIENTE -->

ENSAYO PARA EL CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 4 EDICION BORRADOR
---	---	---------------------------------

**INSPECCIÓN DE LA MUESTRA**  
**TUBERÍA 3**

	SI	NO
EL COLOR ES UNIFORME?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN GRIETAS?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA PRESENTAN FISURAS?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA ESTAN RUGOSAS?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN PERFORACIONES?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
LA SUPERFICIE INTERNA Y EXTERNA TIENEN INCRUSTACIONES?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

FINALIZAR

3.- Finalizamos el ensayo y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

INEN1744

REPORTE AL DT DEL LEMAT QUE EL ENSAYO TERMINO Y ALMACENE EL DOCUMENTO CON EL NOMBRE DE LA ORDEN DE TRABAJO

Aceptar

## REPORTE FINAL

**Analista:** Enrique Tutiven      **Fecha de emisión:** 03/09/2014  
**N° Informe:** 14-42      **Número de Orden:** OT-231-14

### DATOS GENERALES DEL CLIENTE

Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

### DATOS DE LA MUESTRA

Código de muestra:	14-1744-1		
Cantidad de tuberías:	3		
Color de tuberías:	AZUL	Acondicionamiento:	CONFORME

### INSPECCION DE LA MUESTRA

#### PRIMERA TUBERIA

SELECCIONE CON UNA X SEGUN APLIQUE	SI	NO
El color es uniforme?		X
La superficie interna y externa presentan grietas?	X	
La superficie interna y externa presentan fisuras?	X	
La superficie interna y externa están rugosas?	X	
La superficie interna y externa tienen perforaciones?	X	
La superficie interna y externa tienen incrustaciones?	X	

#### SEGUNDA TUBERIA

SELECCIONE CON UNA X SEGUN APLIQUE	SI	NO
El color es uniforme?	X	
La superficie interna y externa presentan grietas?		X
La superficie interna y externa presentan fisuras?		X
La superficie interna y externa están rugosas?		X
La superficie interna y externa tienen perforaciones?		X
La superficie interna y externa tienen incrustaciones?	X	

#### TERCERA TUBERIA

SELECCIONE CON UNA X SEGUN APLIQUE	SI	NO
El color es uniforme?	X	
La superficie interna y externa presentan grietas?	X	
La superficie interna y externa presentan fisuras?	X	
La superficie interna y externa están rugosas?		X
La superficie interna y externa tienen perforaciones?		X
La superficie interna y externa tienen incrustaciones?		X

**PREXOS S-RED**

CONCLUSION			
TUBERIAS DEFECTUOSAS:	3		
Se detectan dos o mas tuberías de la muestra con defectos, por lo tanto se rechaza el lote del que proviene			
Métodos utilizados y documentos aplicados:			
Procedimiento:	Interno		
Norma de referencia:	INEN 1744, INEN 2016		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/>           Ing. Carlos Parra M.            Director Técnico         </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/>           Ing. Rodrigo Perugachi B.            Director del Laboratorio         </td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">Nota: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE</p> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Se prohíbe la reproducción, total o parcial del presente informe, sobre aprobación escrita del LEMAT.        Guayaquil - Cuenca - Quito - Cotacachi - Loja - El Cajas - Isla Fernandina - Manabí - Santo Domingo - Loja - Cotacachi        Fax: (051-02252222) - Teléfono 22522222        E-mail: lemat@legmat.com.ec        2012-2013-2014</p> <p style="margin-top: 5px; background-color: yellow; display: inline-block;">PERUGACHI-BED</p>		<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> Ing. Carlos Parra M. Director Técnico	<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> Ing. Rodrigo Perugachi B. Director del Laboratorio
<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> Ing. Carlos Parra M. Director Técnico	<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> Ing. Rodrigo Perugachi B. Director del Laboratorio		

4.- Como se puede notar en el informe, la muestra no paso todas las inspecciones, dando como resultado el rechazo del Lote del que provienen las muestras.



<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><i>PEE/LEMAT/14</i></p> <p><i>Hoja 1 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

# LEMAT

## PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/14

### PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN MUESTRAS DE TUBERÍA DE POLIETILENO USANDO EL MICROSCOPIO ÓPTICO DE LUZ REFLEJADA

Fecha de Edición: 10 de Marzo del 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><i>PEE/LEMAT/14</i></p> <p><i>Hoja 2 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	3
2. <b>ALCANCE</b> .....	3
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	3
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
4. <b>GENERAL</b> .....	4
4.1 Definiciones.....	4
4.2 Materiales y Equipos .....	4
4.3 Nivel de riesgo y calificación.....	6
4.3.1 Con respecto al analista.....	6
4.3.2 Con respecto a la muestra.....	7
4.3.3 Con respecto al equipo.....	7
4.3.4 Durante el ensayo.....	8
4.4 Preparación de la Muestra.....	8
4.5 Realización.....	9
5. <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	10
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	11
7. <b>INFORME</b> .....	11

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><i>PEE/LEMAT/14</i></p> <p><i>Hoja 3 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante la experimentación en muestras de tuberías de polietileno, para determinar la dispersión de negro de humo.

## 2. ALCANCE

Los instrumentos compuestos por un horno y un microscopio de luz reflejada, determinan la dispersión de negro de humo en tubos polietileno. El presente procedimiento es solo aplicable a tuberías de polietileno.

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/14</b></p> <p><i>Hoja 4 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

- INEN 1741, “Tubos de polietileno Determinación de la Dispersión de Negro de Humo”, Primera Edición

## 4. GENERAL

### 4.1 Definiciones

**Dispersión de negro de humo:** El negro de humo es un producto prácticamente indispensable en la industria de plástica ya que se lo utiliza como estabilizante ante los rayos ultravioletas.

<http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/47327-El-negro-de-humo-en-lineas-de-mezclas-de-caucho.html>



Figura 1 Negro de humo

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/14</b></p> <p><i>Hoja 5 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

#### 4.2 Materiales y Equipo

➤ **Horno Eléctrico:**

- Rango: 170 – 270 °C
- Resolución: 0,1 °C



Figura 2 Horno Eléctrico

➤ **Microscopio óptico de luz reflejada:**

- Amplificación: 100 X



Figura 3 Microscopio óptico de Luz reflejada

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/14</b></p> <p><i>Hoja 6 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

➤ **4 Portaobjetos del microscopio de luz reflejada**

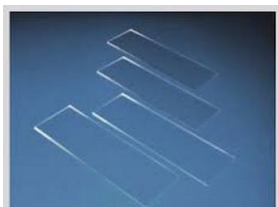


Figura 4 Portaobjetos del microscopio óptico de Luz reflejada

- **Estilete o navaja**
- **Bloque de madera liso:** (100 x 75 x 75) mm
- **Galga metálica:** 20 o 30  $\mu\text{m}$
- **Pinzas o tenazas**
- **Balanza Shimadzu AX200:**
  - Resolución 0.0001 g
  - Precisión 0.0001 g
  - Linealidad  $\pm 0.0002$  g
  - Carga máxima 200 g
- **Pirómetro:**
  - Resolución: 0,1  $^{\circ}\text{C}$

### 4.3 Nivel de riesgo y calificación

#### Instrucciones de seguridad

##### 4.3.1 Con respecto al analista.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><i>PEE/LEMAT/14</i></p> <p><i>Hoja 7 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

- Usar mandil blanco durante el ensayo.
- Usar guantes térmicos para evitar quemaduras al momento de usar el horno.
- Use tenazas para sacar las platinas del horno.
- Los usuarios deben usar guantes de látex en todo momento cuando se preparan muestras y cuando se use el microscopio de luz reflejada.

#### **4.3.2 Con respecto a la muestra.**

- Usar el portaobjetos para poder observar la dispersión en el microscopio de luz reflejada.

#### **4.3.3 Con respecto al equipo.**

- Evitar los golpes bruscos sobre el microscopio durante la experimentación.
- No dejar muestras por pesar sobre el plato de pesaje.
- No desconectar la balanza de la alimentación eléctrica.
- Dejar el equipo y el área de trabajo limpios una vez finalizada la actividad.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/14</b></p> <p><i>Hoja 8 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

#### 4.3.4 Durante el ensayo.

- Mantener el área de trabajo a una temperatura ambiente de alrededor de  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa del  $50\% \pm 4\%$
- Una vez finalizada la experimentación se deberá tomar una fotomicrografía a cada muestra.

#### 4.4 Preparación de las Muestras

Se necesitan 6 muestras de 0,005 g c/u, la que se deben tomar de 6 tuberías seleccionadas aleatoriamente por cada lote de 1200 unidades.

##### Acondicionamiento de las muestras

1. Limpiar y secar los 4 portaobjetos del microscopio.
2. Colocar los 4 portaobjetos en el horno a una temperatura entre  $170^{\circ}$  a  $210^{\circ}$  por un tiempo de 10 minutos.
3. Colocar tres muestras separadas entre sí sobre cada portaobjeto caliente.
4. Cubrir el portaobjeto de las muestras con el otro portaobjeto caliente.
5. Ejercer una presión uniforme durante 3 minutos sobre las platinas con el bloque de madera.
6. La presión ejercida sobre el bloque puede ser manual o con una prensa mecánica.



<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>PEE/LEMAT/14</i>  <i>Hoja 9 de 11</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

7. Asegúrese de que las muestras tengan un espesor entre 20 y 30  $\mu\text{m}$  usando una galga metálica.
8. Use el pirómetro para medir la temperatura de las muestras, cuando hayan alcanzado la temperatura ambiente (23°C), proceda a realizar la observación en el microscopio con una amplificación de 100 X.

#### **4.5 Realización**

A continuación se detalla el procedimiento para usar el microscopio de luz reflejada, una vez acondicionadas las muestras.

1. Encender el microscópico óptico
2. Colocar el portaobjetos en las pinzas del microscopio
3. Encender la luz del microscopio.
4. Mueve los dos brazos deslizables a un lado en el microscopio.
5. Mover la placa de manera que la muestra quede centrada en el eje óptico del microscopio.
6. Colocar el objetivo a 100 X.
7. Visualizar cada una de las muestras, tome una fotomicrografía y guárdela con el código según indique el director técnico del LEMAT, en el escritorio del PC.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><i>PEE/LEMAT/14</i></p> <p><i>Hoja 10 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

Las fotomicrografías se deben comparar con los patrones establecidos en la Figura 2 detallada a continuación.

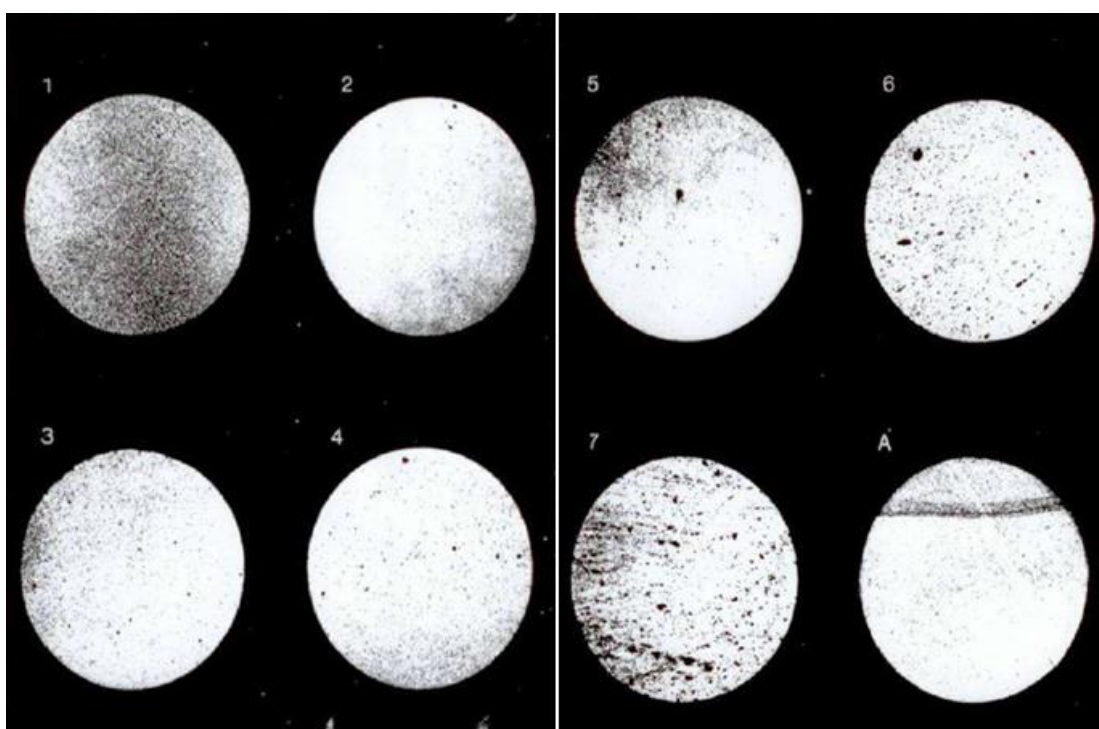


Figura 5 Patrones de dispersión de negro de humo según la INEN 1741

Las comparaciones se deben realizar respecto al número y tamaño de aglomerados (partículas), tomando en cuenta todas las partículas negras del campo de visión.

Una vez realizada la comparación se le asignará a la fotomicrografía el valor del patrón que más se aproxima, estos valores serán del 1 al 7 siendo 1 el mejor y 7 el peor.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO  PARA EL CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/14</b>  <i>Hoja 11 de 11</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

Ninguna muestra superará el valor de la fotomicrografía 5 y el valor promedio de las 6 muestras no superará el valor de cuatro, caso contrario, se rechaza la muestra.

Todas las observaciones efectuadas deben ser mejores que la presentada en el patrón A, caso contrario se debe reensayar con una nueva muestra de la misma tubería.

## 6. RECOMENDACIONES

- Guarde las fotomicrografías en formatos .jpg con tamaño horizontal=295, vertical=220, en el escritorio de su PC
- Realice el ensayo haciendo uso del software INEN 1744.
- No dejar muestras por pesar sobre el plato de pesaje
- No desconectar la balanza de la alimentación eléctrica
- Verificar que la balanza este nivelada

## 7. INFORME

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE1401

Guayaquil, 15 de marzo de 2014

## **INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando 6 muestras de 0,005 g cada una tomadas de 6 tuberías seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades que cumple con el requisito 5.1.2.1 de la norma INEN 1744 y otra que no cumple con dicho requisito.

### **CASO DE MUESTRA QUE CUMPLE CON REQUISITO TÉCNICO 5.1.2.1 DE LA NORMA NACIONAL INEN 1744**

#### **EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT		ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO		HOJA 1 DE 9 EDICION BORRADOR	
FECHA DE ENSAYO:	15/03/2014	N. ORDEN DE TRABAJO:	OT-232-14		
ANALISTA:	Enrique Tutiven	N. INFORME:	14-456		

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa

ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

HOJA 2 DE 9 EDICIÓN BORRADOR

### EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN EMPLEADOS

#### MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

No SERIE:

AMPLIFICACIÓN:

#### TERMOHIGRÓMETRO

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

No SERIE:

id	codigo	descripcion	Marca
3	EM-22	Microscopio de Luz reflej	Zeiss

id	codigo	descripcion	Marca
4	EM-12	Termohigrometro	Taylor

#### BALANZA ANALÍTICA

CÓDIGO LEMAT:  No SERIE:

MARCA:  RANGO (g):

MODELO:  RESOLUCIÓN (g):

id	codigo	descripcion	Marca	Modelo	Serie	Rango	resolu
1	EM-23	Balanza	Shimadzu	AX-200	23456-F23	0-100	0,000

SIGUIENTE -->

3.- Completamos la información de las muestras y condiciones ambientales iniciales

ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

HOJA 3 DE 9 EDICIÓN BORRADOR

### DATOS DE LA MUESTRA

CODIGO DE MUESTRA 1:  MASA MUESTRA 1 (g):

CODIGO DE MUESTRA 2:  MASA MUESTRA 2 (g):

CODIGO DE MUESTRA 3:  MASA MUESTRA 3 (g):

CODIGO DE MUESTRA 4:  MASA MUESTRA 4 (g):

CODIGO DE MUESTRA 5:  MASA MUESTRA 5 (g):

CODIGO DE MUESTRA 6:  MASA MUESTRA 6 (g):

ACONDICIONAMIENTO:

### MEDICIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C):  HUMEDAD ANTES DE ENSAYO (%):

SIGUIENTE -->

4.- Comparamos las fotomicrografías de las muestras con los patrones de la norma INEN 1741

**INEN1744** Σ

CARGE LA FOTOMICROGRAFIA DE LA MUESTRA OBSERVADA EN EL MICROSCOPIO, LUEGO COMPARE CON CADA PATRON Y SELECCIONE LA MAS APROXIMADA


**Aceptar**

---

Archivo Actual: 14-1741-01.jpg


LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 9 EDICION BORRADOR
---	--	---------------------------------

**FOTOMICROGRAFIAS PATRON**



- PATRON 1
- PATRON 2
- PATRON 3
- PATRON 4
- PATRON 5
- PATRON 6
- PATRON 7
- PATRON A

**FOTOMICROGRAFIA MUESTRA 14-1741-01**



C:\

- Users
- JGastezzi
- Desktop
- CAPACITACI
- CORRECCIO
- INEN E ISO

14-1741-01.jpg

14-1741-02.jpg

14-1741-03.jpg

14-1741-04.jpg

14-1741-05.jpg


SIGUIENTE -->

---

Archivo Actual: 14-1741-02.jpg

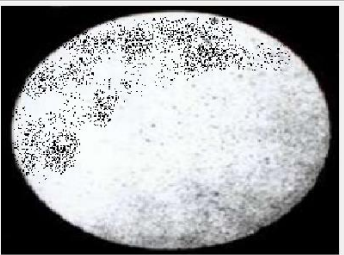
LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 5 DE 9 EDICION BORRADOR
---	--	---------------------------------

**FOTOMICROGRAFIAS PATRON**



- PATRON 1
- PATRON 2
- PATRON 3
- PATRON 4
- PATRON 5
- PATRON 6
- PATRON 7
- PATRON A

**FOTOMICROGRAFIA MUESTRA 14-1741-02**



C:\

- Users
- JGastezzi
- Desktop
- CAPACITACI
- CORRECCIO
- INEN E ISO

14-1741-01.jpg

14-1741-02.jpg

14-1741-03.jpg

14-1741-04.jpg

14-1741-05.jpg

SIGUIENTE -->

FOTOMICROGRAFIAS PATRON



- PATRON 1
- PATRON 2
- PATRON 3
- PATRON 4
- PATRON 5
- PATRON 6
- PATRON 7
- PATRON A

FOTOMICROGRAFIA MUESTRA 14-1741-03



c:\

- C:\
- Users
- JGastezzi
- Desktop
- CAPACITACION
- CORRECCIONES
- INEN E ISO

- 14-1741-01.jpg
- 14-1741-02.jpg
- 14-1741-03.jpg
- 14-1741-04.jpg
- 14-1741-05.jpg

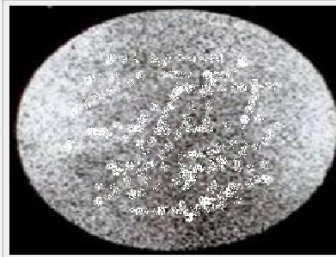
SIGUIENTE -->

FOTOMICROGRAFIAS PATRON



- PATRON 1
- PATRON 2
- PATRON 3
- PATRON 4
- PATRON 5
- PATRON 6
- PATRON 7
- PATRON A

FOTOMICROGRAFIA MUESTRA 14-1741-04

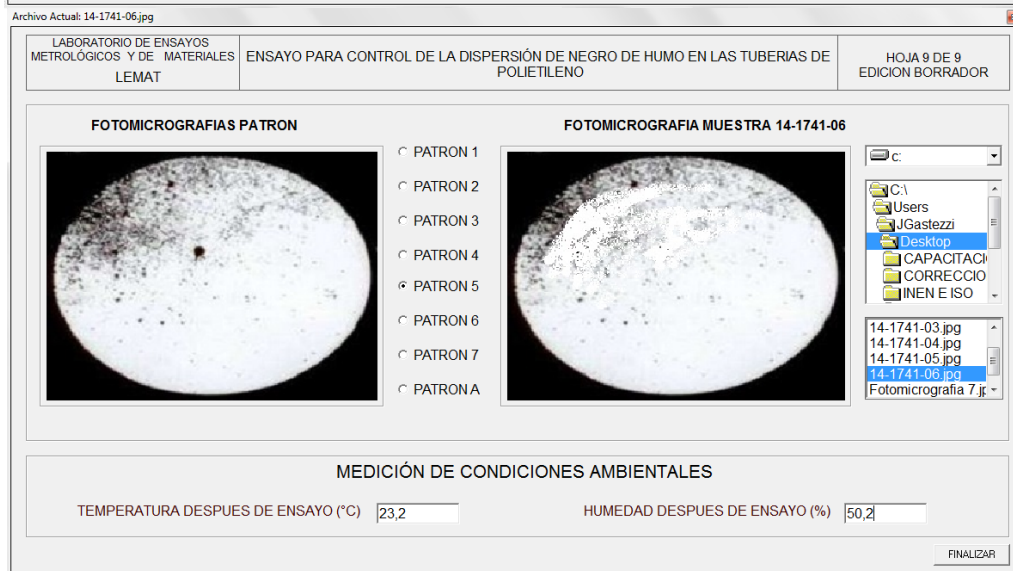
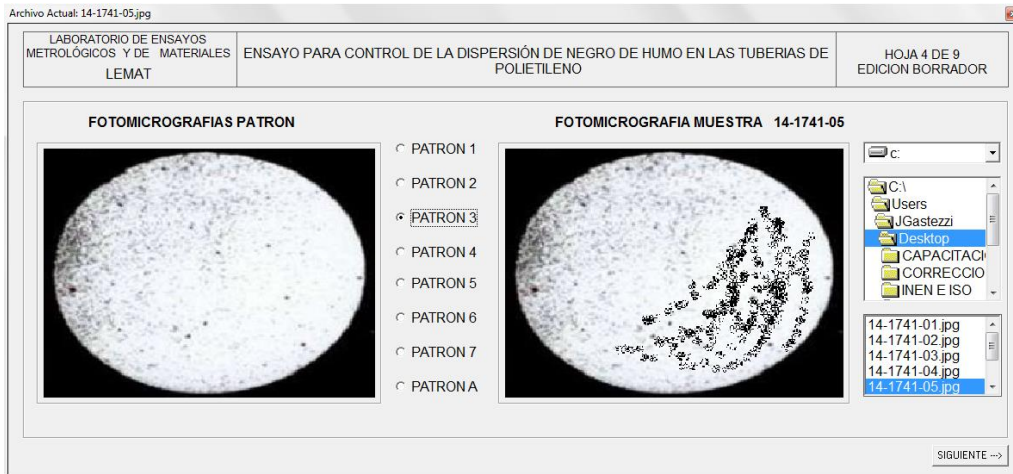


c:\

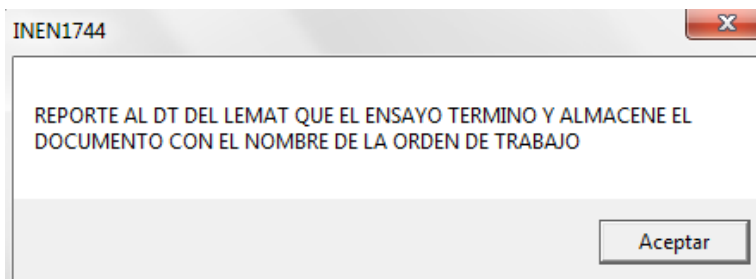
- C:\
- Users
- JGastezzi
- Desktop
- CAPACITACION
- CORRECCIONES
- INEN E ISO

- 14-1741-01.jpg
- 14-1741-02.jpg
- 14-1741-03.jpg
- 14-1741-04.jpg
- 14-1741-05.jpg

SIGUIENTE -->



5.-Finalizamos el ensayo y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.





# REPORTE FINAL

Analista: Enrique Tutiven      Fecha de emisión: 15/08/2014  
N° Informe: 14-456      Número de Orden: OT-232-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN EMPLEADOS	
Microscopio	
Marca:	Zeiss
Modelo:	-
No de Serie:	-
Magnificación:	100X
Código LEMAT:	EM-22

Balanza Analítica	
Marca:	Shimadzu
Modelo:	AX-200
No de Serie:	23456-F23
Código LEMAT:	EM-23
Rango (g):	0,0001
Resolución (g):	0-100

Termohigrometro			
Marca	Modelo	No de Serie	Código LEMAT
Taylor	15237	-	EM-12

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	INEN 1741, INEN 1744

PEE/LEMAT/X1X1-ED

DATOS DE LA MUESTRA			
Código de muestra 1:	14-1741-01	Peso de muestra 1 (g):	0,005
Código de muestra 2:	14-1741-02	Peso de muestra 2 (g):	0,005
Código de muestra 3:	14-1741-03	Peso de muestra 3 (g):	0,005
Código de muestra 4:	14-1741-04	Peso de muestra 4 (g):	0,005
Código de muestra 5:	14-1741-05	Peso de muestra 5 (g):	0,005
Código de muestra 6:	14-1741-06	Peso de muestra 6 (g):	0,005
Acondicionamiento:	CONFORME		

Las condiciones ambientales medidas durante el ensayo fueron:

Temperatura Media (°C):	23,15
Humedad Relativa Media (%):	50,2

#### RESULTADOS DE ENSAYO

Figura 1. Fotomicrografía de la muestra 14-1741-01



Figura 1. Fotomicrografía de la muestra 14-1741-02



Figura 1. Fotomicrografía de la muestra 14-1741-03



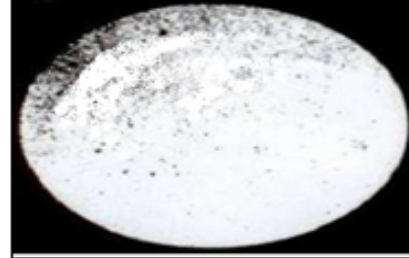
Figura 1. Fotomicrografía de la muestra 14-1741-04



Figura 1. Fotomicrografía de la muestra 14-1741-05



Figura 1. Fotomicrografía de la muestra 14-1741-06



#### CONCLUSIONES DEL ENSAYO

Las muestras y la información fueron proporcionadas por el cliente

Las dispersiones de las muestras fueron comparadas con una amplificación de 100X y se detallan a continuación:

Realizando la debida comparación se evidencia que la muestra 14-1741-01 presenta una dispersión de magnitud 2

Realizando la debida comparación se evidencia que la muestra 14-1741-02 presenta una dispersión de magnitud 3

Realizando la debida comparación se evidencia que la muestra 14-1741-03 presenta una dispersión de magnitud 2

Realizando la debida comparación se evidencia que la muestra 14-1741-04 presenta una dispersión de magnitud 1

Realizando la debida comparación se evidencia que la muestra 14-1741-05 presenta una dispersión de magnitud 3

Realizando la debida comparación se evidencia que la muestra 14-1741-06 presenta una dispersión de magnitud 3

#### Observaciones:

El valor promedio de las magnitudes de dispersión en las muestras es 2,67 por lo tanto se acepta el lote del que provienen

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
Director del Laboratorio

**Nota:** Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se prohíbe la reproducción, total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.  
Guayaquil - Campus "Gabriela Salazar Y." Km. 20.2 vía provincial, sector que a su vez está en Barro Colorado  
Fon: (011-02252222) - Teléfona 22522222  
Correo: lemat@leguayquil.com.ec  
1412 2222 22

PEE/LEMAT/X.1X1-ED

4.- Como se puede notar en el informe, la muestras cumplen con el inciso 6 de la normativa nacional INEN 1741, dando como resultado la aceptación del Lote del que provienen las muestras

## **CASO DE MUESTRA QUE NO CUMPLE CON REQUISITO TÉCNICO 5.1.2.1 DE LA NORMA NACIONAL INEN 1744**

**EJECUCION DEL SOFTWARE 17441.-** Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT		ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO		HOJA 1 DE 9 EDICION BORRADOR	
FECHA DE ENSAYO:	15/03/2014	N. ORDEN DE TRABAJO:	OT-232-14		
ANALISTA:	Enrique Tutiven	N. INFORME:	14-456		
				<--- REGRESAR	SIGUIENTE --->

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa

ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

HOJA 2 DE 9 EDICIÓN BORRADOR

### EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN EMPLEADOS

#### MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

No SERIE:

AMPLIFICACIÓN:

#### TERMOHIGRÓMETRO

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

No SERIE:

id	codigo	descripcion	Marca
3	EM-22	Microscopio de Luz reflej	Zeiss

id	codigo	descripcion	Marca
4	EM-12	Termohigrometro	Taylor

#### BALANZA ANALÍTICA

CÓDIGO LEMAT:  No SERIE:

MARCA:  RANGO (g):

MODELO:  RESOLUCIÓN (g):

id	codigo	descripcion	Marca	Modelo	Serie	Rango	resolu
1	EM-23	Balanza	Shimadzu	AX-200	23456-F23	0-100	0,000

SIGUIENTE -->

3.- Completamos la información de las muestras y condiciones ambientales iniciales

ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DE LA DISPERSIÓN DE NEGRO DE HUMO EN LAS TUBERIAS DE POLIETILENO

HOJA 3 DE 9 EDICION BORRADOR

### DATOS DE LA MUESTRA

CODIGO DE MUESTRA 1:  MASA MUESTRA 1 (g):

CODIGO DE MUESTRA 2:  MASA MUESTRA 2 (g):

CODIGO DE MUESTRA 3:  MASA MUESTRA 3 (g):

CODIGO DE MUESTRA 4:  MASA MUESTRA 4 (g):

CODIGO DE MUESTRA 5:  MASA MUESTRA 5 (g):

CODIGO DE MUESTRA 6:  MASA MUESTRA 6 (g):

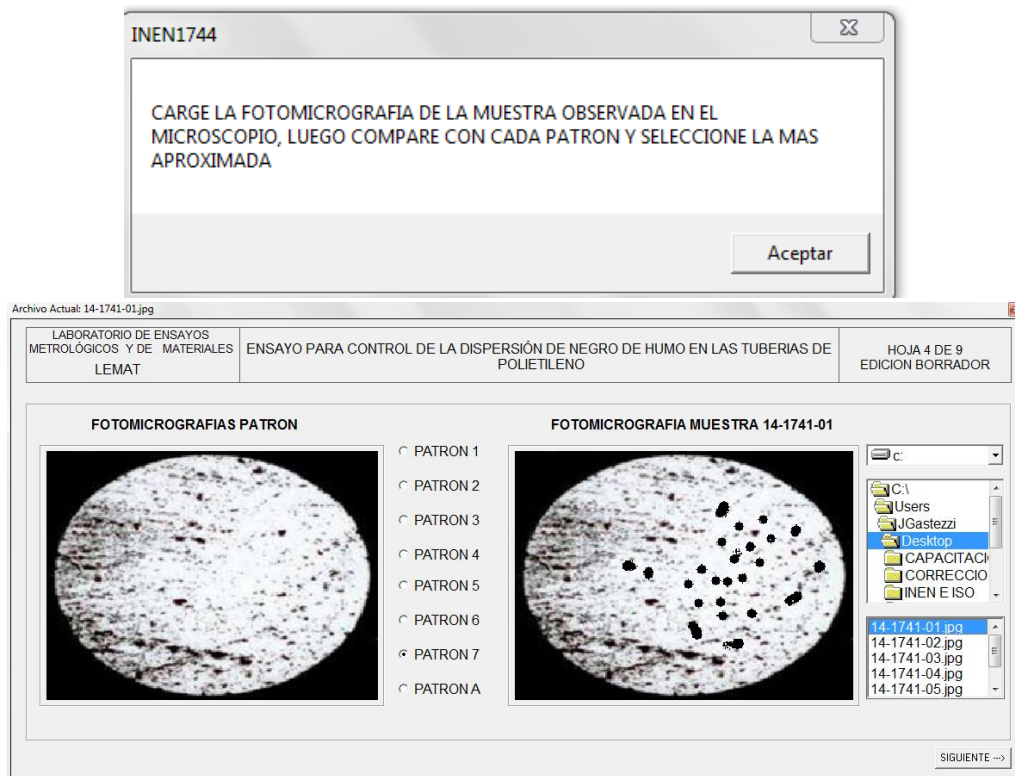
ACONDICIONAMIENTO:

### MEDICIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES

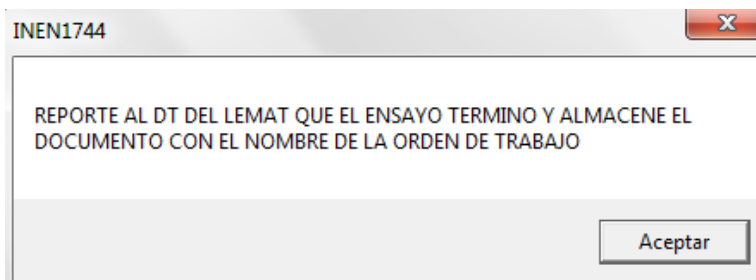
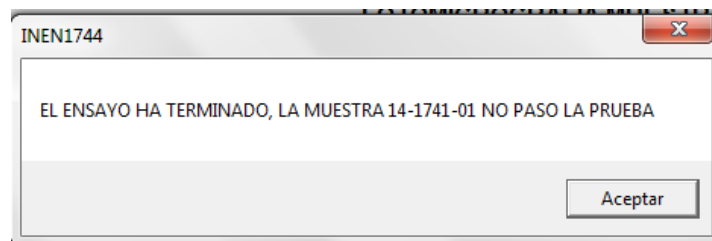
TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C):  HUMEDAD ANTES DE ENSAYO (%):

SIGUIENTE -->

4.- Comparamos las fotomicrografías de las muestras con los patrones de la norma INEN 1741



5.-Finalizamos el ensayo y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.



## REPORTE FINAL

Analista: Enrique Tutiven      Fecha de emisión: 15/03/2014  
N° Informe: 14-456      Número de Orden: OT-232-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN EMPLEADOS	
Microscopio	
Marca:	Zeiss
Modelo:	-
No de Serie:	-
Magnificación:	100X
Código LEMAT:	EM-22

Balanza Analítica	
Marca:	Shimadzu
Modelo:	AX-200
No de Serie:	23456-F23
Código LEMAT:	EM-23
Rango (g):	0.0001
Resolución (g):	0-100

Termohigrómetro			
Marca	Modelo	No de Serie	Código LEMAT
Taylor	1523T	-	EM-12

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	INEN 1741, INEN 1744

PEE/LEMAT/X1X1-ED

**DATOS DE LA MUESTRA**

Código de muestra 1:	14-1741-01	Peso de muestra 1 (g):	0,0050
Código de muestra 2:	14-1741-02	Peso de muestra 2 (g):	0,0050
Código de muestra 3:	14-1741-03	Peso de muestra 3 (g):	0,0050
Código de muestra 4:	14-1741-04	Peso de muestra 4 (g):	0,0050
Código de muestra 5:	14-1741-05	Peso de muestra 5 (g):	0,0050
Código de muestra 6:	14-1741-06	Peso de muestra 6 (g):	0,0050
Acondicionamiento:	CONFORME		

Las condiciones ambientales medidas durante el ensayo fueron:

Temperatura Media (°C):	23,10
Humedad Relativa Media (%):	50,20

**RESULTADOS DE ENSAYO**

Figura 1. Fotomicrografía de muestra 14-1741-01

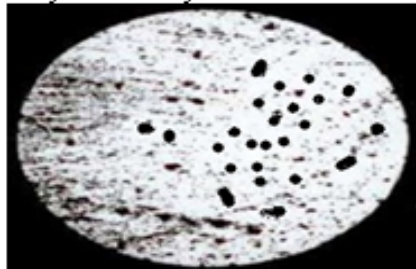


Figura 2. Fotomicrografía de muestra 14-1741-02



Figura 3. Fotomicrografía de muestra 14-1741-03

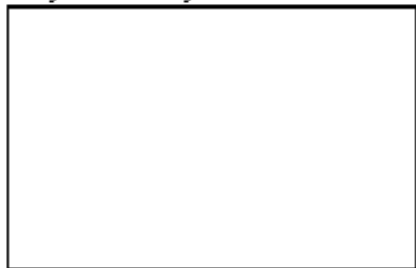


Figura 4. Fotomicrografía de muestra 14-1741-04

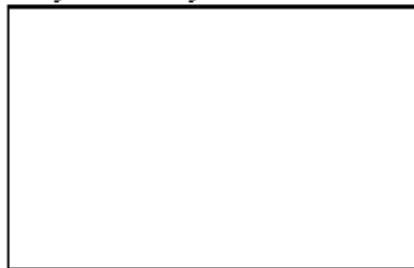




Figura 5. Fotomicrografía de muestra 14-1741-05

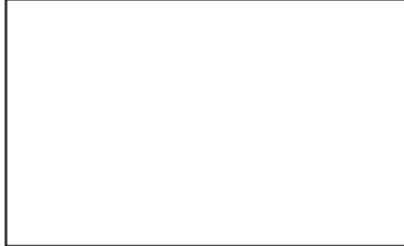
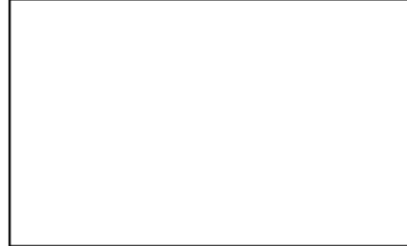


Figura 6. Fotomicrografía de muestra 14-1741-06



#### CONCLUSIONES DEL ENSAYO

Las muestras y la información fueron proporcionadas por el cliente.  
Las dispersiones de las muestras fueron comparadas con una amplificación de 100X y se detallan a continuación:  
Realizando la debida comparación se evidencia que la muestra 14-1741-01 presenta una dispersión de magnitud 7

#### Observaciones:

La muestra 14-1741-01 no aprobo el ensayo

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugadhi B.  
Director del Laboratorio

**Nota:** Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

No permite la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.  
Quilicura - Santiago - Chile  
Calle 17 - 111 - Cas. 30.7 - Valparaíso, Chile  
Fono: (56-2) 22000000 - Telex: 220000  
E-mail: lemat@depele.cl  
NIC: 220000

PEE/LEMAT/X SX1-ED

4.- Como se puede notar en el informe, la muestras 14-1741-01 no cumple con el inciso 6 de la normativa nacional INEN 1741, dando como resultado el rechazo del Lote del que provienen las muestras.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p><i>Hoja 1 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	---

# LEMAT

## PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/15

### PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO USANDO LA BALANZA ANALÍTICA SHIMADZU AX200

Fecha de Edición: 15 de Marzo del 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 2 de 11</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	---

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	3
2. <b>ALCANCE</b> .....	3
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	3
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
4. <b>GENERAL</b> .....	4
4.1 Definiciones .....	4
4.2 Materiales y Equipos .....	4
4.3 Insumos.....	5
4.4 Nivel de riesgo y calificación.....	6
4.4.1 Con respecto al analista. ....	6
4.4.2 Con respecto a la muestra.....	6
4.4.3 Con respecto al equipo.....	6
4.4.4 Durante el ensayo. ....	7
4.5 Preparación de la Muestra.....	7
4.6 Realización.....	8
5. <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	10
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	11
7. <b>INFORME</b> .....	11

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: right;"><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Hoja 3 de 11</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante la experimentación para el control de la densidad en las tuberías de polietileno.

## 2. ALCANCE

Este método cubre el ensayo para el control y determinación de la densidad solo para tuberías de polietileno de baja, media y alta densidad que contiene estabilizantes de negro de humo.

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición
- INEN 1742, “Tubos de polietileno Determinación de la Densidad”, Primera Edición

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p><i>Hoja 4 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	---

## 4. GENERAL

### 4.1 Definiciones

**Densidad:** Es una propiedad intensiva de la materia. Cada sustancia presenta una densidad que no depende de la cantidad de materia que la constituya.

[http://webs.um.es/gregomc/LabESO/Densidad/Densidad\\_Guion.pdf](http://webs.um.es/gregomc/LabESO/Densidad/Densidad_Guion.pdf)

### 4.2 Materiales y Equipos

#### ➤ Horno Eléctrico:

- Rango: 170 °C – 270 °C
- Resolución: 0,1 °C



Figura 1 Horno Eléctrico

#### ➤ Balanza Shimadzu AX200:

- Resolución 0.0001 g
- Precisión 0.0001 g
- Linealidad  $\pm 0.0002$  g

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p><i>Hoja 5 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	---

- Carga máxima 200 g
- **Pinzas**
- **Pirómetro**
- **Agitador magnético**



Figura 2 Balanza e instrumentos

- **Frasco volumétrico**



Figura 3 Frasco volumétrico

### 4.3 Insumos

- **Agua destilada**

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 6 de 11</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	---

#### 4.4 Nivel de riesgo y calificación

##### Instrucciones de seguridad

##### 4.4.1 Con respecto al analista.

- Usar mandil durante el tiempo que este en el laboratorio realizando el ensayo.
- Usar guantes de uso térmico para evitar quemaduras al momento de usar el horno.
- Los analistas deben usar guantes de látex en todo momento cuando se usa la balanza.

##### 4.4.2 Con respecto a la muestra.

- Manejar las muestras con pinzas para evitar el contacto físico.

