

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FÍSICA



INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO FÍSICO

TITULADO

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA LA
DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN EN ESPUMAS
VISCOELÁSTICAS”

PRESENTADO POR:

JUAN DAVID GUTIERREZ LUIS

Asesor

Dr. JOSÉ CARLOS DÍAZ ROSADO

LIMA – PERÚ

2015

RESUMEN

La espuma viscoelástica fue creada inicialmente por científicos para su uso en los asientos de los pilotos aeroespaciales de la NASA con la finalidad de reducir la alta presión que experimentaban en los programas espacial que era de tres a cuatro veces la gravedad terrestre que era una espuma que se amoldaba a la forma de cuerpo, con el tiempo esta espuma empezó a tener aplicaciones médicas para paciente en terapia intensiva que permanecían demasiado tiempo en sobre la cama y como consecuencia desarrollaban llagas por presión. Hoy en día la espuma viscoelástica es muy usada en la industria del descanso con la fabricación de colchones para dar un mejor confort al descansar ya que se reducen notablemente los puntos de presión y se aumenta la superficie de contacto dando así al usuario un mejor descanso. Este proyecto busca caracterizar las propiedades físicas de la espuma viscoelástica con la finalidad de implementar un procedimiento de ensayo para la determinación del tiempo de recuperación o tiempo de relajación en las espumas viscoelásticas, este procedimiento consiste en determinar cuánto tiempo tarda una espuma en recuperar sus condiciones iniciales luego de generarles una carga, este procedimiento de ensayo está en función a una norma estándar internacional; ASTM D3574 “Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials - Slab, Bonded, and Molded Urethane Foams”.

Dentro de las propiedades físicas que caracterizan a estas espumas tenemos; la Densidad, Fuerza de Deflexión por Indentación IFD, Pérdida de Fuerza Estática por Deflexión Constante, Propiedades Tensiles, Resistencia al desgarro, Resiliencia, Compresión Set y Flujo de Aire. El trabajo realizado consistió en determinar un procedimiento de ensayo, registros de verificación y evaluación y reportes de resultados para la determinación del tiempo de relajación de la espuma viscoelástica y la incertidumbre asociada al cálculo de la misma.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Antecedentes	
Generales.....	5
1.2 Fabricación de la espuma de poliuretano.....	5
1.3 Uso de la espuma de la viscoelástica.....	7
1.4 Importancia en la implementación de un método de ensayo.....	8
1.5 Objetivos.....	9
1.5.1 Objetivos generales.....	8
1.5.2 Objetivos específicos.....	8
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	9
2.1 Definiciones principales.....	9
2.2 Proceso de fabricación de la espuma viscoelástica.....	10
2.3 Método de ensayo normalizado.....	13
2.4 Norma ASTM D3574.....	14
2.4.1 Propiedades físicas de la espuma viscoelástica.....	14
2.5 Cálculo del valor convencionalmente verdadero en la determinación del tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas.....	21
2.6 Estimación de la incertidumbre de la medición.....	21
2.6.1 Incertidumbre tipo A.....	21
2.6.2 Incertidumbre tipo B.....	21
2.7 Funciones de distribución de las variables de influencia de un proceso analítico o método de ensayo.....	22
2.7.1 Función de distribución normal.....	22
2.7.2 Función de distribución triangular.....	23

2.7.3	Función de distribución rectangular.....	24
2.8	Leyes de propagación de la incertidumbre.....	24
2.8.1	Incertidumbre estándar combinada.....	24
2.8.2	Incertidumbre expandida.....	26
2.9	Fluidos Viscoelásticos.....	27
3.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.1	Procedimiento para el pedido y emisión del informe de ensayo.....	28
3.2	Procedimiento para la recepción de muestras.....	28
3.3	Procedimiento para la determinación del tiempo de recuperación es espumas viscoelástica.....	28
3.4	Procedimiento para el cálculo de la incertidumbre en la medición del mensurando.....	29
3.5	Descripción de los equipos utilizados.....	30
3.6	Validación de los equipos utilizados.....	30
3.6.1	Validación de la plataforma perforada.....	30
3.6.2	Validación del plato indentor.....	31
3.6.3	Validación de la velocidad de la cruceta del dinamómetro.....	31
3.6.4	Verificación del desplazamiento de la cruceta del dinamómetro.....	31
4.	RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	32
4.1	Registro de verificación y evaluación de muestras.....	32
4.2	Presupuesto de incertidumbre.....	35
5.	DISCUSIONES.....	37
5.1	Discusiones.....	37
6.	CONCLUSIONES.....	38

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes Generales

En el año de 1930 el Químico Alemán **Otto Bayer** (figura 1), quien en ese momento se desempeñaba como Jefe del Departamento de Investigación de Bayer Corp. (Con el que no tenía parentesco familiar) se encontraba trabajando en el descubrimiento de una fibra sintética similar a la poliamida (Nylon), con el uso de reactivos como el isocianato que tenía la facultad de reaccionar en presencia de alcoholes para formar uretanos.[1] En 1937 el doctor Bayer en sus tantos incansables intentos por descubrir esta fibra sintética es que descubrió la espuma de poliuretano, aunque inicialmente no era de mucha utilidad ya en el año de 1947 la espuma tiene diversas aplicaciones en la industria como; en los automóviles (volantes, asientos, etc.), suelas del calzado, en la industria del frío (tuberías, cámaras, etc.), colchones y en muebles.[2]

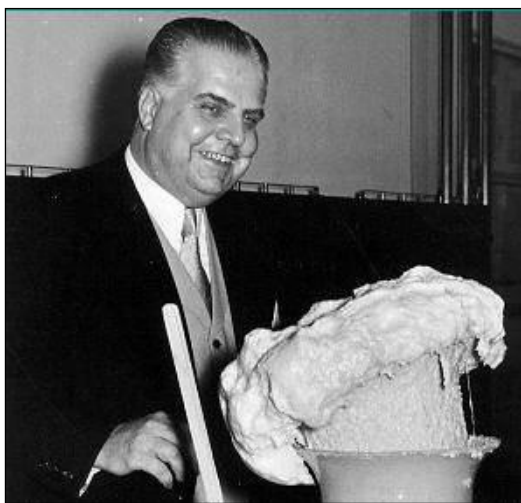


Figura 1. Químico Alemán Otto Bayer y la Espuma de Poliuretano[14]

1.2 Fabricación de la espuma de poliuretano

Las espumas de poliuretano son polímeros que se obtienen de la reacción exotérmica de un polioliol con un isocianato también llamada reacción de gelado ya que en esta se genera la estructura fundamental de la espuma que son los uretanos (Figura 2), y de la reacción de un isocianato con el agua también

llamada reacción de soplado ya que se generara el dióxido de carbono que es el que apertura las celdas de la espuma (Figura 3), dentro de los agentes que se adicionan al polioliol se destacan los siguientes; catalizadores, tensoactivos, agentes soplantes y entrecruzantes los cuales permiten controlar la velocidad de la reacción, el tamaño de la celda, la densidad del material producido y la dureza de la espuma respectivamente.

Las espumas de poliuretano tienen un espectro muy amplio: llegando a obtener espumas de referencias tan bajas como 6 kg/m^3 hasta densidades de 1200 kg/m^3 para plásticos de alta dureza. Dentro de los insumos que se utilizan en la fabricación de las espumas flexibles de poliuretano existen varios tipos de Isocianatos, los cuales tienen un campo de acción en el mercado según las propiedades que aportan a la espuma: el TDI o Di-isocianato de Tolueno es principal utilizado en el área de colchones y **espumas flexibles** con densidades inferiores a 30 kg/m^3 , el HMDI o Hexametilendiisocianato y sus similares alifáticos se utilizan principalmente en **recubrimientos**; mientras el MDI o Metilendiisocianato se utiliza para la gran mayoría de **espumas rígidas y elastómeros**, así como para la fabricación de **espumas flexibles moldeadas** con densidades superiores a 40 kg/m^3 .

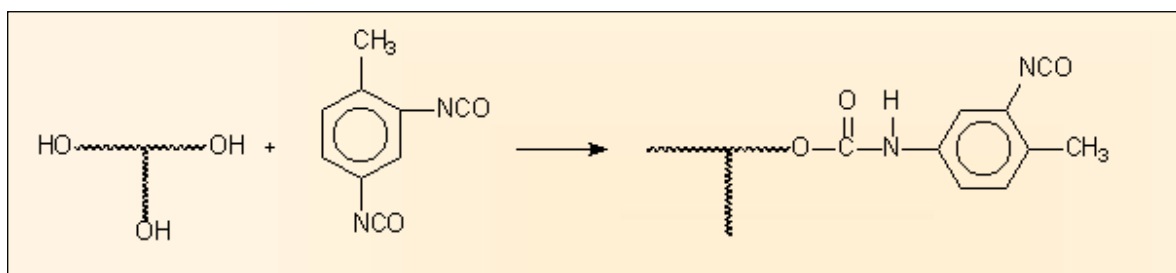


Figura 2. Reacción de Gelado (Reacción de un polioliol con el isocianato)[3]