##### 4.4.3 Con respecto al equipo.

- Compruebe que la balanza esta nivelada correctamente
- Evitar los golpes bruscos sobre la balanza durante la experimentación.
- Dejar el equipo y el área de trabajo limpios una vez finalizada la actividad.

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 7 de 11</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	---

#### 4.4.4 Durante el ensayo.

- Mantener el ambiente del laboratorio a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .
- Durante ensayo, evitar mover el equipo para evitar que los resultados se vean afectados.
- Encere la balanza cada vez que se va a realizar una nueva pesada
- No apagar la balanza si se tiene la muestra en la base de la balanza.

#### 4.5 Preparación de la Muestra

Se necesitan 2 muestras, la que se deben tomar de 2 tuberías seleccionadas aleatoriamente por cada lote de 1200 unidades.

Las muestras deberán ser de tamaño adecuado, proporcional al tamaño del frasco volumétrico en el que se sumergirá (relación 1:5) y deberán tener una forma apropiada para minimizar le introducción de burbujas de aire al sumergirlos en el agua destilada, por lo general puede ser cúbica, cilíndrica o de una sección de la tubería.



<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: right;"><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Hoja 8 de 11</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

### Acondicionamiento de las muestras

- a) Colocar las muestras dentro del horno a una temperatura de  $150 \pm 2$  °C durante una hora.
- b) Bajar la temperatura del horno lentamente hasta que alcance los 40°C.
- c) Retirar las muestras del horno usando las pinzas y déjelas enfriar al ambiente hasta que alcance la temperatura de  $23 \pm 0.1$  °C, use el pirómetro para medir la temperatura.

#### **4.6 Realización**

A continuación se detalla un paso a paso para poder ejecutar el ensayo, una vez acondicionadas las muestras.

1. Marcar las probetas para identificación de las mismas.



Figura 4 Muestras

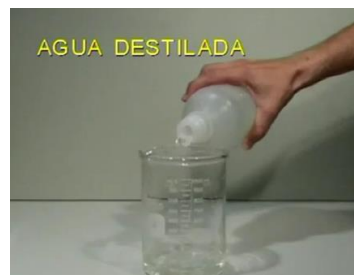
2. Verificar que la balanza este nivelada, encenderla y encerrarla antes de realizar la medición.

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: right;"><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Hoja 9 de 11</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

3. Pesar 5 veces las muestras en la balanza analítica y registrar la lectura en el programa INEN 1744, tratando de que todas las mediciones se realicen en el centro del plato de pesaje.



4. Limpiar y secar el frasco volumétrico.
5. Colocar el frasco volumétrico sobre el centro del plato de pesaje de la balanza y pulse el botón TARE, para que la balanza registre el valor del frasco y no lo considere en las siguientes mediciones
6. Agregar el agua destilada en el frasco volumétrico.



7. Pesar 5 veces el frasco volumétrico con el agua destilada y registrar usando el software 1744, tratando de que las mediciones sean en el centro del plato de pesaje.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p><i>Hoja 10 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--



8. Sumergir el espécimen en el agua destilada, en caso de existir la formación de burbujas de aire adheridas a la superficie de la muestra usar el agitador magnético, controlar que la probeta no roce las paredes del recipiente de vidrio, pesar 5 veces en el centro de la balanza y registrar.



9. En el caso de que la tubería con o sin contenido de negro de humo tenga una densidad de referencia menor que la del agua destilada se debe realizar un reensayo agregando un peso adicional a la muestra.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

Se debe clasificar a la muestra según la referencia establecida en la tabla 1

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/15</b></p> <p><i>Hoja 11 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

Tabla 1. Referencia de la densidad de las resinas de polietileno

DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>
BAJA DENSIDAD	BD	< 0.926
MEDIANA DENSIDAD	MD	0.926-0.940
ALTA DENSIDAD	AD	≥ 0.940

## 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda controlar la temperatura del acondicionamiento del área en el cual se realiza el ensayo, la temperatura debe ser de  $23 \pm 0.1$  °C.
- Hacer uso de las pinzas para evitar el contacto físico con la muestra cuando se trabaje con el horno.
- Realice el ensayo haciendo uso del software INEN 1744.
- No dejar muestras por pesar sobre el plato de pesaje
- No desconectar la balanza de la alimentación eléctrica
- Verificar que la balanza este nivelada

## 7. INFORME

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE1501

## **INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE CONTROL DE LA DENSIDAD EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando 2 muestras extraídas de la sección de 2 tuberías seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades, que cumplen con el requisito 4.3.5 de la norma INEN 1744.

### **EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT		ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO		HOJA 1 DE 4 EDICION 2013	
FECHA DE ENSAYO:	22/03/2014	N. ORDEN DE TRABAJO:	OT-234-14		
ANALISTA:	Enrique Tutiven	N. INFORME:	14-212		
				<-- REGRESAR    SIGUIENTE -->	

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa y la información correspondiente de las muestras y completamos la información de las muestras y condiciones ambientales iniciales

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 2 DE 4 EDICION 2013
---	---	--------------------------

### EQUIPOS UTILIZADOS

BALANZA ANALÍTICA				TERMOHIGRÓMETRO			
CÓDIGO LEMAT:	EM-23	CÓDIGO LEMAT:	EM-12				
MARCA:	Shimadzu	MARCA:	Taylor				
MODELO:	AX-200	SERIE:	-				
SERIE:	23456-F23	MODELO:	1523T				
RESOLUCIÓN (g):	0,0001						

id	codigo	descripcion	Marca
1	EM-23	Balanza	Shimadzu

id	codigo	descripcion	Marca
4	EM-12	Termohigrometro	Taylor

### CONTROL PRELIMINAR DE BALANZA

NIVEL DE BALANZA:

### DATOS DE LAS MUESTRAS

CODIGO LEMAT DE LA MUESTRA 1:	14-1742-01	CODIGO LEMAT DE LA MUESTRA 2:	14-1742-02
CONTIENE DE NEGRO DE HUMO?	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	FORMA :	SECCIÓN DE LA T
		ACONDICIONAMIENTO:	CONFORME

SIGUIENTE -->

3.- Realizamos el ensayo y medimos las masas de las muestras, agua destilada y las muestras sumergidas en agua destilada. A medida de ejemplo intencionalmente colocamos valores que dan como resultado un densidad de referencia menor que la densidad del agua destilada a 23 °C, para que el programa active la restricción y emita el mensaje de realizar un reensayo al analista

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LAS TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 3 DE 4 EDICION 2013
---	---	--------------------------

<b>MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL</b> TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C) <input type="text" value="23.2"/> TEMPERATURA DESPUES DE ENSAYO (°C) <input type="text" value="23.5"/>		<b>PORCENTAJE EN MASA DE NEGRO DE HUMO (%)</b> <input type="text" value="2.3"/>
---	--	--

MASA DE LAS MUESTRAS (g)					
MUESTRA 14-1742-01			MUESTRA 14-1742-02		
m1	<input type="text" value="20.1234"/>	m3	<input type="text" value="20.1234"/>	m5	<input type="text" value="20.1234"/>
m2	<input type="text" value="20.1234"/>	m4	<input type="text" value="20.1234"/>	m3	<input type="text" value="20.1234"/>
		m4	<input type="text" value="20.1234"/>	m5	<input type="text" value="20.1234"/>

MASA DEL AGUA DESTILADA @ 23°C (g)					
m1	<input type="text" value="100.9234"/>	m3	<input type="text" value="100.9234"/>	m5	<input type="text" value="100.9234"/>
m2	<input type="text" value="100.9234"/>	m4	<input type="text" value="100.9234"/>	m3	<input type="text" value="100.9234"/>
		m4	<input type="text" value="100.9234"/>	m5	<input type="text" value="100.9234"/>

MASA DE LAS MUESTRAS SUMERGIDAS EN AGUA DESTILADA (g)					
MUESTRA 14-1742-01			MUESTRA 14-1742-02		
m1	<input type="text" value="121.1234"/>	m3	<input type="text" value="121.1234"/>	m5	<input type="text" value="121.1234"/>
m2	<input type="text" value="121.1234"/>	m4	<input type="text" value="121.1234"/>	m3	<input type="text" value="121.1234"/>
		m4	<input type="text" value="121.1234"/>	m5	<input type="text" value="121.1234"/>

SIGUIENTE -->

**INEN1744**

LA DENSIDAD DE REFERENCIA DE LA MUESTRA ES MENOR QUE LA DENSIDAD DEL AGUA DESTILADA @ 23 °C, REALICE UN REENSAYO AGREGANDO UNA MASA ADICIONAL A LA MUESTRA

4.- Continuando con el reensayo, agregamos una masa adicional a la muestra para seguir con el ensayo y determinar la densidad de las muestras

LABORATORIO DE ENSAYOS  
METROLÓGICOS Y DE MATERIALES  
LEMAT

ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LAS  
TUBERÍAS DE POLIETILENO

HOJA 3 DE 4  
EDICION 2013

MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL |  
**TEMPERATURA ANTES DE  
ENSAYO (°C)**

**PORCENTAJE EN MASA DE NEGRO DE  
HUMO**

**MASAS DE LAS MUESTRAS (g)**

**MUESTRA 14-1742-01**

m1  m3  m5   
m2  m4

**MUESTRA 14-1742-02**

m1  m3  m5   
m2  m4

**MASA DEL AGUA DESTILADA @ 23°C**

m1  m3  m5  m1  m3  m5   
m2  m4  m2  m4

**MASA ADICIONAL (g)**

**MUESTRA 14-1742-01**

m1  m3  m5   
m2  m4

**MUESTRA 14-1742-02**

m1  m3  m5   
m2  m4

SIGUIENTE -->



ENSAYO DE PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LAS TUBERÍAS		
LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	HOJA DE DATOS PRIMARIOS ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 4 EDICION 2013
<b>MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL</b> <b>TEMPERATURA DESPUES DE ENSAYO (°C)</b>		
<input type="text" value="23.5"/>		
<b>MASA DE LAS MUESTRAS CON MASA ADICIONAL SUMERGIDAS EN AGUA (g)</b>		
<b>MUESTRA 14-1742-01</b>		<b>MUESTRA 14-1742-02</b>
m1 <input type="text" value="125.2376"/>	m3 <input type="text" value="125.2388"/>	m5 <input type="text" value="125.2368"/>
m2 <input type="text" value="125.2364"/>	m4 <input type="text" value="125.2372"/>	
		m1 <input type="text" value="125.2386"/>
		m3 <input type="text" value="125.2385"/>
		m5 <input type="text" value="125.2388"/>
		m2 <input type="text" value="125.2334"/>
		m4 <input type="text" value="125.2378"/>
<b>INCERTIDUMBRE DEL ENSAYO</b>		
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE BALANZA ( $\mu_{exp}$ )	<input type="text" value="0.0098"/>	FACTOR DE COBERTURA (K)
		<input type="text" value="2"/>
INCERTIDUMBRE DE BALANZA DEL PRESENTE AÑO	<input type="text" value="0.0098"/>	INCERTIDUMBRE DE BALANZA DEL AÑO PASADO
		<input type="text" value="0.0099"/>
<input type="button" value="SIGUIENTE --&gt;"/>		

5.-Finalizamos el ensayo y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

INEN1744
REPORTE AL DT DEL LEMAT QUE EL ENSAYO TERMINO Y ALMACENE EL DOCUMENTO CON EL NOMBRE DE LA ORDEN DE TRABAJO
<input type="button" value="Aceptar"/>

## REPORTE FINAL

Analista: Enrique Tutiven      Fecha de emisión: 22/03/2014  
N° Informe: 14-234      Número de Orden: OT-234-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	
Balanza Analítica:	
Marca:	Shimadzu
Modelo:	AX-200
No de Serie:	23456-F23
Resolución (g):	0,0001
Código LEMAT	EM-23

Termómetro:			
Marca	Modelo	No Serie	Código LEMAT
Taylor	1523T	-	EM-12

CONTROL PRELIMINAR DE EQUIPO	
Nivel de la Balanza Analítica	CONFORME

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	INEN 1742, INEN 1744

PEE/LEMAT/X2X2-ED

DATOS DE LA MUESTRA	
Código de muestra 1:	14-1742-01
Código de muestra 2:	14-1742-02
Forma:	SECCION DE LA TUBERIA
Acondicionamiento:	CONFORME
Negro de humo (%):	2,30

Las condiciones ambientales medidas durante el ensayo fueron:	
Temperatura media (°C):	23,7

RESULTADOS DE ENSAYO			
----------------------	--	--	--

DESCRIPCIÓN	# DE MEDICION	Muestra 1	Muestra 2
MASA DE MUESTRAS (g)	1	20,1104	20,1114
	2	20,1108	20,1113
	3	20,1110	20,1121
	4	20,1115	20,1115
	5	20,1106	20,1126
	PROMEDIO	20,1108	20,1118
MASA DE AGUA (g)	1	100,1245	100,1255
	2	100,1242	100,1252
	3	100,1243	100,1243
	4	100,1238	100,1258
	5	100,1251	100,1241
	PROMEDIO	100,1244	100,1250
MASA ADICIONAL (g)	1	5,2345	5,2335
	2	5,2338	5,2348
	3	5,2342	5,2346
	4	5,2325	5,2325
	5	5,2338	5,2338
	PROMEDIO	5,2338	5,2338
MASA DE MUESTRAS CON MASA ADICIONAL SUMERGIDAS EN AGUA DESTILADA (g)	1	125,2376	125,2386
	2	125,2364	125,2334
	3	125,2388	125,2385
	4	125,2372	125,2378
	5	125,2368	125,2388
	PROMEDIO	125,2374	125,2374

PEE/LEMAT/X2X2-ED

### CONCLUSIONES DEL ENSAYO

Las muestras y la información fueron proporcionadas por el cliente.

La densidad de la tubería y la incertidumbre en la medición se detalla a continuación:

Muestra	Densidad	Unidades
14-1742-01	0,988 ± 0,010	g/cm <sup>3</sup>
14-1742-02	0,988 ± 0,010	g/cm <sup>3</sup>

#### Observaciones:

Se puede evidenciar que la muestra 14-1742-01 es de polietileno de alta densidad

Se puede evidenciar que la muestra 14-1742-02 es de polietileno de alta densidad

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
Director del Laboratorio

**Nota:** Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indican en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se presta la representación total o parcial de los datos del informe, sobre aprobación escrita del OAE S.A.T.  
Calle Perú, Casapueblo (Distrito de Miraflores) Km. 10.2 vía general, Santiago de Chile y Santiago de Chile  
Tel: (511) 42222222 - Teléfono 22222222  
Email: info@oae.gob.pe  
110 2222 22

PEE/LE/MAT/X2X2-ED

6.- Como se puede notar en el informe, la muestras son de alta densidad y los resultados son iguales a los obtenidos mediante una hoja electrónica como se detalla a continuación

Guayaquil, 22 de marzo de 2014

### Validación de Software INEN 1744 para ensayo de densidad

\* Para validar el software INEN 1744 simularemos que las muestras tienen una densidad menor que la del agua destilada y que contienen un 2,3 % de negro de humo

La densidad de la tubería  $\rho_E$  se expresa como:

$$\rho_E = 0,793 \times \left( \frac{a \times \rho_l}{b' - (c+d)} - 0,0045 \times C \right) + 0,188$$

a → Masa de la muestra

b' → Medida de la masa de la muestra y masa extra

c → Medida de la masa del agua

d → Medida de la masa extra

C → Porcentaje en masa de negro de humo = 2,3 %

$\rho_l$  → Densidad del agua destilada @ 23°C = 0,9976 g/cm<sup>3</sup>

Muestra 14-1742-01				
N°-	Lecturas de a	Lecturas de b'	Lecturas de c	Lecturas de d
1	20,1104	125,2376	100,1245	5,2345
2	20,1103	125,2364	100,1242	5,2338
3	20,1110	125,2388	100,1243	5,2342
4	20,1115	125,2372	100,1238	5,2325
5	20,1106	125,2368	100,1251	5,2338

	a	b'	c	d
Promedio	20,1108	125,2374	100,1244	5,2338
Desv. Stand	0,0005	0,0009	0,0005	0,0008

#### Cálculo de la densidad de la muestra

$\rho_E =$	0,988	g/cm <sup>3</sup>
------------	-------	-------------------

#### Evaluación de la incertidumbre en el ensayo

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre expandida de calibración de la balanza $U_c$ :	0,0098
Factor de cobertura:	2
Incertidumbre actual de la balanza $U_i$ :	0,0098
Incertidumbre anterior de la balanza $U_{i-1}$ :	0,0099
Resolución de la balanza	0,0001

Cálculo de la incertidumbre estándar  $u(\text{calibración}) = \frac{U_c}{k}$

$$u(\text{calibración}) = 0,0049$$

Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo  $u_E = 2 \times U_c$

$$U_c = \sqrt{C_a^2 \cdot U_a^2 + C_b^2 \cdot U_b^2 + C_c^2 \cdot U_c^2}$$

$$U_a = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{a})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_a = 0,0002$$

$$U_{b'} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{b}')}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_{b'} = 0,0004$$

$$U_c = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{c})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_c = 0,0002$$

$$U_d = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{d})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_d = 0,0003$$

Cálculo del coeficiente de sensibilidad

$$C_a = \frac{0,793 \times \rho_1}{b' - (c + d)}$$

$$C_a = 0,0398$$

$$Cb' = \frac{-0,793 \times a \times \rho_1}{(b' - (c+d))^2}$$

$$Cb' = -0,0403$$

$$Cc = \frac{0,793 \times a \times \rho_1}{(c - (b' - d))^2}$$

$$Cc = 0,0403$$

;

$$Cd = \frac{0,793 \times a \times \rho_1}{(d - (b' - c))^2}$$

$$Cd = 0,0403$$

$$Uc = 0,0000$$

$$uE = 0,0001$$

Cálculo de la incertidumbre por deriva

$$u(\text{deriva}) = \sqrt{\frac{\text{dif}^2}{3}}$$

$$u(\text{deriva}) = 0,0001$$

Cálculo de la incertidumbre combinada

$$u = \sqrt{u_{(\text{calibración})}^2 + u_E^2 + u(\text{deriva})^2}$$

$$u = 0,0049$$

Cálculo de la incertidumbre total expandida

$$U_{\text{exp}} = k \cdot u$$

$$U_{\text{exp}} = 0,010$$

La representación del resultado final de la densidad para la muestra 14-1742-01 se representa de la

siguiente manera:

Muestra	Densidad	Unidad
14-1742-01	0,988 ± 0,010	g/cm <sup>3</sup>

La densidad obtenida durante el ensayo es mayor que 0,988, por lo tanto la muestra es de polietileno de alta densidad

Muestra 14-1742-02				
N°-	Lecturas de a	Lecturas de b'	Lecturas de c	Lecturas de d
1	20,1114	125,2386	100,1255	5,2335
2	20,1113	125,2334	100,1252	5,2348
3	20,1121	125,2385	100,1243	5,2346
4	20,1115	125,2378	100,1258	5,2325
5	20,1126	125,2388	100,1241	5,2338

	a	b'	c	d
Promedio	20,1118	125,2374	100,1250	5,2338
Desv. Stand	0,0006	0,0023	0,0007	0,0009

#### Cálculo de la densidad de la muestra

$\rho_E =$	0,988	g/cm <sup>3</sup>
------------	-------	-------------------

#### Evaluación de la incertidumbre en el ensayo

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre expandida de calibración de la balanza $U_c$ :	0,0098
Factor de cobertura:	2
Incertidumbre actual de la balanza $U_i$ :	0,0098
Incertidumbre anterior de la balanza $U_{i-1}$ :	0,0099
Resolución de la balanza	0,0001

Cálculo de la incertidumbre estándar

$$u(\text{calibración}) = \frac{U_c}{k}$$



$$u(\text{calibración}) = 0,0049$$

Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo

$$uE = 2 \times U_c$$

$$U_c = \sqrt{C_a^2 \cdot U_a^2 + C_b^2 \cdot U_b^2 + C_c^2 \cdot U_c^2}$$

$$U_a = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{a})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_a = 0,0003$$

$$U_{b'} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{b}')}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_{b'} = 0,0010$$

$$U_c = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{c})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_c = 0,0003$$

$$U_d = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{d})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{\text{res}_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_d = 0,0004$$

Cálculo del coeficiente de sensibilidad

$$C_a = \frac{0,793 \times \rho_1}{b' - (c + d)}$$

$$C_a = 0,0398$$

$$C_{b'} = \frac{-0,793 \times \rho_1}{(b' - (c + d))^2}$$

$$C_{b'} = -0,0403$$

$$C_c = \frac{0,793 \times \rho_1}{(c - (b' - d))^2}$$

$$C_c = 0,0403$$

;

$$Cd = \frac{0,793 \times a \times \rho_l}{(d - (b' - c))^2}$$

$$Cd = 0,0403$$

$$Uc = 0,0000$$

$$uE = 0,0001$$

Cálculo de la incertidumbre por deriva

$$u(\text{deriva}) = \sqrt{\frac{\text{dif}^2}{3}}$$

$$u(\text{deriva}) = 0,0001$$

Cálculo de la incertidumbre combinada

$$u = \sqrt{u_{(\text{calibración})}^2 + u_E^2 + u(\text{deriva})^2}$$

$$u = 0,0049$$

Cálculo de la incertidumbre total expandida

$$U_{\text{exp}} = k \cdot u$$

$$U_{\text{exp}} = 0,010$$

La representación del resultado final de la densidad para la muestra 14-1742-01 se representa de la siguiente manera:

Muestra	Densidad	Unidad
14-1742-01	$0,988 \pm 0,010$	$\text{g/cm}^3$

La densidad obtenida durante el ensayo es mayor que 0,988; por lo tanto la muestra es de polietileno de alta densidad



<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p><i>Hoja 1 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

# LEMAT

## PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/16

### PARA CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ EN MUESTRAS TUBERÍA DE POLIETILENO CON EL PLASTÓMETRO XNR-400D

Fecha de Edición: 20 de marzo del 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: right;"><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Hoja 2 de 11</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	--

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	3
2. <b>ALCANCE</b> .....	3
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	3
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
4. <b>GENERAL</b> .....	4
4.1 Definiciones .....	4
4.2 Materiales y Equipos .....	5
4.3 Nivel de riesgo y calificación.....	7
4.3.1 Con respecto al analista. ....	7
4.3.2 Con respecto a la muestra.....	7
4.3.3 Con respecto al equipo.....	7
4.3.4 Durante el ensayo. ....	9
4.4 Preparación de la Muestra.....	9
4.5 Realización.....	10
5. <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	10
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	11
7. <b>INFORME</b> .....	11

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p><i>Hoja 3 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante la experimentación en muestras de tuberías de polietileno para determinar el índice de fluidez de las mismas y verificar que cumple con los requerimientos de calidad especificados en la normativa internacional ISO 1133

## 2. ALCANCE

El presente procedimiento que será descrito, es solo aplicable a muestras de tuberías de polietileno, las cuales serán ensayadas para determinar su índice de fluidez @ (190°C, 2160 g).

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p><i>Hoja 4 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

- ISO 1133, “Tubos de polietileno Determinación de la Densidad”, Primera Edición
- Manual de operaciones del equipo XNR-400D

## 4. GENERAL

### 4.1 Definiciones

**MFI:** El índice de fluidez es una medida que representa un índice típico de control de calidad de los termoplásticos, originalmente llamado Melt Flow Index, sus unidades en el sistema inglés estas dadas en g/10 min

El índice de fluidez es inversamente proporcional a (cizalla) la viscosidad, pero no se utiliza para determinarla pero se puede dar sólo una estimación aproximada.

<http://www.instron.com.es/wa/glossary/MeltFlow.aspx?ref=http://www.google.com.ec/url>

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p><i>Hoja 5 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## 4.2 Materiales y Equipos

### ➤ Equipo XNR-400D:

- Rango de temperatura: 100 °C – 450 °C
- Resolución: 0.5 °C
- Precisión de tiempo: 0.1 s



Figura 1 Equipo XNR-400D



<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p><i>Hoja 6 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

➤ **Accesorios de limpieza:**



Figura 2 Accesorios de limpieza de equipo XNR-400D

➤ **Balanza analítica:**

- Resolución 0.0001 g
- Precisión 0.0001 g
- Linealidad  $\pm 0.0002$  g
- Carga máxima 200 g



Figura 1 Balanza AX200

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p><i>Hoja 7 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

### 4.3 Nivel de riesgo y calificación

#### Instrucciones de seguridad

##### 4.3.1 Con respecto al analista.

- Usar mandil durante el tiempo que este en el laboratorio realizando el ensayo.
- Usar guantes de uso térmico para evitar quemaduras al momento de usar el equipo XNR-400D.
- Los usuarios deben usar guantes de látex en todo momento cuando se usa la balanza.

##### 4.3.2 Con respecto a la muestra.

- Manejar las muestras con pinzas para evitar el contacto físico.

##### 4.3.3 Con respecto al equipo.

- Verificar que el equipo XNR-400D este nivelado.
- La comprobación de los requisitos metroológicos se hace en base al certificado de calibración de la termocupla que usa el plastómetro. Por lo general los puntos a calibrar a lo largo del cilindro se realizan a 30 mm, 50 mm y 75 mm

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 8 de 11</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

por encima del dado y se emplea la tabla 3 descrita anteriormente.

- El plastómetro satisface los requisitos metroológicos si en cada punto calibrado, la incertidumbre corregida no es mayor a la resolución del equipo.
- La comprobación de los requisitos técnicos del cronómetro consiste en comparar con un reloj calibrado por un tiempo de 15 a 20 min y asegurar que la tolerancia sea de  $\pm 0,07$  % del tiempo medido.
- Para que los datos de la balanza sean aceptados en el ensayo la incertidumbre global debe ser igual o mejor que  $\pm 0,0005$  g.
- Limpiar varias veces el túnel de calefacción, dado y pistón con accesorios de limpieza adecuados es más satisfactorio cuando están en caliente. La limpieza y el uso permanente pueden alterar el diámetro del dado haciendo que este fuera de las especificaciones por lo tanto se debe verificar que el diámetro siempre debe estar dentro de la tolerancia apropiada de 0,0051 mm usando galgas pasa/no pasa.

<b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b>	<b>PEE/LEMAT/16</b>  <i>Hoja 9 de 11</i>  <i>Edición: Borrador</i>
---	--	--

#### 4.3.4 Durante el ensayo.

- Mantener el área de trabajo a temperaturas alrededor de 15 °C a 35 °C y una humedad relativa entre el 3% y el 80%.
- Durante la ejecución del ensayo, evitar mover el equipo ya que podría afectar la experimentación.
- No apagar el equipo mientras este corriendo el ensayo

#### 4.4 Preparación de la Muestra

Se necesitan 1 muestra que se debe tomar de 1 tubería seleccionada aleatoriamente por cada lote de 1200 unidades.

La cantidad de muestra se puede elegir de acuerdo a la tabla 1 según la norma internacional ISO 1133.

**TABLA 1**

**Cantidad de Muestra según Referencia de MFR**

<b>MFR (g/10 min)</b>	<b>Masa de Muestra en el Cilindro (g)</b>	<b>Intervalo de Tiempo de Corte de Extruido (s)</b>
≥ 0.1 pero ≤ 0.5	3 a 5	240
> 0.5 pero ≤ 1	4 a 6	120
> 1 pero ≤ 3.5	4 a 6	60
> 3.5 pero ≤ 10	4 a 8	30
> 10	4 a 8	5 a 15

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p><i>Hoja 10 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	--

#### Acondicionamiento de las muestras

La muestra a ser ensayada debe tener una forma de tal manera que pueda introducirse en el orificio del cilindro, puede ser en forma de gránulos, tiras o secciones.

#### **4.5 Realización**

Para alcanzar el fiel cumplimiento de este procedimiento específico de ensayo es necesario seguir el instructivo de uso **IU/LEMAT/Y1Y1** del equipo XNR-400D.

### **5. ANALISIS DE RESULTADOS**

De los tres cortes extruidos correctamente escoja el que tenga el mayor y menor índice de fluidez y si la diferencia entre el valor máximo y el mínimo supera el 15% de la media, descarte los resultados y reensaye. Una vez que los resultados sean aceptados se debe asignar una categoría a la muestra como se propone en la normativa nacional INEN 1744 que se detalla a continuación en la tabla 1:

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/16</b></p> <p><i>Hoja 11 de 11</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

TABLA 1

Categoría del índice de fluidez para una formulación específica  
de polietileno

CATEGORÍA	ÍNDICE DE FLUIDEZ (g/10 min)
1	>25
2	10-25
3	1-10
4	0,4-1
5	<0.4

## 6. RECOMENDACIONES

- Verificar que el equipo XNR-400D este nivelado
- Limpie el túnel de calefacción antes y después de cada ensayo
- Usar guantes térmicos durante el manejo del plastómetro.
- Realice el ensayo haciendo uso del software INEN 1744.
- No dejar muestras por pesar sobre el plato de pesaje
- No desconectar la balanza de la alimentación eléctrica
- Verificar que la balanza este nivelada

## 7. INFORME

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE1601

Guayaquil, 24 de marzo de 2014

## **INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE CONTROL DEL ÍNDICE DE FLIDEZ EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando 1 muestra de 5 g extraída de 1 tubería seleccionada aleatoriamente de un lote de 1200 unidades

### **EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo

The screenshot shows a software window titled "ENSAYO DE PARA CONTROL DEL INDICE DE FLUIDEZ EN TUBERÍAS". The window contains the following information:

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 1 DE 4 EDICION 2013
FECHA DE ENSAYO: 24/03/2014	N. ORDEN DE TRABAJO: OT-235-14	
ANALISTA: Enrique Tutiven	N. INFORME: 14-213	

At the bottom right, there are two buttons: "<-- REGRESAR" and "SIGUIENTE -->".

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa y la información correspondiente de las muestras

ENSAYO DE PARA CONTROL DEL INDICE DE FLUIDEZ EN TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ EN TUBERIAS DE POLIETILENO

HOJA 2 DE 4 EDICION 2013

### EQUIPOS UTILIZADOS

#### PLASTÓMETRO

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

RESOLUCIÓN (°C):

RESOLUCIÓN (s):

#### TERMOHIGRÓMETRO

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

SERIE:

MODELO:

id	codigo	descripcion	Marca
5	EM-26	Plastómetro	Jinjian

id	codigo	descripcion	Marca
1	EM-23	Balanza	Shimadzu

#### BALANZA ANALÍTICA

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

RESOLUCIÓN (g):

id	codigo	descripcion	Marca	Modelo	Serie	Rango	re:
1	EM-23	Balanza	Shimadzu	AX-200	23456-F235	0-100	0,1

#### DATOS DE LA MUESTRA

CODIGO LEMAT DE LA MUESTRA :

FORMA :

MASA DE MUESTRA (g)

SIGUIENTE -->

3.- Realizamos el ensayo y medimos las masas de los segmentos cortados



ENSAYO DE PARA CONTROL DEL INDICE DE FLUIDEZ EN TUBERÍAS				
LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 3 DE 4 EDICION 2013		
<b>MEDICIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES</b>				
TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C)	TEMPERATURA DESPUES DE ENSAYO (°C)			
<input type="text" value="23.2"/>	<input type="text" value="23.5"/>			
HUMEDAD ANTES DE ENSAYO (%)	HUMEDAD DESPUES DE ENSAYO (%)			
<input type="text" value="45.2"/>	<input type="text" value="45.3"/>			
<b>PARAMETROS DE ENSAYO</b>				
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	CARGA DE ENSAYO (Kg)			
<input type="text" value="190"/>	<input type="text" value="2160"/>			
<b>INTERVALOS DE CORTES (s)</b>				
t1	t2	t3		
<input type="text" value="10.20"/>	<input type="text" value="10.30"/>	<input type="text" value="10.30"/>		
<b>MEDICIÓN DE MASA DE PRIMER CORTE (g)</b>				
m1	m2	m3	m4	m5
<input type="text" value="0.2456"/>	<input type="text" value="0.2457"/>	<input type="text" value="0.2456"/>	<input type="text" value="0.2454"/>	<input type="text" value="0.2455"/>
<b>MEDICIÓN DE MASA DE SEGUNDO CORTE (g)</b>				
m1	m2	m3	m4	m5
<input type="text" value="0.2462"/>	<input type="text" value="0.2463"/>	<input type="text" value="0.2462"/>	<input type="text" value="0.2464"/>	<input type="text" value="0.2462"/>
<b>MEDICIÓN DE MASA DE TERCER CORTE (g)</b>				
m1	m2	m3	m4	m5
<input type="text" value="0.2471"/>	<input type="text" value="0.2469"/>	<input type="text" value="0.2471"/>	<input type="text" value="0.2471"/>	<input type="text" value="0.2470"/>
SIGUIENTE -->				

4.- Finalizamos el ensayo completando la información de las calibraciones de los instrumentos usados y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

ENSAYO DE PARA CONTROL DEL INDICE DE FLUIDEZ EN TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 4 EDICION 2013
---	--	--------------------------

### INCERTIDUMBRE DE ENSAYO

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE BALANZA ( $\mu_{exp}$ )	<input type="text" value="0.0098"/>	FACTOR DE COBERTURA (K1)	<input type="text" value="2"/>
INCERTIDUMBRE DE BALANZA DEL PRESENTE AÑO	<input type="text" value="0.0098"/>	INCERTIDUMBRE DE BALANZA DEL AÑO PASADO	<input type="text" value="0.0099"/>
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL CRONOMETRO ( $\mu_{exp}$ )	<input type="text" value="0.09"/>	FACTOR DE COBERTURA (K2)	<input type="text" value="2"/>
INCERTIDUMBRE DEL CRONOMETRO DEL PRESENTE AÑO	<input type="text" value="0.08"/>	INCERTIDUMBRE DEL CRONOMETRO DEL AÑO PASADO	<input type="text" value="0.09"/>

FINALIZAR

INEN1744

REPORTE AL DT DEL LEMAT QUE EL ENSAYO TERMINO Y ALMACENE EL DOCUMENTO CON EL NOMBRE DE LA ORDEN DE TRABAJO

Aceptar

## REPORTE FINAL

Analista: Enrique Tutiven      Fecha de emisión: 24/03/2014  
N° Informe: OT-235-14      Número de Orden: 14-213

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN			
<b>Plastómetro</b>			
Marca:	Jinjian		
Modelo:	XNR-400D		
No de Serie:	-		
Resolución (°C):	0,5	Resolución (g):	0,1
Código Lemat:	EM-26		
<b>Balanza:</b>			
Marca:	Shimadzu		
Modelo:	AX-200		
No. de Serie:	23456-F235		
Resolución (g):	0,0001		
Código Lemat:	EM-23		
<b>Termohigrómetro</b>			
Marca	Modelo	No. Serie	Código Lemat
Taylor	1523T	-	EM-12

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	ISO 1133, INEN 1744

PEE/LEMAT/XBX3-ED

**DATOS DE LA MUESTRA**

Código de muestra:	14-1133-01		
Forma:	GRANULOS	Masa (g):	5,0024

**Las condiciones ambientales medidas durante el ensayo fueron:**

Temperatura Media (°C):	23,35
Humedad Relativa Media (%):	45,25

**RESULTADOS DE ENSAYO**

Temperatura de ensayo	190,00	°C
Carga de ensayo	2160,00	Kg

DESCRIPCION	# DE MEDICION	MASA (g)	TIEMPO (s)
PRIMER CORTE DE MUESTRA	1	0,2456	10,2
	2	0,2457	
	3	0,2456	
	4	0,2454	
	5	0,2455	
	PROMEDIO	0,2456	
SEGUNDO CORTE DE MUESTRA	1	0,2462	10,3
	2	0,2463	
	3	0,2462	
	4	0,2464	
	5	0,2462	
	PROMEDIO	0,2463	
TERCER CORTE DE MUESTRA	1	0,2471	10,3
	2	0,2469	
	3	0,2471	
	4	0,2471	
	5	0,2470	
	PROMEDIO	0,2470	

PEE/LEMAT/XB3-ED

### CONCLUSIONES DEL ENSAYO

Las muestras y la información fueron proporcionadas por el cliente.