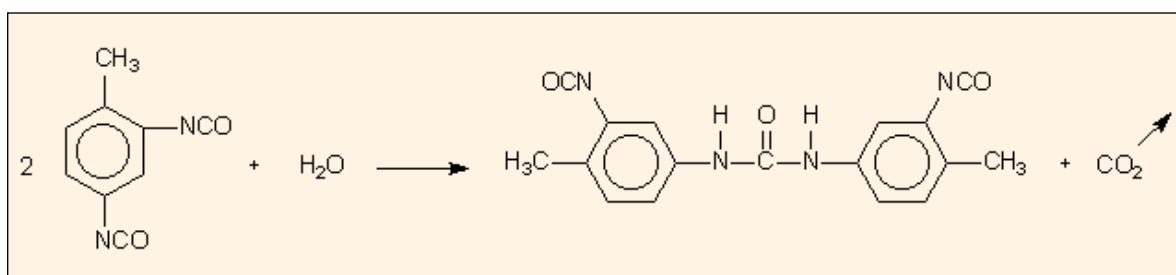


Figura 3. Reacción de Soplado (Reacción de un isocianato con el agua)[3]

Existe una gran cantidad de información para la producción de las espumas de poliuretano, sin embargo la obtención de las propiedades físicas de estas espumas están sujetas a la calidad y proporción de insumos que se utilicen, es por ello que los estudios que se han realizado se centran principalmente en la evaluación de propiedades físicas, tales como el flujo de aire, la resistencia a la compresión, resistencia al desgarramiento, durezas, Resiliencia, tiempo de recuperación en espumas viscoelástica que son igualmente determinantes en el momento en el cual se va a lanzar un producto a un mercado determinado.[3]

1.3 Uso de la espuma viscoelástica

Dentro de la familia de las espumas flexibles de poliuretano se encuentran las espumas viscoelásticas que difieren de las espumas convencionales por su propiedad física de la viscoelasticidad propiedad otorgada a la espuma debido a la característica termosensible que posee, lo que significa que sus propiedades de dureza varían en función a la temperatura a la que este expuesta. Esta espuma también llamada espuma de memoria o “**memoryfoam**” es una espuma que tiene la propiedad de amoldarse a cualquier superficie que sobre ella se coloque, retornando a su forma original luego de retirar la carga colocada sobre ella. Hoy en día esta espuma es muy utilizada en la medicina para prevenir enfermedades como llagas de presión en pacientes que tienen que estar postrados en cama pero su mayor uso es en la industria del descanso ya sea como componente interno de colchones o almohadas.

En colchones la espuma viscoelástica otorga un confort realmente excepcional debido a la propiedad termosensible de la espuma, por ejemplo, cuando una persona descansa sobre un colchón fabricado con una espuma viscoelástica genera calor y por ende la espuma viscoelástica se amoldará fácilmente al cuerpo de la persona reduciendo los puntos de presión y aumentando la superficie de contacto generando así un mejor descanso.

Al igual que en colchones, la almohada de espuma viscoelástica tiene por objeto reducir los puntos de presión sobre el cuello cuando las personas se encuentran descansando (figura 4).[8]



Figura4. Beneficios al uso de la espuma viscoelástica en almohadas y colchones

1.4 Importancia de la implementación de un método de ensayo

La empresa con la finalidad de mantenerse a la vanguardia en fabricar productos de buena calidad se ve en la necesidad de implementar procedimientos para el seguimiento y control de calidad de los colchones, con la evaluación de las espumas que se utilizan como componentes internos. Es el caso de la evaluación de un parámetro físico muy importante de las espumas flexibles de poliuretano: el tiempo de recuperación de la espuma viscoelástica, que es una propiedad que brinda la característica de la viscoelasticidad de los diferentes lotes producidos todos los días. Lo que se busca es mantener una estándar en esta propiedad tan importante a lo largo de todo el año ya que las condiciones de fabricación de las espumas también dependen de las condiciones ambientales.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivos Generales

- Implementar un procedimiento de ensayo para la determinación del tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas

1.5.2 Objetivos Específicos

- Asegurar la confiabilidad de los resultados mediante el aseguramiento de las mediciones y la verificación de los instrumentos a usar.
- Determinar la incertidumbre asociada a la medida del tiempo de recuperación.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTO TEORICO

2.1 Definiciones Principales

a. Método de ensayo

Un método de ensayo es una operación técnica que consiste en la determinación de una o más características de un determinado producto, proceso o servicio de acuerdo con un procedimiento especificado. [4]

b. Mensurando

Magnitud que se desea medir

Nota: La especificación de un mensurando requiere el conocimiento de la naturaleza de la magnitud y la descripción del estado del fenómeno, cuerpo o sustancia cuya magnitud es una propiedad, incluyendo los componentes pertinentes y las entidades químicas involucradas.[5]

c. Procedimiento de ensayo

Un procedimiento es un conjunto de acciones u operaciones que tienen que realizarse de la misma forma, para obtener siempre el mismo resultado bajo las mismas condiciones..

d. Calibración

Operación que bajo condiciones específicas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociados obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una

segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.[5]

e. Espumada

Se refiere a la acción de fabricar espumas flexibles de poliuretano mediante una fórmula establecida.

f. Curado

El curado es la culminación en el proceso de la fabricación de las espumas flexibles de poliuretano, por ejemplo el tiempo de curado de las espumas significa el tiempo necesario para que los gases remanentes propios de las reacciones químicas en el interior de una espuma salgan al medio ambiente.

g. Validación

Verificación de que los requisitos especificados son adecuados para un uso previsto. [6]

h. Verificación

Aportación de evidencia objetiva de que un elemento satisface los requisitos especificados.[6]

2.2 Proceso de fabricación de la espuma viscoelástica

Con el objetivo de entender los diferentes factores que afectan a las propiedades físicas de las espumas, es necesario conocer el proceso de fabricación y el papel determinante que este juega en el producto final. Para ello se describirán los requerimientos que se deben tener en cuenta en la producción de las espumas:

a. Control de la temperatura y acondicionamiento de la materia prima:

La reactividad, viscosidad y densidad de los insumos varían en función de la temperatura, es por ello que el control de estos insumos químicos es esencial para la reproducibilidad del proceso. Los efectos en la variación de la temperatura cambian la velocidad de la polimerización afectando la

calidad del producto final en cuanto a sus propiedades físicas. La importancia del acondicionamiento de los insumos químicos utilizados en la fabricación de espumas viscoelásticas radica en los contenedores ya que antes de liberar estos insumos para la producción es necesario liberar el exceso de burbujas de aire o nitrógeno (para el caso del polioliol) atrapadas en el mismo, un polioliol con exceso de burbujas no puede ser medido con precisión por las bombas y en presencia excesiva de burbujas, se elevarán las variaciones y defectos en el producto final.

b. Precisión en la dosificación y el pesado de los insumos:

Las variaciones en las mezclas de los insumos son a causa de factores químicos o a cambios en la variación de la viscosidad de los componentes que puede elevar la variación en la uniformidad y en la reactividad de la mezcla y por ende en el producto final, para evitar esto se lleva un control de las dosis requeridas a través de medidores de flujo mediante ajuste electrónico de las bombas para garantizar que se están adicionando las cantidades que muestran los indicadores de los paneles de control.

c. Uniformidad y reproducibilidad en el mezclado:

Para la mezcla de los insumos es sumamente importante contar con un sistema de mezclado adecuado a la cantidad de mezcla y a la velocidad de giro de las paletas para tener una uniformidad en la mezcla. En esta etapa el mezclador no solo integra todos los componentes de la espuma sino que además debe nuclear la mezcla de reacción para generar puntos de crecimiento de burbujas. El tener un control sobre la nucleación es esencial para controlar el tamaño y uniformidad de la celda, este efecto de la nucleación es controlada con la velocidad de agitación del sistema de mezclado.

d. Condiciones adecuadas de almacenamiento y curado:

Las espumas viscoelásticas no desarrollan sus propiedades óptimas sino hasta después de varias horas de ser espumado, estas espumas de poliuretano pueden curar de manera satisfactoria y desarrollar por completo sus propiedades mediante el almacenamiento a temperatura

ambiente. Debido a la baja conductividad térmica el calor generado en el centro de la espuma tarda en disiparse al medio ambiente durante este periodo de curado se lleva un intercambio de gases, el dióxido de carbono presente en las celdas de la espuma es desplazado por el aire que lo penetra, si el aire alcanza el centro del bloque cuando todavía está caliente puede ocurrir reacciones de oxidación debido a los grupos de isocianatos residuales así como grupos éter y polieter del polioliol, derivando así en un nuevo incremento de la temperatura lo que genera el scorching.