El índice de fluidez (MFI) de los seguetos cortados y la incertidumbre en la medición de cada una de ellas se detalla a continuación:

CORTE	1	14,44	±	0,34	(g/10min)
	2	14,35	±	0,33	(g/10min)
	3	14,39	±	0,34	(g/10min)

Observaciones:

El índice de fluidez promedio de la muestra 14-1133-01 es 14,39 y se le asigna la categoría 2 según la normativa nacional INEN 1744

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
Director del Laboratorio

**Nota:** Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo autorización escrita del LEMAT.  
Cuepapel: Campus "Quilón" Quilón V. Km 30.2 vía principal, Santiago de Chile de Santa Cecilia  
Fon: (56-2) 2200333 - Teléfono 2200333  
Email: lemat@cupel.cl  
SIC 2200 02

PEE/LEMAT/X3X3-ED

6.- Como se puede notar en el informe, el promedio del índice de fluidez de la muestra es de 14,39 y por lo tanto tiene una categoría 2 como indica en la normativa nacional INEN 1744, estos resultados son iguales a los obtenidos mediante una hoja electrónica como se detalla a continuación

Guayaquil, 22 de marzo de 2014

### Validación de Software INEN 1744 para ensayo de índice de fluidez

\* Para validar el software INEN 1744 simularemos que una muestra de 5 g, la cual tendrá un MFI= 15 de categoría 2

El MFI se expresa como:

$$MFI(\theta, m_{nom}) = \frac{600 \cdot m}{t}$$

$\theta$  → Temperatura de ensayo (190 °C)

$m_{nom}$  → Carga nominal de ensayo (2160 g)

$m$  → Masa promedio de los cortes en gramos

$t$  → Intervalo de cortes en segundos

Muestra 14-1133-01			
N°-	Lecturas de t1	Lecturas de t2	Lecturas de t3
1	10,20	10,30	10,30

Muestra 14-1133-01			
N°-	Lecturas de m1	Lecturas de m2	Lecturas de m3
1	0,2456	0,2462	0,2471
2	0,2457	0,2463	0,2469
3	0,2456	0,2462	0,2471
4	0,2454	0,2464	0,2471
5	0,2455	0,2462	0,2470

	m1	m2	m3
Promedio	0,2456	0,2463	0,2470
Desv. Stand	0,0001	0,0001	0,0001

### Cálculo de MFI de la muestra

Muestra	Segmento	MFI	Unidades
14-1133-01	1	14,44	g/10 min
	2	14,35	g/10 min
	3	14,39	g/10 min

### Evaluación de la incertidumbre en el ensayo

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre expandida de calibración de la balanza $U_{c1}$ :	0,0098
Factor de cobertura $k_1$ :	2
Incertidumbre actual de la balanza $U_i$ :	0,0098
Incertidumbre anterior de la balanza $U_{i-1}$ :	0,0099
Incertidumbre expandida de calibración del cronómetro $U_{c2}$ :	0,09
Factor de cobertura $k_2$ :	2
Incertidumbre actual del cronómetro $U_j$ :	0,08
Incertidumbre anterior del cronómetro $U_{j-1}$ :	0,09
Resolución de la balanza (g)	0,0001
Resolución de la cronómetro (s)	0,1

Cálculo de la incertidumbre estandar  $u(\text{calibración}) = \frac{U_c}{k}$

$u(\text{calibración1}) =$	0,0049
$u(\text{calibración2}) =$	0,045

Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo  $u_E = 2 \times U_c$

$$U_c = \sqrt{C_m^2 \cdot U_m^2 + C_t^2 \cdot U_t^2}$$

$$U_{m1} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(m1)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$U_{m1} = 0,0001$

$$U_{m2} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(m2)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$U_{m2} = 0,0001$

$$U_{m3} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(m3)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_B}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$U_{m3} = 0,0001$

$$U_t = \sqrt{\left(\frac{res_t}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$U_t = 0,0577$$

### Cálculo del coeficiente de sensibilidad

$$C_{m1} = \frac{600}{t1}$$

$$C_{m1} = 58,82$$

$$C_{m2} = \frac{600}{t2}$$

$$C_{m2} = 58,25$$

$$C_{m3} = \frac{600}{t3}$$

$$C_{m3} = 58,25$$

$$C_{t1} = -\frac{600 \cdot m1}{t1^2}$$

$$C_{t1} = -1,4161$$

$$C_{t2} = -\frac{600 \cdot m2}{t2^2}$$

$$C_{t2} = -1,3927$$

$$C_{t3} = -\frac{600 \cdot m3}{t3^2}$$

$$C_{t3} = -1,3972$$

$$Uc1 = 0,0819$$

$$Uc2 = 0,0805$$

$$Uc3 = 0,0808$$

$$uE1 = 0,1638$$

$$uE2 = 0,1610$$

$$uE3 = 0,1615$$



Cálculo de la incertidumbre por deriva

$$u(\text{deriva}) = \sqrt{\frac{\text{dif}^2}{3}}$$

$$u(\text{deriva1}) = 0,0001$$

$$u(\text{deriva2}) = 0,0058$$

Cálculo de la incertidumbre combinada

$$u = \sqrt{u_{(\text{calibración})}^2 + u_E^2 + u(\text{deriva})^2}$$

$$u1 = 0,1700$$

$$u1 = 0,1674$$

$$u1 = 0,1679$$

Cálculo de la incertidumbre total expandida

$$U_{\text{exp}} = k \cdot u$$

$$U_{\text{exp1}} = 0,34$$

$$U_{\text{exp2}} = 0,33$$

$$U_{\text{exp3}} = 0,34$$

La representación del resultado final del MFI para la muestra 14-1133-01 se representa de la siguiente manera:

Muestra	Segmento	MFI	Unidad
14-1133-01	1	14,44 ± 0,34	g/10 min
	2	14,35 ± 0,33	g/10 min
	3	14,39 ± 0,34	g/10 min

El MFI promedio obtenido durante el ensayo es 14,39; por lo tanto la muestra es de categoría 2

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL PLATÓMETRO XNR-400D</b></p>	<p><b><i>IU/LEMAT/04</i></b></p> <p><i>Hoja 1 de 7</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

## 1. DATOS DEL EQUIPO

Temperatura de operación:	15 °C – 35 °C
Voltaje de operación:	220 VAC
Rango de temperatura:	100 °C – 450 °C
Resolución:	0.5 °C
Precisión de tiempo:	0.1 s

### Información Técnica

Descripción:	Plastómetro
Marca:	Jinjian
Modelo:	XNR-400D
Serie:	
Código LEMAT:	

## 2. DESCRIPCIÓN

A continuación se detallan las acciones para usar el equipo XNR-400D

1. Encienda el plastómetro y no lo desconecte de la fuente del suministro eléctrico.
2. Pulse el botón “MFR” en la pantalla táctil, para ingresar a la interfaz de operación para determinar el MFI

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL PLATÓMETRO XNR-400D</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/04</b>  <i>Hoja 2 de 7</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

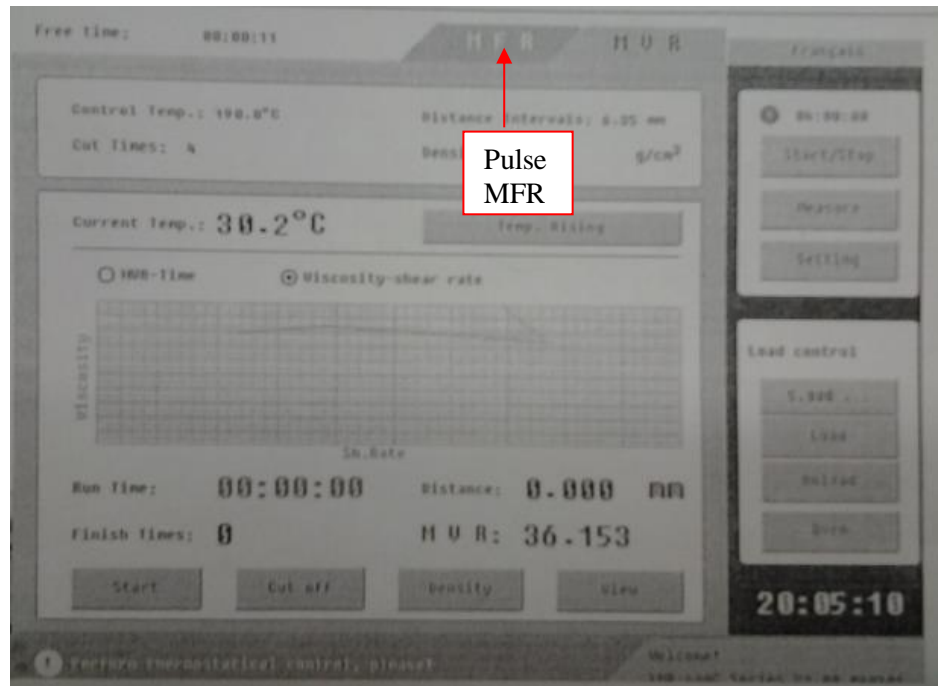


Figura 1 Interfaz de presentación para realizar el ensayo de MFI

3. Presione “Setting” para ajustar los parámetros de operación.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL PLATÓMETRO XNR-400D</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/04</b></p> <p>Hoja 3 de 7</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	--	---

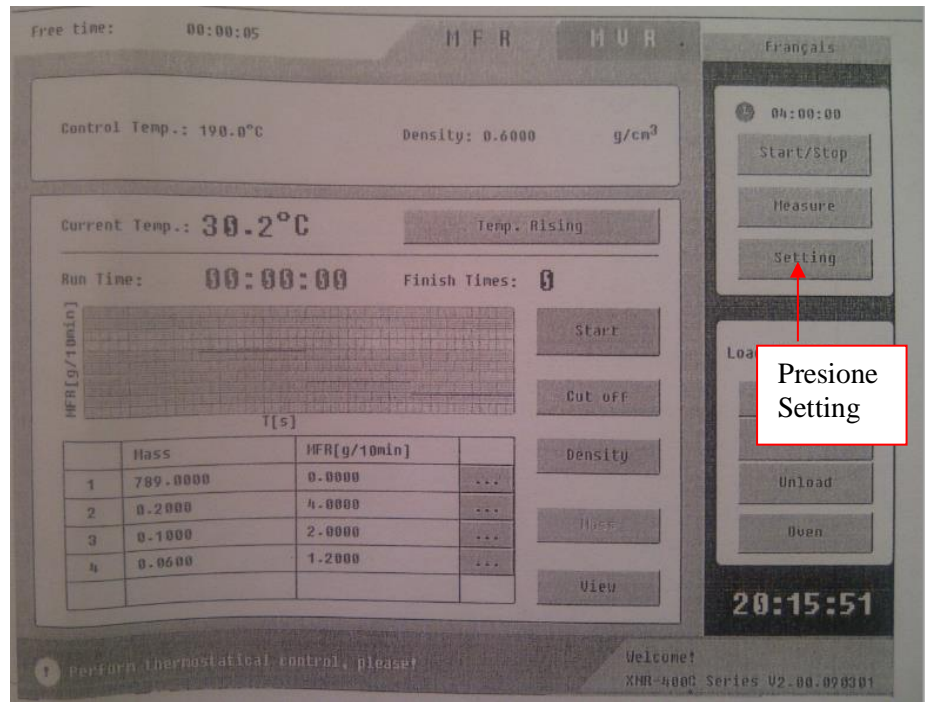
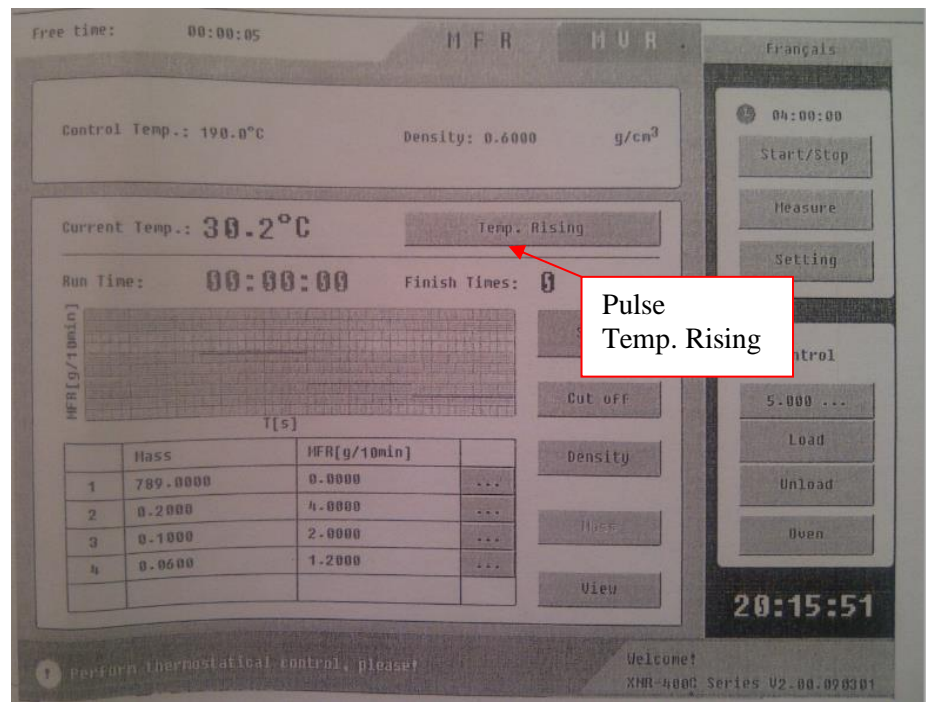


Figura 2 Interfaz de ajustes

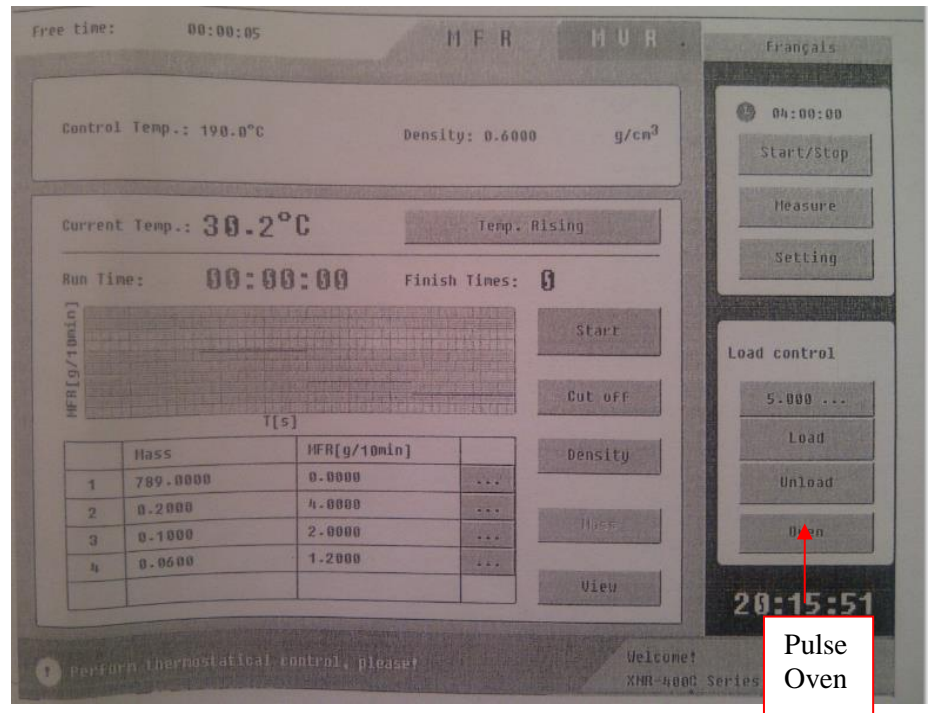
4. Presiona “Temp. Rising” para ingresar la temperatura de ensayo (190 °C). El equipo emitirá una señal acústica para indicar que la temperatura llego al valor fijado y espere unos 15 minutos para poder agregar la muestra en el cilindro.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL PLATÓMETRO XNR-400D</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/04</b></p> <p>Hoja 4 de 7</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	--	---



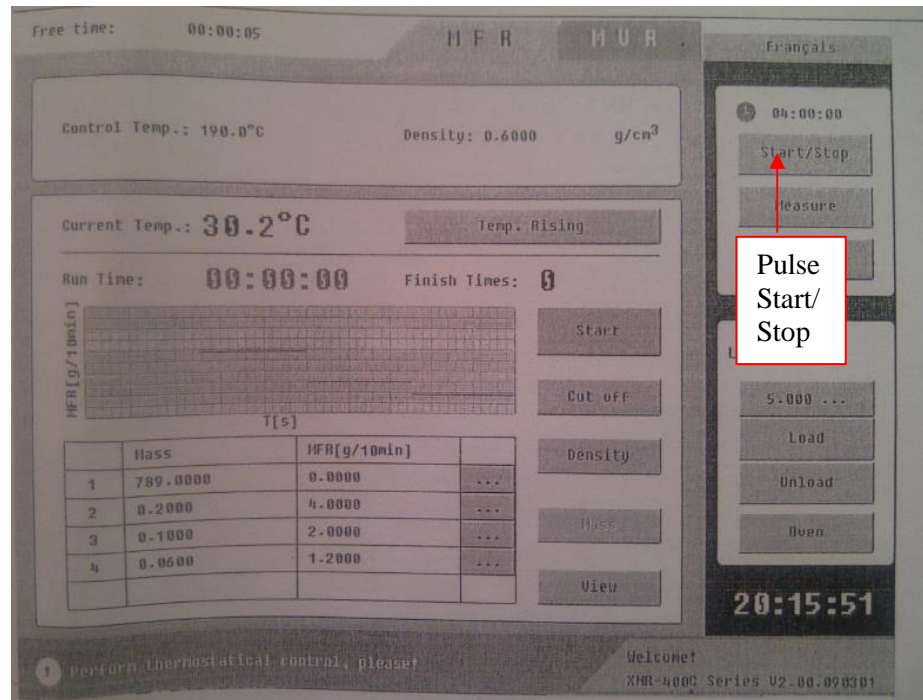
5. Presione "Start/Stop" después de haber añadido la muestra.
6. Pulse el botón "Loading" seleccionar la carga del ensayo (2160 g).
7. Presione el botón "Oven" para extruir la muestra, con la herramienta de carga (pistón) después de llenar el cilindro.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL PLATÓMETRO XNR-400D</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/04</b></p> <p>Hoja 5 de 7</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	--	---



8. Realice un precorte pulsando "Cut off"
9. Pulse "Start" para comenzar las corridas del ensayo.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL PLATÓMETRO XNR-400D</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/04</b>  Hoja 6 de 7  Edición: Borrador</p>
---	---	---



10. Descarte la primera extrusión y realice 3 extrusiones con la misma muestra. Rechace cualquier corte extruido que contenga burbujas de aire visibles.
11. Tome el tiempo de corte y pese las extrusiones individualmente en la balanza 5 veces cada una después de que alcancen la temperatura ambiente.
12. Pulse el botón "Mass" para ingresar el promedio de las masas y el valor del MFR se mostrará.
13. Para limpiar el equipo, presione el botón "Oven" hasta que sobresalga el pistón y limpie el túnel con el equipo de limpieza, después pulse nuevamente "Oven" hasta que el cilindro llegue a su posición original.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL PLATÓMETRO XNR-400D</b></p>	<p><i>IU/LEMAT/04</i></p> <p><i>Hoja 7 de 7</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	---

### 3. ANEXOS

No aplica

	<i>Elaborado:</i>	<i>Revisado por:</i>	<i>Aprobado/ Autorizado por:</i>
<i>Nombre</i>			
<i>Firma</i>			
<i>Fecha</i>			



<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/17</b></p> <p><i>Hoja 1 de 10</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

# LEMAT

## PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/17

### PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN TUBERÍAS DE POLIETILENO USANDO LA CINTA DIAMETRAL (PI-TAPE)

Fecha de Edición: 1 de Abril del 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/17</b></p> <p><i>Hoja 2 de 10</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
2. <b>ALCANCE</b> .....	<b>3</b>
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	<b>3</b>
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
4. <b>GENERAL</b> .....	<b>4</b>
4.1 Definiciones .....	4
4.2 Materiales y Equipos .....	4
4.3 Nivel de riesgo y calificación.....	5
4.3.1 Con respecto al analista.....	5
4.3.2 Con respecto a la muestra.....	5
4.3.3 Con respecto a los instrumentos. ....	5
4.3.4 Durante el ensayo. ....	6
4.4 Preparación de la Muestra.....	6
4.5 Realización.....	7
5. <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>8</b>
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>10</b>
7. <b>INFORME</b> .....	<b>10</b>

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/17</b></p> <p><i>Hoja 3 de 10</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante la experimentación para el control del diámetro exterior medio de las tuberías y verificar que cumpla con los requerimientos especificados en la norma INEN 1744.

## 2. ALCANCE

El presente procedimiento que será descrito, es solo aplicable a muestras de tuberías de polietileno.

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/17</b></p> <p><i>Hoja 4 de 10</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

- INEN 499, “Tubos de polietileno Determinación de las Dimensiones”, Segunda Edición

## 4. GENERAL

### 4.1 Definiciones

**Diámetro nominal (DN):** Diámetro exterior del tubo sin considerar su tolerancia, que sirve de referencia para su identificación.

**Diámetro exterior medio (Dm):** Es el cociente del valor medido de la circunferencia exterior del tubo y del valor ( $\pi=3,1416$ ) o del resultado promedio de la medida de cuatro o más diámetros.

### 4.2 Materiales y Equipos

- Cinta Diametral (Pi-tape)  
Resolución: 0.05 mm

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/17</b></p> <p><i>Hoja 5 de 10</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---



Figura 1. Cinta Pi-Tape

### 4.3 Nivel de riesgo y calificación

#### Instrucciones de seguridad

##### 4.3.1 Con respecto al analista.

- Usar mandil durante el tiempo de ensayo.

##### 4.3.2 Con respecto a la muestra.

- Manejar las muestras manualmente.

##### 4.3.3 Con respecto a los instrumentos.

- Evitar los golpes bruscos sobre los instrumentos de medición durante la experimentación.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/17</b></p> <p><i>Hoja 6 de 10</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

- Dejar los instrumentos y el área de trabajo limpios una vez finalizada la actividad.

#### **4.3.4 Durante el ensayo.**

- Mantener el área de trabajo a temperaturas alrededor de 23°C.

### **4.4 Preparación de la Muestra**

#### **1. Acondicionamiento de las muestras**

- a) Se necesita 1 muestra, que está formada por 3 tuberías, las tuberías se deben seleccionar aleatoriamente por cada lote de 1200 unidades.
- b) Las probetas pueden estar constituidas por tubos en su longitud nominal o fracciones de estos. Sus superficies deben estar limpias y sus extremos deben ser perpendiculares al eje del tubo y sin rebabas.
- c) Colocar las probetas en el ambiente de trabajo a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C durante 2 horas, verificar con el uso de un pirómetro que la temperatura de la superficie externa sea

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/17</b></p> <p><i>Hoja 7 de 10</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

igual que la del ambiente, caso contrario aumente el tiempo de acondicionamiento.

#### 4.5 Realización

A continuación se detalla paso a paso las acciones a realizar durante el ensayo, una vez acondicionada la muestra.

1. Marcar muestra para identificación de las tuberías.
2. La forma adecuada de usar la cinta pi-tape, es colocarla alrededor de la circunferencia exterior del tubo (espiga), de manera perpendicular a su eje, asegurando el normal contacto entre superficie

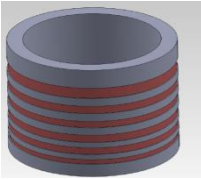


Figura 2. Forma correcta de usar la cinta Pi- Tape

<b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b>	<b>PEE/LEMAT/17</b>  <i>Hoja 8 de 10</i>  <i>Edición: Borrador</i>
---	--	--

3. Escoger el número de mediciones a realizar según se indique la tabla 1 y registre en el programa.

Tabla 1. Número de mediciones a realizar según el diámetro nominal

Diámetro Nominal ( DN )	Número de medidas a tomarse	Esquema de medición
Menor igual a 110 mm	2	
Mayor de 110 mm hasta 250 mm	4	
Mayor de 250 mm hasta 630 mm	8	
Mayor de 630 mm hasta 1000 mm	16	

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cada lectura de la cinta Pi-Tape se debe dividir para 3.142 y se debe redondear a la 0.1 mm superior

El diámetro exterior promedio es igual a la media de los valores obtenidos.

Las tolerancias máximas permisibles para diámetro exterior medio (Dm) se presentan en la tabla 2.



<b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b>	<b>PEE/LEMAT/17</b>  <i>Hoja 9 de 10</i>  <i>Edición: Borrador</i>
--	--	--

Tabla 2. Tolerancias permitidas para el diámetro exterior medio

Diámetro nominal DN (mm)		Tolerancia máxima admisible (X) (mm)
Agua potable	Usos generales	
-	6	+ 0,3
-	8	+ 0,3
-	10	+ 0,3
-	12	+ 0,3
16	16	+ 0,3
20	20	+ 0,3
25	25	+ 0,3
32	32	+ 0,3
40	40	+ 0,4
50	50	+ 0,5
63	63	+ 0,6
75	75	+ 0,7
90	90	+ 0,8
110	110	+ 1,0
125	125	+ 1,1
140	140	+ 1,3
160	160	+ 1,4
180	180	+ 1,6
200	200	+ 1,8
225	225	+ 2,0
250	250	+ 2,3
280	280	+ 2,5
315	315	+ 2,8
355	355	+ 3,2
400	400	+ 3,6
450	450	+ 4,1
500	500	+ 4,5
560	560	+ 5,0
630	630	+ 5,7
710	-	+ 6,4
800	-	+ 7,2
900	-	+ 8,1
1000	-	+ 9,0
1200	-	+ 10,0

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/17</b></p> <p><i>Hoja 10 de 10</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	--

## 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda controlar la temperatura del acondicionamiento del área en el cual se realiza el ensayo, la temperatura debe ser de  $23 \pm 0.1$  °C.
- Realice el ensayo haciendo uso del software INEN 1744.

## 7. INFORME

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE1701

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</p> <p>PARA EL CONTROL DE ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</p>	<p><i>PEE/LEMAT/18</i></p> <p><i>Hoja 1 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

# LEMAT

**PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/18**

**PARA EL CONTROL DEL ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍA DE POLIETILENO USANDO EL MICRÓMETRO PARA ESPEORES**

Fecha de Edición: 2 de Abril del 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE ESPELOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/18</b></p> <p><i>Hoja 2 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
2. <b>ALCANCE</b> .....	<b>3</b>
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	<b>3</b>
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
4. <b>GENERAL</b> .....	<b>4</b>
4.1 Definiciones .....	4
4.2 Materiales y Equipos .....	4
4.3 Nivel de riesgo y calificación.....	4
4.3.1 Con respecto al analista.....	4
4.3.2 Con respecto a la muestra.....	4
4.3.3 Con respecto a los instrumentos. ....	5
4.3.4 Durante el ensayo. ....	5
4.4 Preparación de la Muestra.....	5
4.5 Realización.....	6
5. <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>8</b>
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>9</b>
7. <b>INFORME</b> .....	<b>9</b>

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/18</b></p> <p><i>Hoja 3 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante la experimentación para el control del espesor mínimo de pared en muestras de tuberías y verificar si cumple con los requerimientos especificados en la norma INEN 1744.

## 2. ALCANCE

El presente procedimiento que será descrito, es solo aplicable a muestras de tuberías de polietileno.

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición
- INEN 499, “Tubos de polietileno Determinación de las Dimensiones”, Segunda Edición

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/18</b></p> <p><i>Hoja 4 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

## 4. GENERAL

### 4.1 Definiciones

**Espesor nominal (e):** Espesor mínimo de pared del tubo al cual se aplican las tolerancias establecidas en la norma INEN 1744.

### 4.2 Materiales y Equipos

- Micrómetro especial para medir espesores en tubos  
Resolución: 0,01 mm

### 4.3 Nivel de riesgo y calificación

#### Instrucciones de seguridad

#### 4.3.1 Con respecto al analista.

- Usar mandil durante el tiempo del ensayo.

#### 4.3.2 Con respecto a la muestra.

- Manejar las muestras manualmente.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE ESPEJOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/18</b></p> <p><i>Hoja 5 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

#### 4.3.3 Con respecto a los instrumentos.

- Evitar los golpes sobre los instrumentos de medición durante la experimentación.
- Dejar los instrumentos y el área de trabajo limpios una vez finalizada la actividad.

#### 4.3.4 Durante el ensayo.

- Mantener el área de trabajo a temperaturas alrededor de 23°C.

### 4.4 Preparación de la Muestra

#### 1. Acondicionamiento de las muestras

- a) Se necesita 1 muestra, que está formada por 3 tuberías, las tuberías se deben seleccionar aleatoriamente por cada lote de 1200 unidades.
- b) Las probetas pueden estar constituidas por tubos en su longitud nominal o fracciones de estos. Sus superficies deben estar limpias y sus extremos deben ser perpendiculares al eje del tubo y sin rebabas.

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE ESPEJOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/18</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 6 de 9</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

- c) Colocar las probetas en el ambiente de trabajo a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C durante 2 horas, verificar con el uso de un pirómetro que la temperatura de la superficie externa sea igual que la del ambiente, caso contrario aumente el tiempo de acondicionamiento.

#### **4.5 Realización**

A continuación se detalla paso a paso el procedimiento para realizar el ensayo, una vez acondicionadas la muestra.

1. Marcar las probetas para identificación de las mismas.
2. La forma adecuada de hacer uso del micrómetro es mover el nonio hasta que el yunque pueda entrar en el diámetro interior de la tubería, después cerrar el nonio hasta que el vástago haga contacto con el diámetro exterior del tubo



<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/18</b></p> <p>Hoja 7 de 9</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	--	--

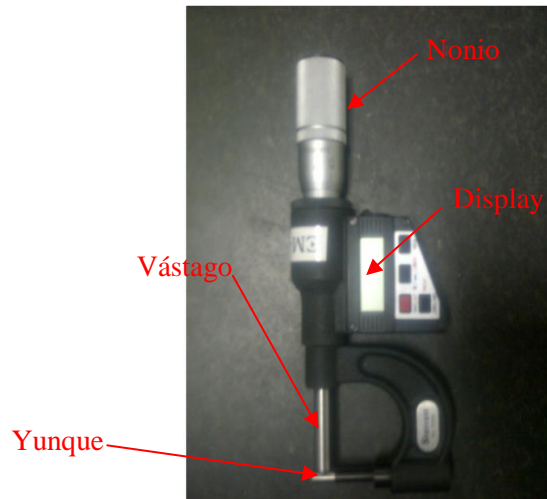


Figura 1. Micrómetro especial para medir espesores en tuberías

3. Escoger el número de mediciones a realizar según se indique la tabla 1 y registre en el programa

Tabla 1. Número de mediciones a realizar según el diámetro nominal

Diámetro Nominal ( DN )	Número de medidas a tomarse	Esquema de medición
Menor igual a 110 mm	4	
Mayor de 110 mm hasta 250 mm	8	
Mayor de 250 mm hasta 630 mm	16	
Mayor de 630 mm hasta 1000 mm	32	

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/18</b></p> <p><i>Hoja 8 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El espesor de la pared será el correspondiente al menor valor de las mediciones redondeado al 0.1 mm inmediato superior.

La tolerancia para espesores mínimos de pared medidos en un punto cualquiera, debe ser redondeada al 0,1 mm más cercano y se calcula de la siguiente manera:

- a) La tolerancia admisible, entre el espesor de un punto cualquiera  $e_i$  y el espesor nominal  $e$  será positiva  $0^{+Y}$ , está dada por la expresión  $Y=(e_i-e)$ .
- b) En tubos de espesor menor o igual a 4,6 mm la tolerancia en mm, está dada por la expresión  $Y= 0,1 e + 0,2$ .
- c) En tubos de espesor mayor a 4,6 mm y menor o igual a 16 mm la tolerancia debe ser  $Y= 0,15 e$ .
- d) Para tubos con espesores mayores de 16 mm la tolerancia debe ser  $Y= 0,2 e$

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/18</b></p> <p><i>Hoja 9 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

## 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda controlar la temperatura del acondicionamiento del área en el cual se realiza el ensayo, la temperatura debe ser de  $23 \pm 0.1$  °C.
- Realice el ensayo haciendo uso del software INEN 1744.

## 7. INFORME

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE1801

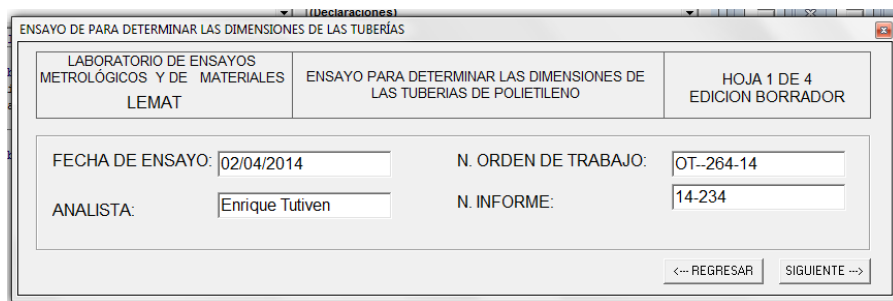
Guayaquil, 2 de abril de 2014

## **INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE CONTROL DE LAS DIMENSIONES EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando 1 muestra de 3 tuberías seccionadas a 1 metro cada una, seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades

### **EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo



The screenshot shows a software window titled "ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LAS TUBERÍAS". The window contains the following information:

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 1 DE 4 EDICION BORRADOR
FECHA DE ENSAYO: 02/04/2014	N. ORDEN DE TRABAJO: OT-264-14	
ANALISTA: Enrique Tutiven	N. INFORME: 14-234	

At the bottom right, there are two buttons: "<... REGRESAR" and "SIGUIENTE ...>".

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LAS TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT      ENSAYO PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO      HOJA 2 DE 10 EDICIÓN BORRADOR

### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

**CINTA PI-TAPE**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

RESOLUCIÓN (mm):

id	codigo	descripcion	Marca
▶ 6	EM-012	Cinta Pi- Tape	Mitutoyo

**TERMOHIGRÓMETRO**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

SERIE:

MODELO:

id	codigo	descripcion	Marca
▶ 4	EM-12	Termohigrómetro	Taylor

**MICRÓMETRO PARA ESPESORES**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

RESOLUCIÓN (mm):

SERIE:

id	codigo	descripcion	Marca	Modelo	Serie	Rango	resol
▶ 7	EM-015	Micrómetro para espesor	Mitutoyo	SKT-15T	234-PLG235	0-100	0,01

SIGUIENTE -->

### 3.- Ingresamos la información de la muestra

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LAS TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT      ENSAYO PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO      HOJA 3 DE 4 EDICIÓN BORRADOR

### DATOS GENERALES DE LA MUESTRA

CÓDIGO DE MUESTRA:

SUPERFICIES LIMPIAS/EXTREMOS PERPENDICULARES AL EJE DEL TUBO/ SIN REBABAS

FORMA:

SIGUIENTE -->

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 10 EDICIÓN BORRADOR
---	--	-------------------------------

DIAMETRO NOMINAL DE LA MUESTRA (mm)

DN

ESPESOR NOMINAL DE LA MUESTRA (mm)

e

MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE MUESTRA

PRIMERA TUBERÍA

TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C):

SIGUIENTE -->

4.-Realizamos el ensayo y medimos el diámetro exterior medio, espesor mínimo de pared y temperatura de la tubería.

Las mediciones que realice con la cinta pi-tape debe ingresarlas directamente al programa.

MEDICIÓN DE ESPESOR DE PARED DEL PRIMER TUBO (mm)

E1	37.08	E2	37.98	E3	37.06	E4	37.67	E5	37.56	E6	37.79
E7	37.09	E8	37.52	E9	37.68	E10	37.94	E11	37.32	E12	37.65
E13	37.60	E14	37.11	E15	37.62	E16	37.85	E17	37.04	E18	37.39
E19	37.22	E20	37.38	E21	37.12	E22	37.66	E23	37.65	E24	37.83
E25	37.77	E26	37.98	E27	37.39	E28	37.25	E29	37.23	E30	37.35
E31	37.79	E32	37.29								

MEDICIÓN DEL DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DEL PRIMER TUBO (mm)

D1	2516.52	D2	2516.40	D3	2516.05	D4	2513.69	D5	2514.01	D6	2514.17
D7	2515.86	D8	2515.74	D9	2514.64	D10	2515.36	D11	2515.71	D12	2514.61
D13	2515.11	D14	2513.66	D15	2513.63	D16	2515.05				

MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE MUESTRA

PRIMERA TUBERÍA

TEMPERATURA DESPUÉS DE ENSAYO (°C): 23.1

SIGUIENTE -->

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS	HOJA 6 DE 10 EDICIÓN BORRADOR
---	---	-------------------------------

**MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE MUESTRA**  
SEGUNDA TUBERÍA

TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C):

SIGUIENTE -->

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS	HOJA 7 DE 10 EDICIÓN BORRADOR
---	---	-------------------------------

**MEDICIÓN DE ESPESOR DE PARED DEL SEGUNDO TUBO (mm)**

E1	<input type="text" value="37.71"/>	E2	<input type="text" value="37.98"/>	E3	<input type="text" value="37.20"/>	E4	<input type="text" value="37.20"/>	E5	<input type="text" value="37.41"/>	E6	<input type="text" value="37.63"/>
E7	<input type="text" value="37.39"/>	E8	<input type="text" value="37.79"/>	E9	<input type="text" value="37.47"/>	E10	<input type="text" value="37.26"/>	E11	<input type="text" value="37.44"/>	E12	<input type="text" value="37.35"/>
E13	<input type="text" value="37.41"/>	E14	<input type="text" value="37.88"/>	E15	<input type="text" value="37.86"/>	E16	<input type="text" value="37.93"/>	E17	<input type="text" value="37.34"/>	E18	<input type="text" value="37.21"/>
E19	<input type="text" value="37.57"/>	E20	<input type="text" value="37.41"/>	E21	<input type="text" value="37.97"/>	E22	<input type="text" value="37.22"/>	E23	<input type="text" value="37.40"/>	E24	<input type="text" value="37.34"/>
E25	<input type="text" value="37.53"/>	E26	<input type="text" value="37.24"/>	E27	<input type="text" value="37.29"/>	E28	<input type="text" value="37.84"/>	E29	<input type="text" value="37.57"/>	E30	<input type="text" value="37.39"/>
E31	<input type="text" value="37.51"/>	E32	<input type="text" value="37.74"/>								

**MEDICIÓN DEL DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DEL SEGUNDO TUBO (mm)**

D1	<input type="text" value="2516.46"/>	D2	<input type="text" value="2514.79"/>	D3	<input type="text" value="2514.83"/>	D4	<input type="text" value="2514.48"/>	D5	<input type="text" value="2516.55"/>	D6	<input type="text" value="2513.88"/>
D7	<input type="text" value="2515.83"/>	D8	<input type="text" value="2514.57"/>	D9	<input type="text" value="2514.61"/>	D10	<input type="text" value="2514.61"/>	D11	<input type="text" value="2513.95"/>	D12	<input type="text" value="2514.13"/>
D13	<input type="text" value="2514.57"/>	D14	<input type="text" value="2516.11"/>	D15	<input type="text" value="2515.86"/>	D16	<input type="text" value="2515.61"/>				

**MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE MUESTRA**  
SEGUNDA TUBERÍA

TEMPERATURA DESPUÉS DE ENSAYO (°C):

SIGUIENTE -->

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS	HOJA 8 DE 10 EDICIÓN BORRADOR
---	---	-------------------------------

**MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE MUESTRA**  
TERCERA TUBERÍA

TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C):

SIGUIENTE -->



ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 7 DE 10 EDICIÓN BORRADOR
---	--	-------------------------------

**MEDICIÓN DE ESPESOR DE PARED DEL TERCER TUBO (mm)**

E1	37.32	E2	37.13	E3	37.98	E4	37.75	E5	37.77	E6	37.21
E7	37.10	E8	37.05	E9	37.73	E10	37.29	E11	37.80	E12	37.07
E13	37.45	E14	37.65	E15	37.57	E16	37.79	E17	37.69	E18	37.63
E19	37.13	E20	37.47	E21	37.16	E22	37.21	E23	37.34	E24	37.86
E25	37.67	E26	37.54	E27	37.48	E28	37.56	E29	37.08	E30	37.78
E31	37.04	E32	37.29								

**MEDICIÓN DEL DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DEL TERCER TUBO (mm)**

D1	2516.58	D2	2514.89	D3	2515.80	D4	2516.40	D5	2514.48	D6	2514.98
D7	2514.86	D8	2515.89	D9	2514.01	D10	2515.27	D11	2513.60	D12	2515.45
D13	2515.08	D14	2516.49	D15	2513.79	D16	2514.86				

**MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE MUESTRA**  
 TERCERA TUBERÍA

TEMPERATURA DESPUÉS DE ENSAYO (°C):

SIGUIENTE -->

4.- Finalizamos el ensayo completando la información de las calibraciones de los instrumentos usados y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 10 DE 10 EDICION BORRADOR
---	--	--------------------------------

### INCERTIDUMBRE DE ENSAYO

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE CINTA PI TAPE/CALIBRADOR ( $\mu_{exp}$ ):	<input type="text" value="0.048"/>	FACTOR DE COBERTURA (K1):	<input type="text" value="2"/>
INCERTIDUMBRE DE CINTA PI TAPE/CALIBRADOR DEL PRESENTE AÑO:	<input type="text" value="0.048"/>	INCERTIDUMBRE DE CINTA PI TAPE/CALIBRADOR DEL AÑO PASADO:	<input type="text" value="0.049"/>

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MICROMETRO/CALIBRADOR DE ESPESORES ( $\mu_{exp}$ ):	<input type="text" value="0.098"/>	FACTOR DE COBERTURA (K2):	<input type="text" value="2"/>
INCERTIDUMBRE DE MICROMETRO/CALIBRADOR DE ESPESORES DEL PRESENTE AÑO:	<input type="text" value="0.098"/>	INCERTIDUMBRE DE MICROMETRO/CALIBRADOR DE ESPESORES DEL AÑO PASADO:	<input type="text" value="0.099"/>

INEN1744

REPORTE AL DT DEL LEMAT QUE EL ENSAYO TERMINO Y ALMACENE EL DOCUMENTO CON EL NOMBRE DE LA ORDEN DE TRABAJO

## REPORTE FINAL

Analista: Enrique Tutiven      Fecha de emisión: 04/02/2014  
N° Informe: 14234      Número de Orden: OT-264-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

INSTRUMENTOS DE MEDICION	
Cinta pi-tape	
Marca:	Mitsuyo
Modelo:	NA
No de Serie:	NA
Resolución (mm):	0,05
Código LEMAT:	EM-012

Micrómetro para espesores:	
Marca:	Mitsuyo
Modelo:	SKT-15T
No de Serie:	234-PLG235
Resolución (mm):	0,01
Código LEMAT:	EM-015

Termómetro			
Marca	Modelo	No. Serie	Código LEMAT
Taylor	-	1523T	EM-12

DATOS DE LA MUESTRA	
Código de muestra:	14-499-01
Forma:	Fracción de la tubería
Acondicionamiento:	Conforme

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	interno
Norma de referencia:	INEN 499, INEN 1744

PEE/LEMAT/X4X4-ED

**RESULTADOS DE ENSAYO**

**DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE PARED DEL TUBO**

TEMPERATURA (°C)		TUBERÍA 1	TUBERÍA 2	TUBERÍA 3			
800		23,15	23,20	23,20			
DIAMETRO NOMINAL DE LA MUESTRA (mm)	MEDICIÓN	ESPESOR NOMINAL DE LA MUESTRA (mm)					
		38,1					
ESPESOR MÍNIMO DE PARED (mm)		TUBERÍA 1	TUBERÍA 2	TUBERÍA 3			
630 mm < D ≤ 1000 mm	250 mm < D ≤ 630 mm	110 mm < D ≤ 250 mm	D ≈ 110 mm	1	37,08	37,71	37,52
				2	37,98	37,98	37,13
				3	37,06	37,2	37,98
				4	37,67	37,2	37,75
				5	37,56	37,41	37,77
				6	37,79	37,65	37,21
				7	37,09	37,39	37,1
				8	37,52	37,79	37,05
		9	37,68	37,47	37,73		
		10	37,94	37,26	37,29		
		12	37,32	37,44	37,8		
		12	37,65	37,35	37,07		
		13	37,6	37,41	37,45		
		14	37,11	37,88	37,65		
		15	37,62	37,86	37,57		
		16	37,85	37,93	37,79		
	17	37,04	37,34	37,69			
	18	37,39	37,21	37,63			
	19	37,22	37,57	37,13			
	20	37,38	37,41	37,47			
	21	37,12	37,97	37,16			
	22	37,66	37,22	37,21			
	23	37,65	37,4	37,34			
	24	37,83	37,34	37,86			
	25	37,77	37,53	37,67			
	26	37,98	37,24	37,54			
	27	37,39	37,29	37,48			
	28	37,25	37,84	37,56			
	29	37,23	37,57	37,08			
	30	37,35	37,39	37,78			
	31	37,79	37,51	37,04			
	32	37,29	37,74	37,29			

PEE/LEMAT/X4X4-ED

**RE SULTADOS DE ENSAYO**

**DETERMINACION DEL DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO DEL TUBO**

TEMPERATURA (°C)				TUBERIA 1	TUBERIA 2	TUBERIA 3	
				23,15	23,20	23,20	
DIÁMETRO NOMINAL DE LA MUESTRA (mm)		800	MEDICIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO (mm)			
630 mm < D ≤ 1000 mm	250 mm < D ≤ 630 mm	110 mm < D ≤ 250 mm	Ds 110 mm	1	800,95	800,91	800,95
				2	800,89	800,38	800,41
				3	800,78	800,39	800,7
				4	800,05	800,28	800,89
				5	800,13	800,94	800,28
				6	800,18	800,09	800,44
				7	800,72	800,71	800,4
				8	800,68	800,31	800,73
				9	800,33	800,32	800,13
				10	800,56	800,32	800,53
				11	800,67	800,11	800
				12	800,32	800,17	800,59
				13	800,48	800,31	800,47
				14	800,02	800,8	800,92
				15	800,01	800,72	800,06
			15	800,46	800,64	800,4	

### CONCLUSIONES DEL ENSAYO

La muestra y la información fueron proporcionadas por el cliente.