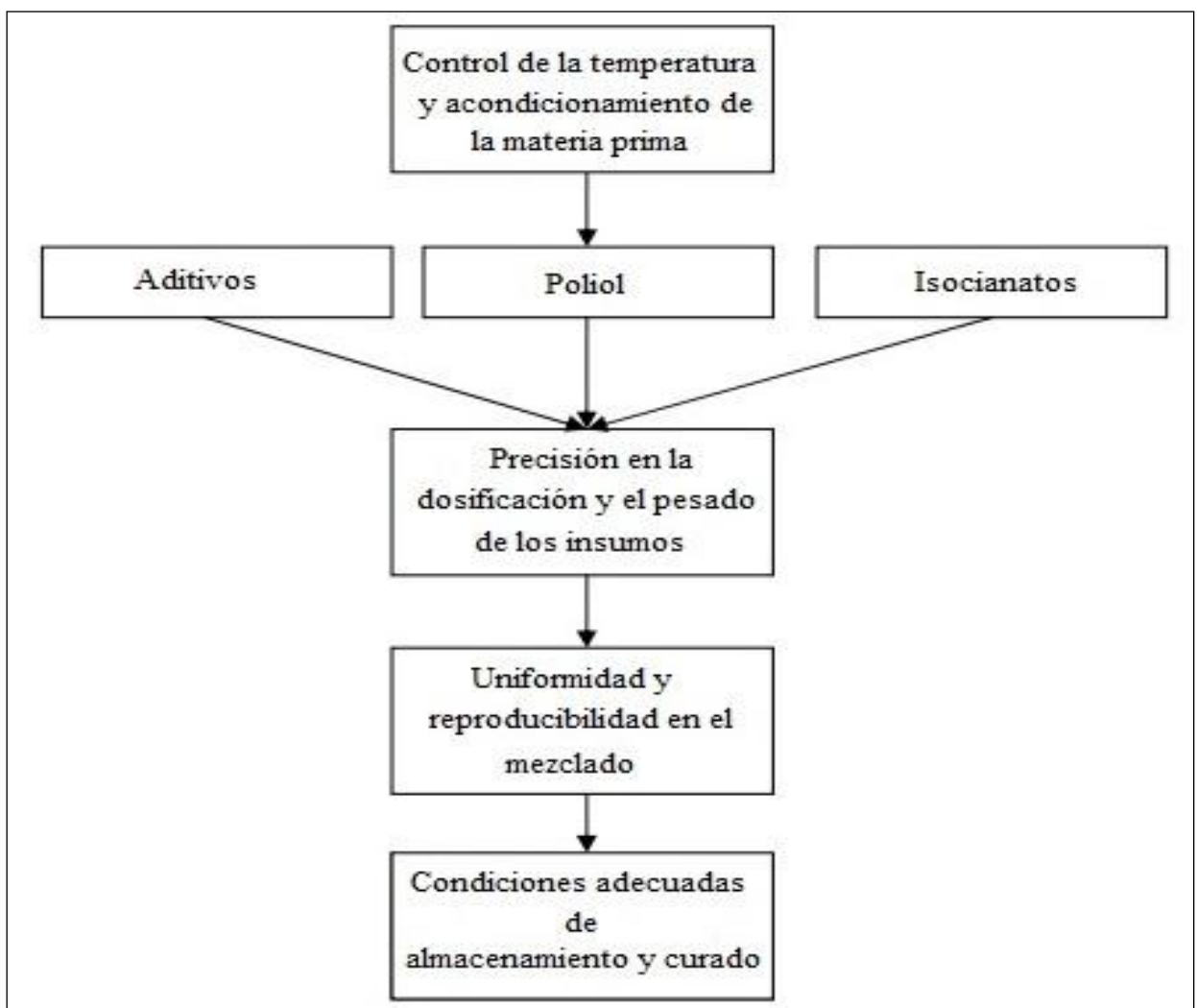


Figura 5. Diagrama de flujo para la fabricación de la espuma viscoelástica[15]

Para tener un panorama más claro de cómo se fabrica la espuma viscoelástica a continuación se describirá de manera general la mezcla de los insumos utilizados para la fabricación de estas espumas:

De acuerdo a la formulación para la espuma viscoelástica se mezclan :1) Cantidades calculadas de polioliol, cargas (Carbonato de Calcio), agente de expansión auxiliary colorantes en un recipiente (Campana) con una agitación entre 800 a 1200 rpm durante aproximadamente 1 minuto; 2) Se adiciona agua, silicona, amina y se continua con la agitación durante 20 a 40 segundos; 3) luego se adiciona el catalizador(octoato de estaño), y después de 15 a 30 segundos, se agrega el TDI; 4) Después de unos 5 segundos de haber adicionado del TDI se detienen la agitación y la masa se vierte en el cajón; 5) El mezclador se retira y ; 6) Después del crecimiento de la espuma (de aproximadamente 3 minutos), la caja se abre y se retira el bloque de espuma (ver figura).

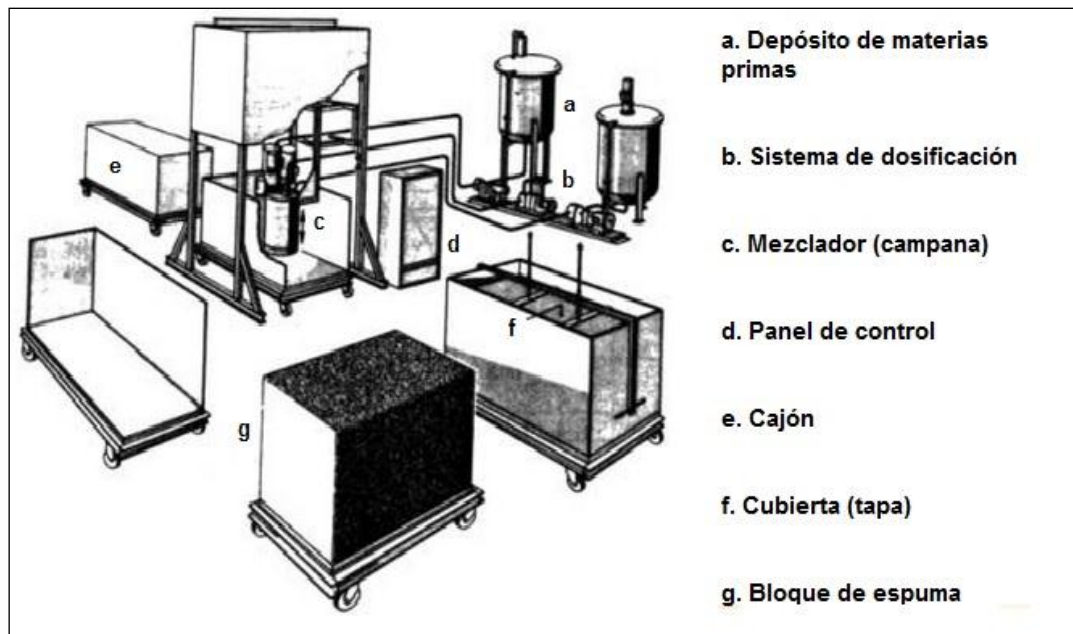


Figura 6. Proceso de fabricación de la espuma viscoelástica[3]

2.3 Método de ensayo normalizado

Un método de ensayo es el modo en el que se debe desarrollar una prueba u operación técnica con la finalidad de determinar una o varias características de un material, la importancia de los métodos de ensayo normalizados hoy en día está en el desarrollo de la ingeniería, la industria manufactura y hasta en los negocios. El uso de los métodos de ensayo normalizados permite a las industrias caracterizar sus productos bajo ciertas propiedades con la finalidad de controlarlas a lo largo del proceso productivo brindando al usuario (o

consumidor) a lo largo del tiempo las mismas características especificadas en su producto.

2.4 Norma ASTM D3574

Dentro del universo de las normas técnicas para evaluación de propiedades de las espumas flexibles de poliuretano se encuentra la ASTM D 3574 que es una norma estándar internacional que evalúa dieciocho (18) características físicas de las espumas bajo ciertos requisitos en cuanto a metodología y equipos, con el objetivo de brindar al cliente (quien solicite las evaluaciones) información técnica de las propiedades físicas para modificar formulas, mantener un control en dichas propiedades y demás consideraciones que el cliente considere necesarias.

2.4.1 Propiedades físicas de la espuma viscoelástica

A continuación se describirán algunas propiedades importantes establecidas como métodos de ensayo en la norma ASTM.

a. Densidad

Esta propiedad descrita como método de ensayo en la norma ASTM D3574 como el Test A, es de gran importancia para caracterizar a las espumas flexibles de poliuretano por su referencia, y se define como la cantidad de masa necesaria para producir un metro cúbico de volumen, es decir; cuántos **kg** de material hay en una unidad de volumen (m^3) y las unidades en las que se reporta esta propiedad física es en $[\text{kg}/\text{m}^3]$.

En la industria del descanso la densidad representa la cantidad de material que define la durabilidad de los muebles y colchones, a mayor densidad mayor es la durabilidad del producto.



Figura7: Evaluación de densidad de una muestra de espuma[7]

b. Fuerza de deflexión por Indentación a una deflexión específica (IFD)

Esta propiedad define una característica importante para las diferentes aplicaciones de las espumas, la dureza o IFD enunciada en la norma como teste B1, es la capacidad de resistencia que oponen las espumas al ser expuestas a una carga a una determinada altura del 25% y 65% de la muestra a ensayar y la unidad de reporte es el Newton [N].

Las diversas propiedades en dureza de las espumas tienen diferentes usos en la industria del descanso como lo son por ejemplo muebles y colchones de espuma.

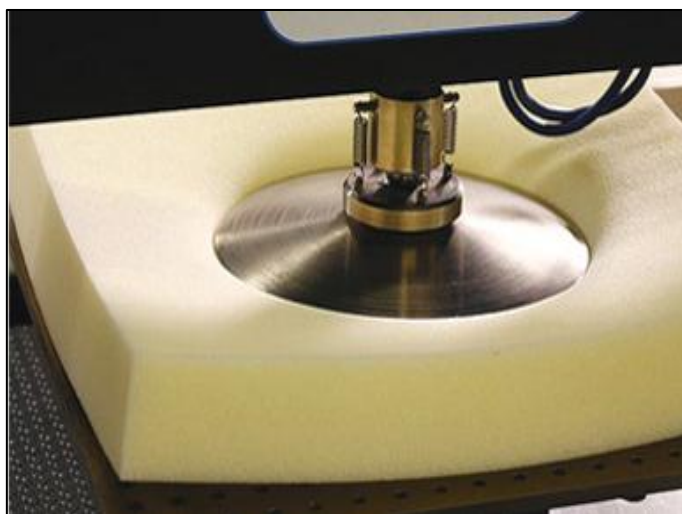


Figura8: Evaluación del IFD de una muestra de espuma[7]

c. **Propiedades Tensiles**

La evaluación de esta propiedad enunciada en la norma ASTM como el test E define la característica de la tensión máxima que puede soportar una muestra de espuma al ser estirada hasta su punto de ruptura siendo las unidades de reporte el Newton [N].