El diámetro exterior promedio ( $D_m$ ), el espesor mínimo de pared ( $e_{min}$ ) de las tuberías se detallan a continuación:

Tubería	$e_{min}$ (mm)		$D_m$ (mm)	
1	37,0	$\pm$ 0,2	800,4	$\pm$ 0,3
2	37,2	$\pm$ 0,2	800,5	$\pm$ 0,3
3	37,0	$\pm$ 0,2	800,5	$\pm$ 0,3

Observaciones:

El espesor mínimo de pared de la muestra es 37,1 y no cumple con la tolerancia admisible descrita en la norma nacional INEN 1744

El diámetro exterior promedio de la muestra es 800,5 y cumple con la tolerancia admisible descrita en la norma nacional INEN 1744

La muestra presenta un ovalamiento igual a 0,9 por lo tanto cumple con la tolerancia admisible según la norma INEN 1744

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
Director del Laboratorio

**Nota:** Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo autorización escrita del OEA S.T.  
Quispesú, Campesino Quintero Galindo 11, Km. 30.2 vía parícuta, provincia de Cotacachi, Santa Cruz  
Fax: (021) 0200200 - Teléfono 0200210  
Correo: [informe@oepa.gob.ec](mailto:informe@oepa.gob.ec)  
010 2020 00

PEE/LEMAT/X4X4-ED

6.- Como se puede notar en el informe, el diámetro exterior medio es de 800,5 mm y el espesor mínimo de pared es de 37,1 mm, estos resultados son iguales a los obtenidos mediante una hoja electrónica como se detalla a continuación

Guayaquil, 2 de abril de 2014

**Validación de Software INEN 1744 para ensayo para control dimensional**

\* Para validar el software INEN 1744 simularemos que una muestra de 3 tuberías seccionadas a 1 metro cada una, seleccionas al azar de un lote de 1200 unidades

Asumimos que la muestra tiene un diámetro nominal de 800 mm y un espesor nominal de 38,1 mm

<b>Muestra 14-499-01</b>							
<b>DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO DEL TUBO</b>							
				<b>TUBO 1</b>	<b>TUBO 2</b>	<b>TUBO 3</b>	
<b>TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C)</b>				23,2	23,3	23,2	
<b>TEMPERATURA DESPUÉS DE ENSAYO (°C)</b>				23,1	23,1	23,2	
<b>DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO (mm)</b>		800	<b>MEDICIÓN</b>	<b>DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO DEL TUBO (mm)</b>			
630 mm < D ≤ 1000 mm	250 mm < D ≤ 630 mm	110 mm < D ≤ 250 mm	D ≤ 110 mm	1	800,93	800,91	800,95
			2	800,89	800,38	800,41	
			3	800,78	800,39	800,70	
			4	800,03	800,28	800,89	
			5	800,13	800,94	800,28	
			6	800,18	800,09	800,44	
			7	800,72	800,71	800,40	
			8	800,68	800,31	800,73	
	9	800,33	800,32	800,13			
	10	800,56	800,32	800,53			
	11	800,67	800,11	800,00			
	12	800,32	800,17	800,59			
	13	800,48	800,31	800,47			
	14	800,02	800,80	800,92			
	15	800,01	800,72	800,06			
	16	800,46	800,64	800,40			
<b>PROMEDIO</b>				<b>800,45</b>	<b>800,46</b>	<b>800,49</b>	
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>				<b>0,31</b>	<b>0,28</b>	<b>0,29</b>	

DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO (mm)		800		MEDICIÓN	ESPESOR NOMINAL		38,1		
					ESPESOR MÍNIMO DE PARED (mm)				
630 mm < D ≤ 1000 mm	250 mm < D ≤ 630 mm	110 mm < D ≤ 250 mm	D ≤ 110 mm	1	37,08	37,71	37,32		
				2	37,98	37,98	37,13		
				3	37,06	37,20	37,98		
				4	37,67	37,20	37,75		
				5	37,56	37,41	37,77		
				6	37,79	37,63	37,21		
				7	37,09	37,39	37,10		
				8	37,52	37,79	37,05		
						9	37,68	37,47	37,73
						10	37,94	37,26	37,29
						11	37,32	37,44	37,80
						12	37,65	37,35	37,07
						13	37,60	37,41	37,45
						14	37,11	37,88	37,65
						15	37,62	37,86	37,57
						16	37,85	37,93	37,79
	17					37,04	37,34	37,69	
	18					37,39	37,21	37,63	
	19					37,22	37,57	37,13	
	20					37,38	37,41	37,47	
	21					37,12	37,97	37,16	
	22					37,66	37,22	37,21	
	23					37,65	37,40	37,34	
	24					37,83	37,34	37,86	
	25	37,77	37,53	37,67					
	26	37,98	37,24	37,54					
	27	37,39	37,29	37,48					
	28	37,25	37,84	37,56					
	29	37,23	37,57	37,08					
	30	37,35	37,39	37,78					
	31	37,79	37,51	37,04					
	32	37,29	37,74	37,29					
<b>MENOR VALOR</b>					<b>37,04</b>	<b>37,20</b>	<b>37,04</b>		
<b>PROMEDIO</b>					<b>37,50</b>	<b>37,51</b>	<b>37,46</b>		
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>					<b>0,29</b>	<b>0,25</b>	<b>0,28</b>		



**Cálculo de las dimensiones de las tuberías**

Muestra	Segmento	Dm	ε <sub>min</sub>
14-499-01	1	800,45	37,04
	2	800,46	37,20
	3	800,49	37,04

**Evaluación de la incertidumbre en el ensayo**

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre expandida de calibración de la cinta pi-tape U <sub>c1</sub> :	0,048
Factor de cobertura k1:	2
Incertidumbre actual de la cinta pi-tape U <sub>i</sub> :	0,048
Incertidumbre anterior de la cinta pi-tape U <sub>i-1</sub> :	0,049
Incertidumbre expandida de calibración del micrómetro U <sub>c2</sub> :	0,098
Factor de cobertura k2:	2
Incertidumbre actual del micrómetro U <sub>j</sub> :	0,098
Incertidumbre anterior del micrómetro U <sub>j-1</sub> :	0,099
Resolución de la cinta pi-tape (mm)	0,05
Resolución del micrómetro para espesores (mm)	0,01

Cálculo de la incertidumbre estándar  $u(\text{calibración}) = \frac{U_c}{k}$

u(calibración1)=	0,024
u(calibración2)=	0,049

Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo  $u_E = 2 \times U_c$

$$U_{Dm} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(M_D)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_{Dm}}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

U <sub>Dm1</sub> = 0,0837
---------------------------

U <sub>Dm2</sub> = 0,0759
---------------------------

U <sub>Dm3</sub> = 0,0789
---------------------------

$$U_e = \sqrt{\left[\left(\frac{s(M_e)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_e}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_{em1} = 0,0523$$

$$U_{em2} = 0,0439$$

$$U_{em3} = 0,0505$$

$$u_{Dm1} = 0,2$$

$$u_{Dm2} = 0,2$$

$$u_{Dm3} = 0,2$$

$$u_{em1} = 0,1$$

$$u_{em2} = 0,1$$

$$u_{em3} = 0,1$$

**Cálculo de la incertidumbre por deriva**

$$u(\text{deriva}) = \sqrt{\frac{dif^2}{3}}$$

u(deriva1)=	0,0006
u(deriva2)=	0,0006

**Cálculo de la incertidumbre combinada**

$$u = \sqrt{u_{(\text{calibración})}^2 + u_E^2 + u(\text{deriva})^2}$$

	<b>Dm</b>	<b>emin</b>
u1=	0,3	0,2
u2=	0,3	0,2
u3=	0,3	0,2

**Cálculo de la incertidumbre total expandida**

$$U_{\text{exp}} = k \cdot u$$

La representación del resultado final de las dimensiones para la muestra 14-499-01 se representa de la siguiente manera:

<b>Muestra</b>	<b>Tubería</b>	<b>Dm</b>	<b>e<sub>min</sub></b>
14-499-01	1	800,4 ± 0,3	37,0 ± 0,2
	2	800,5 ± 0,3	37,2 ± 0,2
	3	800,5 ± 0,3	37,0 ± 0,2

**Las dimensiones de la muestra 14-099-01 son :**

- **Diámetro exterior: 800,5**
- **Espesor mínimo de pared: 37,1**

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p><i>Hoja 1 de 14</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

# LEMAT

## PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/19

### PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO USANDO EL EQUIPO DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA SCITEQ 2000

Fecha de Edición: 10 de Abril de 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p><i>Hoja 2 de 14</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	3
2. <b>ALCANCE</b> .....	3
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	4
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	4
4. <b>GENERAL</b> .....	5
4.1 Definiciones .....	5
4.2 Materiales y Equipos .....	6
4.3 Montaje de la tubería en el THERMO-TANK .....	8
4.4 Acondicionamiento .....	8
4.5 Uso del equipo.....	9
5. <b>ANÁLISIS DEL ENSAYO</b> .....	9
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	13
7. <b>INFORME</b> .....	13
8. <b>REENSAYOS EN CASO DE FALLA A 80°C</b> .....	13

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 3 de 14</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante el ensayo para controlar la presión hidrostática interna sostenida a 1 hora y la resistencia hidrostática sostenida a largo plazo en las tuberías usando el equipo SCITEQ-2000.

## 2. ALCANCE

El equipo SCITEQ-2000, compuesto por una cámara de inmersión termoregular denominada THERMO-TANK, un equipo para presurizar internamente a la tubería con sus respectivas bridas y su respectivo software, determina la las propiedades mecánicas en las tuberías plásticas.

El software muestra una gráfica del comportamiento de la presión interna en la tubería durante ensayo, que nos permite controlar el ensayo de una manera más confiable y valedera.

El presente procedimiento que será descrito, es solo aplicable a muestras de tuberías de polietileno.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p><i>Hoja 4 de 14</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

### 3. REFERENCIAS

#### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- Manual del banco de pruebas de presión hidrostática, marca SCITEQ-2000.
- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición
- INEN 503, “Determinación de la Resistencia a la Presión Hidrostática Interior Sostenida”, Primera Edición
- Información acerca del equipo SCITEQ ([www.sciteq.com](http://www.sciteq.com)).

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p><i>Hoja 5 de 14</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## 4. GENERAL

### 4.1 Definiciones

**Ensayo de Presión Sostenida:** Ensayo con presión interna constante mantenida por un período de tiempo extenso. INEN 1333

**Diámetro Exterior Medio:** Es el cociente entre el valor medido de de la circunferencia exterior del tubo y el valor de 3.142, ó el resultado del promedio de la medida de dos ó más diámetros, cuyo valor se redondeará al 0.1mm. INEN 1333.

**Esfuerzo Tangencial Inducido:** Esfuerzo de tensión con orientación circunferencial en la pared del tubo dado por la presión hidrostática interna. INEN 1333



<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p>Hoja 6 de 14</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	---	---

## 4.2 Materiales y Equipos

➤ Herramientas básicas:

Diámetro de la brida (mm)	Llave allen para cierre de mordazas de sujeción (mm)	Llave de boca y corona para conexión de acoples de presión y purga	
		(mm)	(pulgadas)
50	6	11 y 12	-
63	10	11 y 12	-
75	10	11 y 12	-
90	10	11 y 12	-
110	10	11 y 12	-
160	14	11 y 12	-
200	14	11 y 12	-
500	10	11 y 12	7/8



Figura 1. Juego de llaves y acoples para usar el equipo SCITEQ

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p><i>Hoja 7 de 14</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

- Bridas de cierre y mordazas de sujeción:



Figura 2. Bridas de cierre hermético y mordazas de ajuste

- Banco de pruebas de presión hidrostática interna SCITEQ-2000:

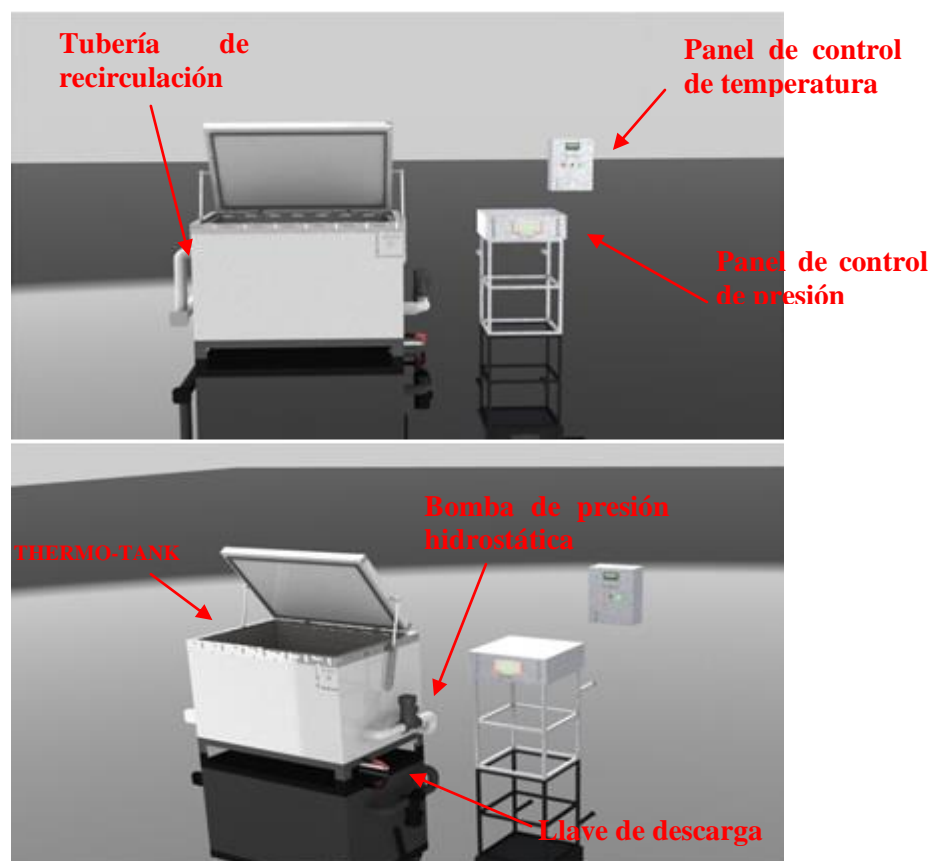


Figura 3. Equipo SCITEQ-2000

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p><i>Hoja 8 de 14</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

- Ordenador con software SCITEQ instalado

### 4.3 Montaje de la tubería en el THERMO-TANK

Para realizar el correcto montaje de las tuberías tome la referencia descrita en el instructivo de ensayo IE/LEMAT/07

### 4.4 Acondicionamiento

Se necesita 1 muestra, que está formada por 3 tuberías, las tuberías se deben seleccionar aleatoriamente por cada lote de 1200 unidades.

Una vez montada la tubería en el THERMO-TANK y realizada las respectivas verificaciones de fugas contempladas en el instructivo de ensayo IE/LEMAT/08, cada tubería debe acondicionarse a la temperatura de ensayo durante el tiempo establecido en la tabla 1.

Tabla 1. Tiempo de acondicionamiento de la muestra

<b>ESPESOR NOMINAL DE LA TUBERÍA (mm)</b>	<b>TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO (h)</b>
e < 3	1
3 ≤ e < 8	3
8 ≤ e < 16	6
16 ≤ e < 32	10
e ≥ 32	16

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 9 de 14</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

#### 4.5 Uso del equipo

Una vez terminado el correcto acondicionamiento se procede a aumentar la presión interna en el tubo hasta la presión de ensayo como se detalla en el instructivo de uso del equipo SCITEQ-2000 IU/LEMAT/05.

## 5. ANÁLISIS DEL ENSAYO

Durante el ensayo la muestra se encuentra sumergida en agua la cual actúa como un amortiguador en caso de que la tubería se reviente en cualquier momento.

En la interface del programa SCITEQ-2000 se muestra la gráfica del comportamiento de presión y temperatura respecto al tiempo y se puede verificar si la tubería presenta algún problema como:

- **Pérdida de presión:** Si durante el ensayo la línea de presión decrece por debajo de la línea de tolerancia mínima admisible.
- **Hinchamiento:** Si durante el ensayo la línea de presión está por debajo la línea de tolerancia mínima admisible y sigue decreciendo linealmente. Al retirar la muestra está presenta una forma parecida a un barril.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p><i>Hoja 10 de 14</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--



Forma Correcta



Forma Incorrecta

- **Reventamiento:** Si durante el ensayo hay una caída de presión brusca. Al retirar la tubería se podrá ver una grieta.



Tubería Reventada

Si la línea de presión se mantuvo entre las líneas de tolerancias durante todo el ensayo la muestra es aceptada, en el caso de que 2 ó más tuberías de la muestra sufran alguno de los problemas detallados anteriormente se rechaza la muestra. En el caso de que solo una tubería de la muestra falle se debe realizar un reensayo como se detalla en el inciso 8 de este procedimiento.

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p style="text-align: center;">Hoja 11 de 14</p> <p style="text-align: center;">Edición: Borrador</p>
--	---	--

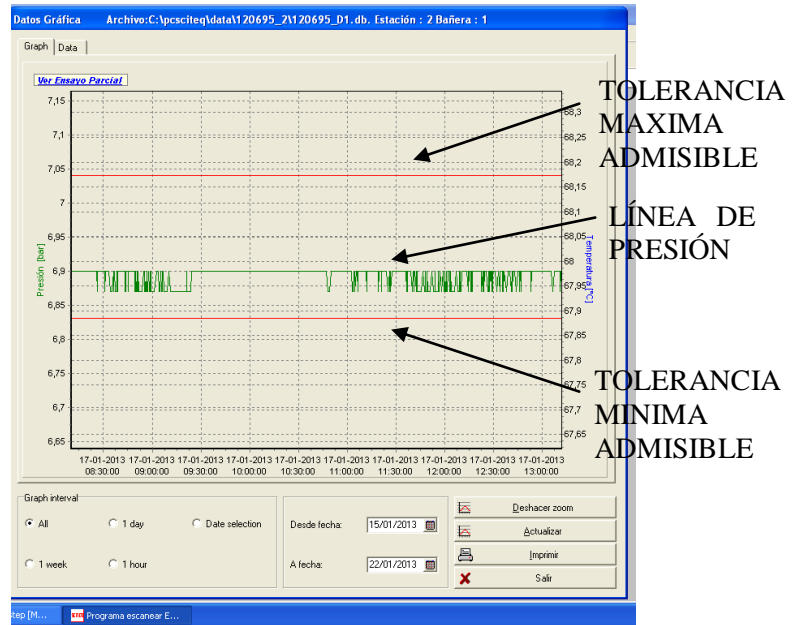


Figura 4. Gráfica de presión estable durante ensayo

**NOTA:** Cuando exista alguna deficiencia del suministro de energía, la corrida del programa se detendrá automáticamente pero se presentarán cambios bruscos en la gráfica; la línea de presión crecerá instantáneamente por encima de la tolerancia superior, y la línea de temperatura decrecerá instantáneamente, esto es debido a la sensibilidad de los instrumentos de medición. Cuando sucedan estos eventos y no duren mucho tiempo se puede continuar con la corrida del ensayo caso contrario se descarta la prueba y se realiza nuevamente el ensayo.

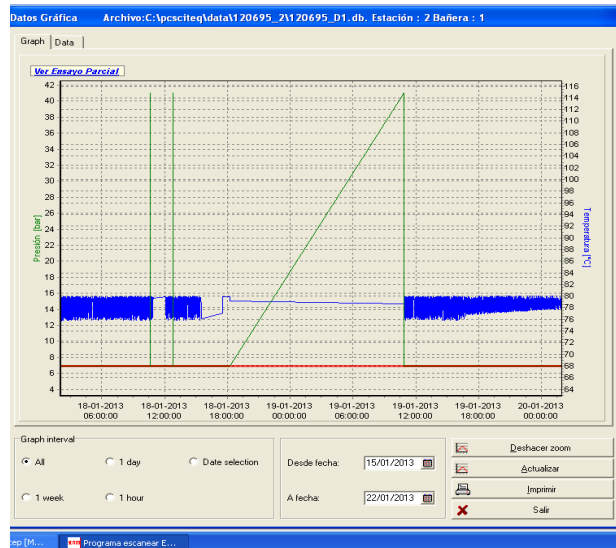


Figura 5. Cambio brusco en línea de presión debido a deficiencia de suministro de energía

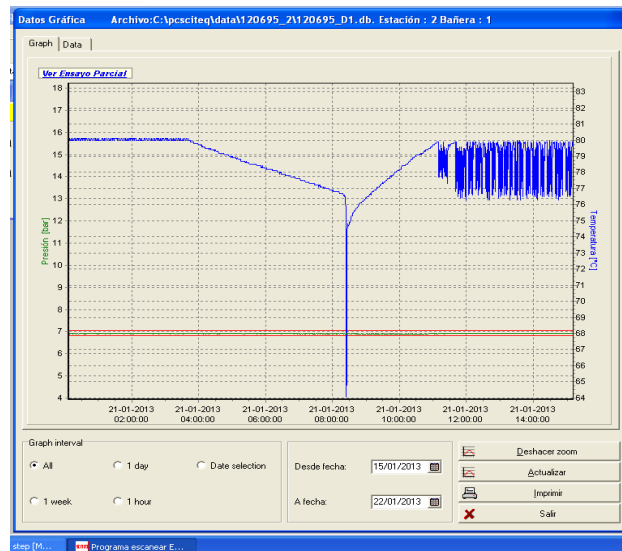


Figura 5. Cambio brusco en línea de temperatura debido a deficiencia de suministro de energía

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/19</b></p> <p><i>Hoja 13 de 14</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	--

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar el ensayo para determinar las dimensiones de la tubería según el procedimiento PEE/LEMAT/17 y PEE/LEMAT/18 antes de realizar este ensayo.
- La longitud mínima de la probeta no será menor de 250 mm en este ensayo.
- Las tuberías deberán ser cortadas y refrentadas por un proveedor externo.
- Verificar durante la corrida del ensayo que la gráfica de presión y de temperatura esté entre las tolerancias máxima y mínima.
- Guardar la gráfica que emite el reporte del software SCITEQ-2000 de las muestras en el escritorio del computador, para la emisión del reporte final con las siguientes características:

Formato: JPG

Tamaño: horizontal: 640 vertical: 350

## 7. INFORME

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE1901.

## 8. REENSAYOS EN CASO DE FALLA A 80°C

Si el cliente lo desea se puede realizar un reensayo en caso de que alguna muestra haya fallado a una temperatura de ensayo de 80°C.



<b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA EL CONTROL DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA SOSTENIDA A 1 HORA Y RESISTENCIA HIDROSTÁTICA SOSTENIDA A LARGO PLAZO</b>	<b>PEE/LEMAT/19</b>  <i>Hoja 14 de 14</i>  <i>Edición: Borrador</i>
--	--	---

1. Una fractura por cristalización en menos de 165 h constituye una falla por fragilidad
2. Si en un ensayo de 165 h una probeta falla en modo dúctil, se debe llevar a cabo un reensayo a un esfuerzo menor. El nuevo esfuerzo de ensayo y el nuevo tiempo mínimo de ensayo se deben seleccionar de la tabla 1, a través de los puntos de esfuerzo/tiempo.

Tabla 1 Resistencia hidrostática a 80°C. Requisitos para reensayo

PE 32		PE 40		PE 63		PE 80		PE 100	
Esfuerzo MPa	Tiempo mínimo de falla h	Esfuerzo MPa	Tiempo mínimo de falla H	Esfuerzo MPa	Tiempo mínimo de falla h	Esfuerzo MPa	Tiempo mínimo de falla h	Esfuerzo MPa	Tiempo mínimo de falla h
2,0	165	2,5	165	3,5	165	4,6	165	5,5	165
1,9	227	2,4	230	3,4	285	4,5	219	5,4	233
1,8	319	2,3	323	3,3	538	4,4	283	5,3	332
1,7	456	2,2	463	3,2	1000	4,3	394	5,2	476
1,6	667	2,1	675			4,2	533	5,1	688
1,5	1000	2,0	1000			4,1	727	5,0	1000
						4,0	1000		

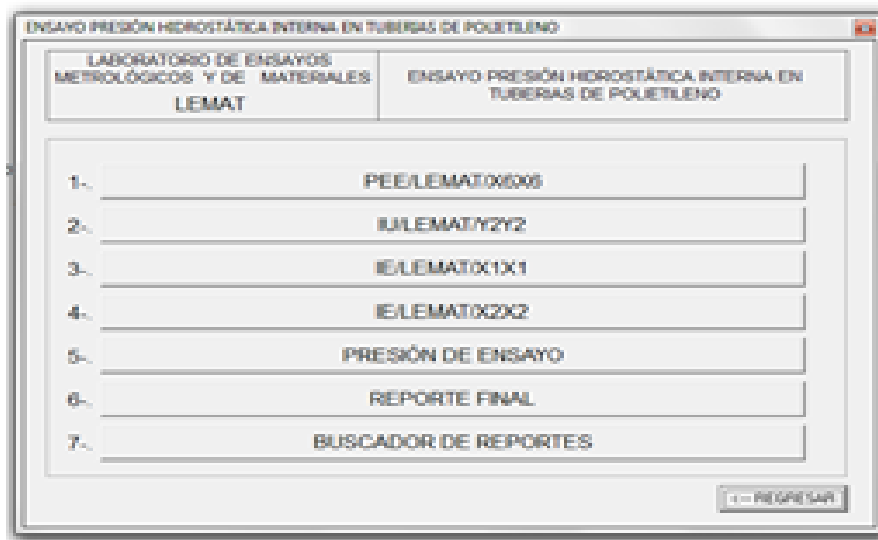
## **INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando 1 muestra de 3 tuberías seccionadas a 0,5 metro cada una, seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades

### **EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Antes de realizar el ensayo necesitamos encontrar la presión de ensayo con el programa, para ello seleccionamos la opción de ensayo para el control de propiedades mecánicas

2.- Escogemos la opción presión de ensayo en el menú



3.-Ingresamos los datos de la muestra

ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>	HOJA 1 DE 1 EDICIÓN BORRADOR
---	-----------------------------	------------------------------

**DATOS GENERALES DE LA MUESTRA**

CÓDIGO DE MUESTRA: 14-503-01

PRESIÓN NOMINAL (MPa): 0.8

DIÁMETRO NOMINAL (mm): 800

ESPESOR NOMINAL (mm): 38.1

TEMPERATURA DE ENSAYO (°C): 20

TIEMPO DE ENSAYO (h): 100

TIPO DE POLIETILENO: 100

SIGUIENTE →

INEN1744

;;;PARÁMETROS DE ENSAYO;;;

PRESIÓN DE ENSAYO: 12,4 Bar

TEMPERATURA DE ENSAYO: 20 °C

TIEMPO DE ENSAYO: 100 h

Aceptar

4- Procedemos a realizar el ensayo, ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT

ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERIOR EN LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 1 DE 10 EDICIÓN BORRADOR
---	--	-------------------------------

FECHA DE ENSAYO: 10/04/2014

N. ORDEN DE TRABAJO: OT-189-14

ANALISTA: Jairo Tigero

N. INFORME: 14-453

<-- REGRESAR SIGUIENTE -->

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa

ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

HOJA 2 DE 10 EDICION BORRADOR

### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPO EMPLEADO

#### EQUIPO

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

id	codigo	descripcion	Marca	Modelo	Serie	Rango	resolu
▶ 10	EM-13	Presión Hidrostática Int	SCITEQ	2000	-	0-100	0,01

#### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

##### TRANSDUCTOR DE PRESIÓN

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

RANGO (Bar):

RESOLUCIÓN (Bar):

##### TERMOCUPLA

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

RANGO (°C):

RESOLUCIÓN (°C):

id	codigo	descripcion	Marca
▶ 8	EM-001-23	Transductor de presión	Trafac

id	codigo	descripcion	Marca
▶ 9	EM-89	Termocupla	Baumer

SIGUIENTE ...>

3.- Ingresamos la información general de la muestra y los datos respecto al acondicionamiento de la misma

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 3 DE 10 EDICION BORRADOR
<b>DATOS GENERALES DE LA MUESTRA</b>		
CÓDIGO DE MUESTRA:	<input type="text" value="14-503-01"/>	
PRESIÓN NOMINAL (MPa):	<input type="text" value="1.25"/>	
DIÁMETRO NOMINAL (mm):	<input type="text" value="800"/>	
ESPESOR NOMINAL(mm):	<input type="text" value="38.1"/>	
<b>ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS</b>		
LONGITUD LIBRE DE TUBERÍA 1 (mm):	<input type="text" value="500"/>	ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD/ ACEITE/ CONTAMINANTES EN MUESTRAS <input type="text" value="CONFORME"/>
LONGITUD LIBRE DE TUBERÍA 2 (mm):	<input type="text" value="500"/>	
LONGITUD LIBRE DE TUBERÍA 3 (mm):	<input type="text" value="500"/>	
PERÍODO DE ACONDICIONAMIENTO DE: MUESTRA (h)	<input type="text" value="16"/>	
<input type="button" value="SIGUIENTE --&gt;"/>		

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 10 EDICIÓN BORRADOR
<b>DIAMETRO NOMINAL DE LA MUESTRA (mm)</b>		
DN <input type="text" value="800"/>		
<b>ESPESOR NOMINAL DE LA MUESTRA (mm)</b>		
e <input type="text" value="38.1"/>		
<b>MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE MUESTRA</b>		
PRIMERA TUBERÍA		
TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C): <input type="text" value="23.2"/>		
<input type="button" value="SIGUIENTE --&gt;"/>		

4.-Realizamos el ensayo y medimos el diámetro exterior medio, espesor mínimo de pared según el **PEE/LEMAT/X4X4** y **PEE/LEMAT/X5X5**.

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 10 EDICION BORRADOR
<b>RESULTADOS DE ENSAYO</b>		
DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA TUBERÍA 1 (mm):	800.4	± 0.3
ESPELOR MÍNIMO DE PARED DE LA TUBERÍA 1 (mm):	37	± 0.2
DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA TUBERÍA 2 (mm):	800.5	± 0.3
ESPELOR MÍNIMO DE PARED DE LA TUBERÍA 2 (mm):	37.2	± 0.2
DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA TUBERÍA 3 (mm):	800.5	± 0.3
ESPELOR MÍNIMO DE PARED DE LA TUBERÍA 3 (mm):	37	± 0.2
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>		
PRESIÓN DE ENSAYO (Bar):	12.4	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	20	
TIEMPO DE ENSAYO (h):	100	
<a href="#">SIGUIENTE --&gt;</a>		

4.-Para cada tubería registramos la fecha y hora en la que arranca el ensayo y la fecha y hora en la que se da por concluido, de igual manera al terminar el ensayo debe registrar el tipo de falla que presentó la tubería

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 5 DE 10 EDICION BORRADOR
---	--	-------------------------------

**MEDICIÓN DE TIEMPO DE FALLA DE LA TUBERÍA 1**

FECHA DE INICIO: 10/04/2014      FECHA DE FIN: 14/04/2014  
HORA DE INICIO: 8:00:00      HORA DE FIN: 16:00:00

**TUBERÍA 1**

GRÁFICA DE PRESIÓN INTERNA DE LA TUBERÍA 1

c:

- C:\
- Users
- JGastezzi
- Desktop

- 14-503-01.jpg
- 14-503-02.jpg
- 14-503-03.jpg
- Fotomicrografia 1.jpg
- Fotomicrografia 2.jpg

SIGUIENTE -->

ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 6 DE 10 EDICION BORRADOR
---	--	-------------------------------

**TIPO DE FALLA DE LA TUBERÍA 1**

PÉRDIDA DE PRESIÓN  
 HINCHAMIENTO  
 REVENTAMIENTO  
 FILTRACIÓN  
 **NO FALLA**

SIGUIENTE -->

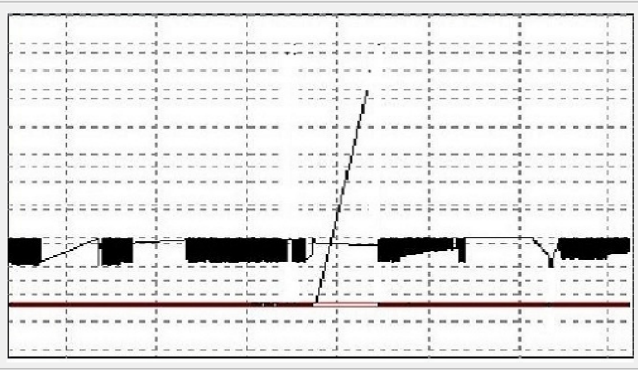
Archivo Actual: 14-503-02.jpg

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 7 DE 10 EDICION BORRADOR
---	--	-------------------------------

**MEDICIÓN DE TIEMPO DE FALLA DE LA TUBERÍA 2**

FECHA DE INICIO: 15/04/2014      FECHA DE FIN: 19/04/2014  
HORA DE INICIO: 8:00:00      HORA DE FIN: 11:00:00

**TUBERÍA 2**



GRÁFICA DE PRESIÓN INTERNA DE LA TUBERÍA 2

SIGUIENTE ---->

ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 8 DE 10 EDICION BORRADOR
---	--	-------------------------------

**TIPO DE FALLA DE LA TUBERÍA 2**

- PÉRDIDA DE PRESIÓN
- HINCHAMIENTO
- REVENTAMIENTO
- FILTRACIÓN
- NO FALLA

SIGUIENTE ---->



Archivo Actual: 14-503-03.jpg

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 9 DE 10 EDICION BORRADOR
---	--	-------------------------------

**MEDICIÓN DE TIEMPO DE FALLA DE LA TUBERÍA 3**

FECHA DE INICIO	20/04/2014	FECHA DE FIN	22/04/2014
HORA DE INICIO	8:00:00	HORA DE FIN	12:00:00

**TUBERÍA 3**

GRÁFICA DE PRESIÓN INTERNA DE LA TUBERÍA 3

SIGUIENTE -->

ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERNA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 10 DE 10 EDICION BORRADOR
---	--	--------------------------------

**TIPO DE FALLA DE LA TUBERÍA 3**

PÉRDIDA DE PRESIÓN  
 HINCHAMIENTO  
 REVENTAMIENTO  
 FILTRACIÓN  
 NO FALLA

**DERIVA DE CALIBRACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN (TRAFAC)**

INCERTIDUMBRE MÁXIMA ACTUAL %FS:	0.69	%	K:	2
INCERTIDUMBRE MÁXIMA ANTERIOR %FS:	0.67	%	K:	2

SIGUIENTE -->

5.- Finalizamos el ensayo completando la información de las calibraciones de los instrumentos usados y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

INEN1744

REPORTE AL DT DEL LEMAT QUE EL ENSAYO TERMINO Y ALMACENE EL DOCUMENTO CON EL NOMBRE DE LA ORDEN DE TRABAJO

Aceptar

## REPORTE FINAL

Analista: Jairo Tigero      Fecha de emisión: 04/10/2014  
N° Informe: 14-453      Número de Orden: OT-189-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPO EMPLEADO			
Equipo:			
Marca:	SCITEQ		
Modelo:	2000		
No de Serie:	-		
Código LEMAT:	EM-13		
Transductor de presión		Termocupla	
Marca:	Trafac	Marca:	Shimadzu
Modelo:	-	Modelo:	AX-200
No de Serie:	-	No de Serie:	23456-F235
Código LEMAT:	EM-001-23	Código LEMAT:	EM-
Rango (Bar):	0-100	Rango (°C):	0-100
Resolución (Bar):	0,01	Resolución (°C):	0,0001

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	INEN 503, ISO 1167, INEN 1744

PEE/LEMAT/X6X6-ED

**DATOS DE LA MUESTRAS**

Código de la muestra:	14-503-01
Presión Nominal (Mpa):	1,25
Díametro Nominal (mm):	800
Espesor Nominal(mm):	38,1

**ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA**

Eliminación de suciedad/aceite/contaminantes en muestras:	CONFORME	
Longitud libre de la primera tubería:	500	mm
Longitud libre de la segunda tubería:	500	mm
Longitud libre de la tercera tubería:	500	mm
Periodo de acondicionamiento de la muestra:	16	h

**RESULTADOS DE ENSAYO**

Díametro exterior promedio de probeta 1:	800,4	±	0,2	mm
Espesor mínimo de pared de probeta 1:	37,00	±	0,20	mm
Díametro exterior promedio de probeta 2:	800,5	±	0,2	mm
Espesor mínimo de pared de probeta 2:	37,20	±	0,20	mm
Díametro exterior promedio de probeta 3:	800,3	±	0,2	mm
Espesor mínimo de pared de probeta 3:	37,00	±	0,20	mm
Presión de ensayo:	12,40			Bar
Temperatura de ensayo:	20,0			°C
Tiempo de ensayo:	100			h

Nota: El diámetro exterior promedio y el espesor mínimo de pared se lo obtuvo de acuerdo al PEE/LEMAT/06X6 y PEE/LEMAT/06X5

PEE/LEMAT/06X6-ED

**RESULTADOS DE ENSAYO**

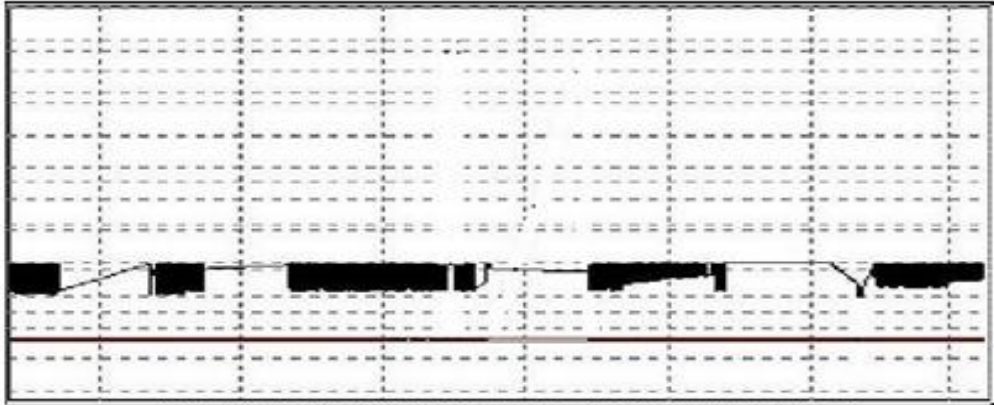


Figura 1. Gráfico de la presión interna de la primera tubería de la muestra 14-503-01

Nota: Las líneas negras representan la historia de presión (la línea azul indica la referencia de la temperatura) y la línea verde es la línea de presión de referencia.

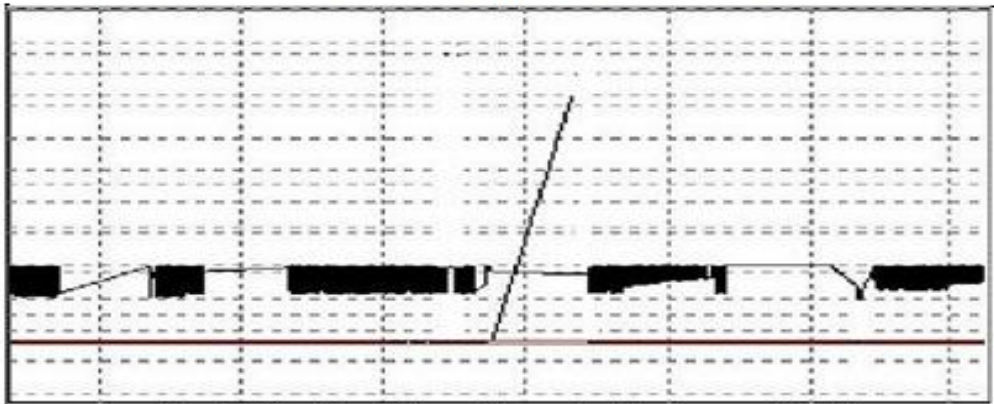


Figura 2. Gráfico de la presión interna de la segunda tubería de la muestra 14-503-01

Nota: Las líneas negras representan la historia de presión (la línea azul indica la referencia de la temperatura) y la línea verde es la línea de presión de referencia.

## RESULTADOS DE ENSAYO

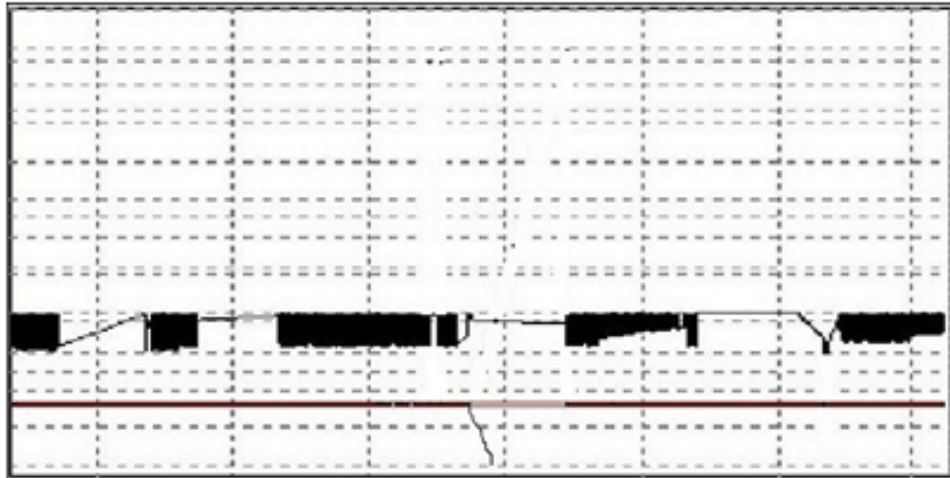


Figura 3. Gráfica de la presión interna de la tercera tubería de la muestra 14-503-01

Nota: Las líneas negras representan la información de presión, la línea azul indica la información de la temperatura y la línea verde es la línea de presión interna actual.

## CONCLUSIONES DEL ENSAYO

Las muestras y la información fueron proporcionadas por el cliente.  
El tiempo de falla de las tuberías se detalla a continuación:

Tubería	Tiempo de Falla (min)
1	6240
2	5940
3	3120

El tipo de falla y el esfuerzo tangencial de las tuberías se detalla a continuación:

Tubería	Tipo de Falla
1	No Falla
2	Reventamiento
3	Pérdida de presión

Tubería	Esfuerzo Tangencial Inducido (Bar)		
1	127,92	±	2,92
2	127,22	±	2,89
3	127,94	±	2,92

**Observaciones:**

La primera tubería no presenta ningún defecto, por lo tanto aprueba el ensayo

La segunda tubería presentó una rotura de la pared del tubo con disminución inmediata en la presión y pérdida continua de fluido

La tercera tubería presentó una pérdida continua de presión

La muestra 14-503-01 presentó dos fallas, por lo tanto se rechaza el lote del que proviene

La muestra 14-503-01 presentó un tiempo promedio de falla de 51,00 min

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Pezugachi B.  
Director del Laboratorio

**Nota:** Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, o otra aprobación escrita de LEMAT.  
Calle 9441, Campus "Ciudad Colombia V" Km 30.2 vía general, Santiago de Cali de la Zona Centro.  
Tel: (051-1)3200000 - Teléfono 3200000  
Correo: lemat@cegepi.edu.co  
NIC 2022-01

PEE/LEMAT/XB6-ED

6.- Como se puede notar en el informe, el esfuerzo tangencial inducido es 127,7 Bar, estos resultados son iguales a los obtenidos mediante una hoja electrónica como se detalla a continuación

Guayaquil, 10 de abril de 2014

### Validación de Software INEN 1744 para ensayo de presión hidrostática interna

\* Para validar el software INEN 1744 simularemos una muestra de 3 tuberías seccionadas a 1 metro cada una, seleccionas al azar de un lote de 1200 unidades

Asumimos que la muestra tiene un diámetro nominal de 800 mm y un espesor nominal de 38,1 mm

El esfuerzo tangencial inducido ( $\sigma_p$ ) se expresa como:

$$\sigma_p = \frac{P_e}{2} \left( \frac{D_m}{e_{min}} - 1 \right)$$

$\sigma_p$  → Esfuerzo Tangencial Inducido (Bar)

$P_e$  → Presión de ensayo (Bar)

$D_m$  → Diámetro exterior medio (mm)

$e_{min}$  → Espesor de pared mínimo (mm)

<b>Muestra 14-503-01</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Tubería 1</b>	<b>Tubería 2</b>	<b>Tubería 3</b>
<b>D<sub>m</sub></b>	800,4 ± 0,2	800,5 ± 0,2	800,5 ± 0,2
<b>e<sub>min</sub></b>	37,0 ± 0,2	37,2 ± 0,2	37,0 ± 0,2

Nota: Esta información fue obtenida en base al PEE/LEMAT/X4X4 y PEE/LEMAT/X5X5

<b>Tiempo de ensayo</b>	100 h
<b>Temperatura de ensayo</b>	20 °C

Asumimos que el tipo de polietileno es 100 y la tubería tiene una presión nominal de 0,8 Mpa

Para el cálculo de la presión de ensayo se emplea la siguiente formula:

Presión de ensayo @ 100h @ 20°C =  $2\sigma/((DN/e)-1) = 2*12,4/((800/38,1)-1) = 1,2402$  MPa

Pe=	12,40	Bar
-----	-------	-----

Nota: El factor ( $\sigma$ ) para ensayos se lo obtuvo de la tabla 19 descrito en la norma nacional INEN 1744

Para la primera tubería de la muestra 14-503-01 se obtuvo lo siguiente:

Fecha de inicio: 10/04/2014                      Fecha de fin: 14/04/2014  
Hora de inicio: 8:00:00                      Hora de fin: 16:00:00

$\sigma_p$	127,94	Bar
Tiempo de falla	104 h	6240 min

**Nota:** No falla la tubería.

Para la segunda tubería de la muestra 14-503-01 se obtuvo lo siguiente:

Fecha de inicio: 15/04/2014                      Fecha de fin: 19/04/2014  
Hora de inicio: 8:00:00                      Hora de fin: 11:00:00

$\sigma_p$	127,23	Bar
Tiempo de falla	99 h	5940 min

**Nota:** La tubería falla presentando una caída de presión

Para la tercera tubería de la muestra 14-503-01 se obtuvo lo siguiente:

Fecha de inicio: 20/04/2014                      Fecha de fin: 22/04/2014  
Hora de inicio: 8:00:00                      Hora de fin: 12:00:00

$\sigma_p$	127,95	Bar
Tiempo de falla	52 h	3120 min

**Nota:** La tubería se reventó



### Evaluación de la incertidumbre en el ensayo

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre máxima actual del transductor de presión (%):	0,69
Factor de cobertura k1:	2
Incertidumbre máxima anterior del transductor de presión (%):	0,67
Factor de cobertura k2:	2
Resolución del transductor de presión (Bar):	0,01

Cálculo de la incertidumbre estándar

$$u(\text{calibración}) = \frac{U_c}{k}$$

u(calibración1)=	0,00345
------------------	---------

Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo

$$u_E = 2 \times U_c$$

$$U_c = \sqrt{C_{p_e}^2 \cdot U_{p_e}^2 + C_{D_m}^2 \cdot U_{D_m}^2 + C_e^2 \cdot U_e^2}$$

$$U_{p_e} = \frac{\text{res}_{p_e}}{\sqrt{3}}$$

U <sub>pe</sub> = 0,0058
--------------------------

$$U_{D_m} = \sqrt{\left[ \left( \frac{s(\overline{M}_D)}{\sqrt{n}} \right)^2 + \left( \frac{\text{res}_{D_m}}{\sqrt{3}} \right)^2 \right]}$$

U <sub>D1</sub> = 0,3
-----------------------

U <sub>D2</sub> = 0,3
-----------------------

U <sub>D3</sub> = 0,3
-----------------------

$$U_e = \sqrt{\left[ \left( \frac{s(\overline{M}_e)}{\sqrt{n}} \right)^2 + \left( \frac{\text{res}_e}{\sqrt{3}} \right)^2 \right]}$$

U <sub>e1</sub> = 0,2
-----------------------

U <sub>e2</sub> = 0,2
-----------------------

U <sub>e3</sub> = 0,2
-----------------------

**Cálculo del coeficiente de sensibilidad**

$$C_{P_e} = \frac{1}{2} \left( \frac{Dm}{e} - 1 \right)$$

C <sub>pe1</sub> =	10,32
C <sub>pe2</sub> =	10,26
C <sub>pe3</sub> =	10,32

$$C_{Dm} = \frac{P_e}{2 e}$$

C <sub>Dm1</sub> =	0,17
C <sub>Dm2</sub> =	0,17
C <sub>Dm3</sub> =	0,17

$$C_e = - \frac{P_e Dm}{2 e^2}$$

C <sub>e1</sub> =	-3,62
C <sub>e2</sub> =	-3,59
C <sub>e3</sub> =	-3,63

Uc1= 0,73
Uc2= 0,72
Uc3= 0,73

uE1= 1,46
uE2= 1,44
uE3= 1,46

**Cálculo de la incertidumbre por deriva**

$$u(\text{deriva}) = \sqrt{\frac{\text{dif}^2}{3}}$$

u(deriva1)= 0,0001
--------------------

**Cálculo de la incertidumbre combinada**

$$u = \sqrt{u_{(\text{calibración})}^2 + u_E^2 + u(\text{deriva})^2}$$

u1= 1,46
u1= 1,44
u1= 1,46

### Cálculo de la incertidumbre total expandida

$$U_{exp} = k \cdot u$$

$U_{exp1}$	=	
$U_{exp2}$	=	2,91
$U_{exp3}$	=	2,88
		2,91

La representación del resultado final de la densidad para la muestra 14-1742-01 se representa de la siguiente manera:

Muestra	Tubería	$\sigma_p$	Unidad
14-503-01	1	127,94 $\pm$ 4,25	Bar
	2	127,23 $\pm$ 4,16	Bar
	3	127,95 $\pm$ 4,25	Bar

Dos tuberías de la muestra 14-503-01 presentaron fallas durante el ensayo, por lo tanto se rechaza el lote del que provienen

La muestra 14-503-01 tuvo un tiempo promedio de falla de 5100 min

<b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>INSTRUCTIVO DE ENSAYO</b>  <b>INSTRUCCIÓN PARA EL MONTAJE Y DESMONTAJE DE TUBERÍAS EN EL THERMO- TANK</b>	<b>IE/LEMAT/07</b>  <i>Hoja 1 de 8</i>  <i>Edición: Borrador</i>
---	--	--

## 1. Matriz y Evaluación de Riesgos

En la identificación de peligros y evaluación de riesgos se ha establecido criterios para estimar la probabilidad y cuantificar las consecuencias que puedan ocasionarse al ocurrir un incidente y/o accidente. Los criterios son los mostrados en la tabla 1 y 2. Este criterio es contextualizado a la realidad del Laboratorio y a los niveles de ingreso que posee.

<b>PROBABILIDAD</b>	<b>CRITERIO</b>
ALTA	CUANDO REPRESENTA MAS DEL 50% DE OCURRENCIA
MEDIA	CUANDO REPRESENTA ENTRE EL 25% Y 50% DE OCURRENCIA
BAJA	CUANDO REPRESENTA MENOS DEL 25% DE OCURRENCIA

Tabla 1.- Criterios para la cuantificación de la probabilidad de ocurrencia

<b>GRAVEDAD</b>	<b>CRITERIO</b>
ALTA	PÉRDIDA DE EXTREMIDADES, FATALIDAD Ó PÉRDIDAS ECONÓMICAS SUPERIORES A \$1000
MEDIA	LESIONES NO MENORES EN LAS PERSONAS Ó PÉRDIDAS ECONÓMICAS ENTRE \$300 Y \$1000
BAJA	LESIONES MENORES Ó PÉRDIDAS ECONÓMICAS MENORES DE \$300

Tabla 2.- Criterios para la cuantificación de la gravedad del daño

<b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>INSTRUCTIVO DE ENSAYO</b>  <b>INSTRUCCIÓN PARA EL MONTAJE Y DESMONTAJE DE TUBERÍAS EN EL THERMO- TANK</b>	<b>IE/LEMAT/07</b>  <i>Hoja 2 de 8</i>  <i>Edición: Borrador</i>
--	--	--

Con el uso de la matriz bimodal de la tabla 3 se estima el riesgo.

		GRAVEDAD			
		BAJA	MEDIA	ALTA	
PROBABILIDAD	BAJA	1	2	3	TOLERABLE
	MEDIA	2	4	6	MODERADO
	ALTA	3	6	9	NO TOLERABLE

Tabla 3.- Método Bimodal de evaluación

A continuación se detalla la matriz de riesgo evaluada para este ensayo.

## MATRIZ DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE RIESGOS

IDENTIFICACION										EVALUACION				
UBICACION	PROCESO ANALIZADO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES DEL PROCESO	TAREAS DEL OPERADOR	CARGO O PUESTO DE TRABAJO	TRABAJADORES (TOTAL)	VULNERABLES No.	Mujeres No.	Hombres No.	TIPO DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	ESTIMACION DE RIESGO
ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD DE TUBERÍAS PLÁSTICAS	Ensayo de presión hidrostática sostenida a 1 hora en tuberías de polietileno	Preparación de la tubería y del equipo	Medición de la tubería (muestra o probeta)	*Medir la probeta con un flexómetro (Nota: En caso de medir mas de 1 m enviar a cortar y reffrentar las caras de la probeta con un proveedor)	Analistas	1	0	0	1	Fisico	*Cortaduras menores en manos	Baja	Baja	1
			Biselado o Pulida	*Conectar la amoladora a una fuente de poder de 110 v	Analistas	1	0	0	1	Fisico	*Descargas electricas	Baja	Meda	2
				*Desbloquear la amoladora						Fisico	*Cortaduras menores y mayores en manos	Baja	Meda	2
				*Pulir la probeta en ambos extremos						Fisico	*Afecciones en organos visuales a causa de virutas	Alta	Meda	6
			Colocación de bridas de cierre	*Se coloca la brida inferior en un piso plano.	Analistas	3	0	0	3	Fisico	*Atrampamiento de las extremidades del operario a causa de movimientos bruscos con los acoples.	Meda	Alta	6
				*Acoplar la tubería a la base de la brida inferior.						Fisico	*Fatiga muscular	Meda	Meda	4
				*Colocar las mordazas tipo cuña entre la base de la brida inferior y la tubería.						Ergonómico	*Lesiones menores y mayores en las extremidades del operario.	Baja	Meda	2
				*Ajustar los pernos de sujeción de las mordazas a la base de la brida inferior. Nota: Repita el mismo procedimiento para los colocar la brida superior.										
			Preparación de la cámara de presión hidrostática (THERMO-TANK)	*Colocación del palet en la cámara empleando una escalera.	Analistas	1	0	0	1	Fisico Fisico/Ergonómico	*Caída del Operario *Lesiones menores y mayores en cabeza, columna y/o extremidades.	Baja Baja	Meda Meda	2 2
			Colocación de la probeta en la cámara hidrostática	*Ubicar la probeta en una superficie plana al frente del THERMO-TANK.	Analistas	3	0	0	3	Fisico	*Caída de la probeta sobre el Operario causando lesiones mayores en todo su cuerpo.	Meda	Alta	6
*Colocar en los extremos de las bridas las bandas para levantar la probeta. *Levantar la probeta con la ayuda del tecom para introducirla en la cámara. (Debe direccionar la probeta durante la subida para evitar que se desestabilice).		*Daños en la probeta y/o equipo		Meda						Alta	6			
Llenado de la probeta	*Llenar la tubería preparada con agua. *Colocar la manguera de presión para llenar la tubería de agua hasta tener la tubería purgada de aire. *Realizar la inspección de fugas de agua según el instructivo LEU/LEMAT/03.	Analistas	1	0	0	1	Fisico	*Caída del operario	Baja	Meda	2			
Llenado de la cámara y compuerta de seguridad del THERMO-TANK	*Llenar de agua la cámara del THERMO-TANK. *Cerrar la compuerta de seguridad del THERMO-TANK	Analistas	1	0	0	1	Fisico	*Agarre de dedos y manos	Baja	Meda	2			
Retiro de la muestra	Retiro de la muestra	Analistas	3	0	0	3	Fisico	*Caída de la probeta sobre el Operario causando lesiones mayores en todo su cuerpo. *Daños en la probeta y/o equipo	Meda	Alta	6			

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCTIVO DE ENSAYO</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN PARA EL MONTAJE Y DESMONTAJE DE TUBERÍAS EN EL THERMO-TANK</b></p>	<p><b>IE/LEMAT/07</b></p> <p>Hoja 4 de 8</p> <p>Edición: Borrador</p>
---	--	---

## 2. Guía operativa para el montaje

Control Operacional.

Guía Operativa

Tarea: Biselado o Pulida de la probeta.

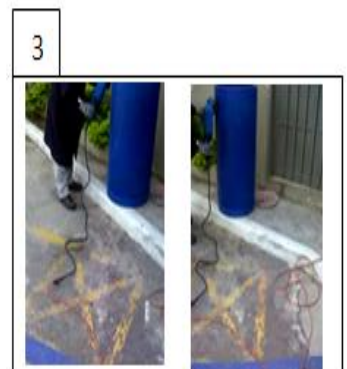
Equipos necesarios	
	<p><b>Básicos EPP:</b> Guantes, Botas, Tapones auditivos, Visor de seguridad, Mascarilla.</p> <p><b>Equipos/ Implementos:</b> Esmeriladora Manual, Extensión eléctrica, Alfombra antideslizante</p>



\* FAMILIARICÉSE CON SU HERRAMIENTA ELECTRICA. Lea cuidadosamente el manual del operador.  
\*Revise que no haya partes móviles desalineadas o agarrotadas, ni ninguna otra situación que pudiera afectar la operación de la herramienta.



\* Fijar la probeta sobre una superficie antideslizante u otro método práctico para afianzar y sostener la pieza de trabajo en una plataforma estable. Sujetar la probeta con la mano o contra el cuerpo es inestable y puede provocar una pérdida del control de la maniobra.



\* Antes de conectar la pulidora a la corriente eléctrica, se debe verificar que el mecanismo de encendido se encuentre en la posición de apagado.  
\* Conectar la pulidora a una fuente de poder de 110 V y desbloquearla previo al encendido de la misma.  
\* Cerciórese de que la protección de la amoladora cubra la parte frontal orientado hacia usted.

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCTIVO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN PARA EL MONTAJE Y DESMONTAJE DE TUBERÍAS EN EL THERMO-TANK</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IE/LEMAT/07</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 5 de 8</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	---

4



- \* Pulir la probeta en ambos extremos
- \* Al utilizar la esmeriladora, siempre sujétela firmemente. Mantenga sus manos bien alejadas de la galleta o cepillo esmerilador. Nunca se ponga debajo de la herramienta mientras el disco de lijado esté en movimiento.

5



- \* Siempre use protección auricular (tapones auditivos), facial (visor de seguridad) y corporal completa (guantes, overol). Utilizar en los procesos de pulido una máscara a fin de brindar protección por el material particulado generado.

6



- \* Con la ayuda de otro operador se procederá a voltear cuidadosamente la probeta para biselar el extremo faltante.
- \* No intente llegar donde no alcanza. Mantenga su posición vertical y equilibrio en todo momento.
- \* Finalizado el trabajo **DESCONECTE** el cable de poder, tirando siempre del enchufe no del cable

### Guía Operativa

**Tarea: Colocación de acoples en la probeta de polietileno de alta densidad.**

#### Equipos necesarios

	<p><b>Básicos EPP:</b> Guantes, Botas punta de acero, Casco.</p> <p><b>Equipos/ Implementos:</b> Tecla, Alfombra de caucho, Eslingas, Martillo de goma, Guantes para colocación de grasa.</p>
--	---





Con la ayuda del tecele izar el acople inferior asegurándose de escoger un cabo adecuada, por lo general de diámetro mayor a 10mm.  
Colocar el acople inferior en alfombra de caucho y tener cuidado de aplastamiento al asentar el acople en el suelo, tomar una distancia de 50 cm por seguridad



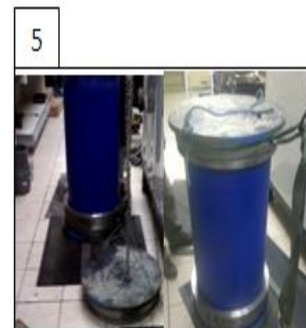
Colocar la grasa en la muestra usando los guantes apropiados de caucho para proteger la piel.  
Colocar la probeta en el acople inferior teniendo cuidado al levantar la probeta, hacer que trabajen las rodillas al levantar y no forzar la columna.



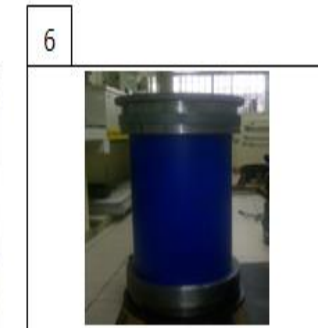
Realizar prueba de sellado entre la probeta y el acople.  
Limpiar y secar el piso en caso que haya fuga de agua.



Transportar mordazas hacia la probeta hasta situarlas en el lugar de montaje.  
Cerrar mordazas haciendo torniquete evitando acercar los dedos a la banda que esté haciendo el torniquete.  
Realice la sujeción de mordazas mediante pemos.



Colocar la grasa en la parte superior de la probeta usando los guantes apropiados de caucho para proteger la piel.  
Con la ayuda del tecele izar acople superior y direccionarlo hacia el extremo superior de la probeta.  
Colocar mordazas en la parte superior de forma similar a lo indicado en el paso 4.



Hacer presión con las bandas para cerrar mordazas con los pemos y evitar lesiones en el operario.

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCTIVO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN PARA EL MONTAJE Y DESMONTAJE DE TUBERÍAS EN EL THERMO-TANK</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IE/LEMAT/07</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 7 de 8</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	---

Guía Operativa

Tarea: Colocación de la probeta en la cámara de ensayos de presión hidrostática.

**Equipos necesarios**



**Básicos EPP:** Guantes, Botas punta de acero, Tapones auditivos, Casco.

**Equipos/ Implementos:** Tecla, Alfombra de caucho, Eslingas, Pallets.



\*Apoyar ambos extremos de la probeta en el piso tal que la longitud entre los acoples sea paralela a la longitud más larga de la cámara de presión.



\*Asegurar las eslingas en ambos acoples dando una vuelta en cada una de ellas.  
\*Conectarlas a la cuña del tecla.



\*Con la ayuda del tecla elevar el sistema a una altura aproximada de 1,70 m.  
\*Ningún operario deberá quedarse debajo del sistema en elevación.  
\*En caso de ser necesario direccionar el sistema tomándolo únicamente de los acoples.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCTIVO DE ENSAYO</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN PARA EL MONTAJE Y DESMONTAJE DE TUBERÍAS EN EL THERMO- TANK</b></p>	<p><b>IE/LEMAT/07</b></p> <p><i>Hoja 8 de 8</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---



\*Direcccionar el sistema hacia el centro de la cámara Hidrostática.  
\*Bajar el sistema lentamente procurando ubicarlo sobre el pallet que se encuentra en la cámara.



\*Liberar las eslingas de la cuña.

**NOTA:** Una vez realizado el montaje de la tubería en el THERMO-TANK, se procederá a llenar el interior de la tubería con agua, realizando la debida purga e inspeccionando visualmente que el cierre haya sido hermético, como se indica en el instructivo IE/LEMAT/08. Una vez pasada la prueba de hermeticidad se procederá a llenar el THERMO-TANK con agua a temperatura ambiente hasta que el nivel de agua este por encima de la muestra.

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCTIVO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCTIVO PARA LA VERIFICACIÓN DE FUGAS EN TUBERÍAS</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IE/LEMAT/08</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 1 de 1</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## 1. Descripción

1. Extraer el acople de presión y purga y llenar con agua el interior la tubería hasta que se llene completamente para extraer todo el aire del tubo.
2. Colocar el acople de presión y de purga.
3. Verificar que la válvula de alivio este cerrada y encender el equipo de presión, presionando el botón de encendido.
4. Conectar la manguera hidráulica a la tubería y a una estación del THERMO-TANK
5. Corra el programa SCITEQ con los siguientes parámetros
  - Descripción: verificación de fuga
  - Tiempo deseado: 15 min
  - Presión deseada: 0.5 bar
  - Tiempo de subida: 60 segundos
6. Seleccione la opción transmitir y aceptamos.
7. Verificar visualmente que no existan fugas por las secciones de las bridas de cierre y en la zona periférica.  

NOTA: En caso de presenciar fugas realice un reajuste a los pernos de sujeción de las bridas hasta que la fuga se elimine
8. Una vez finalizado la verificación, y está sea conforme puede realizar el acondicionamiento de la tubería según el PEE/LEMAT/19

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SCITEQ-2000</b></p>	<p><i>IU/LEMAT/05</i></p> <p><i>Hoja 1 de 8</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## 1. DATOS DEL EQUIPO

Dimensiones internas de Thermo-Tank:	(2300 x 1280 x 1210) mm
Rango de temperatura:	26 °C – 95 °C
Rango de presión:	0 Bar – 100 Bar
Resolución de temperatura:	0.1 °C
Resolución de presión:	0.01 Bar

### Información Técnica

Descripción:	Banco de pruebas de presión hidrostática
Marca:	SCITEQ
Modelo:	2000
Serie:	
Código LEMAT:	

## 2. DESCRIPCIÓN

A continuación se detalla el procedimiento para usar el equipo SCITEQ-2000

1. Encender el panel de control del THERMO-TANK, girando la perilla de encendido/apagado, de tal manera que quede en modo “ON”

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SCITEQ-2000</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/05</b>  <i>Hoja 2 de 8</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	---

- Colocar la temperatura a de ensayo usando los pulsadores



Figura 1. Panel de control del THERMO-TANK

**Nota:** Para los ensayos de presión hidrostática sostenida a 1 hora, ingrese la temperatura más baja del regulador.

- Abrir la llave de recirculación y cerrar la llave de descarga de agua del thermo-tank

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SCITEQ-2000</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/05</b>  <i>Hoja 3 de 8</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	---

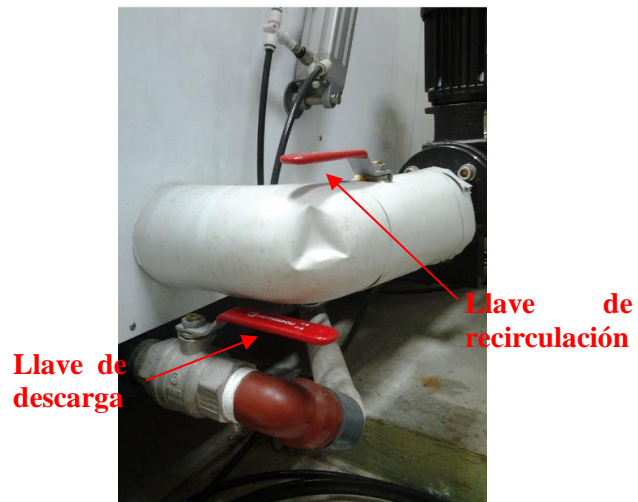


Figura 2. Tuberías para recirculación de agua

4. Gire la perilla de corrida/parada del equipo de tal manera que este en modo "RUNNING".
5. Verificar que la válvula de alivio este cerrada y encender el equipo de presión, presionando el botón de encendido.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SCITEQ-2000</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/05</b></p> <p><i>Hoja 4 de 8</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---



Figura 3. Panel de control para presión



Figura 4. Electroválvulas de presión



<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SCITEQ-2000</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/05</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 5 de 8</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

6. Encienda el computador y abra el programa SCITEQ.



Figura 5. Icono del programa SCITEQ

7. Una vez abierta la ventana, escoger la estación con la cual realizó la verificación de fugas de agua y en la opción de presión deseada colocar la presión de ensayo.

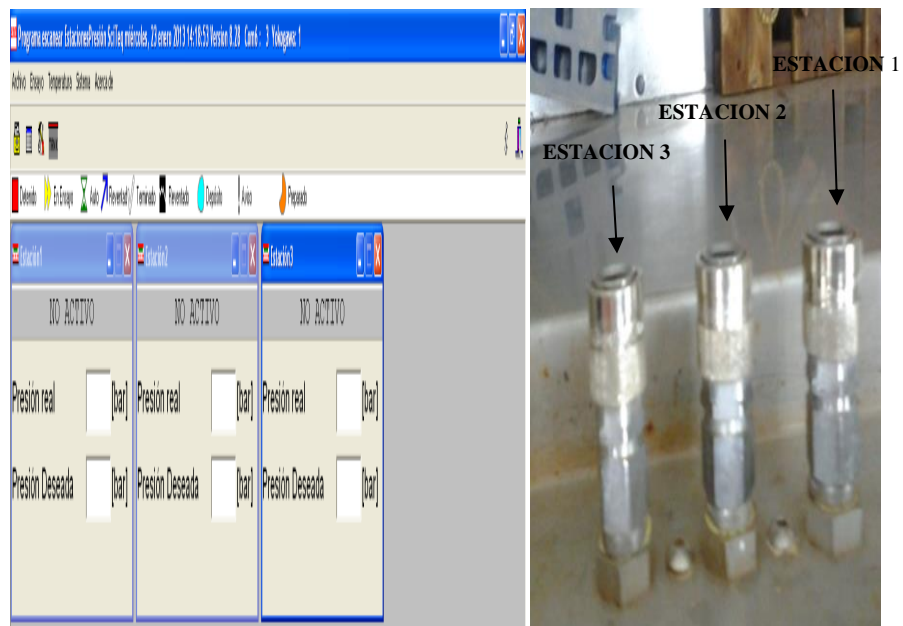


Figura 6. Puertos para incrementar la presión interna en las tuberías

<b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>INSTRUCCIÓN</b>  <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SCITEQ-2000</b>	<b>IU/LEMAT/05</b>  <i>Hoja 6 de 8</i>  <i>Edición: Borrador</i>
--	--	--

8. Al abrirse la ventana de datos llenar los siguientes datos:

- Descripción: colocar el material de la tubería, presión de ensayo y tiempo de ensayo
- N.-Ensayo: número de ensayo indicado por el Director Técnico de LEMAT
- Tiempo deseado: temperatura de ensayo
- Presión deseada: presión de ensayo
- Tiempo de subida: 60 segundos
- Tolerancia: exactitud y precisión obtenida del certificado de calibración

Figura 7. Interface para ingresar los parámetros de ensayo

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SCITEQ-2000</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/05</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 7 de 8</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

9. Seleccionamos la opción transmitir y aceptamos, automáticamente se abrirá una ventana con una gráfica en la cual se puede observar cómo están actuando las variables de presión y temperatura durante la corrida, donde la línea de color verde es la presión y la línea azul es la temperatura.

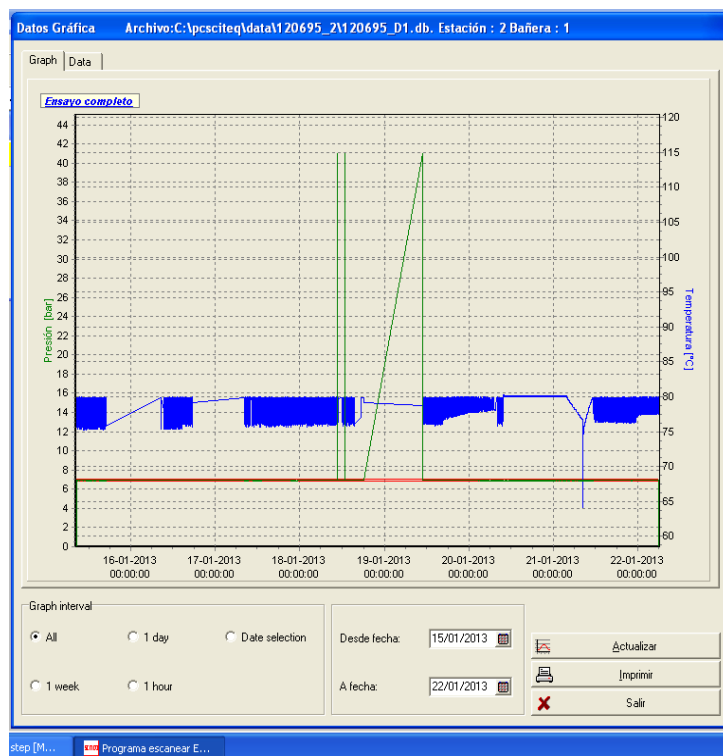


Figura 7. Gráfica de presión y temperatura del ensayo

10. Dejar correr el programa durante el tiempo del ensayo
11. Una vez finalizado en ensayo, abrir la válvula de alivio y desconectar la manguera hidráulica.
12. Abrir la llave de descarga para drenar el agua del thermo-tank y proceder al desmontaje de la tubería según como se indica en el instructivo IE/LEMAT/07.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SCITEQ-2000</b></p>	<p><i>IU/LEMAT/05</i></p> <p><i>Hoja 8 de 8</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

### 3. ANEXOS

No aplica

	<i>Elaborado:</i>	<i>Revisado por:</i>	<i>Aprobado/ Autorizado por:</i>
<i>Nombre</i>			.
<i>Firma</i>			
<i>Fecha</i>			

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 1 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

# LEMAT

## PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/20

### PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO USANDO EL SDT Q600

Fecha de Edición: 22 de abril del 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 2 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	3
2. <b>ALCANCE</b> .....	3
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	3
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
4. <b>GENERAL</b> .....	4
4.1 Definiciones.....	4
4.2 Equipos e instrumentos .....	5
4.3 Nivel de riesgo y calificación.....	7
4.3.1 Con respecto al analista.....	7
4.3.2 Con respecto a la muestra.....	7
4.3.3 Con respecto al equipo.....	7
4.3.4 Durante el ensayo.....	8
4.4 Preparación de la muestra.....	9
4.5 Realización.....	10
4.5.1 Preparación de los crisoles.....	10
4.5.2 Uso de equipo.....	10
5. <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	10
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	11
7. <b>INFORME</b> .....	12

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>PEE/LEMAT/20</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 3 de 12</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe las actividades a realizar durante el ensayo para el control de la estabilidad térmica usando analizador térmico simultáneo SDT Q-600.

## 2. ALCANCE

El SDT Q-600 proporciona diferentes eventos endotérmicos y exotérmicos, por medio de la función OIT que tiene el equipo se obtiene el tiempo de oxidación de la tubería, el cual permite determinar la estabilidad térmica de la misma

El presente procedimiento es solo aplicable para tuberías de polietileno.

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición
- ISO 10837, “Determinación de la Estabilidad térmica del Polietileno para Tuberías”, Primera Edición

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 4 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

- Información del equipo SDT Q-600 de TA instruments.  
[www.tainstruments.com](http://www.tainstruments.com)

## 4. GENERAL

### 4.1 Definiciones

**Proceso endotérmico:** este proceso ocurre cuando un sistema absorbe calor por ejemplo, la fusión del hielo es un proceso endotérmico.

**Procesos exotérmicos:** este proceso ocurre cuando un sistema libera calor. Durante este proceso el calor fluye hacia del sistema, es decir hacia el entorno.

**Calorimetría de barrido diferencial:** La Calorimetría de barrido diferencial es una técnica termo-analítica en la que la diferencia de calor entre una muestra y una referencia es medida en función de la temperatura. La muestra y la referencia son mantenidas aproximadamente a la misma temperatura a través de un ensayo.



<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 5 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## 4.2 Equipos e instrumentos

### ➤ Analizador térmico simultáneo SDT

**Marca:** TA

**Modelo:** Q-600

**Código:** EM-004



Figura 1. Equipo SDT Q - 600

### ➤ Instrumentos básicos

Crisoles o tazas de alúmina (pans)

Pinza

Espátula.

Vidrio reloj

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 6 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

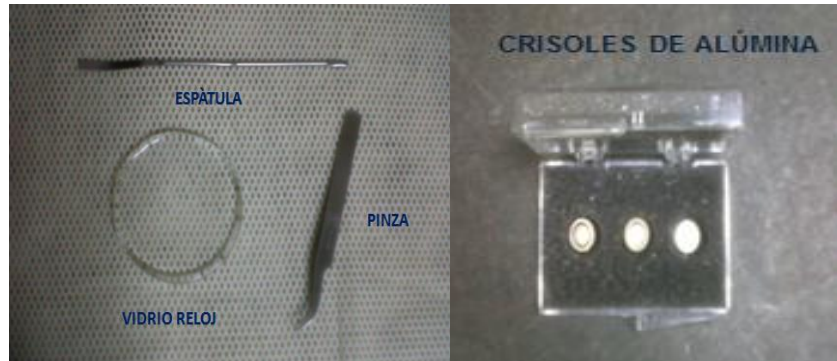


Figura 2. Instrumentos Básicos

➤ **Balanza Shimadzu AX200**

Sensibilidad 0.0001 g

Carga máxima 200 g



Figura 3. Balanza Shimadzu AX200

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 7 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

### **4.3 Nivel de riesgo y calificación**

#### **Instrucciones de seguridad**

##### **4.3.1 Con respecto al analista.**

- Usar mandil durante el tiempo que este en el laboratorio realizando el ensayo.
- Usar guantes de uso térmico para evitar quemaduras al momento de usar el horno.
- Los usuarios deben usar guantes de látex en todo momento cuando se preparan muestras y cuando se usa la balanza.

##### **4.3.2 Con respecto a la muestra.**

- Manejar las muestras con pinzas para evitar el contacto físico.
- Asegurarse de que las muestras no sean inflamables

##### **4.3.3 Con respecto al equipo.**

- Compruebe que la balanza esta nivelada correctamente
- Evitar los golpes bruscos sobre la balanza durante la experimentación.

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 8 de 12</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

- No use hidrógeno, gases corrosivos o inflamables dentro del horno SDT.
- Dejar el equipo y el área de trabajo limpios una vez finalizada la actividad.

#### **4.3.4 Durante el ensayo.**

- Utilice siempre el teclado del computador para programar el experimento. No utilice la pantalla táctil del equipo SDT, ya que es muy sensible.
- Mantenga sus dedos y otros objetos fuera de la trayectoria del horno cuando este cerrándose. El cerrado del horno es muy fuerte.
- Evite mover el equipo SDT durante el ensayo, las vigas termopar/ balanza son muy sensibles al movimiento o vibración. Los resultados del experimento podrían ser No confiables.
- El crisol o taza de referencia debe ser utilizado como tal durante el ensayo, y no usado como crisol para muestra.
- Terminado el ensayo no olvidar cerrar la válvula del gas nitrógeno.
- No olvidar sacar el crisol de referencia y el crisol para muestra, podría descalibrar la balanza del equipo.
- Durante el pesaje de la muestra trate de no mover bruscamente las barras termopar/balanza. Podría descalibrar el equipo o dañar las barras fijas.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 9 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

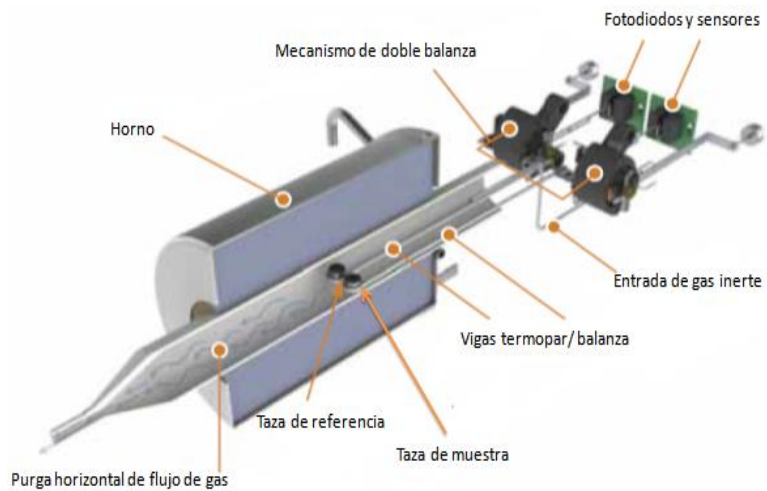


Figura 4. Esquema interno del equipo SDT Q-600

#### 4.4 Preparación de la muestra

Se necesita 2 muestras de  $15 \text{ mg} \pm 0,5 \text{ mg}$  cada una de dos tuberías seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades.

**NOTA:** Use el sacabocado de diámetro de 2 o 3 cm impulsado por un taladro, para obtener la muestra de la superficie del tubo, se debe tener cuidado de no sobrecalentar la muestra.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 10 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	--

## 4.5 Realización

### 4.5.1 Preparación de los crisoles.

Para la experimentación usando el SDT Q-600, se debe usar recipientes de cerámica (alúmina), conocidos como pans. Estos recipientes son compatibles con materiales a elevadas temperaturas.

**NOTA:** Antes de realizar cualquier ensayo asegúrese que los crisoles estén limpios y libres de humedad.

**RECOMENDACIÓN:** Los crisoles se pueden limpiar y secar usando un mechero de Bunsen u horno.

### 4.5.2 Uso de equipo.

El procedimiento del correcto uso del equipo SDT Q-600 se detalla en el instructivo de uso IU/LEMAT/06.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

La estabilidad térmica de la muestra es el tiempo necesario, en minutos desde la introducción de oxígeno a la intersección de la línea de la base extendida y la tangente trazada a la reacción exotérmica en el punto de máxima pendiente.

La estabilidad térmica de la muestra se la obtiene de la media aritmética de las cinco mediciones realizadas en el tiempo de inducción a la oxidación a 200 °C o 210 °C.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</p> <p>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</p>	<p>PEE/LEMAT/20</p> <p>Hoja 11 de 12</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	---	---

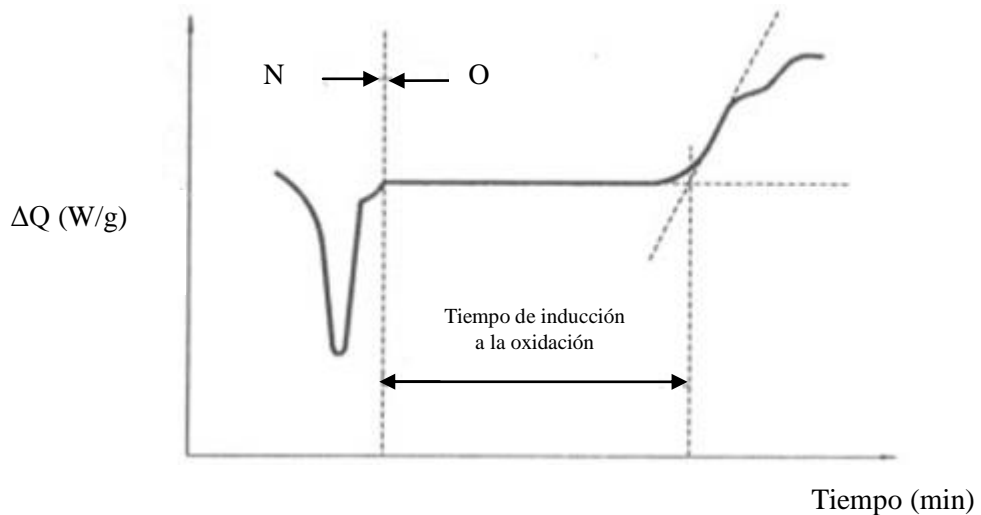


Figura 5. Curva de estabilidad térmica oxidativa típica del polietileno

El tiempo de inducción para las muestras debe ser como mínimo 20 minutos cuando se ensayen a 200 °C o un periodo equivalente cuando se ensayen a 210 °C, caso contrario se rechaza la muestra.