Esta propiedad es importante para la industria del tapizado ya que la manipulación de esta espuma exige estirla para poder procesarla en mueblería.



Figura9: Evaluación del IFD de una muestra de espuma[7]

d. **Resistencia al Desgarro**

La propiedad de la resistencia al desgarro declarada en la norma ASTM como el test F es una propiedad cuya definición como su nombre lo dice es cuanta resistencia tiene una muestra de espuma al ser desgarrada. La unidad de reporte es el [N/m].

La aplicación más importante a esta propiedad tiene que ver con la manipulación de las espumas, si una espuma no tuviera una buena resistencia al desgarro al manipularla en cualquier aplicación esta podría rasgarse y traer como consecuencia la inutilización del producto.

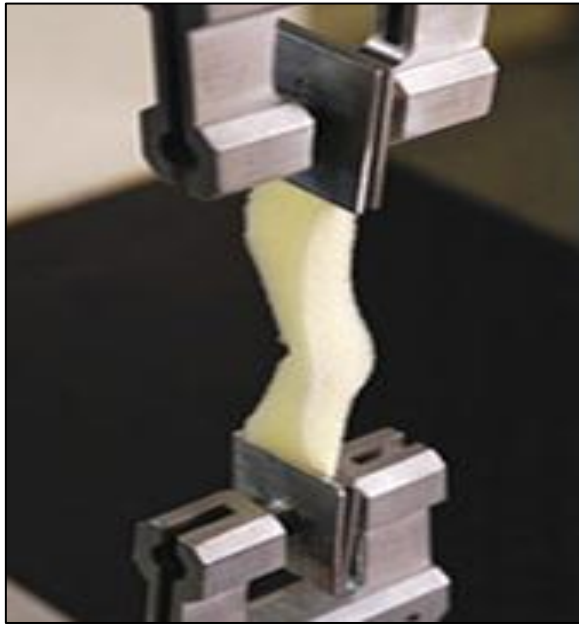


Figura10: Evaluación de resistencia al desgarro en una muestra de espuma[7]

e. **Fatiga dinámica**

Esta propiedad enunciada en la ASTM como test I3, es la que determina la capacidad de las espumas para soportar cargas cíclicas reportando pérdidas de dureza, pérdida de altura y los daños estructurales que estas presentan luego de ser fatigadas con una carga de 75kg por un intervalo de 2000 ciclos.

La importancia de esta propiedad radica en la aplicación de colchones y muebles en los que se usan como principal material la espuma, esta prueba evalúa la capacidad de soportar cargas cíclicas simulando el uso de esta como cuando una persona se para y se sienta de su mueble o colchón, buscando así que este no presente deformaciones por su uso o presente demasiada pérdida de dureza a lo largo del tiempo.



Figura11: Evaluación de resistencia al desgarro de una muestra de espuma[7]

f. Resiliencia

Esta propiedad descrita en la norma ASTM como el test H, define la capacidad de rebote que presentan las espumas al ser expuesta a una carga libre, es decir cuánto rebota una carga que cae libremente sobre una muestra de espuma.

En la industria del descanso (colchones) se usa mucho esta propiedad para brindar capacidad de rebote al momento de su uso, si las espumas no tuvieran resiliencia o tuvieran poca capacidad de rebote, las espumas tenderían a deformarse con el uso y probablemente generar dolencias al momento del descanso.



Figura11: Evaluación de resiliencia en una muestra de espuma[7]

g. Flujo de aire

Otra propiedad que caracteriza de manera importante a las espumas es la capacidad de flujo de aire que está definida como la cantidad de aire (en litros por minuto) que pasa por una sección transversal de espuma, esta propiedad se encuentra enunciada en la norma ASTM como el test G.

La importancia de la propiedad del flujo de aire radica en la apertura de las celdas, mientras mayor sea la apertura de las celdas mayor será el flujo de aire y como consecuencia al uso permitirá a la espuma “respirar” mejor. Por el contrario si una espuma fuera de celda cerrada no se debería usar como aplicación en colchones o muebles debido a que estas pueden presentar deformaciones por la poca respirabilidad de las espumas ya que al someterlas a cargas (kg), el aire que sale de las espumas reingresaría con mucha dificultad a causa de las celdas cerradas.



Figura11: Evaluación del flujo de aire en una muestra de espuma[7]

h. Tiempo de recuperación o relajación

La propiedad del tiempo de tiempo de recuperación o tiempo de relajación aplica de manera muy particular solo a las espumas viscoelásticas, y el método de ensayo se encuentra descrito en la norma ASTM como el test M. Esta propiedad define la capacidad de medir de una manera indirecta la capacidad de viscoelasticidad, es decir; si una espuma presenta un tiempo de recuperación bastante largo se tendrá como consecuencia a una espuma muy viscosa, por el contrario si el tiempo de recuperación fuera muy pequeño se estaría perdiendo la capacidad de visco.[7]

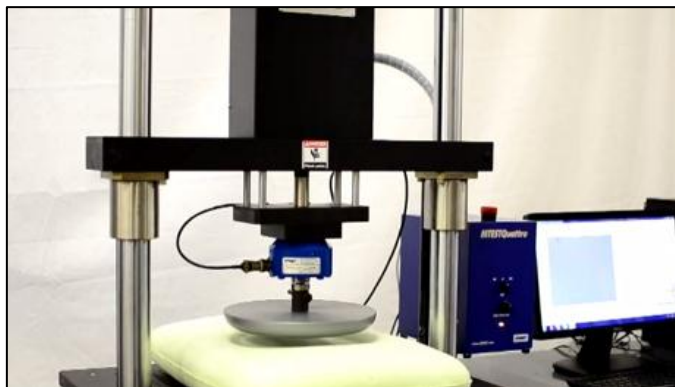


Figura12: Evaluación del tiempo de recuperación es espumas viscoelásticas[7]

2.5 Cálculo del valor convencionalmente verdadero en la determinación del tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas.

Para la determinación del valor convencionalmente verdadero, el resultado obtenido usando un cronómetro digital debe corregirse utilizando el certificado de calibración de dicho instrumento, es decir:

$$t_c = t_i + c(1)$$

donde:

t_c = Tiempo de convencionalmente verdadero

t_i = Tiempo indicado por el cronómetro

c = Corrección (Indicada en el certificado de Calibración)

2.6 Estimación de la incertidumbre en la medición

Para la estimación de la incertidumbre de la medición del ensayo; tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas a la que llamaremos a partir de ahora MENSURANDO, es necesario hacer referencia a dos métodos importantes para cuantificar las fuentes de incertidumbre:

2.6.1 Incertidumbre tipo A

La incertidumbre tipo A es aquella que está basada en una distribución estadística de valores de una serie de mediciones y puede caracterizarse por la desviación estándar. Por ejemplo esta incertidumbre se utiliza para determinar cuál es la variabilidad de un analista en la lectura de una medición cuantitativa.

2.6.2 Incertidumbre tipo B

La incertidumbre de tipo B también puede caracterizarse por la desviación estándar, evaluados a partir de funciones de densidad de probabilidad en base a la experiencia o conocimiento general de las características y propiedades de los materiales e instrumentos de medición. Por ejemplo la incertidumbre en la medición debido al uso de un instrumento calibrado se encuentra en su certificado de calibración.

2.7 Funciones de distribución de las variables de influencia de un proceso analítico o método de ensayo

Los tipos de funciones de distribución para las variables de influencia en los métodos de ensayo que son frecuentemente más usados para la cuantificación de una fuente de incertidumbre son:

2.7.1 Función de distribución normal

Los resultados de mediciones repetidas afectan a las magnitudes de influencia que varían aleatoriamente, generalmente siguen una aproximación del tipo normal.

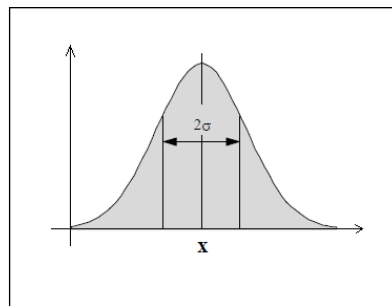


Figura 7. Grafica de una función de distribución normal

Por ejemplo, la incertidumbre proporcionada en los certificados de calibración de los instrumentos a usar en los métodos de ensayo, presenta un comportamiento normal por lo que es posible tener:

$$u(x) = \frac{U}{k}(2)$$

donde:

U: Incertidumbre expandida

k: Factor de cobertura (Para un nivel de confianza del 95% el factor de cobertura es igual a 2)

Si la estimación de la incertidumbre de la medición se efectúa a través de ejecución de un conjunto “n” mediciones que sigue una distribución

normal, donde $n \geq 30$, la incertidumbre de la medición se determina a través de la siguiente expresión:

$$u(x) = \frac{s}{\sqrt{n}}(3)$$

donde:

s: Desviación estándar del conjunto de “n” mediciones.

n: Número de mediciones

2.7.2 Función de distribución triangular

Cuando el elemento de medición está diseñado para una sola lectura “x”, es conveniente utilizar una distribución triangular pues existe una mayor probabilidad de obtener valores cercanos a “x”.