## 6. RECOMENDACIONES

- Cuando el laboratorio requiera realizar un ensayo de estabilidad térmica, se recomienda controlar el acondicionamiento del área en el cual se realiza el ensayo ( $T=23^{\circ}C$ )
- Guardar la gráfica que emite equipo SDT Q 600 de las muestras, en el escritorio del computador, para la emisión del reporte final con las siguientes características:

Formato: JPG

Tamaño: horizontal: 640 vertical: 350

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/20</b></p> <p><i>Hoja 12 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	--

- No utilice productos químicos, limpiadores abrasivos, lana de acero o cualquier material áspero, ya que puede rayar la superficie y degradar sus partes.
- Eliminar el polvo de la cubierta. Para limpiar cualquier derrame sobre la cubierta, usar una toalla humedecida con agua y jabón.
- No intente remover el cubierta de protección en ningún momento.
- Hacer uso de las pinzas para evitar el contacto físico con la muestra.

## **7. INFORME**

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE2001



Guayaquil, 14 de abril de 2014

## **INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando 2 muestras de 15 mg cada una extraída de 2 tuberías seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades

### **EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo

The screenshot shows a software window titled "ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS". The window is divided into three main sections. The top section contains the laboratory name "LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT" on the left, the test title "ENSAYO PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERIAS DE POLIETILENO" in the center, and the page information "HOJA 1 DE 8 EDICION BORRADOR" on the right. The middle section contains four input fields: "FECHA DE ENSAYO:" with the value "14/04/2014", "N. ORDEN DE TRABAJO:" with the value "OT-234-14", "ANALISTA:" with the value "Jairo Tigero", and "N. INFORME:" with the value "14-234". The bottom section contains two buttons: "<-- REGRESAR" and "SIGUIENTE -->".

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 1 DE 8 EDICION BORRADOR
FECHA DE ENSAYO: 14/04/2014	N. ORDEN DE TRABAJO: OT-234-14	
ANALISTA: Jairo Tigero	N. INFORME: 14-234	
		<-- REGRESAR    SIGUIENTE -->

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa

ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT      ENSAYO PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERIAS DE POLIETILENO      HOJA 2 DE 8 EDICION BORRADOR

### EQUIPOS UTILIZADOS

DSC/SDT				TERMOHIGRÓMETRO			
CÓDIGO LEMAT:	<input type="text" value="EM-16"/>	CÓDIGO LEMAT:	<input type="text" value="EM-12"/>				
MARCA:	<input type="text" value="TA"/>	MARCA:	<input type="text" value="Taylor"/>				
MODELO:	<input type="text" value="Q-600"/>	SERIE:	<input type="text" value="-"/>				
SERIE:	<input type="text" value="-"/>	MODELO:	<input type="text" value="1523T"/>				
RESOLUCIÓN (min):	<input type="text" value="0,01"/>						

id	codigo	descripcion	Marca
11	EM-16	SDT	TA

id	codigo	descripcion	Marca
4	EM-12	Termohigrometro	Taylor

### BALANZA ANALÍTICA

CÓDIGO LEMAT:	<input type="text" value="EM-23"/>	SERIE:	<input type="text" value="23456-F235"/>
MARCA:	<input type="text" value="Shimadzu"/>	RESOLUCIÓN (g):	<input type="text" value="0,0001"/>
MODELO:	<input type="text" value="AX-200"/>	RANGO (g):	<input type="text" value="0-100"/>

id	codigo	descripcion	Marca	Modelo	Serie	Rango	resolu
1	EM-23	Balanza	Shimadzu	AX-200	23456-F235	0-100	0,000

[SIGUIENTE -->](#)

3.- Ingresamos la información de la muestra

ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT      ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERIAS DE POLIETILENO      HOJA 3 DE 8 EDICION BORRADOR

### DATOS GENERALES DE LA MUESTRA

CÓDIGO DE MUESTRA 1:	<input type="text" value="14-10837-01"/>
CÓDIGO DE MUESTRA 2:	<input type="text" value="14-10837-02"/>
PRESIÓN NOMINAL (MPa):	<input type="text" value="1,25"/>
DIÁMETRO NOMINAL (mm):	<input type="text" value="800"/>
ESPESOR NOMINAL(mm):	<input type="text" value="38,1"/>

[SIGUIENTE -->](#)

4.-Medimos la masa de cada muestra.

ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 8 EDICION BORRADOR
---	---	------------------------------

**MEDICIÓN DE MASA DE MUESTRAS (g)**

MUESTRA 14-10837-01			MUESTRA 14-10837-02		
m1 0.015	m3 0.016	m5 0.015	m1 0.016	m3 0.015	m5 0.016
m2 0.015	m4 0.014		m2 0.014	m4 0.015	

**PARÁMETROS DE ENSAYO**

**TEMPERATURA DE ENSAYO** 210 °C

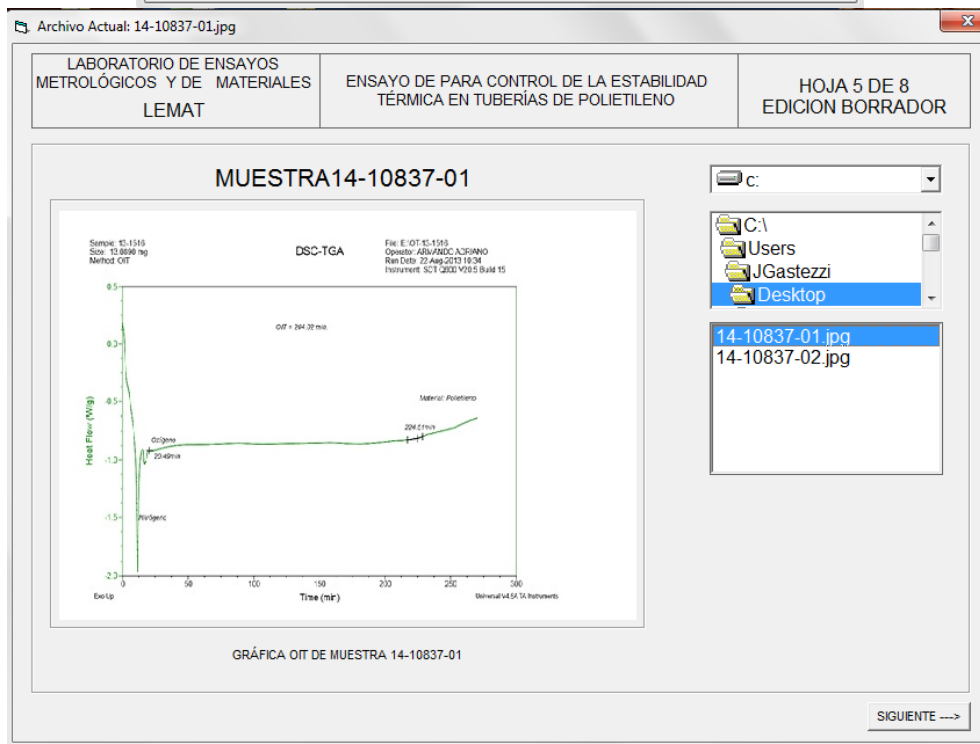
SIGUIENTE -->

4.- Realizamos el ensayo y almacenamos las gráficas de OIT de cada muestra

INEN1744

CARGA LA GRÁFICA DEL OIT DE LA PRIMERA MUESTRA PARA CONTINUAR

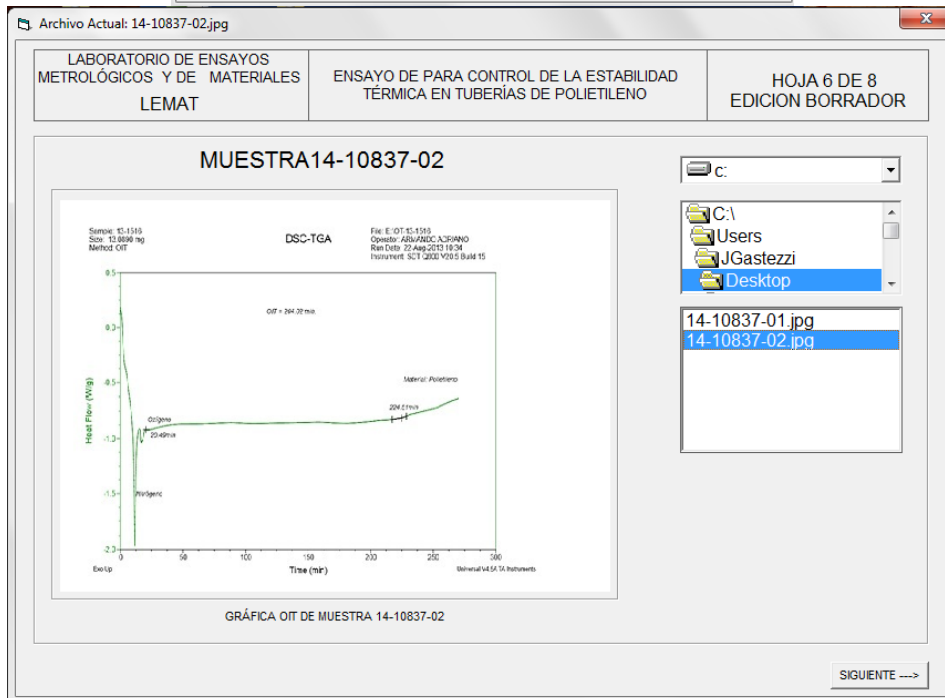
Aceptar



INEN1744

CARGE LA GRÁFICA DEL OIT DE LA PRIMERA MUESTRA PARA CONTINUAR

Aceptar



ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

HOJA 7 DE 8 EDICION BORRADOR

MEDICIÓN DEL TIEMPO DE INDUCCIÓN A LA OXIDACIÓN DE LAS MUESTRAS (min)

MUESTRA 14-10837-01			MUESTRA 14-10837-02		
OIT1	204.02	OIT3	200.45	OIT5	203.53
OIT2	200.25	OIT4	204.12	OIT1	202.14
				OIT3	204.34
				OIT5	200.34
				OIT2	200.51
				OIT4	203.23

FINALIZAR

5.- Finalizamos el ensayo completando la información de las calibraciones de los instrumentos usados y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO DE PARA CONTROL DE LA ESTABILIDAD TÉRMICA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 8 DE 8 EDICION BORRADOR
---	---	------------------------------

### INCERTIDUMBRE DE ENSAYO

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE DSC/SDT ( $\mu_{exp}$ ):	<input type="text" value="0.01"/>	FACTOR DE COBERTURA (K):	<input type="text" value="2"/>
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE BALANZA ( $\mu_{exp}$ ):	<input type="text" value="0.098"/>	FACTOR DE COBERTURA (K):	<input type="text" value="2"/>
INCERTIDUMBRE DE BALANZA DEL PRESENTE AÑO:	<input type="text" value="0.098"/>	INCERTIDUMBRE DE BALANZA DEL AÑO PASADO:	<input type="text" value="0.098"/>

FINALIZAR

INEN1744

REPORTE AL DT DEL LEMAT QUE EL ENSAYO TERMINO Y ALMACENE EL DOCUMENTO CON EL NOMBRE DE LA ORDEN DE TRABAJO

Aceptar

## REPORTE FINAL

Analista: Jairo Tigero      Fecha de emisión: 14/04/2014  
N° Informe: 14-234      Número de Orden: OT-234-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPO EMPLEADO			
Equipo:			
Marca:	TA		
Modelo:	Q-500		
No de Serie:	-		
Resolución (min):	0,01		
Código LEMAT:	EM-16		
Balanza analítica		Termohigrómetro	
Marca:	Shimadzu	Marca:	Taylor
Modelo:	AX-200	Modelo:	1523T
No de Serie:	23456-F235	No de Serie:	-
Código LEMAT:	EM-25	Código LEMAT:	EM-12
Rango (g):	0-100		
Resolución (g):	0,0001		

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	ISO 10837, INEN 1744

PEE/LEMAT/X7X7-ED

DATOS DE LA MUESTRAS	
Código de muestra 1:	14-10837-01
Código de muestra 2:	14-10837-02
Presion Nominal (Mpa):	1,25
Diámetro Nominal (mm):	800
Espesor Nominal(mm):	38,1

**RESULTADOS DE ENSAYO**

DESCRIPCIÓN	# DE MEDICION	Muestra 1	Muestra 2
MASA DE LA MUESTRA (g)	1	0,015	0,016
	2	0,015	0,014
	3	0,016	0,015
	4	0,014	0,015
	5	0,015	0,016
	PR. MEDIO	0,015	0,015

Temperatura de ensayo: 210 °C

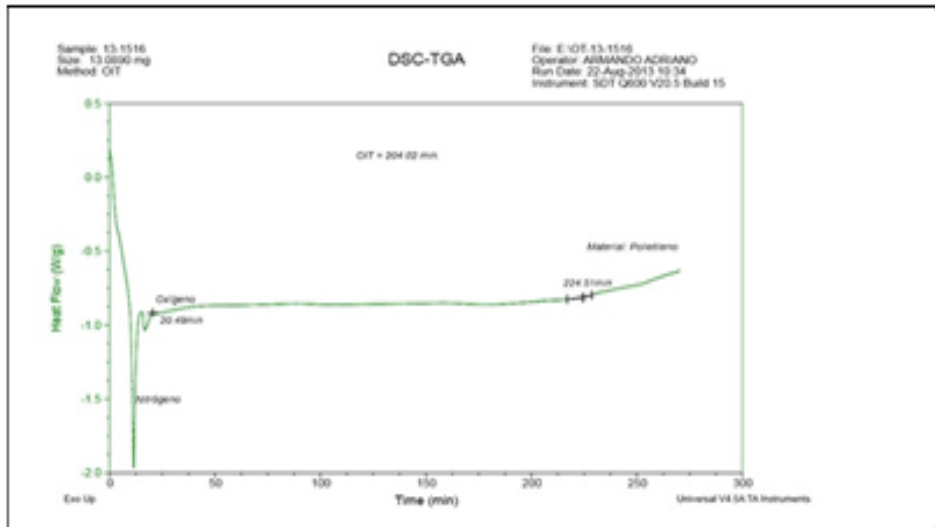


Figura 1. Gráfico OIT de la muestra 14-10837-01

PEE/LEMAT/X7X7-ED

**RESULTADOS DE ENSAYO**

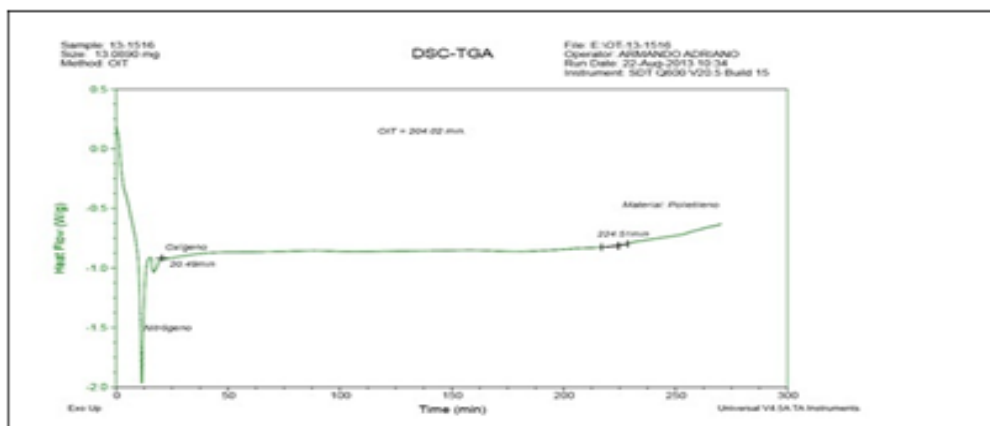


Figura 2. Gráfico OIT de la muestra 14-10837-02

DESCRIPCIÓN	# DE MEDICION	Muestra 1	Muestra 2
Tiempo de inducción a la oxidación OIT (min)	1	204,02	202,14
	2	200,25	200,51
	3	200,45	204,34
	4	204,12	208,23
	5	203,53	200,34
	PROMEDIO		202,47

PEE/LEMAT/X7X7-ED



### CONCLUSIONES DEL ENSAYO

Las muestras y la información fueron proporcionadas por el cliente.

El tiempo de inducción a la oxidación se detalla a continuación:

Masa de muestra 1:	0,015	±	0,098	g
Masa de muestra 2:	0,015	±	0,098	g

Muestra	Tiempo de inducción a la oxidación OIT (min)			
1	202,47	±	3,49	
2	202,11	±	3,09	

#### Observaciones:

La muestra 14-10837-01 tiene un tiempo de inducción a la oxidación de min, por lo tanto aprueba el ensayo

La muestra 14-10837-02 tiene un tiempo de inducción a la oxidación de min, por lo tanto aprueba el ensayo

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
Director del Laboratorio

**Nota:** Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo autorización escrita de LEMAT.  
Calle Perú, 1000 - Casapueblo "Quilón" - Km. 10.2 vía principal, Santiago - Chile de la Zona Costera  
Tel: (56-2) 2200000 - Teléfono 2200010  
Email: lemat@lemat.cl

ISO 9001:2015  
PEE/LEMAT/X7X7-ED

6.- Como se puede notar en el informe, el diámetro exterior medio es de 800,5 mm y el espesor mínimo de pared es de 37,1 mm, estos resultados son iguales a los obtenidos mediante una hoja electrónica como se detalla a continuación

Guayaquil, 14 de abril de 2014

### Validación de Software INEN 1744 para ensayo de estabilidad térmica

\* Para validar el software INEN 1744 simularemos 2 muestra de 15 mg cada una, seleccionas aleatoriamente de 2 tuberías de un lote de 1200 unidades

Asumimos que la muestra tiene un diámetro nominal de 800 mm y un espesor nominal de 38,1 mm

La masa de las muestras se obtiene directamente de la medición con la balanza analítica :

m → Masa de la muestra (g)

Muestra	14-10837-01	14-10837-02
m1 (g)	0,015	0,016
m2 (g)	0,015	0,014
m3 (g)	0,016	0,015
m4 (g)	0,014	0,015
m5 (g)	0,015	0,016
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>
<b>DESV. STAND.</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>

### Evaluación de la incertidumbre en el ensayo

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre actual de la balanza (g):	0,098
Incertidumbre anterior de la balanza (g):	0,099
Factor de cobertura k:	2
Resolución (min):	0,0001

Cálculo de la incertidumbre estándar

u(calibración)=

$$\frac{U_c}{k}$$

u(calibración1)=	0,049
------------------	-------

**Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo**

$$uE = 2 \times Uc$$

$$U_m = \sqrt{\left[\left(\frac{s(m)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_m}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_{m1} = 0,0003$$

$$U_{m2} = 0,0004$$

$$uE1 = 0,001$$

$$uE2 = 0,001$$

**Cálculo de la incertidumbre por deriva**

$$u(\text{deriva}) = 0,0006$$

**Cálculo de la incertidumbre combinada**

$$u1 = 0,05$$

$$u2 = 0,05$$

**Cálculo de la incertidumbre total expandida**

$$U_{\text{exp1}} = 0,098$$

$$U_{\text{exp2}} = 0,098$$

La representación del resultado final del OIT para la muestra 14-10837-01 y 14-10837-02 se representa de la siguiente manera:

Muestra	$\sigma_p$	Unidad
14-10837-01	$0,015 \pm 0,098$	min
14-10837-02	$0,015 \pm 0,098$	min

La muestra 14-10837-01 y 14-10837-02 tienen una masa de 15 mg cada una

El tiempo de inducción a la oxidación (OIT) se obtiene directamente de la interface del software :

OIT → Tiempo de inducción a la oxidación (min)

Muestra	14-10837-01	14-10837-02
OIT1 (min)	204,02	202,14
OIT2 (min)	200,25	200,51
OIT3 (min)	200,45	204,34
OIT4 (min)	204,12	203,23
OIT5 (min)	203,53	200,34
<b>PROMEDIO</b>	<b>202,47</b>	<b>202,11</b>
<b>DESV. STAND.</b>	<b>1,95</b>	<b>1,73</b>

### Evaluación de la incertidumbre en el ensayo

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre de equipo SDT Q 600 (min):	0,01
Factor de cobertura k1:	2
Resolución (min):	0,01

Cálculo de la incertidumbre estándar

$$u(\text{calibración}) = \frac{U_c}{k}$$

$$u(\text{calibración1}) = 0,005$$

Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo

$$u_E = 2 \times U_c$$

$$U_{OIT} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(M_{OIT})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_{OIT}}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$$U_{OIT1} = 0,9$$

$$U_{OIT2} = 0,8$$

$$u_{E1} = 1,75$$

$$u_{E2} = 1,54$$

Cálculo de la incertidumbre combinada

$$u_1 = 1,75$$

$$u_1 = 1,54$$

### Cálculo de la incertidumbre total expandida

$$U_{exp1} = 3,49$$

$$U_{exp2} = 3,09$$

La representación del resultado final del OIT para la muestra 14-10837-01 y 14-10837-02 se representa de la siguiente manera:

Muestra	$\sigma_p$	Unidad
14-10837-01	202,47 ± 3,49	min
14-10837-02	202,11 ± 3,09	min

La muestra 14-10837-01 y 14-10837-02 aprobaron el ensayo, por lo tanto se acepta el lote del que proviene

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p><b><i>IU/LEMAT/06</i></b></p> <p><i>Hoja 1 de 13</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## 1. DATOS DEL EQUIPO

<b>Capacidad máxima</b>	200 mg
<b>Sensibilidad de balanza:</b>	0,1 µg
<b>Sensibilidad de DTA:</b>	0,001 °C
<b>Rango de temperatura:</b>	Ambiente – 1500 °C

### Información Técnica

<b>Descripción:</b>	Analizador térmico simultáneo
<b>Marca:</b>	TA
<b>Modelo:</b>	Q-600
<b>Serie:</b>	
<b>Código LEMAT:</b>	EM-004

## 2. DESCRIPCIÓN

A continuación se detalla el procedimiento para usar el equipo SDT Q-600 con su respectivo software.

### **Encendido del equipo.**

1. Asegúrese de que todos los elementos estén correctamente conectados.
2. Presione el interruptor en posición **on** para encender el equipo de medición, situada en la parte posterior derecho del equipo. Ver figura 1.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p><b><i>IU/LEMAT/06</i></b>  <i>Hoja 2 de 13</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	---



Figura 1. Botón de encendido del equipo SDT Q-600

3. Durante el encendido del SDT, la pantalla táctil mostrará el logotipo TA Instruments.
4. Seleccione Q Series Explorer, abriendo en el icono **TA instrument Explorer** localizado en "Escritorio" del ordenador.
5. Seleccione la opción **Connect to the instrument** para conectar el equipo a la computadora y automáticamente aparecerá una ventana, tal como se muestra en la figura 2.

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL</b> <b>EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/06</b>  Hoja 3 de 13  Edición: Borrador</p>
---	---	--

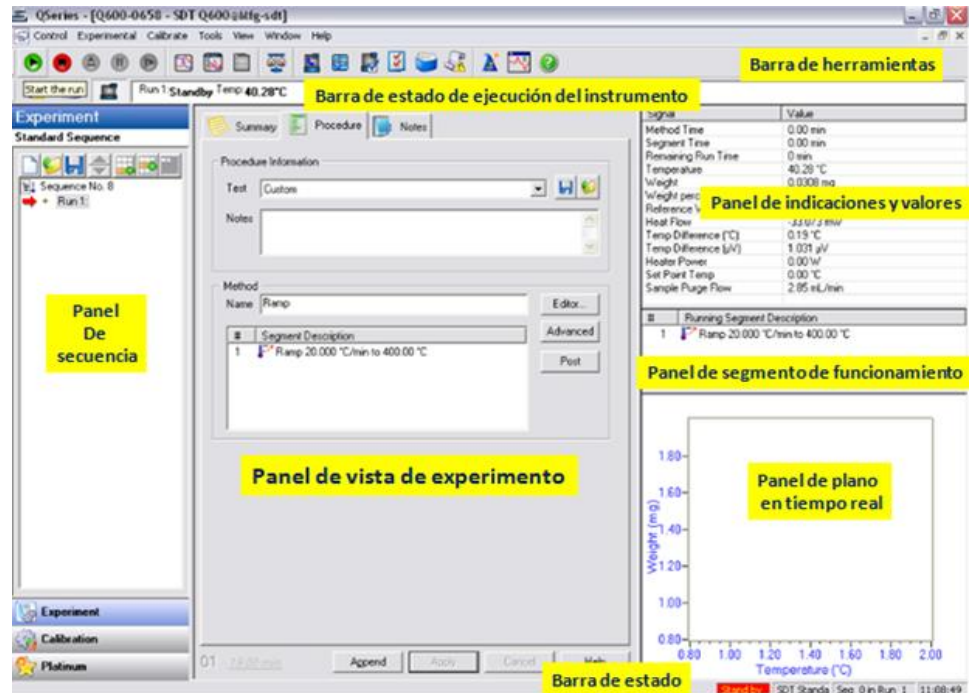


Figura 2. Ventana de control

## Programando el procedimiento

### Página de estado. (Summary page)

La página de estado es usado para establecer las condiciones del ensayo. Para usar la página de estado siga las siguientes indicaciones:

1. Escoja el modo de experimento **STD Standard.**
2. Seleccione **test Custom**
3. Ingrese el nombre del material (**Sample name**) que va usar para el experimento. Por ejemplo: polímero, arcilla, zeolita, etc.



<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/06</b></p> <p>Hoja 4 de 13</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	---	--

4. Escoja el tipo de taza o recipiente (**Pan type**) que va utilizar en el experimento, en este caso alúmina.
5. Ingrese el nombre del ensayo en **Data File Name** y guarde el documento en la carpeta que usted haya creado previo al experimento.

### **Página de procedimiento. (Procedure Page)**

Esta página es usada para especificar las condiciones de experimento.

Seleccione la opción **test custom**, para crear el experimento a ejecutarse.

Si usted desea crear un experimento **“custom test”**, Haga clic en Editor (**de la ventana Procedure**), luego aparecerá una pequeña página llamada **Method**, tal como se observa en figura 3.

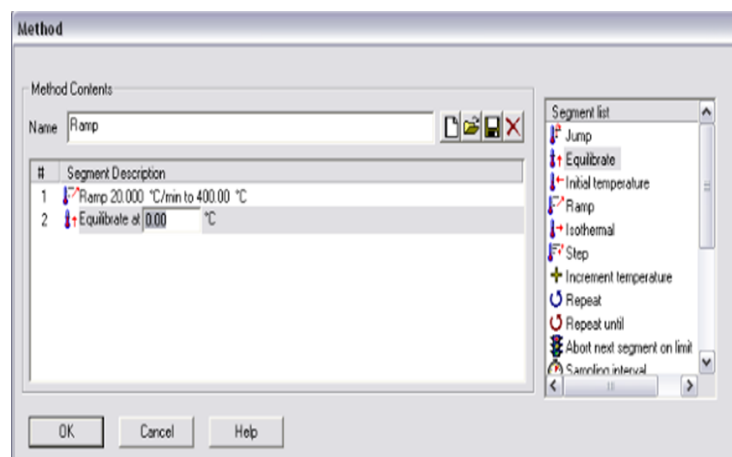
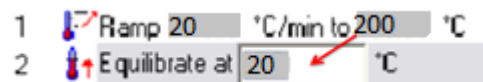


Figura 3. Página Method

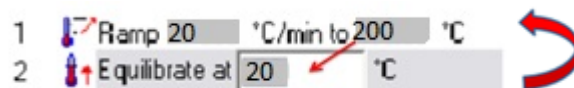
<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/06</b>  Hoja 5 de 13  Edición: Borrador</p>
--	--	--

Y siga los siguientes pasos:

1. Haga clic sobre el segmento deseado en **segment list** para marcarlo.
2. Arrastre el segmento **Equilibrate** con el mouse hacia la ventana **segment description**, luego suéltelo, haga lo mismo con el segmento **Ramp**.
3. Edite el valor **20 °C** dentro campo de entrada del segmento **Equilibrate at**, y luego edite el valor **20 °C/min y 100°C (110 °C)** dentro campo de entrada del segmento **Ramp**.



4. Reordene los segmentos.
5. Haga clic en el segmento deseado para marcarlo.
6. Arrastre el segmento con el mouse hasta en la posición que usted elija. Por ejemplo: usted puede poner el segmento Equilibrate en la posición de Ramp siguiendo los pasos indicados anteriormente.



<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/06</b>  <i>Hoja 6 de 13</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

### **Página de notas. (Notes Page)**

Este ítem no puede ser cambiado una vez que el experimento este en progreso. Para introducir o seleccionar información adicional siga los siguientes pasos:

1. Introduzca el nombre del **operador**.
2. Introduzca comentarios adicionales **Extended text**, esto puede incluir Información sobre la muestra.
3. Seleccione el gas que utilizara para la purga de la muestra, en este caso elija nitrógeno.  
**IMPORTANTE:** Para este tipo de ensayo tipo se usara para el procedimiento nitrógeno con una purga de 50 cc/min.
4. Una vez que usted haya chequeado y actualizado las páginas **Summary, Procedure y Notes** con la información correcta, haga clic en **Apply** para guardar los cambios.

### **Procedimiento de la tara y carga de las muestras.**

1. Haga clic en **Furnace/Open** para abrir el horno.
2. Coloque el crisol vacío sobre la plataforma referencia, asegúrese de que el crisol esté correctamente asentado, como se muestra a continuación

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/06</b> <i>Hoja 7 de 13</i> <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

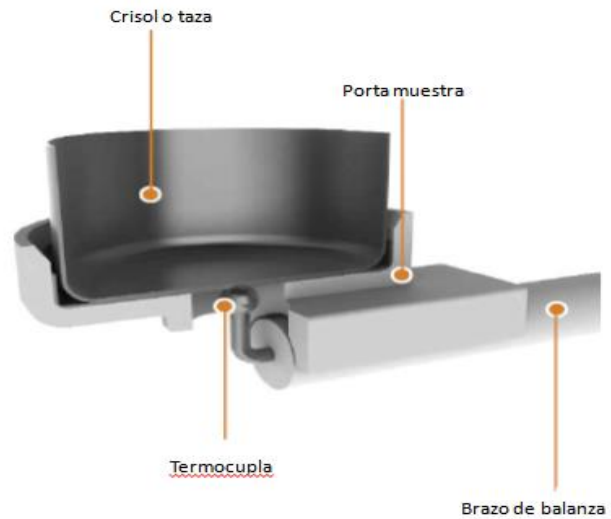


Figura 4. Balanza del equipo SDT Q-600

3. Coloque un crisol vacío sobre la plataforma de muestra, y asegúrese de que el crisol esté correctamente asentado, como se muestra a continuación

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/06</b>  Hoja 8 de 13  Edición: Borrador</p>
---	--	--

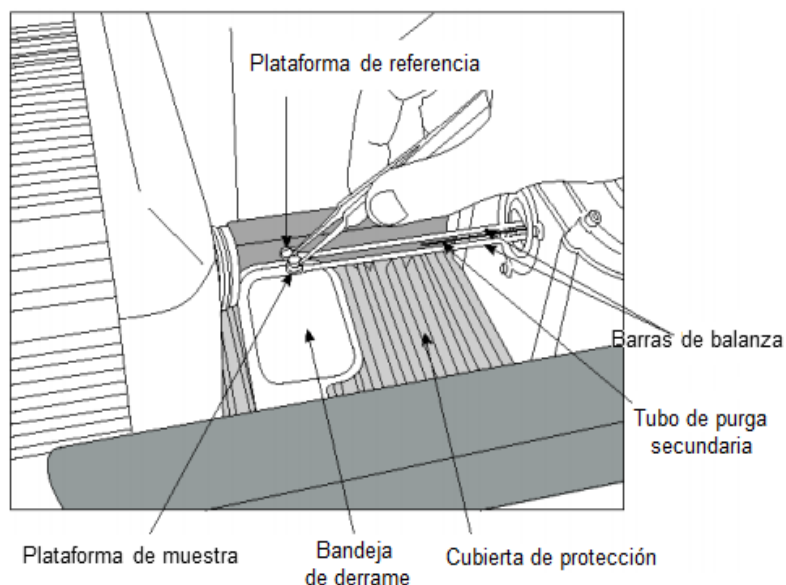


Figura 5. Forma correcta de colocar el pan en la balanza

4. Escoja la opción **Furnace/Close** para cerrar el horno y proteja las tazas de las corrientes de aire.
5. Haga clic en **Calibrate/ Tare** del instrumento. El SDT automáticamente pesará los crisoles y guardará los pesos como compensación.

**NOTA:** El instrumento no encerará:

- Si el horno está abierto
- Si la temperatura está cambiando rápidamente

6. Haga clic en **Furnace/open** para abrir el horno.

**PRECAUCIÓN:** El derrame de muestra en las plataformas, podría causar permanente contaminación de la plataforma. Si esto ocurre, ambas brazos de balanza tendrían que ser reemplazados.

7. Girar la bandeja de derrame hacia dentro.

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL</b> <b>EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p style="text-align: center;"><b><i>IU/LEMAT/06</i></b>  <i>Hoja 9 de 13</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

8. Retire el recipiente o taza para muestras de la plataforma de muestra.
9. Coloque el material muestra en el recipiente para muestras.

**NOTA:** Use 15 mg de muestra, para un buen experimento.

10. Colocar la taza con la muestra en la plataforma de la muestra, asegurándose de que la taza de la muestra sea colocada correctamente en la plataforma
11. Observe en el panel de indicación, si el peso de muestra (**sample weight**), si es aceptable siga el paso 12, si no es así repita los pasos 8 a 11.
12. Rote la bandeja de derrame hacia dentro.
13. Seleccione la opción **Furnace/close** para cerrar el horno.

**NOTA:** Si el peso está fuera de rango, el horno no se cerrará.

### **Inicio y fin de un experimento.**

1. Antes de comenzar el experimento, asegúrese de que el SDT este en línea con el ordenador, y que haya introducido toda la información necesaria a través del software.
2. Abra la válvula de gas nitrógeno. ( gira la perilla 90°, empujando hacia su cuerpo)
3. Cierre el horno, a continuación, haga clic en **RUN** en el software.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p><b><i>IU/LEMAT/06</i></b>  <i>Hoja 10 de 13</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

4. Si por alguna razón, necesita interrumpir el experimento, se puede detener en cualquier momento pulsando la opción STOP.

#### **Descarga de los recipientes.**

1. Cierre la válvula de gas. (Gire la perrilla de válvula 90°, empujando hacia adentro).
2. Abra el horno.
3. Retire los crisoles de referencia y muestra con la pinza.
4. Guarde los crisoles en cajas separadas, el de referencia debe ir en la caja de referencia.
5. Cierre el Horno.

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/06</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 11 de 13</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

### 3. ANÁLISIS DE GRÁFICA

Para obtener el OIT del ensayo debe seguir los siguientes pasos en la gráfica que presenta el software de TA:

1. De un click derecho sobre la gráfica que emite el software

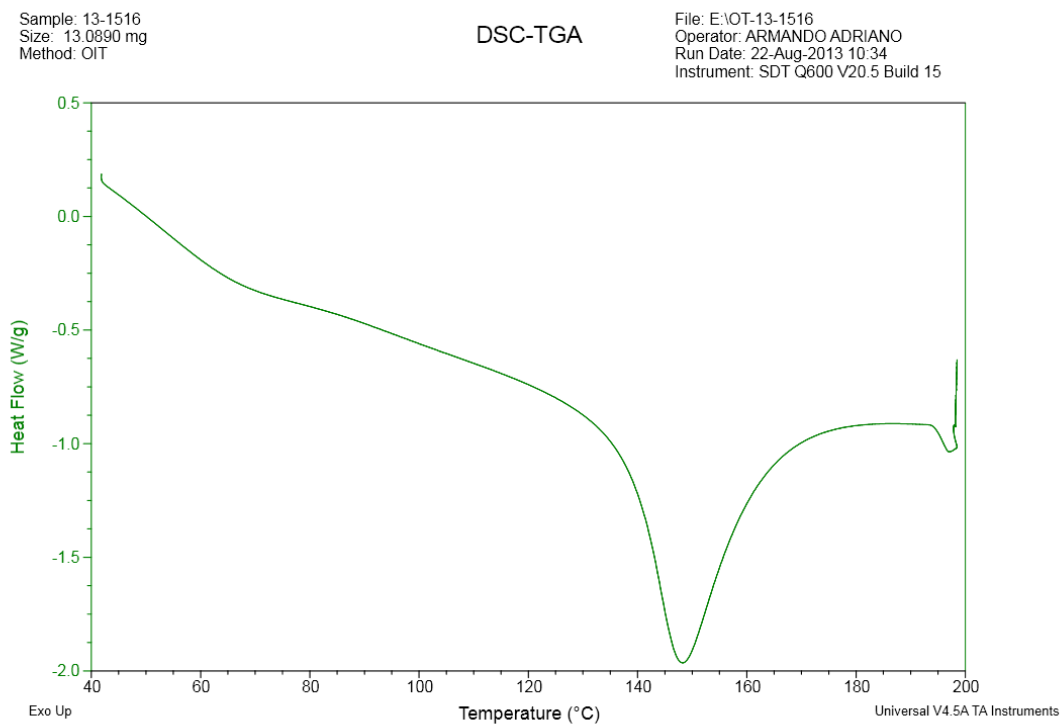


Figura 6. Gráfica de Flujo calórico vs Temperatura



<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/06</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 12 de 13</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

2. Seleccione la opción “X Axis” y escoja la opción “Time (min)”

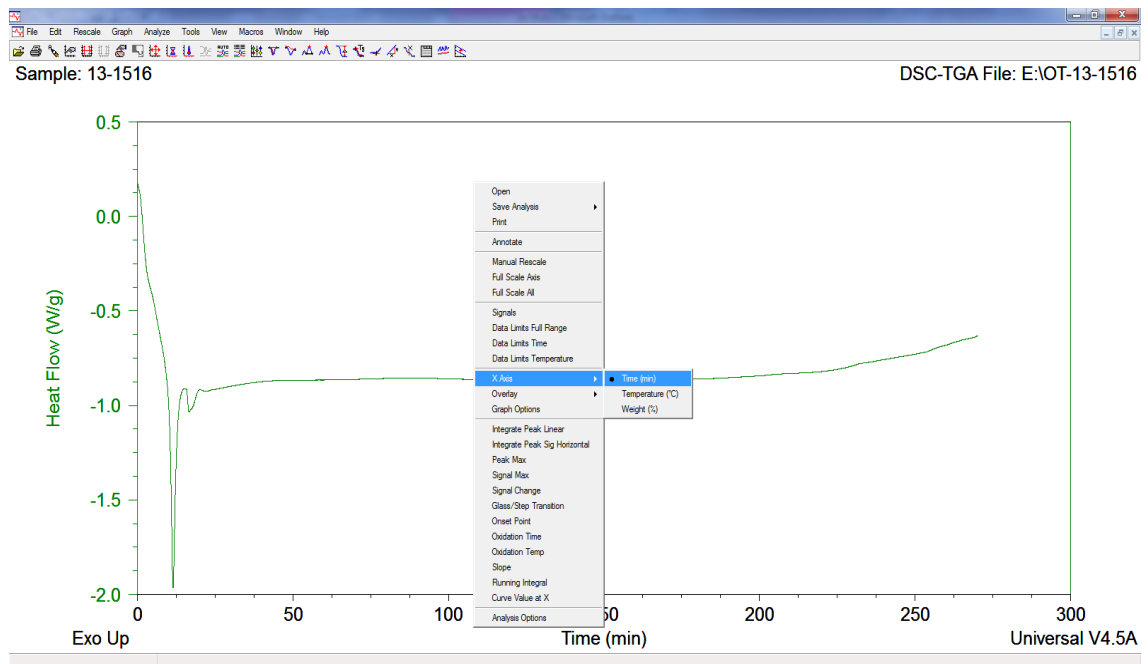


Figura 7. Interface de selección de ejes

3. De un click izquierdo sobre la curva en la posición cuando ingresó el oxígeno y cuando la curva tiende a crecer

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO SDT Q-600</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/06</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 13 de 13</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

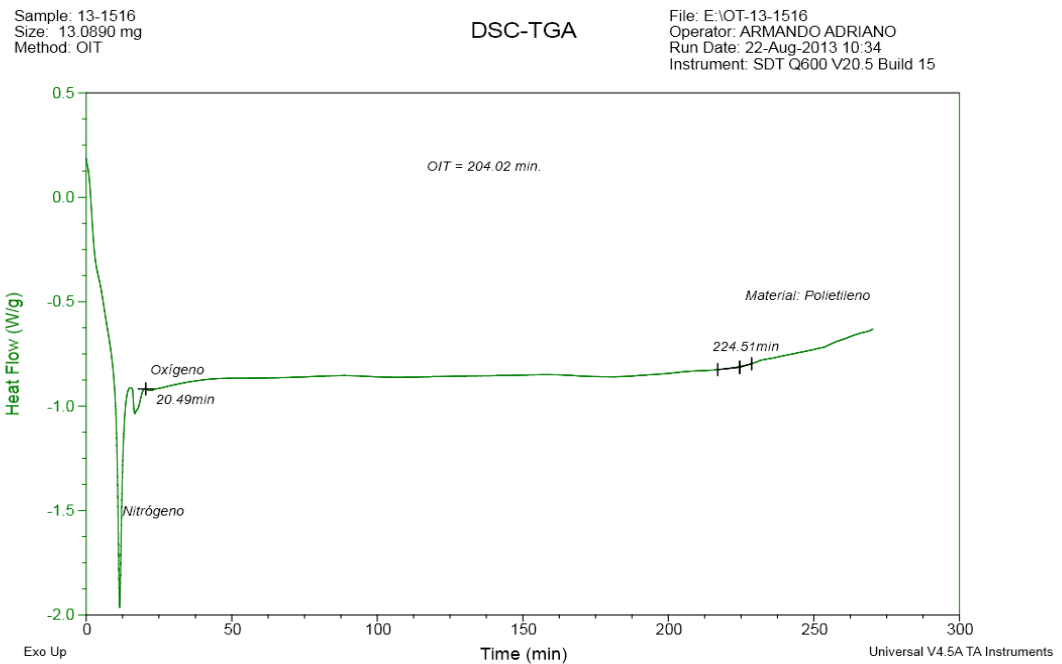


Figura 8. Gráfica de Flujo calórico vs Tiempo

#### 4. ANEXOS

No aplica

	<b>Elaborado:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado/ Autorizado por:</b>
<b>Nombre</b>			
<b>Firma</b>			
<b>Fecha</b>			

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/21</b></p> <p><i>Hoja 1 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

# LEMAT

## PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/21

### PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO USANDO EL HORNO DE INDUCCIÓN

Fecha de Edición: 15 de Abril del 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/21</b></p> <p><i>Hoja 2 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>1. OBJETIVO</b> .....	3
<b>2. ALCANCE</b> .....	3
<b>3. REFERENCIAS</b> .....	3
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
<b>4. GENERAL</b> .....	4
4.1 Equipos e instrumentos .....	4
4.2 Nivel de riesgo y calificación.....	4
4.2.1 Con respecto al analista.....	4
4.2.2 Con respecto a la muestra.....	5
4.2.3 Con respecto al equipo.....	5
4.2.4 Durante el ensayo.....	5
4.3 Preparación de la Muestra.....	5
4.4 Realización.....	7
<b>5. ANALISIS DE RESULTADOS</b> .....	8
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	9
<b>7. INFORME</b> .....	9

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>PEE/LEMAT/21</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 3 de 9</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante la experimentación para el control de la reversión longitudinal en muestras de tuberías de polietileno

## 2. ALCANCE

Este método cubre el ensayo para el control y determinación de la reversión longitudinal en las tuberías de polietileno.

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición
- INEN 1743, “Tubos de polietileno Determinación de la Reversión Longitudinal”, Primera Edición

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/21</b></p> <p><i>Hoja 4 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

## 4. GENERAL

### 4.1 Equipos e instrumentos

- Horno de inducción  
Rango: 40 °C – 190 °C



- Calibrador  
Resolución: 0,01 mm

### 4.2 Nivel de riesgo y calificación

#### Instrucciones de seguridad

##### 4.2.1 Con respecto al analista.

- Usar mandil durante el tiempo que este en el laboratorio realizando el ensayo.
- Usar guantes de uso térmico para evitar quemaduras al momento de usar el horno.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/21</b></p> <p><i>Hoja 5 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

#### **4.2.2 Con respecto a la muestra.**

- Manejar las muestras con los guantes de uso térmico

#### **4.2.3 Con respecto al equipo.**

- No modifique la temperatura del horno mientras se realice el ensayo
- Dejar el equipo y el área de trabajo limpios una vez finalizada la actividad.

#### **4.2.4 Durante el ensayo.**

- Mantener el ambiente del laboratorio a una temperatura de 23°C.

### **4.3 Preparación de la Muestra**

#### Acondicionamiento de las muestras

Se escogerá 3 muestras seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades y cada una debe tener una longitud de 200 mm.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/21</b></p> <p><i>Hoja 6 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

Las paredes deben de estar libres de defectos y sus extremos deben ser perpendiculares al eje, su superficie debe de estar lisa y libre de rebabas.

El procedimiento para el acondicionamiento de las muestras es la siguiente:

1. Exponer a las tuberías a una temperatura de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  por lo menos durante 2 horas.
2. Trazar en las muestras dos marcas circunferenciales separadas entre si 100 mm. Una de las marcas estará a 10 mm de un extremo, como se muestra en la figura 1.

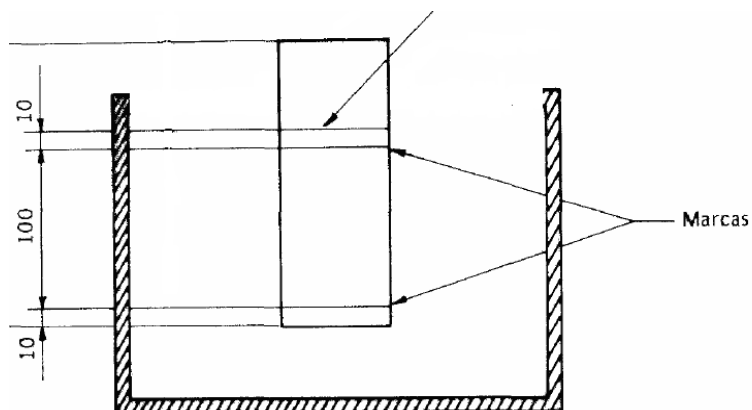


Figura 1. Esquema de trazados realizados en tuberías para realizar el ensayo de reversión longitudinal



<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>PEE/LEMAT/21</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 7 de 9</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

#### 4.4 Realización

A continuación se detalla el procedimiento para poder ejecutar el ensayo, una vez acondicionadas las muestras.

1. Determinar el espesor de pared y diámetro exterior promedio según el procedimiento PEE/LEMAT/17 y PEE/LEMAT/18
2. Medir la distancia entre las marcas ( $L_0$ ) realizadas con una precisión de  $\pm 0,25$  mm a una temperatura de  $23$  °C
3. Regular la temperatura del horno a una temperatura de:
  - $100$  °C  $\pm 2$  °C para polietileno de baja densidad
  - $110$  °C  $\pm 2$  °C para polietileno de media y alta densidad
4. Coloque la muestra en el horno, de manera que no toque las paredes, ni la parte inferior, colocándola horizontalmente sobre una capa de talco, durante:
  - 60 min para tubos que tengan espesor menor o igual que 8 mm

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT/21</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 8 de 9</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

- 120 min para tubos que tengan espesor mayor que 8 mm y menor o igual que 16 mm
  - 240 min para tubos que tengan espesor mayor que 16 mm
5. Retire la muestra y deje enfriarla a 23 °C
  6. Mida la longitud final (L) entre las marcas con una precisión de ± 0,25 mm, por lo menos 5 veces
  7. Escoja la mayor longitud final y regístrela en el software INEN 1744

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

Con el valor obtenido, calcular la reversión longitudinal mediante la siguiente ecuación

$$\frac{L_0 - L}{L_0} \times 100 = S = \text{Reversión Longitudinal}$$

La reversión longitudinal de la muestra no debe variar en más del 3% en su longitud, caso contrario se rechaza las muestra.

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA EL CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/21</b></p> <p><i>Hoja 9 de 9</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	--	--

## 6. RECOMENDACIONES

- Controlar la temperatura del ambiente en el cual se realiza el ensayo (T=23°C)
- Seguir la guía operativa que se presenta en este trabajo específicamente en las tareas de acondicionamiento de las muestras.
- Hacer uso de guantes térmicos al retirar las muestras del horno.

## 7. INFORME

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE2101.

**INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando una muestra compuesta por 3 probetas seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades

**EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo

The screenshot shows a software window titled "ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERIAS DE POLIETILENO". The window contains a header section with three boxes: "LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT", "ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERIAS DE POLIETILENO", and "HOJA 1 DE 6 EDICION BORRADOR". Below the header is a data entry section with four fields: "FECHA DE ENSAYO:" with the value "20/05/2014", "N. ORDEN DE TRABAJO:" with the value "OT-123-14", "ANALISTA:" with the value "Armando Adriano", and "N. INFORME:" with the value "14-123". At the bottom right of the window are two buttons: "<-- REGRESAR" and "SIGUIENTE -->".

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa

ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

HOJA 2 DE 6 EDICIÓN BORRADOR

### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

**HORNO**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

id	codigo	descripcion	Marca
12	EM-15	Horno	Shimadzu

**TERMOHIGRÓMETRO**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

SERIE:

MODELO:

id	codigo	descripcion	Marca
4	EM-12	Termohigrometro	Taylor

**CALIBRADOR**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

RESOLUCIÓN (mm):

RANGO (mm):

id	codigo	descripcion	Marca	Modelo	Serie	Rango	resolu
2	EM-24	Calibrador	Mitutoyo	RK-34	EFTP-RTP89	0-100	0,01

SIGUIENTE -->

### 3.- Ingresamos la información de la muestra

ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT

ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

HOJA 3 DE 6 EDICIÓN BORRADOR

### DATOS GENERALES DE LA MUESTRA

CÓDIGO DE LA MUESTRA:

CÓDIGO DE PROBETA 1:

CÓDIGO DE PROBETA 2:

CÓDIGO DE PROBETA 3:

PRESIÓN NOMINAL (MPa):

DIÁMETRO NOMINAL (mm):

ESPESOR NOMINAL (mm):

### ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

PAREDES LIBRES DE DEFECTOS/ EXTREMOS PERPENDICULARES AL EJE

ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD/ ACEITE/ CONTAMINANTES EN MUESTRAS

PERÍODO DE ACONDICIONAMIENTO DE:  MUESTRAS (h)

SIGUIENTE -->

4.-Medimos las condiciones ambientales del ensayo y las dimensiones de las probetas

ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 6 EDICION BORRADOR
---	---	------------------------------

**MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL Y HUMEDAD RELATIVA**

TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C)  HUMEDAD RELATIVA ANTES DE ENSAYO (°C)

**RESULTADOS DE ENSAYO**

DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA PROBETA	14-1743-01	<input type="text" value="640"/>	±	<input type="text" value="0.3"/>	mm
ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LA PROBETA	14-1743-01	<input type="text" value="38"/>	±	<input type="text" value="0.2"/>	mm
DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA PROBETA	14-1743-02	<input type="text" value="641"/>	±	<input type="text" value="0.3"/>	mm
ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LA PROBETA	14-1743-02	<input type="text" value="39"/>	±	<input type="text" value="0.2"/>	mm
DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA PROBETA	14-1743-03	<input type="text" value="640.5"/>	±	<input type="text" value="0.3"/>	mm
ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LA PROBETA	14-1743-03	<input type="text" value="38"/>	±	<input type="text" value="0.3"/>	mm
TIEMPO DE ENSAYO (min):		<input type="text" value="60"/>			

SIGUIENTE -->

4.- Antes de ingresar al horno las probetas se debe registrar la longitud inicial de cada una, al finalizar el ensayo también se deberá medir la longitud final de la probeta y las condiciones ambientales finales del ensayo

ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 5 DE 6 EDICION BORRADOR
---	---	------------------------------

**RESULTADOS DE ENSAYO**

<b>LONGITUD INICIAL DE PROBETA 14-1743-01 (mm)</b>			<b>LONGITUD FINAL DE PROBETA 14-1743-01 (mm)</b>		
Lo1 <input type="text" value="102"/>	Lo3 <input type="text" value="103"/>	Lo5 <input type="text" value="102"/>	Lf1 <input type="text" value="103"/>	Lf3 <input type="text" value="103"/>	Lf5 <input type="text" value="104.5"/>
Lo2 <input type="text" value="102"/>	Lo4 <input type="text" value="102.5"/>		Lf2 <input type="text" value="104"/>	Lf4 <input type="text" value="102"/>	

<b>LONGITUD INICIAL DE PROBETA 14-1743-02 (mm)</b>			<b>LONGITUD FINAL DE PROBETA 14-1743-02 (mm)</b>		
Lo1 <input type="text" value="103"/>	Lo3 <input type="text" value="102"/>	Lo5 <input type="text" value="101.5"/>	Lf1 <input type="text" value="105"/>	Lf3 <input type="text" value="103.3"/>	Lf5 <input type="text" value="104"/>
Lo2 <input type="text" value="102"/>	Lo4 <input type="text" value="102"/>		Lf2 <input type="text" value="105.5"/>	Lf4 <input type="text" value="104"/>	

<b>LONGITUD INICIAL DE PROBETA 14-1743-03 (mm)</b>			<b>LONGITUD FINAL DE PROBETA 14-1743-03 (mm)</b>		
Lo1 <input type="text" value="101.5"/>	Lo3 <input type="text" value="102"/>	Lo5 <input type="text" value="100"/>	Lf1 <input type="text" value="104"/>	Lf3 <input type="text" value="104.3"/>	Lf5 <input type="text" value="105"/>
Lo2 <input type="text" value="101"/>	Lo4 <input type="text" value="100.5"/>		Lf2 <input type="text" value="104"/>	Lf4 <input type="text" value="104.5"/>	

**MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL Y HUMEDAD RELATIVA**

TEMPERATURA DESPUES DE ENSAYO (°C)  HUMEDAD RELATIVA DESPUES DE ENSAYO (°C)

SIGUIENTE -->

5.- Finalizamos el ensayo completando la información de las calibraciones de los instrumentos usados y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 6 DE 6 EDICION BORRADOR
---	---	------------------------------

**INCERTIDUMBRE DE ENSAYO**

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL CALIBRADOR ( $\mu_{exp}$ ):	<input type="text" value="0.01"/>	FACTOR DE COBERTURA (K):	<input type="text" value="2"/>
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL CALIBRADOR DEL PRESENTE AÑO:	<input type="text" value="0.01"/>	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL CALIBRADOR DEL AÑO PASADO:	<input type="text" value="0.02"/>

INEN1744

REPORTE AL DT DEL LEMAT QUE EL ENSAYO TERMINO Y ALMACENE EL DOCUMENTO CON EL NOMBRE DE LA ORDEN DE TRABAJO

## REPORTE FINAL

Analista: Armando Adriano Fecha de emisión: 20052014  
Nº Informe: 14-123 Número de Orden: OT-123-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

INSTUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPO EMPLEADO			
Horno:			
Marca:	Shimadzu		
Modelo:	RK-42		
No de Serie:	-		
Código LEMAT:	EM-15		
	<b>Calibrador</b>	<b>Termohigrómetro</b>	
Marca:	Mitutoyo	Marca:	Taylor
Modelo:	RK-34	Modelo:	1523T
No de Serie:	EPTP-RTP89	No de Serie:	-
Código LEMAT:	EM-24	Código LEMAT:	EM-12
Rango (mm):	0-100		
Resolución (mm):	0,01		

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	INEN 1743, INEN 1744

PEE/LEMAT/XBXB-ED



DATOS DE LA MUESTRAS	
Código de Muestra:	14-1743
Código de probeta 1:	14-1743-01
Código de probeta 2:	14-1743-02
Código de probeta 3:	14-1743-03
Presión Nominal (Mpa):	1,25
Díametro Nominal (mm):	640
Espesor Nominal (mm):	38,1

Las condiciones ambientales medidas durante el ensayo fueron:	
Temperatura Media (°C):	24
Humedad Relativa Media (%):	83,5

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA	
Eliminación de suciedad/aceite/contaminantes en muestras:	CONFORME
Paredes libres de defectos extremos perpendiculares al eje:	CONFORME
Periodo de acondicionamiento mínimo de probetas:	2 h

RESULTADOS DE ENSAYO			
Díametro exterior promedio de probeta 1:	640,0	±	0,3 mm
Espesor mínimo de pared de probeta 1:	38,00	±	0,20 mm
Díametro exterior promedio de probeta 2:	641,0	±	0,3 mm
Espesor mínimo de pared de probeta 2:	39,00	±	0,20 mm
Díametro exterior promedio de probeta 3:	640,5	±	0,3 mm
Espesor mínimo de pared de probeta 3:	38,00	±	0,30 mm

Nota: El diámetro exterior promedio y el espesor mínimo de pared se lo obtuvo de acuerdo a PEE/LEMAT/03X6 y PEE/LEMAT/03X5

Tiempo de ensayo:	60	min
-------------------	----	-----

PEE/LEMAT/XBXB-ED

**RESULTADOS DE ENSAYO**

DESCRIPCIÓN	# DE MEDICION	Probetas		
Longitud inicial (m m)	1	102,0000	103,0000	101,5000
	2	102,0000	102,0000	101,0000
	3	103,0000	102,0000	102,0000
	4	102,5000	102,0000	100,5000
	5	102,0000	101,5000	100,0000
	PR. MEDIO	102,3000	102,1000	101,0000

Longitud final (m m)	1	103,0000	105,0000	104,0000
	2	104,0000	105,5000	104,0000
	3	103,0000	103,3000	104,3000
	4	102,0000	104,0000	104,5000
	5	104,5000	104,0000	105,0000
	PR. MEDIO	103,3000	104,3600	104,3600

**CONCLUSIONES DEL ENSAYO**

Las muestras y la información fueron proporcionadas por el cliente.  
La reversión longitudinal de las muestras se detalla a continuación:

Muestra	Reversión longitudinal (%)		
1	0,98	±	1,88
2	2,21	±	1,83
3	3,33	±	1,62

La muestra 14-1743-01 presentó una elongación igual a 0,98% por lo tanto aprobó el ensayo

La muestra 14-1743-02 presentó una elongación igual a 2,21% por lo tanto aprobó el ensayo

La muestra 14-1743-03 presentó una elongación mayor al 3% de lo establecido en la norma nacional INEN 1743, por lo tanto se rechaza el lote del que proviene

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
Director del Laboratorio

Nota: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.  
Guayaquil: Campus "García Galindo V." Km. 10,5 vialitineraria, congreso a ciudad de Santa Cecilia  
Fon: (593-4)2269293 - Teléfono 2269275  
Email: lemat@legpol.com.ec  
MTC 1201.01

PEE/LEMAT/XBXS-ED

6.- Como se puede notar en el informe, la muestra 14-1743-03 presenta una variación mayor al 3% en sentido longitudinal y no aprueba el ensayo, estos resultados son iguales a los obtenidos mediante una hoja electrónica como se detalla a continuación

Guayaquil, 20 de mayo de 2014

### Validación de Software INEN 1744 para ensayo de reversión longitudinal usando una hoja electrónica

\* Para validar el software INEN 1744 simularemos una muestra de 3 tuberías seccionadas aproximadamente a 200 mm, seleccionas al azar de un lote de 1200 unidades

Asumimos que la muestra tiene un diámetro nominal de 640 mm y un espesor nominal de 38,1 mm

<b>Muestra 14-1743</b>			
<b>Descripción</b>	<b>14-1743-01</b>	<b>14-1743-02</b>	<b>14-1743-03</b>
<b>Dm</b>	640 ± 0,3	641 ± 0,3	640,5 ± 0,3
<b>emin</b>	38 ± 0,2	39 ± 0,2	38 ± 0,3

Nota: Esta información fue obtenida en base al PEE/LEMAT/X4X4 y PEE/LEMAT/X5X5

<b>Tiempo de ensayo</b>	240 min
<b>Temperatura de ensayo</b>	110 °C

La longitud inicial (Lo) se obtiene directamente con el calibrador :

<b>Probeta</b>	<b>14-1743-01</b>	<b>14-1743-02</b>	<b>14-1743-02</b>
Lo 1 (mm)	102,00	103,00	101,50
Lo 2(mm)	102,00	102,00	101,00
Lo 3(mm)	103,00	102,00	102,00
Lo 4 (mm)	102,50	102,00	100,50
Lo 5 (mm)	102,00	101,50	100,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>102,30</b>	<b>102,10</b>	<b>101,00</b>
<b>DESV. STAND.</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>0,79</b>

La longitud final (Lf) se obtiene directamente con el calibrador :

<b>Probeta</b>	<b>14-1743-01</b>	<b>14-1743-02</b>	<b>14-1743-02</b>
Lf 1 (mm)	103,00	105,00	104,00
Lf 2(mm)	104,00	105,50	104,00
Lf 3(mm)	103,00	103,30	104,30
Lf 4 (mm)	102,00	104,00	104,50
Lf 5 (mm)	104,50	104,00	105,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>103,30</b>	<b>104,36</b>	<b>104,36</b>
<b>DESV. STAND.</b>	<b>0,97</b>	<b>0,88</b>	<b>0,42</b>

La reversión longitudinal se puede expresar como:

$$S = \frac{|L_0 - L|}{L_0} \times 100$$

Por lo tanto:

Probeta	Reversión Longitudinal (%)
14-1743-01	0,98
14-1743-02	2,21
14-1743-03	3,33

### Evaluación de la incertidumbre en el ensayo

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre máxima actual del calibrado:	0,01
Factor de cobertura k:	2
Incertidumbre expandida del calibrador del presente año:	0,01
Incertidumbre expandida del calibrador del año pasado:	0,02
Resolución (mm):	0,01

Cálculo de la incertidumbre estandar  $u(\text{calibración}) = \frac{U_c}{k}$

$u(\text{calibración}1) =$	0,005
----------------------------	-------

Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo

$$u_E = 2 \times U_c$$

$$U_{L_0} = \sqrt{\left[ \left( \frac{s(\bar{L}_0)}{\sqrt{n}} \right)^2 + \left( \frac{res_s}{\sqrt{3}} \right)^2 \right]}$$

$UL_{01} =$	0,2
$UL_{02} =$	0,2
$UL_{03} =$	0,4

$$U_L = \sqrt{\left[ \left( \frac{s(\bar{L})}{\sqrt{n}} \right)^2 + \left( \frac{res_s}{\sqrt{3}} \right)^2 \right]}$$

$UL_1 =$	0,4
$UL_2 =$	0,4
$UL_3 =$	0,2

### Cálculo del coeficiente de sensibilidad

$$C_L = \frac{-100}{L_0}$$

CL1=	-0,98
CL2=	-0,98
CL3=	-0,99

$$C_{L_0} = \frac{-100 \cdot L}{(L_0)^2}$$

CL01=	-0,99
CL02=	-1,00
CL03=	-1,02

Uc1= 0,47
Uc2= 0,46
Uc3= 0,41

uE1= 0,94
uE2= 0,91
uE3= 0,81

Cálculo de la incertidumbre por deriva

$$u(\text{deriva}) = \sqrt{\frac{\text{dif}^2}{3}}$$

u(deriva1)= 0,0058
--------------------

Cálculo de la incertidumbre combinada

$$u = \sqrt{u_{(\text{calibración})}^2 + u_E^2 + u(\text{deriva})^2}$$

u1= 0,94
u1= 0,91
u1= 0,81

### Cálculo de la incertidumbre total expandida

$$U_{\text{exp}} = k \cdot u$$

$U_{\text{exp1}} =$	1,88
$U_{\text{exp2}} =$	1,83
$U_{\text{exp3}} =$	1,62

La representación del resultado final de la densidad para la muestra 14-1743 se representa de la siguiente manera:

Muestra	Probeta	S	Unidad
14-1743	14-1743-01	$0,98 \pm 1,88$	%
	14-1743-02	$2,21 \pm 1,83$	%
	14-1743-03	$3,33 \pm 1,62$	%

La probeta 14-1743-03 varia en más del 3% en sentido longitudinal, por lo tanto no aprueba el ensayo







<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/22</b></p> <p><i>Hoja 1 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

# LEMAT

## PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO PEE/LEMAT/22

### PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO USANDO LA MEU SHIMADZU UH-600 KN

Fecha de Edición: 25 de Abril de 2014

EDICIÓN	FECHA	HOJA/S	CAUSA DEL CAMBIO

	Elaborado:	Revisado por:	Aprobado/Autorizado por:
Nombre			
Firma			
Fecha			

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/22</b></p> <p><i>Hoja 2 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. <b>OBJETIVO</b> .....	3
2. <b>ALCANCE</b> .....	3
3. <b>REFERENCIAS</b> .....	3
3.1 Documentos utilizados en la elaboración.....	3
4. <b>GENERAL</b> .....	4
4.1 Definiciones .....	4
4.2 Materiales y Equipos .....	4
4.3 Matriz y Evaluación de Riesgos .....	5
4.3 Muestras.....	8
4.3.1 Preparación de las probetas .....	8
4.4 Acondicionamiento .....	10
4.5 Uso de equipo .....	11
5. <b>ANÁLISIS DEL RESULTADO</b> .....	11
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	12
7. <b>INFORME</b> .....	12

<p>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/22</b></p> <p><i>Hoja 3 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

## 1. OBJETIVO

El procedimiento que se describe a continuación establece las actividades a realizar durante el ensayo en probetas de tuberías de HDPE antes de ser sometidas al ensayo de elongación hasta la ruptura y verificar si cumple con el requisito establecido en la norma INEN 1744.

## 2. ALCANCE

El presente procedimiento que será descrito, es solo aplicable a muestras de tuberías de polietileno.

## 3. REFERENCIAS

### 3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

Para la elaboración de éste procedimiento se tomó de referencia los siguientes documentos:

- Manual de máquina de ensayo universal SHIMADZU.
- INEN 1744, “Requisitos de Tubos de Polietileno para Conducción de Agua a Presión”, Primera Edición

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p><b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT/22</b></p> <p><i>Hoja 4 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

- ISO 6259, “Thermoplastics pipes – Determination of tensile properties”
- Información acerca del equipo SHIMADZU (<http://www.shimadzu.ru/brochures/UHseries.pdf>).

## 4. GENERAL

### 4.1 Definiciones

**Máquina de Ensayo Universal:** Es una máquina muy parecida a una prensa con la que es posible someter a materiales a ensayos de tracción y compresión para medir sus propiedades físicas.

**Ensayo de tracción:** Consiste en someter a un espécimen normalizado a un esfuerzo axial de tracción ó de compresión creciente hasta que se produce la rotura del mismo.

**Mordazas:** Se usan para sujetar la probeta en la máquina de ensayo universal. ISO 6259:1997.

**Indicador de Carga:** Muestra la carga de tracción total soportada por la probeta. ISO 6259:1997.

**Extensómetro:** Determina la longitud de la probeta en cualquier momento del ensayo. ISO 6259:1997.

### 4.2 Materiales y Equipos

- Máquina de ensayos universales SHIMADZU

Modelo: UH-600KN

Serie: 10313751

Código LEMAT: EM-008-00

<b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b>	<b>PEE/LEMAT/22</b>  <i>Hoja 5 de 12</i>  <i>Edición: Borrador</i>
---	--	--

➤ Calibrador

Exactitud: 0,01 mm

### 4.3 Matriz y Evaluación de Riesgos

En la identificación de peligros y evaluación de riesgos se ha establecido criterios para estimar la probabilidad y cuantificar las consecuencias que puedan ocasionarse al ocurrir un incidente y/o accidente. Los criterios son los mostrados en la tabla 1 y 2. Este criterio es contextualizado a la realidad del Laboratorio y a los niveles de ingreso que posee.

PROBABILIDAD	CRITERIO
ALTA	CUANDO REPRESENTA MAS DEL 50% DE OCURRENCIA
MEDIA	CUANDO REPRESENTA ENTRE EL 25% Y 50% DE OCURRENCIA
BAJA	CUANDO REPRESENTA MENOS DEL 25% DE OCURRENCIA

**Tabla 1.- Criterios para la cuantificación de la probabilidad de ocurrencia**

GRAVEDAD	CRITERIO
ALTA	PÉRDIDA DE EXTREMIDADES, FATALIDAD Ó PÉRDIDAS ECONÓMICAS SUPERIORES A \$1000
MEDIA	LESIONES NO MENORES EN LAS PERSONAS Ó PÉRDIDAS ECONÓMICAS ENTRE \$300 Y \$1000
BAJA	LESIONES MENORES Ó PÉRDIDAS ECONÓMICAS MENORES DE \$300

**Tabla 2.- Criterios para la cuantificación de la gravedad del daño**

<b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b>	<b>PEE/LEMAT/22</b>  <i>Hoja 6 de 12</i>  <i>Edición: Borrador</i>
---	--	--

Con el uso de la matriz bimodal de la tabla 3 se estima el riesgo.

		GRAVEDAD			
		BAJA	MEDIA	ALTA	
PROBABILIDAD	BAJA	1	2	3	TOLERABLE
	MEDIA	2	4	6	MODERADO
	ALTA	3	6	9	NO TOLERABLE

**Tabla 3.- Método Bimodal de evaluación**

A continuación se detalla la matriz de riesgo evaluada para este ensayo.

<b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b> <b>LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO</b>	<b>PEE/LEMAT/22</b>  <i>Hoja 7 de 12</i>  <i>Edición: Borrador</i>
--	--	--

**MATRIZ DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE RIESGOS**

IDENTIFICACION										EVALUACION					
UBICACION	PROCESO ANALIZADO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES DEL PROCESO	TAREAS DEL OPERADOR	CARGO O PUESTO DE TRABAJO	TRABAJADORES (TOTAL)	VULNERABLES No.	Mujeres No.	Hombres No.	TIPO DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	ESTIMACION DE RIESGO	
ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD DE TUBERÍAS PLÁSTICAS	Ensayo de elongación hasta la ruptura en tuberías de polietileno	Preparación de la probeta y del equipo	Troquelado (Nota: En caso de no poder troquelar por espesores demasiados grandes, mandar a maquinar la probeta con un proveedor)	*Cortar arco de tubería mayor que las dimensiones especificadas en la norma.	Analistas	1	0	0	1	Físico	Cortaduras menores en manos	Baja	Baja	1	
				*Colocar y ajustar el postizo normado en el troquel	Analistas	1	0	0	1	Ergonómico	Lesiones mayores y menores en extremidades del operario	Baja	Media	2	
				*Colocar la el arco obtenido en la base del troquel, bajar brazo del porta troquel y ejercer presión, hasta cortar la probeta	Analistas	1	0	0	1	Físico	Golpes en la cabeza con el brazo del troquel	Alta	Media	6	
			Medición de la longitud inicial antes de la deformación.	Analistas	1	0	0	1	Físico	*Cortaduras menores en manos por puntas de calibreador	Baja	Media	2		
			Colocación de probetas en las mordazas de la máquina SHIMADZU	*Se coloca la probeta en las mordazas de la cruzeta inferior de elevación, verificando que coincida con la medida tomada.	Analistas	1	0	0	1	Físico	*Atrapamiento de los dedos del operario a causa de ajuste en la probeta.	Media	Alta	6	
		*Cerrar las mordazas.		Físico						*Fatiga muscular	Media	Media	4		
		*Subir la cruzeta inferior de elevación, hasta que la marca de la probeta de la medida tomada coincida con las mordazas de la cruzeta superior.	Físico	*Atrapamiento de los dedos del operario a causa de ajuste en la probeta.	Baja	Media	2								
		*Cerrar las mordazas.	Físico	*Fatiga muscular	Media	Media	4								
		Corrida del ensayo													
		Obtención de los resultados													
Retiro de la muestra															

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT22</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 8 de 12</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	--

### **4.3 Muestras**

Se necesita 1 muestra conformada por 3 tuberías seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades, a cada tubería se le extraerá una probeta que debe ajustarse al tipo correspondiente especificado en la norma ISO 6259-3, según corresponda.

#### **4.3.1 Preparación de las probetas**

Corte las probetas de la tubería tal como le fue suministrada, es decir, que no haya sido calentada o aplanada, de modo que su eje sea paralelo al eje de la misma, según el diámetro nominal

##### a) Diámetro exterior nominal $\leq 63$ mm

1. Utilice longitudes de tubería de aproximadamente 150 mm
2. A menos que se especifique lo contrario, corte las tiras alrededor de la circunferencia a partir de una generatriz como se indica en la tabla 1



<b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b>	<b>PEE/LEMAT22</b>  <i>Hoja 9 de 12</i>  <i>Edición: Borrador</i>
--	--	---

Tabla 1 - Número recomendado de probetas

<b>Diámetro externo nominal, DN (mm)</b>	15 < DN < 75	75 < DN < 280	280 < DN < 450	DN > 450
<b>Número De sectores o franjas</b>	3	5	5	8

b) Tubos de diámetro exterior nominal superior a 63 mm

1. Utilice un segmento de la tubería de aproximadamente 150 mm.
2. Corte las tiras de la longitud de tal manera que se distribuyen por igual alrededor de la circunferencia de la tubería como se muestra en la figura 1.
3. A menos que se especifique lo contrario, dividir la circunferencia de la tubería en una serie de sectores iguales para obtener las probetas y seleccione 1 muestra al azar

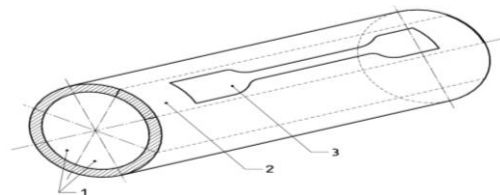


Figura 1 Preparación de la probeta

**Detalles**

- 1 Sectores
- 2 Probeta
- 3 Probeta

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PEE/LEMAT22</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 10 de 12</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

Obtenga las probetas, ya sea por corte con troquel o mecanizado.

a) Método de corte con troquel

1. Utilice la matriz de corte y realice un corte limpio, sin muescas con el perfil que se indica en los anexos según sea el caso. Este corte se debe realizar a temperatura ambiente, ejerciendo una presión uniforme continua.

b) Método de mecanizado

1. Producir la probeta por fresado, cuando sea necesario use una plantilla de fresado con el perfil que se indica en los anexos según sea el caso.
2. La forma de la fresa y las condiciones de mecanizado (velocidad de rotación y avance) son a la discreción del operador, sin embargo, se debe evitar cualquier calentamiento de la pieza de ensayo y el deterioro de su superficie tales como grietas, u otros defectos visibles.

**NOTA:** Para el procedimiento de mecanizado, se recomienda que el usuario consulte con ISO 2818.

#### **4.4 Acondicionamiento**

Antes de la prueba, las muestras deben acondicionarse a una temperatura de  $(23 \pm 2)$  °C durante el tiempo establecido en la tabla 2

<b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales LEMAT</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b>  <b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b>	<i>PEE/LEMAT22</i>  <i>Hoja 11 de 12</i>  <i>Edición: Borrador</i>
---	--	--

Tabla 2. Tiempo de acondicionamiento de las muestras

<b>ESPESOR NOMINAL DE LA TUBERÍA (mm)</b>	<b>TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO (h)</b>
$e < 3$	1
$3 \leq e < 8$	3
$8 \leq e < 16$	6
$16 \leq e < 32$	10
$e \geq 32$	16

Bajo ninguna razón se someterán a este ensayo muestras que tengan menos de 15 horas después de la producción de los tubos.

#### **4.5 Uso de equipo**

El procedimiento del correcto uso de la máquina universal de ensayos UH-600 KN se detalla en el instructivo de uso IU/LEMAT/07.

### **5. ANÁLISIS DEL RESULTADO**

Calcular para cada probeta, la elongación, usando la siguiente fórmula:

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100$$

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metroológicos y de Materiales LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE ENSAYO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PARA CONTROLAR LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO</b></p>	<p><b>PEE/LEMAT22</b></p> <p><i>Hoja 12 de 12</i></p> <p><i>Edición: Borrador</i></p>
--	---	---

Dónde:

$\epsilon$  es la elongación, expresada como porcentaje;

$l$  es la distancia final entre las marcas de referencias en la rotura, expresado en milímetros;

$l_0$  es la distancia inicial entre las marcas de referencias en la rotura, expresado en milímetros.

Expresa el resultado en tres cifras significativas.

Los resultados de la elongación no deben ser menor de 350% en ninguna probeta, caso contrario se rechazan la muestra.

## 6. RECOMENDACIONES

- Determinar el espesor de pared y diámetro exterior promedio según el procedimiento PEE/LEMAT/17 y PEE/LEMAT/18 antes de realizar el ensayo
- Se recomienda controlar el acondicionamiento del área en el cual se realiza el ensayo  $T=23\text{ }^{\circ}\text{C}$

## 7. INFORME

Una vez finalizado el ensayo se emite automáticamente el informe con formato PEE2201

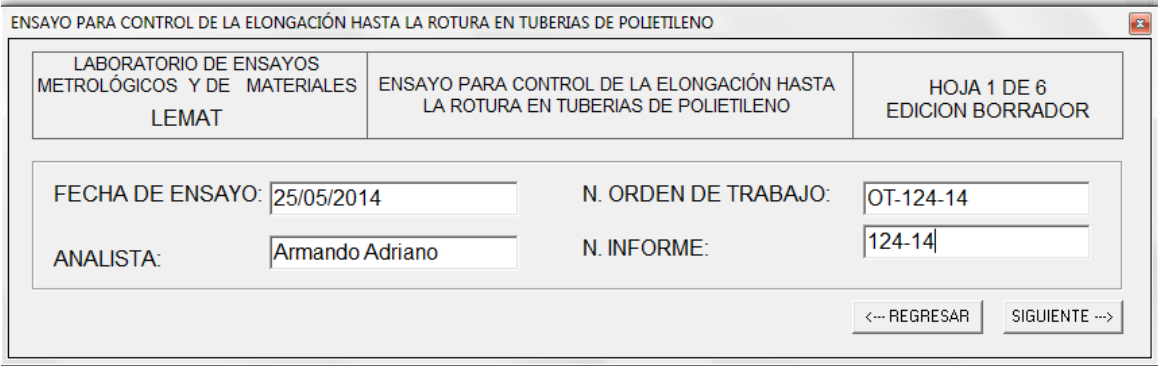
Guayaquil, 25 de mayo de 2014

## **INFORME DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE INEN 1744 PARA ENSAYO DE CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA RUPTURA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO**

La siguiente validación se realizó simulando una muestra compuesta por 3 probetas seleccionadas aleatoriamente de un lote de 1200 unidades

### **EJECUCION DEL SOFTWARE 1744**

1.- Ingresamos los datos proporcionados por el DT del LEMAT antes de realizar el ensayo



The screenshot shows a software window titled "ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO". The window is divided into several sections. At the top, there are three boxes: "LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT", "ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO", and "HOJA 1 DE 6 EDICION BORRADOR". Below these, there are four input fields: "FECHA DE ENSAYO:" with the value "25/05/2014", "N. ORDEN DE TRABAJO:" with the value "OT-124-14", "ANALISTA:" with the value "Armando Adriano", and "N. INFORME:" with the value "124-14". At the bottom right, there are two buttons: "<-- REGRESAR" and "SIGUIENTE -->".