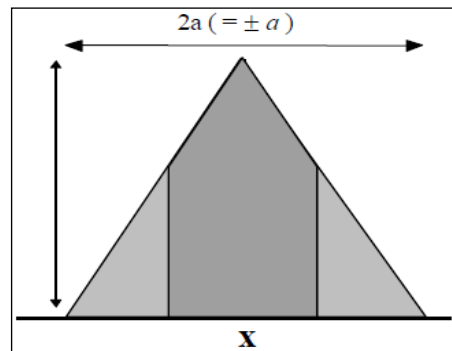


Figura 8. Grafica de una función de distribución triangular

La incertidumbre asociada a esta variable de influencia x estará dada por:

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad (4)$$

donde:

a: Semiancho de la función triangular

Por ejemplo, para la medición del volumen de una fiola de 100 ml con una tolerancia de +/- 0.1 ml, este instrumento está diseñado de modo que tal que exista una mayor probabilidad de que los valores de la lectura sean de 100ml, ello implica que las lecturas de volumen de la fiola poseen una distribución del tipo triangular.

2.7.3 Función de distribución rectangular

En una distribución del tipo rectangular cada valor en un intervalo establecido tiene la misma probabilidad de obtener la misma lectura x .

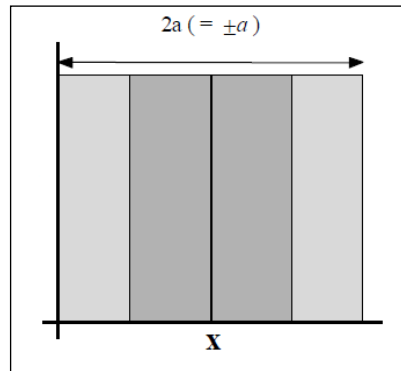


Figura 9. Gráfica de una función de distribución rectangular

Entonces la incertidumbre asociada a esta variable de influencia x estará dada por:

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

donde:

a : Semiancho de la función rectangular

En general, cuando hay conocimiento de los límites superior e inferior de un intervalo de variabilidad de la magnitud de entrada, se debe suponer una distribución rectangular.

Ejemplo de uso para esta distribución son la resolución de instrumentos digitales.

2.8 Leyes de propagación de la incertidumbre

2.8.1 Incertidumbre estándar combinada

Si en general consideramos el modelo matemático como:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad :(6)$$

ysiendo el caso particular de magnitudes no correlacionadas, entonces la incertidumbre estándar combinada se obtiene a través de la suma geométrica de las contribuciones particulares:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i u(x_i)]^2} \quad (7)$$

Donde c_i es el coeficiente de sensibilidad que se obtiene al derivar parcialmente $Y = f(X_i)$ respecto de cada una de las variables de influencia X_i cuya expresión matemática es:

$$c_i = \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_N)}{\partial x_i} \Big|_{x_1=x_1, \dots, x_N=x_N} \quad (8)$$

De la ley de propagación de la incertidumbre se derivan la primera y segunda ley para la estimación de la incertidumbre de la medición, las cuales se aplican a modelos o funciones matemáticas específicos (modelos que solo afecten a la suma o diferencia de cantidades).

Supongamos un proceso analítico que consta de tres etapas básicas (experimentales), de las cuales se obtienen sub mediciones p, q y r que combinados en una función $f(y)$, permiten obtener el resultado “y”

a. Primera ley

Si el resultado “y” se obtiene por sumas o restas de p, q y r. La incertidumbre combinada se obtiene mediante la expresión:

$$u_c(y) = \sqrt{u_{(p)}^2 + u_{(q)}^2 + u_{(r)}^2} \quad (9)$$

Donde $u(p)$, $u(q)$ y $u(r)$ son respectivamente las incertidumbres estándar de los resultados parciales p, q y r. Realmente, esta regla supone el simple cumplimiento de la ley de adición de varianzas que establece que cuando un proceso consta de varias etapas, la varianza

total del proceso es la suma de las varianzas de cada una de las etapas que lo conforman.

b. Segunda ley

Si el resultado “y” se obtiene por productos y/o cocientes de p, q y r. En este caso hay que utilizar las incertidumbres estándar relativas, por lo que:

$$\frac{u_c(y)}{y} = \sqrt{\left[\frac{u(p)}{p}\right]^2 + \left[\frac{u(q)}{q}\right]^2 + \left[\frac{u(r)}{r}\right]^2} \quad (10)$$

por lo tanto, la incertidumbre estándar combinada es ahora:

$$u_c(y) = y * \sqrt{\left[\frac{u(p)}{p}\right]^2 + \left[\frac{u(q)}{q}\right]^2 + \left[\frac{u(r)}{r}\right]^2} \quad (11)$$

Cabe mencionar que para estas dos leyes, los coeficientes de sensibilidad para cada contribución son 1 ya que las funciones son constantes y la derivada de las funciones constantes son la unidad.

2.6.1 Incertidumbre expandida

La incertidumbre se puede expresar dependiendo del usuario, a veces se puede declarar solo a la incertidumbre combinada o bajo un nivel de confianza $k\%$ un múltiplo de la incertidumbre combinada. Generalmente se desea una probabilidad mayor para encontrar el mejor valor del mensurando y esto se obtiene expandiendo la incertidumbre por un factor k (factor de cobertura), es así que para un $k=2$ se tiene un nivel de confianza del aproximadamente 95%. [9]

Entonces la expresión para la incertidumbre expandida de la medición de un resultado será:

$$U(y) = 2 * u(y) \quad (12)$$

2.9 Fluidos Viscoelásticos

Como sabemos la viscosidad de un material se define como la resistencia que este presenta a fluir. Para poder hablar de los fluidos viscoelásticos debemos definir un concepto importante; **la Reología** que es la ciencia del flujo y la deformación de la materia que describe la interrelación entre fuerzas, deformaciones y tiempo, por tanto la reología es la rama de la física que estudia el comportamiento de los fluidos sometidos a diferentes esfuerzos.

Como fundamentos básicos de la reología tenemos a los **fluidos newtonianos** que son aquellos en los que se cumple que la viscosidad es constante para cualquier valor de esfuerzo de corte (τ), es decir, que la curva que define la viscosidad es una recta cuyos ejes coordenados son el esfuerzo de corte (τ) y la velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$). Los **fluidos no newtonianos** son aquellos en los que no se cumple la ley de newton, es decir que la ecuación que relaciona al esfuerzo de corte (τ) y a la velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) es una curva no lineal. Los **fluidos viscoelásticos** son los formados por la suma de un componente elástico y un componente viscoso, un componente elástico que absorbe la energía aplicada, transformándola durante la deformación en energía potencial de tal forma que cuando esta cesa la deformación vuelve a su estado inicial y un componente viscoso que absorbe la energía aplicada transformándola en calor y fluyendo.

Por tanto podemos afirmar que un material viscoelástico posee una estructura interna que es capaz de almacenar energía a bajas deformaciones, energía que libera luego al cesar la deformación para volver a su configuración original, de manera similar a un resorte.[12]

CAPÍTULO 3

3. PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Para la implementación del método de ensayo test M de la norma ASTM D3574 es necesario establecer procedimientos para; la recepción del pedido del servicio y la emisión del informe, recepción de muestras a evaluar, determinación del tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas y validar parámetros importantes como las dimensiones de los instrumentos usados, parámetros de velocidad de la cruceta del equipo universal que refiere la norma para la implementación de este método.

3.1 Procedimiento para la recepción del pedido y emisión del informe de ensayo

El objetivo de la implementación de este procedimiento es definir el flujo de servicio que cubrirá desde la solicitud del ensayo hasta la entrega del informe de resultados.

En este procedimiento se establecen además las obligaciones y responsabilidades de las partes involucradas para la mejor atención del servicio. Para ver con más detalle lo establecido en este procedimiento ver **anexo A**.

3.2 Procedimiento para la recepción de muestras

En este procedimiento se establecen las características físicas y tolerancias en medidas que deben cumplir las muestras para la conformidad de las mismas, también se establecen los pasos y la forma en la que se deben verificar las muestras para luego proceder con los ensayos correspondientes. Para más detalle ver el procedimiento completo en el **anexo B**.

3.3 Procedimiento para la determinación del tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas

Este procedimiento tiene como objetivo principal establecer los pasos que debe seguir el analista de ensayos para determinar el tiempo de recuperación en una muestra previamente verificada de espuma viscoelástica.

Dentro de las condiciones básicas que establece el procedimiento se encuentran los instrumentos que se necesitan para evaluar la espuma, la máquina de ensayos universal Thwing Albert o también llamada dinamómetro es un instrumento que

trabaja con una software MAP4 y ambos permiten (de acuerdo a lo que indica el método de ensayo) determinar la altura real de la muestra y con esa información presionar a la espuma (con el plato indenter) que se encuentra sobre la plataforma perforada hasta el 75% de su altura deteniéndose por un intervalo de tiempo de sesenta segundos (60s), luego de ese tiempo e inmediatamente se inicia el levantamiento del plato indenter con el cronómetro se inicia la toma del tiempo que necesita la espuma para regresar a sus condiciones iniciales(al regresar el plato indenter lo hace hasta posicionarse a una altura del 95% de la muestra), el ensayo termina cuando la espuma toca el plato indenter generando una fuerza de 4,5N . Es importante indicar que la velocidad de la cruceta (donde va fijada el plato indenter) en el ensayo tuvo un valor constante de 1000mm/min. Para ver con mayor detalle los pasos de este procedimiento ver **anexo C**

3.4 Procedimiento para el cálculo de la incertidumbre de la medición del mensurando

El objetivo de este procedimiento es dar a conocer las herramientas necesarias para poder determinar de manera sencilla cuales son las contribuciones a la incertidumbre de la medición del mensurando.

El procedimiento se basa en su totalidad en lo descrito en el apartado 2.6 del presente informe, considerando solo las incertidumbres del tipo B ya que por naturaleza del ensayo no se considerarán repeticiones que contribuyan a la incertidumbre del tipo A. Dentro de las incertidumbres del tipo B tenemos aquellas contribuciones propias al instrumentos usado para medir el mensurando, el cronómetro digital aporta a la incertidumbre de la medición con cuatro contribuciones importantes: La primera debido a la incertidumbre asociada al certificado de calibración que por su naturaleza presenta una distribución normal al igual que la contribución debido a la incertidumbre por el uso de arranque y parada del cronómetro, las dos últimas contribuciones son debido a la división mínima de indicación del instrumento y a la deriva cuya distribución es del tipo rectangular.

Una vez cuantificadas estas contribuciones se emplea la ley de propagación de la incertidumbre para determinar la incertidumbre combinada, que consiste en la raíz cuadrada de la suma cuadrática de dichas contribuciones. Finalmente esta incertidumbre se multiplica por dos para obtener la incertidumbre expandida con un nivel de confianza del 95% y así expresar el resultado de la medición del mensurando con su incertidumbre asociada al método de ensayo empleado. Ver **anexo X**.

3.5 Descripción de los equipos utilizados

- Termohigrómetro digital; se utiliza para verificar las condiciones ambientales del laboratorio. Ver **anexo D**
- Máquina universal Thwing Albert o también llamado dinamómetro; utilizado para la evaluación de la espumas viscoelástica. Ver **anexo E**
- Celda de carga de capacidad 250N; usado para sensar la espuma al momento del inicio del ensayo. Ver **anexo F**
- Cronómetro digital; usado para toma del tiempo de recuperación de la espumas viscoelástica. Ver **anexo G**

Los equipos auxiliares usados son:

- Software MAP 4
- Plataforma perforada
- Plato indentor

3.6 Validación de los equipos utilizados

Para garantizar que se está cumpliendo con los requerimientos de la norma ASTM D3574 es necesario validar las características físicas de los equipos auxiliares:

3.6.1 Validación de la plataforma perforada

De acuerdo con la norma, la plataforma perforada que se debe usar para este ensayo debe tener agujeros de diámetros aproximados a 6.5mm y la

distancia entre los centros de estos agujeros debe ser aproximadamente 20mm. La validación de esta característica de la plataforma se encuentra en el **anexo H**.

3.6.2 Validación del plato indenter

La norma indica que el plato indenter debe tener un diámetro con dimensiones de $200 +3/-0\text{mm}$. La validación de esta característica se encuentra en el **anexo I**

3.6.3 Validación de la velocidad de la cruceta del dinamómetro

Según el método de ensayo test M de la norma, la velocidad de la cruceta que lleva el plato indenter debe tener un valor de $1000\pm 100\text{ mm/min}$. La validación de esta velocidad se encuentra en el **anexo J**

3.6.4 Verificación del desplazamiento de la cruceta del dinamómetro

Para verificar que el desplazamiento de la cruceta indicado en el software MAP4 sea conforme al desplazamiento real, se ha procedido a validar este parámetro usando comparando dicha indicación con la de una regla calibrada. La verificación se encuentra en el **anexo K**

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Siguiendo el procedimiento para la determinación del tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas, tenemos el cuadro de condiciones ambientales que garantiza el cumplimiento de la norma en cuanto a las 12 horas de pre-acondicionamiento de las muestras (ver **Anexo L**) con el cumplimiento de este requisito procedemos a evaluar las muestras cuyos resultados presentamos a continuación:

4.1 Registros de verificación y evaluación demuestras

Tabla N°1: Muestra el registro de verificación de muestras según el **procedimiento para la recepción de muestras**

Analista Receptor de Muestras	Fecha de Recepción	O/E	Fecha de Espumado	N° Solicitud de Corte	Fecha de Corte	Densidad Teórica (kg/m ³)	Forma	Color	Bloque N°	Tipo de Muestra	Dimensiones					
											Largo (mm)	¿conforme?	Ancho (mm)	¿conforme?	Espesor (mm)	¿conforme?
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000153	24/04/2015	55	P	Beige	2	A	379	√	378	√	102	√
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000154	24/04/2015	55	P	Beige	2	A	380	√	379	√	102	√
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000155	24/04/2015	55	P	Beige	3	A	381	√	379	√	103	√
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000156	24/04/2015	55	P	Beige	3	A	381	√	380	√	101	√
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000157	24/04/2015	55	P	Beige	3	A	380	√	380	√	100	√
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000201	29/04/2015	55	P	Beige	2	A	381	√	382	√	101	√
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000202	29/04/2015	55	P	Beige	2	A	383	√	381	√	101	√
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000203	29/04/2015	55	P	Beige	6	A	385	√	383	√	100	√
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000204	29/04/2015	55	P	Beige	6	A	380	√	381	√	101	√
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000205	29/04/2015	55	P	Beige	6	A	380	√	380	√	102	√

Tipo de muestra: A Muestras 380x380x100mm

Donde:

O/E : Orden para la elaboración de bloques de espuma viscoelástica

Tabla N°2: Muestra el registro de pre acondicionamiento de muestras a ensayar

Analista Receptor de Muestras	Fecha de Recepción	O/E	Fecha de Espumado	N° Solicitud de Corte	Fecha de Corte	Densidad Teórica (kg/m ³)	Forma	Color	Bloque N°	Tipo de Muestra	Pre-Acondicionamiento (Fecha y Hora)		Reposo-Evaluación (Fecha y Hora)	
											Inicio	Fin	Inicio	Fin
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000153	24/04/2015	55	P	Beige	2	A	F: 24/04/2015 H: 17:00	F: 25/04/2015 H: 10:00	F: 25/04/2015 H: 10:00:00	F: 25/04/2015 H: 10:01:00
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000154	24/04/2015	55	P	Beige	2	A	F: 24/04/2015 H: 17:00	F: 25/04/2015 H: 10:05	F: 25/04/2015 H: 10:05:00	F: 25/04/2015 H: 10:06:01
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000155	24/04/2015	55	P	Beige	3	A	F: 24/04/2015 H: 17:00	F: 25/04/2015 H: 10:09	F: 25/04/2015 H: 10:09:00	F: 25/04/2015 H: 10:10:01
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000156	24/04/2015	55	P	Beige	3	A	F: 24/04/2015 H: 17:00	F: 25/04/2015 H: 10:15	F: 25/04/2015 H: 10:15:00	F: 25/04/2015 H: 10:16:00
DG	24/04/2015	150201	20/04/2015	2015000157	24/04/2015	55	P	Beige	3	A	F: 24/04/2015 H: 17:00	F: 25/04/2015 H: 10:18	F: 25/04/2015 H: 10:18:00	F: 25/04/2015 H: 10:19:00
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000201	29/04/2015	55	P	Beige	2	A	F: 29/04/2015 H: 18:00	F: 30/04/2015 H: 12:15	F: 30/04/2015 H: 12:15:00	F: 30/04/2015 H: 12:16:00
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000202	29/04/2015	55	P	Beige	2	A	F: 29/04/2015 H: 18:00	F: 30/04/2015 H: 12:18	F: 30/04/2015 H: 12:18:00	F: 30/04/2015 H: 12:19:00
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000203	29/04/2015	55	P	Beige	6	A	F: 29/04/2015 H: 18:00	F: 30/04/2015 H: 12:26	F: 30/04/2015 H: 12:26:00	F: 30/04/2015 H: 12:27:00
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000204	29/04/2015	55	P	Beige	6	A	F: 29/04/2015 H: 18:00	F: 30/04/2015 H: 12:50	F: 30/04/2015 H: 12:50:00	F: 30/04/2015 H: 12:51:00
DG	29/04/2015	150288	24/04/2015	2015000205	29/04/2015	55	P	Beige	6	A	F: 29/04/2015 H: 18:00	F: 30/04/2015 H: 12:55	F: 30/04/2015 H: 12:55:00	F: 30/04/2015 H: 12:56:01

Tipo de muestra: A Muestras 380x380x100mm

En este registro se declara la información de la fecha y hora en que se evaluó la espuma, además con la información del inicio del pre acondicionamiento y el registro de las condiciones ambientales del laboratorio se garantiza las 12 horas como lo indica el **procedimiento de evaluación del tiempo de recuperación de espumas viscoelásticas**.

Tabla N°3: Muestra el registro de resultados de las evaluaciones según reporta el software del dinamómetro Twhing Albert

Densidad	: 55 kg/m ³
----------	------------------------

Fecha de Análisis	O/E	Fecha de Espumado	Nº Solicitud de Corte	Fecha de Corte de Muestras	Bloque Nº	Espesor (mm)	Tiempo de Recuperación (s)	Incertidumbre(*) (s)	Nº Ensayo
DG	150201	20/04/2015	2015000153	24/04/2015	2	102,18	8,81	0,05	ABR5_1
DG	150201	20/04/2015	2015000154	24/04/2015	2	102,03	9,98	0,05	ABR5_2
DG	150201	20/04/2015	2015000155	24/04/2015	3	102,89	9,90	0,05	ABR5_3
DG	150201	20/04/2015	2015000156	24/04/2015	3	100,77	8,99	0,05	ABR5_4
DG	150201	20/04/2015	2015000157	24/04/2015	3	100,16	8,89	0,05	ABR5_5
DG	150288	24/04/2015	2015000201	29/04/2015	2	101,15	9,10	0,05	ABR7_26
DG	150288	24/04/2015	2015000202	29/04/2015	2	101,33	9,12	0,05	ABR7_27
DG	150288	24/04/2015	2015000203	29/04/2015	6	100,55	8,89	0,05	ABR7_28
DG	150288	24/04/2015	2015000204	29/04/2015	6	100,98	8,90	0,05	ABR7_29
DG	150288	24/04/2015	2015000205	29/04/2015	6	101,46	8,78	0,05	ABR7_30