2.- Ingresamos la información de los equipos utilizados, la cual lo obtenemos directamente de la base de datos del programa

ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT      ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO      HOJA 2 DE 6 EDICIÓN BORRADOR

### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

**MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

**TERMOHIGRÓMETRO**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

SERIE:

MODELO:

id	codigo	descripcion	Marca
▶ 13	EM-18-03	Máquina de Ensayos UH	Shimadzu
◀			

id	codigo	descripcion	Marca
▶ 4	EM-12	Termohigrómetro	Taylor
◀			

**CALIBRADOR**

CÓDIGO LEMAT:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

RESOLUCIÓN (mm):

RANGO (mm):

id	codigo	descripcion	Marca	Modelo	Serie	Rango	resolu
▶ 2	EM-24	Calibrador	Mitutoyo	RK-34	EFTP-RTP89	0-100	0,01
◀							

SIGUIENTE -->

### 3.- Ingresamos la información de la muestra

ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT      ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO      HOJA 3 DE 6 EDICION BORRADOR

### DATOS GENERALES DE LA MUESTRA

CÓDIGO DE MUESTRA:

PRESIÓN NOMINAL (MPa):

DIÁMETRO NOMINAL (mm):

ESPEJOR NOMINAL (mm):

A1 (mm<sup>2</sup>):

A2 (mm<sup>2</sup>):

A3 (mm<sup>2</sup>):

### ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

PERÍODO DE ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS (h):

### PARÁMETROS DE ENSAYO

VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/s):

CELDA DE CARGA (KN):

SIGUIENTE -->

4.-Medimos las condiciones ambientales del ensayo y las dimensiones de las probetas

ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO	HOJA 4 DE 6 EDICION BORRADOR
---	---	------------------------------

MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL Y HUMEDAD RELATIVA

TEMPERATURA ANTES DE ENSAYO (°C)  HUMEDAD RELATIVA ANTES DE ENSAYO (°C)

RESULTADOS DE ENSAYO

DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA PROBETA 1 (mm):	<input type="text" value="640"/>	±	<input type="text" value="0.3"/>
ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LA PROBETA 1 (mm):	<input type="text" value="38"/>	±	<input type="text" value="0.2"/>
DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA PROBETA 2 (mm):	<input type="text" value="641"/>	±	<input type="text" value="0.3"/>
ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LA PROBETA 2 (mm):	<input type="text" value="39"/>	±	<input type="text" value="0.2"/>
DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO DE LA PROBETA 3 (mm):	<input type="text" value="640.5"/>	±	<input type="text" value="0.3"/>
ESPESOR MÍNIMO DE PARED DE LA PROBETA 3 (mm):	<input type="text" value="38"/>	±	<input type="text" value="0.3"/>

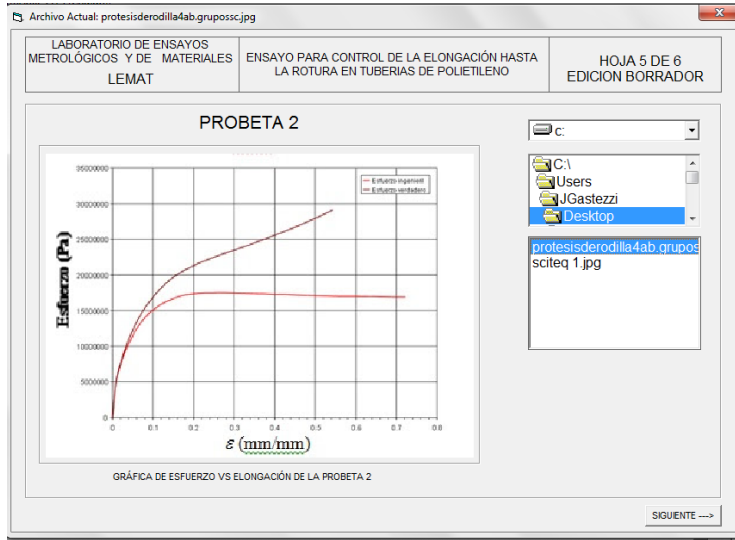
SIGUIENTE -->

4.- Ensayamos las probetas en la MEU, y almacenamos las gráficas en el software

INEN1744

CARGE LA GRÁFICA DE ESFUERZO VS ELONGACIÓN DE LA PROBETA 1 PARA CONTINUAR

Aceptar



5.- Ingresamos la información obtenida de las gráficas

ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT      ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERÍAS DE POLIETILENO      HOJA 5 DE 6 EDICION BORRADOR

**RESULTADOS DE ENSAYO**

**ESFUERZO DE FLUENCIA DE LA PROBETA 1 (N/mm<sup>2</sup>)**

$\sigma_1$  640     $\sigma_2$  640     $\sigma_3$  641     $\sigma_4$  640     $\sigma_5$  641

**ESFUERZO DE FLUENCIA DE LA PROBETA 2 (N/mm<sup>2</sup>)**

$\sigma_1$  642     $\sigma_2$  642     $\sigma_3$  640     $\sigma_4$  641     $\sigma_5$  641

**ESFUERZO DE FLUENCIA DE LA PROBETA 3 (N/mm<sup>2</sup>)**

$\sigma_1$  641     $\sigma_2$  642     $\sigma_3$  642     $\sigma_4$  640     $\sigma_5$  643

SIGUIENTE -->

6.-Ingresamos las mediciones realizadas con el calibrador



ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 5 DE 6 EDICION BORRADOR
---	---	------------------------------

### RESULTADOS DE ENSAYO

LONGITUD INICIAL DE LA PROBETA 1 (mm)			LONGITUD FINAL DE LA PROBETA 1 (mm)								
Lo1	102	Lo3	103	Lo5	102	Lf1	103	Lf3	103	Lf5	104.5
Lo2	102	Lo4	102.5			Lf2	104	Lf4	102		

LONGITUD INICIAL DE LA PROBETA 2 (mm)			LONGITUD FINAL DE LA PROBETA 2 (mm)								
Lo1	103	Lo3	102	Lo5	101.5	Lf1	105	Lf3	103.3	Lf5	104
Lo2	102	Lo4	102			Lf2	105.5	Lf4	104		

LONGITUD INICIAL DE LA PROBETA 3 (mm)			LONGITUD FINAL DE LA PROBETA 3 (mm)								
Lo1	101.5	Lo3	102	Lo5	100	Lf1	104	Lf3	104.3	Lf5	105
Lo2	101	Lo4	100.5			Lf2	104	Lf4	104.5		

**MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL Y HUMEDAD RELATIVA**

TEMPERATURA DESPUES DE ENSAYO (°C)	24	HUMEDAD RELATIVA DESPUES DE ENSAYO (°C)	85
------------------------------------	----	---	----

SIGUIENTE -->

7.-Finalizamos el ensayo completando la información de las calibraciones de los instrumentos usados y continuamos para almacenar el documento, el cual está restringido para que el analista no pueda modificar los resultados finales con el fin de evitar conflicto de intereses con el cliente.

ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO

LABORATORIO DE ENSAYOS METROLÓGICOS Y DE MATERIALES LEMAT	ENSAYO PARA CONTROL DE LA ELONGACIÓN HASTA LA ROTURA EN TUBERIAS DE POLIETILENO	HOJA 6 DE 6 EDICION BORRADOR
---	---	------------------------------

### INCERTIDUMBRE DE ENSAYO

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL CALIBRADOR ( $\mu_{exp}$ ):	0.01	FACTOR DE COBERTURA (K):	2
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL CALIBRADOR DEL PRESENTE AÑO:	0.01	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL CALIBRADOR DEL AÑO PASADO:	0.02

FINALIZAR

## REPORTE FINAL

Analista: Armando Adriano      Fecha de emisión: 25/05/2014  
N° Informe: 124-14      Número de Orden: OT-124-14

DATOS GENERALES DEL CLIENTE	
Nombre:	
Dirección:	
Teléfono:	
Persona de Contacto:	
Correo electrónico:	

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPO EMPLEADO			
Máquina universal de ensayos:			
Marca:	Shimadzu		
Modelo:	UH-600KN		
No de Serie:	-		
Código LEMAT:	EM-18-08		
Calibrador		Termohigrómetro	
Marca:	Mitutoyo	Marca:	Taylor
Modelo:	RK-34	Modelo:	1523T
No de Serie:	EFTP-RT89	No de Serie:	-
Código LEMAT:	EM-24	Código LEMAT:	EM-12
Rango (mm):	0-100		
Resolución (mm):	0.01		

Métodos utilizados y documentos aplicados:	
Procedimiento:	Interno
Norma de referencia:	ISO 6259, INEN 1744

PEE/LEMAT/X9X9-ED

DATOS DE LA MUESTRAS				
Código de muestra:	14-6259	AREA 1:	12	mm <sup>2</sup>
Presión Nominal (Mpa):	1,25	AREA 2:	12	mm <sup>2</sup>
Diámetro Nominal (mm):	640	AREA 3:	12,00	mm <sup>2</sup>
Espesor Nominal (mm):	38,1			

Las condiciones ambientales medidas durante el ensayo fueron:	
Temperatura Media (°C):	1212
Humedad Relativa Media (%):	4142,5

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA		
Período de acondicionamiento mínimo de probetas:	24	h

#### RESULTADOS DE ENSAYO

Diámetro exterior promedio de probeta 1:	640,0	±	0,3	mm
Espesor mínimo de pared de probeta 1:	38,00	±	0,20	mm
Diámetro exterior promedio de probeta 2:	641,0	±	0,3	mm
Espesor mínimo de pared de probeta 2:	39,00	±	0,20	mm
Diámetro exterior promedio de probeta 3:	640,5	±	0,3	mm
Espesor mínimo de pared de probeta 3:	38,00	±	0,30	mm

Nota: El diámetro exterior promedio y el espesor mínimo de pared se lo obtuvo de acuerdo a la norma ENEN 499

#### PARAMETROS DE ENSAYO

Celda de carga:	60	KN
Velocidad de ensayo:	16	mm/min

PEE/LEMAT/X9X9-ED

RESULTADOS DE ENSAYO

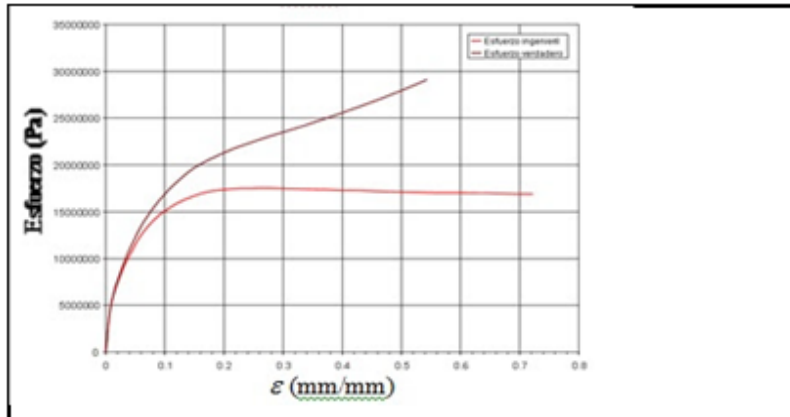


Figura 1. Gráfica de Esfuerzo vs Elongación de la probeta 1 de la muestra 14-6259

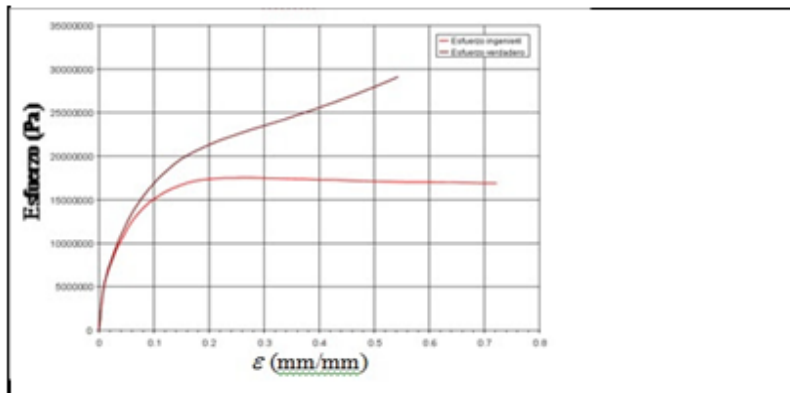


Figura 2. Gráfica de Esfuerzo vs Elongación de la probeta 2 de la muestra 14-6259

**RESULTADOS DE ENSAYO**

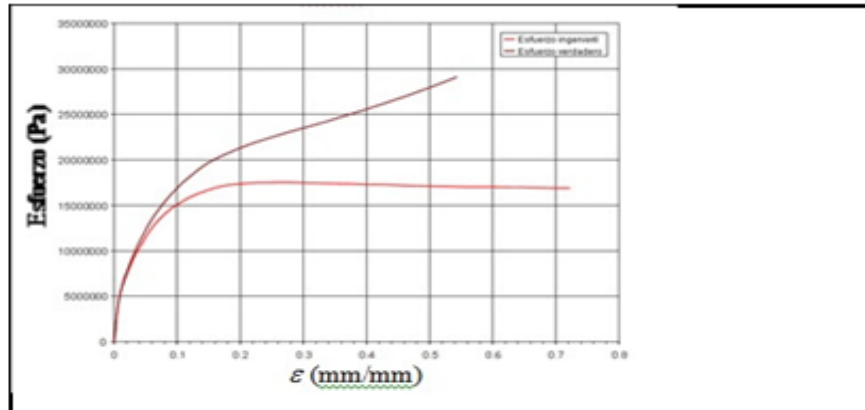


Figura 3. Gráfica de Esfuerzo vs Elongación de la probeta 3 de la muestra 14-6259

DESCRIPCION	# DE MEDICION	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	1	640	642,0000	641,0000
	2	640	641,0000	642,0000
	3	641	640,0000	642,0000
	4	640	641,0000	640,0000
	5	641	641,0000	643,0000
	PROMEDIO	640,4	641,2000	641,6000

**RESULTADOS DE ENSAYO**

DESCRIPCION	# DE MEDICION	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Longitud inicial (mm)	1	102,0000	103,0000	101,5000
	2	102,0000	102,0000	101,5000
	3	103,0000	102,0000	102,0000
	4	102,5000	102,0000	100,5000
	5	102,0000	101,5000	100,0000
	PROMEDIO	102,3000	102,1000	101,1000
Longitud final (mm)	1	103,0000	105,0000	104,0000
	2	104,0000	105,5000	104,0000
	3	103,0000	103,3000	104,3000
	4	102,0000	104,0000	104,5000
	5	104,5000	104,0000	105,0000
	PROMEDIO	103,3000	104,3600	104,3600

**CONCLUSIONES DEL ENSAYO**

Las muestras y la información fueron proporcionadas por el cliente.  
La elongación y el esfuerzo de fluencia de las muestras se detalla a continuación:

Probeta	Elongación (%)	Esfuerzo de fluencia (Mpa)
1	0,98 ±	1,16 ± 1,30
2	0,00 ±	0,02 ± 1,40
3	2,21 ±	0,79 ± 1,60

La probeta 1 de la muestra 14-6259 tiene una elongación menor que el 350%, por lo tanto se rechaza la muestra y el lote del que proviene

La probeta 2 de la muestra 14-6259 tiene una elongación menor que el 350%, por lo tanto se rechaza la muestra y el lote del que proviene

La probeta 3 de la muestra 14-6259 tiene una elongación menor que el 350%, por lo tanto se rechaza la muestra y el lote del que proviene

Ing. Carlos Parra M.  
Director Técnico

Ing. Rodrigo Perugachi B.  
Director del Laboratorio

Nota: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentran fuera del alcance de acreditación del OAE

Se promueve la registración total o parcial de presente informe, tanto a nivel nacional como a nivel internacional.  
Guayaquil - Casapostol "Gustavo Galindo V." Km. 20,5 vía provincial, congreso a ciudad de Santa Cecilia.  
Fon: (593-41) 2269292 - Teléfono 2269275  
E-mail: [carlos@cepal.edu.ec](mailto:carlos@cepal.edu.ec)  
SAT 2000.01

PEE/LEMAT/X9XB-ED

6.- Como se puede notar en el informe, la muestra 14-6259 presenta una variación menor al 300% en sentido longitudinal por lo tanto la muestra no aprueba el ensayo, estos resultados son iguales a los obtenidos mediante una hoja electrónica como se detalla a continuación

Guayaquil, 25 de mayo de 2014

### Validación de Software INEN 1744 para ensayo de elongación hasta la ruptura usando una hoja electrónica

\* Para validar el software INEN 1744 simularemos una muestra de 3 probetas tipo A, seleccionas al azar de un lote de 1200 unidades

Asumimos que la muestra tiene un diámetro nominal de 640 mm y un espesor nominal de 38,1 mm

<b>Muestra 14-1743</b>			
<b>Descripción</b>	<b>14-1743-01</b>	<b>14-1743-02</b>	<b>14-1743-03</b>
<b>Dm</b>	640 ± 0,3	641 ± 0,3	640,5 ± 0,3
Emin	38 ± 0,2	39 ± 0,2	38 ± 0,3

Nota: Esta información fue obtenida en base al PEE/LEMAT/X4X4 y PEE/LEMAT/X5X5

La longitud inicial (Lo) se obtiene directamente con el calibrador :

<b>Probeta</b>	<b>14-1743-01</b>	<b>14-1743-02</b>	<b>14-1743-02</b>
Lo 1 (mm)	102,00	103,00	101,50
Lo 2(mm)	102,00	102,00	101,00
Lo 3(mm)	103,00	102,00	102,00
Lo 4 (mm)	102,50	102,00	100,50
Lo 5 (mm)	102,00	101,50	100,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>102,30</b>	<b>102,10</b>	<b>101,00</b>
<b>DESV. STAND.</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>0,79</b>

La longitud final (Lf) se obtiene directamente con el calibrador :

<b>Probeta</b>	<b>14-1743-01</b>	<b>14-1743-02</b>	<b>14-1743-02</b>
Lf 1 (mm)	103,00	105,00	104,00
Lf 2(mm)	104,00	105,50	104,00
Lf 3(mm)	103,00	103,30	104,30
Lf 4 (mm)	102,00	104,00	104,50
Lf 5 (mm)	104,50	104,00	105,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>103,30</b>	<b>104,36</b>	<b>104,36</b>
<b>DESV. STAND.</b>	<b>0,97</b>	<b>0,88</b>	<b>0,42</b>

La reversión longitudinal se puede expresar como:

$$\epsilon = \frac{|L_o - L|}{L_o} \times 100$$

Por lo tanto:

Probeta	Elongación (%)
14-1743-01	0,98
14-1743-02	2,21
14-1743-03	3,33

### Evaluación de la incertidumbre en el ensayo

Para la evaluación de la incertidumbre asumiremos los siguiente:

Incertidumbre máxima actual del calibrado:	0,01
Factor de cobertura k:	2
Incertidumbre expandida del calibrador del presente año:	0,01
Incertidumbre expandida del calibrador del año pasado:	0,02
Resolución (mm):	0,01

Cálculo de la incertidumbre estandar  $u(\text{calibración}) = \frac{U_c}{k}$

$u(\text{calibración1}) =$	0,005
----------------------------	-------

Cálculo de la incertidumbre expandida del ensayo

$$u_E = 2 \times U_c$$

$$U_{L_o} = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{L}_o)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_s}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$U_{L_o1} =$	0,2
$U_{L_o2} =$	0,2
$U_{L_o3} =$	0,4

$$U_L = \sqrt{\left[\left(\frac{s(\bar{L})}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{res_s}{\sqrt{3}}\right)^2\right]}$$

$U_{L1} =$	0,4
$U_{L2} =$	0,4
$U_{L3} =$	0,2

Cálculo del coeficiente de sensibilidad



$$C_L = \frac{-100}{L_0}$$

CL1=	-0,98
CL2=	-0,98
CL3=	-0,99

$$C_{L_0} = \frac{-100 \cdot L}{(L_0)^2}$$

CLo1=	-0,99
CLo2=	-1,00
CLo3=	-1,02

Uc1= 0,47
Uc2= 0,46
Uc3= 0,41

uE1= 0,94
uE2= 0,91
uE3= 0,81

Cálculo de la incertidumbre por deriva

$$u(\text{deriva}) = \sqrt{\frac{\text{dif}^2}{3}}$$

u(deriva1)= 0,0058
--------------------

Cálculo de la incertidumbre combinada

$$u = \sqrt{u_{(\text{calibración})}^2 + u_E^2 + u(\text{deriva})^2}$$

u1= 0,94
u1= 0,91
u1= 0,81

### Cálculo de la incertidumbre total expandida

$$U_{exp} = k \cdot u$$

$U_{exp1} =$	1,3
$U_{exp2} =$	1,4
$U_{exp3} =$	1,6

La representación del resultado final de la densidad para la muestra 14-1743 se representa de la siguiente manera:

Muestra	Probeta	S	Unidad
14-1743	14-1743-01	$0,98 \pm 1,3$	%
	14-1743-02	$2,21 \pm 1,4$	%
	14-1743-03	$3,33 \pm 1,6$	%

La muestra 14-6259 presenta una elongación menor del 300% en sentido longitudinal, por lo tanto no aprueba el ensayo





<b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>INSTRUCCIÓN</b>  <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b>	<b>IU/LEMAT/07</b>  <i>Hoja 1 de 13</i>  <i>Edición: Borrador</i>
--	---	---

## 1. DATOS DEL EQUIPO

<b>Capacidad máxima:</b>	600 KN
<b>Rangos de fuerza:</b>	600/300/120/60/30/12 KN
<b>Exactitud de fuerza:</b>	±1% del valor de indicado

### Información Técnica

<b>Descripción:</b>	Máquina universal de ensayos
<b>Marca:</b>	Shimadzu
<b>Modelo:</b>	UH-600KN
<b>Serie:</b>	
<b>Código LEMAT:</b>	

## 2. DESCRIPCIÓN

A continuación se detalla el procedimiento para usar el equipo UH-600KN con su respectivo software Trapezium.

### 2.1 Procedimiento de encendido del equipo y preparación de la Máquina Universal de Ensayos UH-600 KN

1. Encienda el Switch y verifique que la perilla de control esté en la posición RETURN y encienda la Bomba de aceite (PUMP).

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>IU/LEMAT/07</i> <i>Hoja 2 de 13</i> <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

2. Gire la perilla de control manual a la posición abierto (OPEN) para que el CROSSHEAD INFERIOR ascienda alrededor de 100 mm.
3. Gire la perilla a la posición mantener (HOLD).
4. Gire la perilla a RETURN para llevar el CROSSHEAD INFERIOR a su posición más baja.
5. Gire la perilla a OPEN hasta que el CROSSHEAD INFERIOR ascienda alrededor de 100mm.
6. Repita los dos pasos anteriores 3 veces y finalmente deje el CROSSHEAD INFERIOR elevado alrededor de 100 mm de su punto más bajo.
7. Al finalizar este proceso la máquina está lista para operar.

### **2.1.1 Calibración electrónica del equipo**

1. En la Pantalla principal presione SISTEMA (SYSTEM)
2. Presione AMP-CAL
3. Presione E-CAL
4. Presione SI (YES) para iniciar la calibración ó NO para cancelar el procedimiento.

**Nota.-** No toque ninguna tecla o botón del máquina mientras se realiza la calibración electrónica.

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>IU/LEMAT/07</i> <i>Hoja 3 de 13</i> <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

### 2.1.2 Calibración electrónica del software

1. Presione CARGA.
2. Presione CALIBRACIÓN para iniciar la calibración.  
**Nota.-** No toque ninguna tecla o botón de la máquina mientras se realiza la calibración electrónica.

### 2.1.3 Procedimiento de uso de la máquina universal de ensayos

1. Llevar a cabo el ensayo a una temperatura ambiente de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .
2. Medir con una precisión de 0,01 mm, el ancho y el espesor mínimo de la parte central de la pieza de prueba entre las marcas. Calcular el área mínima de la sección transversal y regístrela en la hoja de datos primarios
3. En el computador abra el Software TRAPEZIUM.
4. En la parte superior derecha selecciones la opción “Nuevo-----> Ensayo”.
5. Elija el método de acuerdo a la OT entregada; y haga click en el link siguiente.  
Ingrese los datos de:
  - # de muestra ( cuántas muestras se van a ensayar).
  - Nombre de la muestra.
  - Área
  - Longitud inicial según el tipo de probeta empleada

<p style="text-align: center;">Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p style="text-align: center;"><i><b>IU/LEMAT/07</b></i>  <i>Hoja 4 de 13</i>  <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

6. Seleccione la opción “SIGUIENTE”.

Ingrese los datos de:

- Orden de trabajo
- Tipo de ensayo
- Fecha
- Temperatura

7. Seleccione la opción ENSAYO. Aparecerá un Cuadro de Diálogo, y Cancele.

8. Proceda a encerrar la celda de carga haciendo click derecho sobre el indicador FORCE y seleccione "Cero".

**NOTA:** No presione ninguna tecla mientras dure esta operación.

9. Proceda a encerrar la celda de desplazamiento haciendo click derecho sobre el indicador STROKE y haga click en "Cero". No presione ninguna tecla mientras dure esta operación

**Nota:** La máquina debe ser calibrada de tal manera que una indicación de fuerza cero signifique cero fuerza sobre el espécimen. Cualquier fuerza (o precarga) impartida por las mordazas sobre el espécimen debe ser indicada por el sistema de medición de fuerza a no ser que la precarga pueda ser físicamente removida previo al ensayo. Métodos ajenos para la remoción de la precarga sobre el espécimen, como tarar o ajustes matemáticos de software, son prohibidos debido a que esto puede afectar la exactitud de los resultados de ensayo. Para el ajuste de la probeta en el equipo, no se debe exceder de una precarga de 5KN.

10. Colocar la muestra en la máquina de ensayos universales SHIMADZU de tal manera que el eje de la muestra coincida con la dirección de la fuerza de tracción.



<b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b>  <b>LEMAT</b>	<b>INSTRUCCIÓN</b>  <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b>	<b>IU/LEMAT/07</b>  <i>Hoja 5 de 13</i>  <i>Edición: Borrador</i>
--	---	---

11. Cerrar las mordazas de manera uniforme para evitar cualquier deslizamiento de la muestra.
12. Ajuste de la velocidad de ensayo con el valor especificado en la tabla 1 y configurar la máquina en mención.

Tabla 2 Velocidades de ensayo

<b>Espesor nominal de la pared e (mm)</b>	<b>Método de preparación de la muestra</b>	<b>Tipo de probeta</b>	<b>Velocidad de ensayo mm/min</b>
$e \leq 5$	Troquel/Mecanizado	Tipo 2	100
$5 < e \leq 12$	Troquel/Mecanizado	Tipo 1	50
$e > 12$	Mecanizado	Tipo 1	25
$e > 12$	Mecanizado	Tipo 3	10

Nota: Los planos de los tipos de probetas se especifican en los anexos

13. Haga clic sobre el Icono TEST.
14. Grabe la curva de tensión/deformación hasta la rotura de la muestra y grabe en esta curva, la fuerza en el límite elástico y la longitud de referencia a la rotura.
15. Descarte cualquier muestra que se deslice en las mordazas, las que se rompen en una distancia fuera de la longitud inicial o final y las que se deformen, dando lugar a que se altere la anchura de las mismas, y realice un reensayo con otra muestra del mismo lote.

<p style="text-align: center;"><b>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>LEMAT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>IU/LEMAT/07</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Hoja 6 de 13</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Edición: Borrador</i></p>
---	--	--

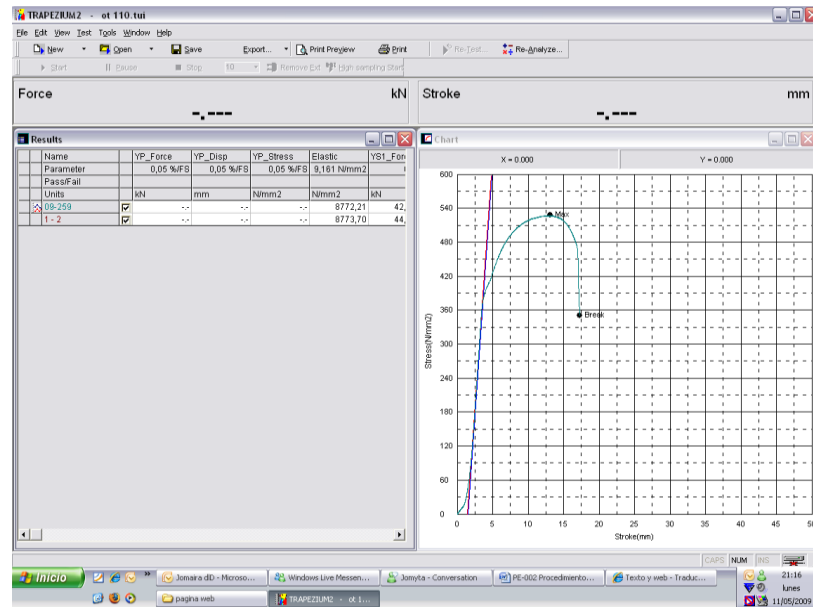


Figura 1. Pantalla de Software TRAPEZIUM

Una vez que el ensayo haya terminado el software solicitará que se ingrese la medida de la Longitud Final de Ensayo, para calcular la Elongación a la Rotura. La Longitud Final se la debe tomar de la siguiente manera:

16. Unir las dos secciones obtenidas a la rotura de manera que encajen perfectamente al unir las una contra otra.
17. Ubicar las marcas de la longitud calibrada y verifique lo siguiente:
  - Que la rotura se ha producido entre estas marcas; de lo contrario no se reportará el ensayo. Esta anomalía debe reportarse la DT del LEMAT, y se deberá repetir el ensayo.
18. Ingrese en el software la medida obtenida de las mediciones.
19. Guardar el archivo para luego proceder con el Informe.

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p><i>IU/LEMAT/07</i> <i>Hoja 7 de 13</i> <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

20. Los valores de Esfuerzo Máximo y Esfuerzo de Fluencia serán obtenidos a través del software directamente.

### 3. ANEXOS

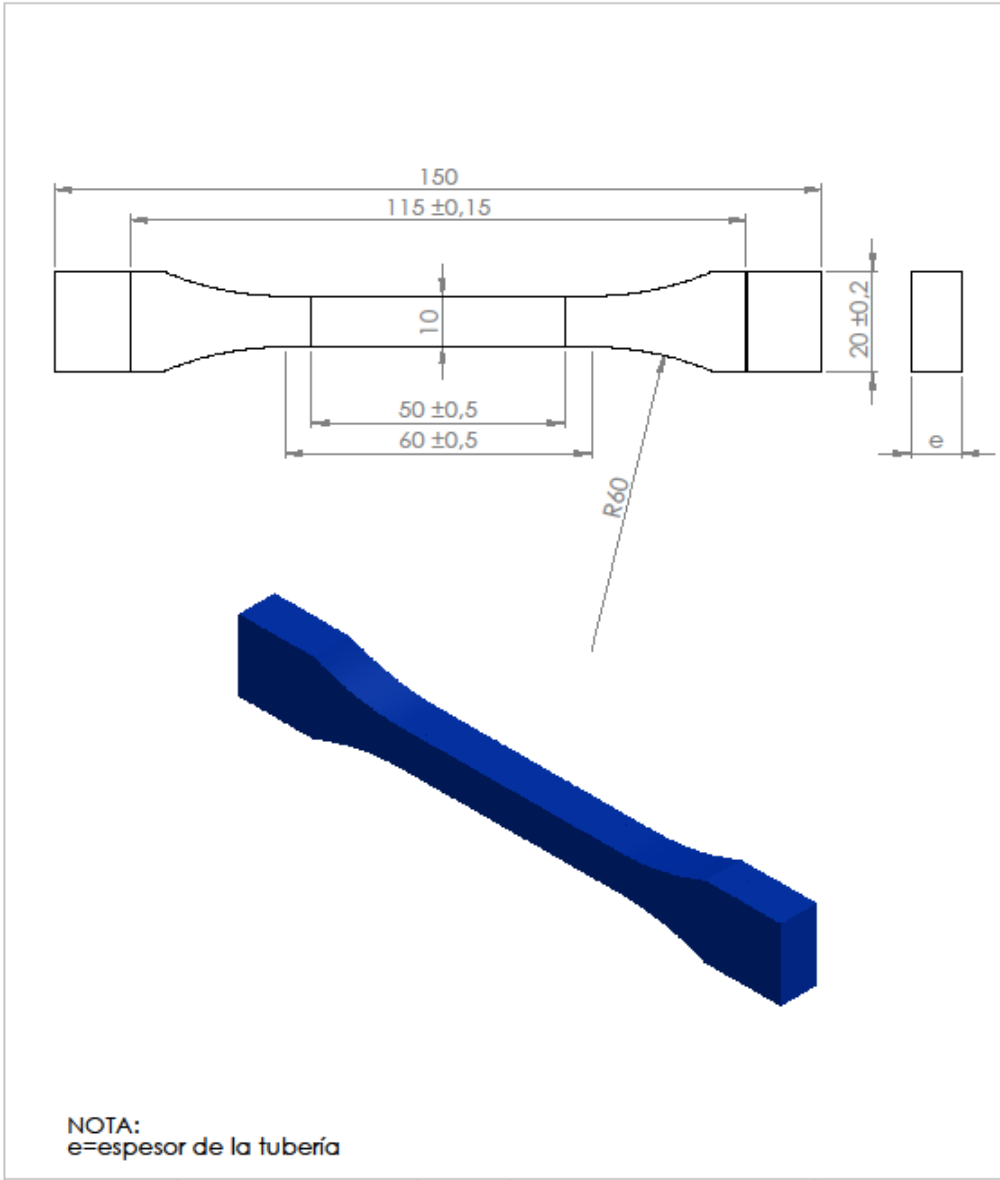
	<i>Elaborado:</i>	<i>Revisado por:</i>	<i>Aprobado/ Autorizado por:</i>
<i>Nombre</i>			.
<i>Firma</i>			
<i>Fecha</i>			

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p><i>IU/LEMAT/07</i> <i>Hoja 8 de 13</i> <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	--

## **ANEXO A**

**Probeta Tipo 1 según ISO 6259, para realizar el  
ensayo mecánico de elongación hasta la ruptura**

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/07</b></p> <p>Hoja 9 de 13</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	--	--



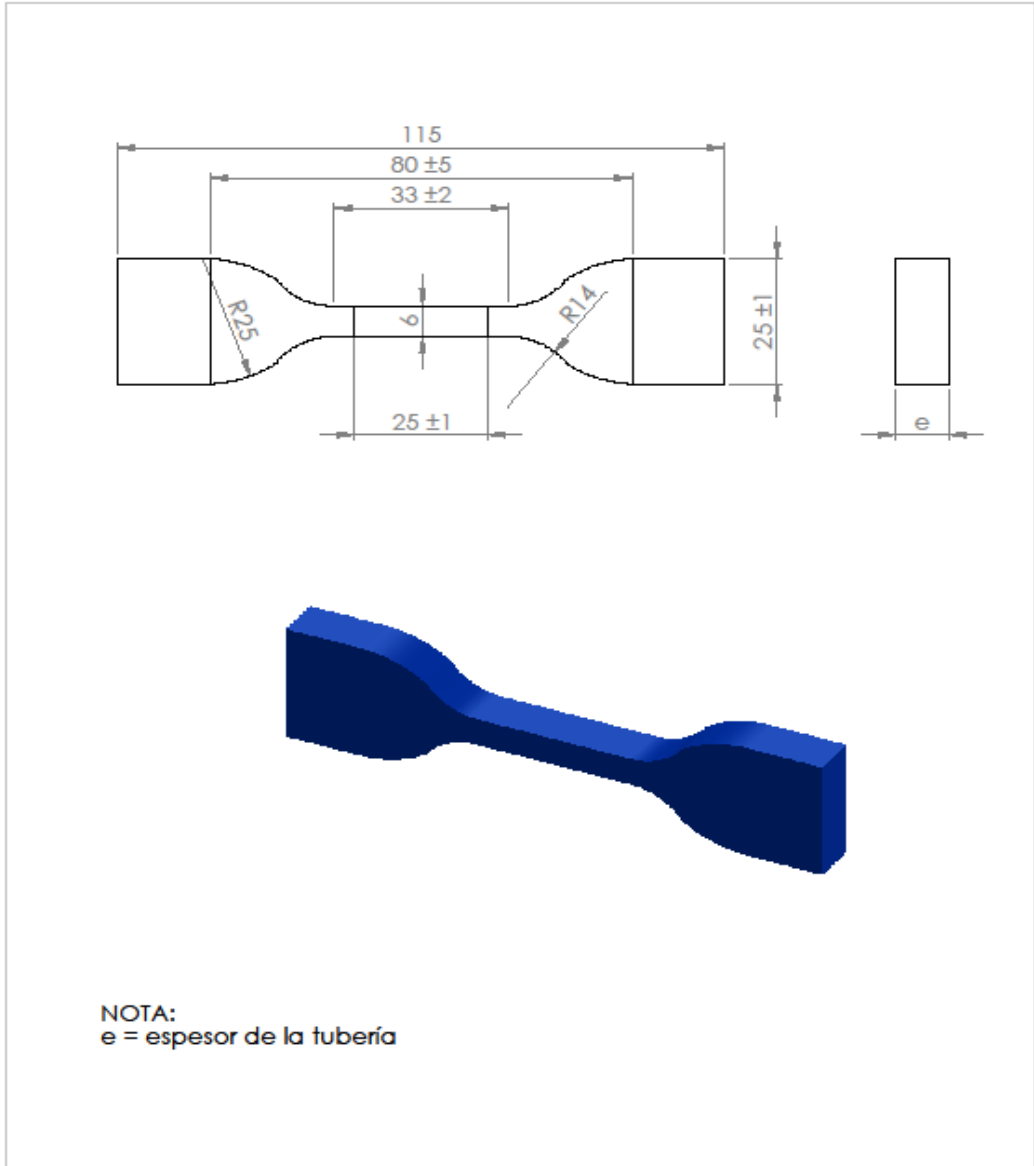
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL:		TOLERANCIAS:		LINEAL:		ANGULAR:		TÍTULO:	
NOMBRE		FIRMA		FECHA					
DIBUJ.		VERIF.		A/PQCE.		FABR.		CALID.	
						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
								<b>PROBETA TIPO 1</b>	
						PESO:		ESCALA:1:5	
								HOJA 1 DE 1	
								A4	

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p><i>IU/LEMAT/07</i> <i>Hoja 10 de 13</i> <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## **ANEXO B**

**Probeta Tipo 2 según ISO 6259, para realizar el  
ensayo mecánico de elongación hasta la ruptura**

<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/07</b></p> <p>Hoja 11 de 13</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	--	---



NOTA:  
e = espesor de la tubería

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.				N.º DE DIBUJO	A4
			MATERIAL:	PROBETA TIPO 2	
			PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

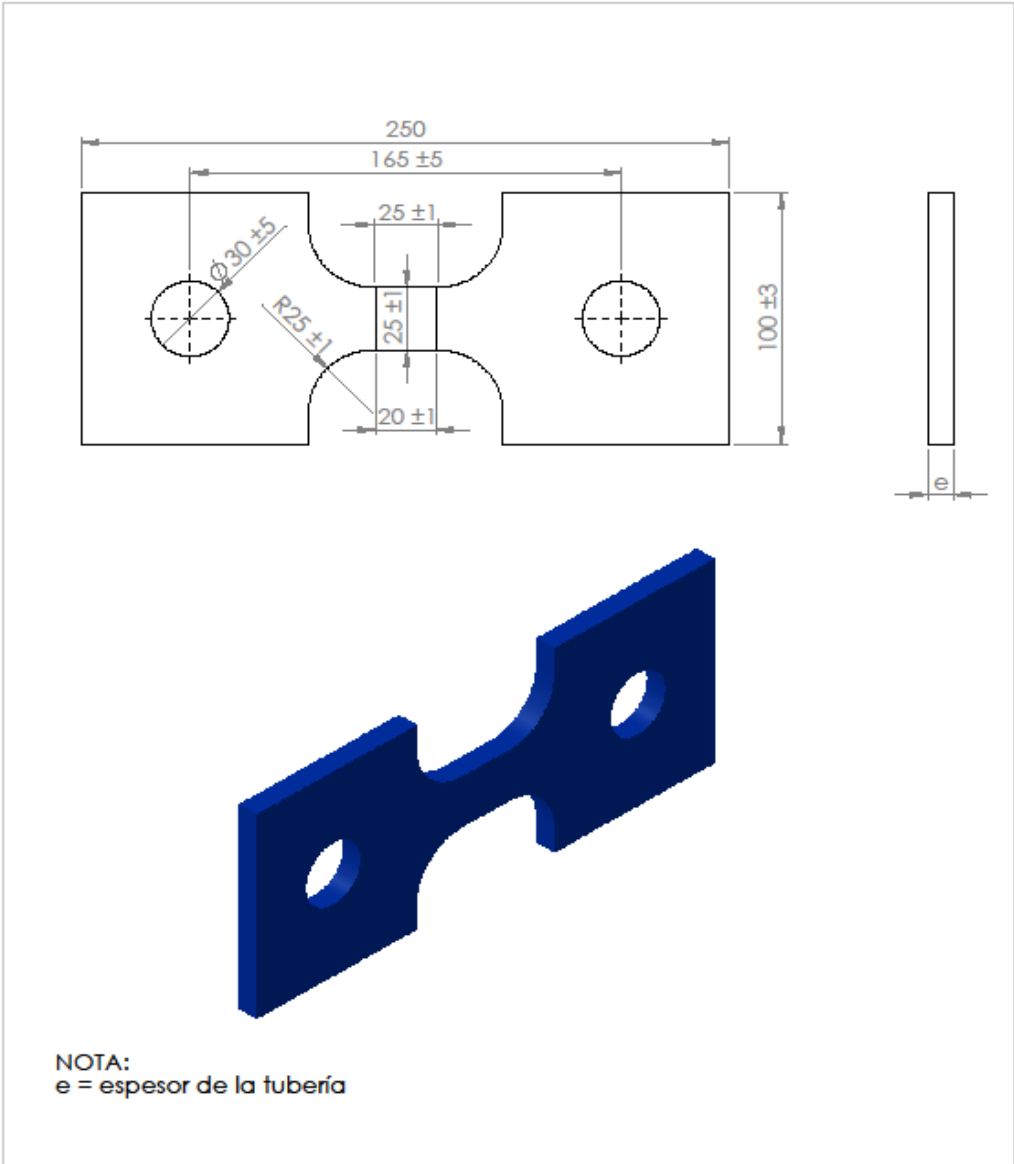
<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales <b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b> <b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p><i>IU/LEMAT/07</i> <i>Hoja 12 de 13</i> <i>Edición: Borrador</i></p>
---	---	---

## **ANEXO C**

**Probeta Tipo 3 según ISO 6259, para realizar el  
ensayo mecánico de elongación hasta la ruptura**



<p>Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p><b>LEMAT</b></p>	<p><b>INSTRUCCIÓN</b></p> <p><b>INSTRUCCIÓN DE USO DEL EQUIPO UH-600KN</b></p>	<p><b>IU/LEMAT/07</b></p> <p>Hoja 13 de 13</p> <p>Edición: Borrador</p>
--	--	---



NOTA:  
e = espesor de la tubería

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE FIRMA FECHA	TÍTULO:				N.º DE DIBUJO	
DIBUJ. VERIF. APROB. FABR. CALID.	MATERIAL:				<b>PROBETA TIPO 3</b>	
PESO:				ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	