(*) La incertidumbre asociada a la medición del mensurando fue determinada usando los cálculos del apartado 2.6

4.2 Presupuesto de incertidumbre

Para cada resultado obtenido se ha determinado el presupuesto de incertidumbre, para efectos del presente informe solo se está mostrando un resultado con su incertidumbre asociada

Tabla N°4: Muestra la forma en la que se ha determinado las incertidumbres del mensurando

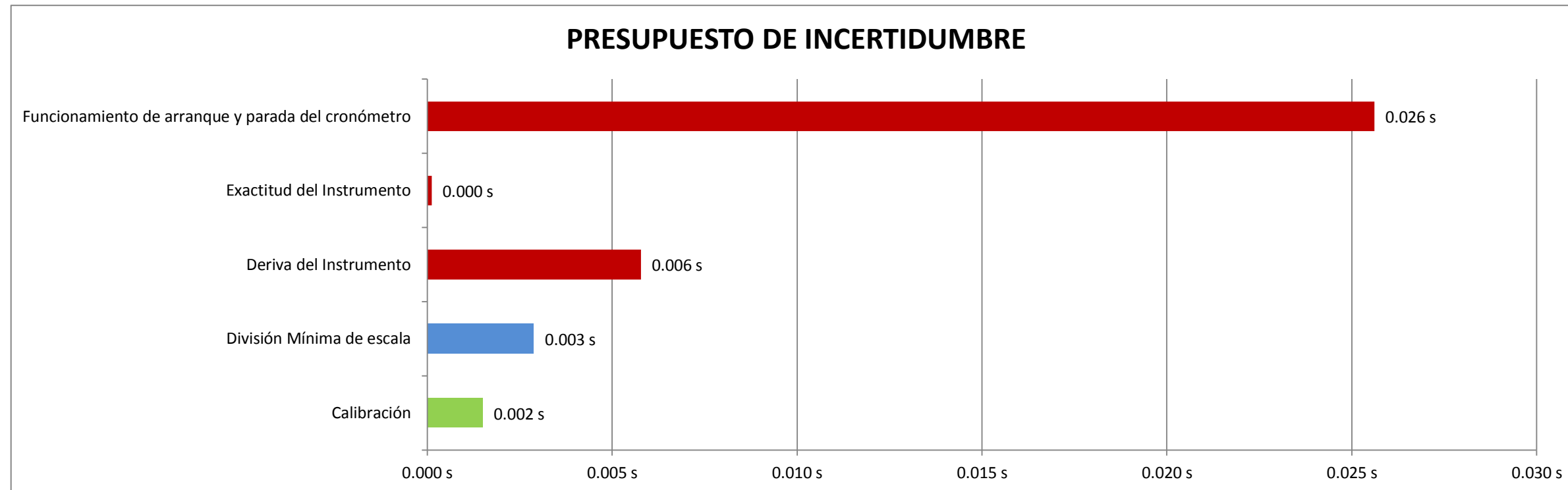
MODELO MATEMATICO PARA CALCULO DE TIEMPO (Lectura del tiempo por parte del Equipo)		T
1	TIEMPO	8,81 s
Equipo: Cronómetro Digital		
Certificado de calibración		
Incertidumbre expandida (s)	0,003 s	con un nivel de confianza al 95 %
Incertidumbre estándar (s)	0,002 s	
División Mínima de Escala / Resolución		
Div. Mínima de escala / Resolución (s)	0,010 s	
Incertidumbre estándar (s)	0,003 s	
Deriva del Cronómetro		
Deriva (último certificado vs. el penúltimo)	0,010 s	
Incertidumbre estándar (s)	0,006 s	
Exactitud del Cronómetro		
Exactitud del tiempo (s)	0,000 s	
Incertidumbre estándar del tiempo (s)	0,000 s	
Funcionamiento de arranque y parada del cronómetro		
Incertidumbre estándar (s)	0,026 s	
Incertidumbre estándar de la medición		0,03 s
Valor de k a un 95 % de nivel de confianza		2
Incertidumbre expandida de la medición de fuerza		0,05 s
RESULTADOS DEL ENSAYO		(8,81 ± 0,05) s

Tabla N°5: Muestra las contribuciones a la incertidumbre total en la medición del mensurando para el tiempo T=8,81s

INCERTIDUMBRE DEL ERROR

Test M : Tiempo de Recuperación

Magnitud de Entrada (xi)	Fuente de Información	Coefficiente de Sensibilidad (ci)	ui (xi)	Tipo distribución
Calibración	Certificado de Calibración $i=U/k$	1	0,002 s	Distribución Normal
División Mínima de escala	Escala	1	0,003 s	Distribución Rectangular
Deriva del Instrumento	Entre Calibraciones	1	0,006 s	Distribución Rectangular
Exactitud del Instrumento	Resultados de calibraciones	1	0,000 s	Distribución Rectangular
Funcionamiento de arranque y parada del cronómetro	instrumento	1	0,026 s	Distribución Normal
Incertidumbre Expandida (U) $k = 2$			0,053 s	



CAPÍTULO 5

5. DISCUSIONES

- Del registro de resultados de la tabla N°3, notamos que el tiempo de recuperación en las espumas viscoelásticas ensayadas se encuentran en el intervalo de [8,8s-9,9s] tomando en cuenta 10 muestras analizadas.
- Como la espuma viscoelástica tiene por objetivo dar confort en un colchón, las diferentes industrias a nivel mundial se enfocan en la aplicación de esta espuma, siendo el tiempo de recuperación un indicador de que tan viscoso se encuentra el material. La siguiente tabla referida en la norma ASTM D3574 tiene por objeto dar a conocer los diferentes resultados de muestras de espumas de otros países ensayadas bajo el mismo método.

Tabla N° 6 Muestra resultados de diferentes tipos de espuma viscoelástica
evaluados en laboratorios internacionales

Laboratorio	Tiempo de Recuperación (s)
N°1	30
N°2	17
N°3	32
N°4	9
N°5	65
N°6	12

- De la tabla N°3 se evidencia que la incertidumbre en la medición del tiempo de recuperación en las muestras de espuma viscoelásticas no presentan variaciones significativas, esto debido a que la contribución a la incertidumbre por el funcionamiento de arranque y parada del cronómetro no depende directamente del tiempo sino del analista.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES

Se estableció el procedimiento para la determinación del tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas, según lo establecido en la norma ASTM D3574.

Los resultados encontrados han sido validados mediante la Verificación de parámetros como la velocidad de la cruceta, la calibración de instrumentos de medición (cronómetro).

Se encontró que el tiempo de recuperación en espumas viscoelástica se encuentran en el rango de [8,8-9,9] para su aplicación en colchones viscoelástica

REFERENCIAS

- [1] <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pu/historia.htm>(consultado el 01/09/2015)
- [2] <http://www.quimicaysociedad.org/2012/07/25/poliuretano-75-anos-de-existencia-y-nuevas-aplicaciones/> (consultado 13/08/2015)
- [3] http://www.poliuretanos.com.br/Espumas_flexibles (capitulo 3 consultado el 25/08/2015)
- [4] https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_ensayo (consultado el 02/09/2015)
- [5] Guía para la expresión de la incertidumbre de medición GUM, segunda edición Julio 2001, Impreso en Lima.
- [6] Vocabulario Internacional de Metrología-Conceptos fundamentos y generales, y términos asociados VIM, primera edición en español 2008.
- [7] <http://www.proespuma.org.br/fiscalizacao-e-testes>(consultado 10/08/2015)
- [8]http://www.pfa.org/intouch/pdf/IntouchV11_1_read.pdf(consultado el 09/09/2015)
- [9] Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, EURACHEM / CITAC Guide CG 4, tercera edición (página 27-29)
- [10]http://www.pfa.org/intouch/new_pdf/lr_IntouchV5.1.pdf Las espumas en los colchones(consultado 10/09/2015)
- [11] ASTM D3574 Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials-Slab, Bonded, and Molded Urethane Foams, febrero 2012
- [12]www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S521C.pdf(consultado el 02/10/2015)
- [13] <http://www.proespuma.org.br/fiscalizacao-e-testes>(Consultado el 25/08/2015)
- [14]<http://purpatents.com/2014/01/30/classic-pu-patent-of-the-month-otto-bayers-invention-of-polyurethane-and-polyurea-1937/>(consultado el 20/08/2015)

[15]<http://www.calzawebperu.com/PDF/poliuretanos.pdf> (consultado el 09/09/2015)

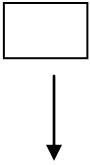

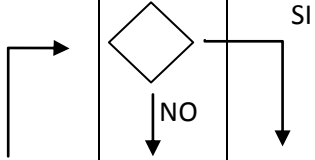
RECEPCIÓN DE PEDIDOS Y EMISIÓN DE INFORME DE ENSAYO

I. OBJETIVO

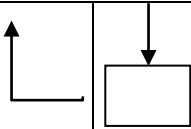
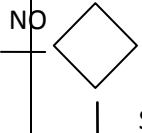



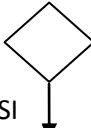
Establecer el procedimiento a seguir para el flujo de servicio de ensayo, desde la solicitud de ensayo hasta el envío del informe de ensayo.

II. ALCANCE













Este procedimiento aplica para la evaluación de espumas viscoelásticas (producción de espumas en cajón).

Nº	Actividad	Cliente	MC	CL	AE	OBSERVACIONES
1	Espumas de producción: Una vez terminado la espumada de un lote el encargado del área elige el bloque del cual se extraerá la muestra a evaluar.					De acuerdo a la espumada es el cliente quien escoge el bloque del cual se extraerá la muestra
2	Entrega al laboratorio las muestras para el ensayo debidamente identificados.					La identificación de las muestras debe ser coherente con la solicitud de ensayo
3	¿Se entrega la información y recursos necesarios para la realización del ensayo solicitado?					Cuando se tiene dudas respecto al ensayo se comunican las dudas al cliente para solucionarlas y/o realizar alguna modificación a la solicitud.

Anexo A-2

4	Solicita información adicional, realiza coordinaciones y aclaraciones pertinentes de ser necesario				Cuando no sea posible la realización de los ensayos solicitados comunica al cliente y se procede a anular la solicitud
5	¿Las muestras de ensayo son conformes?	Se informa al cliente la necesidad de nuevas muestras			En caso de tener alguna duda respecto a la conformidad de las muestras para los ensayos, realiza la consulta al CL
6	Realiza los ensayos requeridos por el cliente				Para ensayos en espumas se llevara un registro de las condiciones de pre-acondicionamiento y tiempos de reposo de muestras
7	Registra los resultados de las evaluaciones				Solo para evaluación de espumas viscoelásticas
8	Revisa los registros y genera los informes de ensayo correspondiente a los resultados de las evaluaciones				La información complementaria puede incluir por ejemplo: observaciones, fotos, etc
9	¿Los resultados son correctos? ¿La información está completa?				En caso de detectar un error en los registros el CL puede realizar la corrección del informe

Anexo A-3

10	Aprueba el informe de ensayo					Responsabilidad del CL
11	Visualiza el informe de ensayo					El cliente puede realizar un reclamo sobre el informe generado
12	¿El informe enviado es conforme?					Todo reclamo es registrado y analizado por el CL
13	Se procede con la anulación del informe y revisa el registro de evaluación					Cuando se detecta una No conformidad en el informe se procede con la revisión de los registros
14	Se modifican los registros corrigiendo resultados incorrectos					Cuando sea necesario se repetirán los ensayos
15	Se genera el informe con las correcciones					El informe emitido reemplaza al informe anulado
16	Recibe el informe de ensayo					-

MC: Maquinista de corte

CL: Coordinador de laboratorio

AE: Analista de ensayos

Anexo A-4

ANEXO

Espuma viscoelástica	Pre-Acondicionamiento	Ambiente con temperatura y humedad controladas (T: 23+/-2 °C y HR: 50+/-5%)	-
		Colocadas sobre racks, separadas y apoyadas sobre su superficie de menor área posible	-
		No colocar peso sobre las espumas a ensayar o en reposo que puedan causar daños en su estructura	-
	Manipulación y protección	Manipular evitando daños a la estructura de las muestras (cortes, rasgados u otra que genere rompimiento de celdas)	Si por algún motivo las muestras sufren daños que puedan afectar los resultados, se descartará y se comunicará al cliente
	Almacenamiento de muestras	Si el cliente solicitó conservación de muestras, estas serán almacenadas al menos 30 días contados a partir de la fecha de emisión del informe	El CL enviará al cliente por correo electrónico la relación de muestras que cumplieron al menos 30 días de almacenamiento
Disposición final de las muestras	Las muestras ensayadas luego de su periodo de almacenamiento son entregadas al área de reciclado para su destrucción		

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

I. OBJETIVO

Establecer el procedimiento a seguir para la recepción de muestras de espuma viscoelástica para la realización del ensayo de tiempo de recuperación.

II. ALCANCE

Esta prueba se realiza en espumas viscoelásticas una vez cumplido el tiempo de curado.

III. CONDICIONES BÁSICAS

3.1 EQUIPOS

- Regla metálica STANLEY de 60 cm con resolución de 1 mm .

IV. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS

- 4.1 El personal del laboratorio (Analista de ensayo) recibe las muestras y verifica lo siguiente:

Producto	Característica a verificar	Observaciones
Espumas viscoelásticas	Muestras identificadas	El cliente es el responsable de la identificación de las muestras (ANEXO 2)
	Dimensiones dentro de las especificaciones	Debe cumplir con la tabla 1 del ANEXO 1. La verificación se realiza según lo descrito en el ANEXO 3
	Espesor en sentido de crecimiento de la espuma	Verificación visual de la forma de las celdas (la forma ovalada indica el sentido de crecimiento)
	Corte parejo en toda la muestra	-
	Ausencia de defectos de aspecto considerables: pinholes, densificaciones, etc.	Verificación visual de la forma de las celdas con ausencia de pinholes.

ANEXO B-2


4.2 Se lleva un registro de las verificaciones realizadas en los formatos respectivos. Para el caso de los ensayos en espumas en los formatos también se registrará el “Nº de Solicitud de corte” que servirá también para realizar la trazabilidad de la muestra a ensayar.

V. RESULTADOS

Las muestras deben cumplir con las características especificadas. De no ser así se solicitan nuevas muestras.

ANEXO 1

Tabla 1: Dimensiones de Muestras de Espuma

Ensayo	Muestra Requerida	Dimensiones		
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
Tiempo de Recuperación en espumas viscoelásticas		380 +/- 19	380 +/- 19	100 +/- 5

ANEXO 2

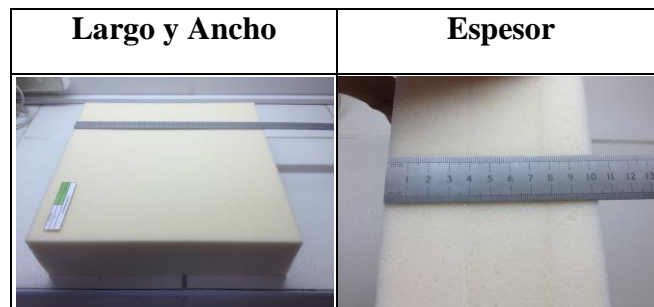
Modelo Etiqueta para Espumas de Producción

O/E	:	140523
Referencia	:	D55
Fecha de Espumada	:	01/07/2015
Dimensiones	:	380x380x100
Nº bloque	:	20
Fecha de Corte	:	03/07/2015
Solicitud de corte Nº	:	2015000153
Cantidad	:	1

ANEXO 3

Verificación de Dimensiones de Muestras

- Coloque la muestra sobre una superficie plana y proceda a verificar las dimensiones, teniendo en cuenta lo siguiente:
 - Medir el ancho, largo y espesor de la muestra con la regla metálica cuidando de no distorsionar la espuma.



ANEXO C-1

TIEMPO DE RECUPERACIÓN EN ESPUMAS VISCOELÁSTICAS

(Procedimiento a seguir por el analista)

I. OBJETIVO

Determinar el tiempo de recuperación o relajación que presenta una espuma viscoelástica luego de generar sobre ella una carga al 75% de su espesor.

II. ALCANCE

Este ensayo se realiza en las espumas viscoelásticas una vez cumplido el tiempo de curado.

III. CONDICIONES BÁSICAS

3.1 EQUIPOS Y MATERIALES

- Máquina de Ensayos Universal Eja Vantaje 10kN
- Software MAP4 versión 02
- Celda de carga de capacidad 250 N
- Plato indentor circular con diámetro de $200 \pm 3/0$ mm .
- Plataforma perforada cuadrada (diámetro de orificio: 6.5 mm y distancia entre centros de 20 mm .
- Cronómetro digital.

3.2 DOCUMENTOS RELACIONADOS

- Norma ASTM D3574:2011 Flexible Cellular Materials - Slab, Bonded, and Molded Urethane Foams. Test M Recovery Time.

3.3 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

- Recepcionar una probeta de dimensiones nominales 380 mm x 380 mm x 100 mm, libre de “piel”. El espesor de la probeta debe ser en dirección del crecimiento de la espuma.

Nota:

El corte de muestras es responsabilidad del cliente (quien provee a muestra para ser ensayada).

ANEXO C-2

- En la probeta obtenida verificar el ancho, largo y espesor según lo descrito en el procedimiento **“Recepción de muestras”**.
- Acondicionar la muestra en el laboratorio por al menos 12 horas a condiciones controladas de temperatura y humedad (T: 23+/-2 °C y HR: 50+/-5 %). La fecha y hora de inicio y fin del acondicionamiento de la muestra se registra en el formato de **“Tiempo de Reposo y Pre-acondicionamiento de muestras”**.

IV. PROCEDIMIENTO

- 4.1** Armar el equipo para el ensayo, colocar la celda de carga de 250N (la celda de carga debe usarse en el rango de calibración y hasta el 90% de su capacidad para evitar sobrecarga). Colocar el plato indentor en la parte superior y debajo la plataforma perforada como base de apoyo de la probeta.
- 4.2** Encender el equipo Eja Vantaje presionando el botón ubicado en la parte inferior izquierda del equipo. Encender la computadora y esperar cinco minutos para que se estabilicen los equipos.
- 4.3** En la computadora abrir el programa del equipo: Software MAP4.
- 4.4** En el programa MAP4 ingresar a la pestaña “Prueba” y abrir las siguientes carpetas: Rubber > Foam Compression y seleccionar el test ASTM D3574 M Recovery Time.
- 4.5** Llevar el plato indentador hasta la posición muy cercana a la superficie de la plataforma perforada (sin que llegue a tocarlo) y presionar la opción “Zero Load”.
- 4.6** Llevar a cero el plato indentador con la plataforma perforada (el cero es cuando hace contacto con una fuerza mínima con la plataforma perforada) y presionar la opción “Zero Position”.
- 4.7** Subir el plato indentador a una altura referencial “Opening Distance”, la cual debe ser mayor al espesor de la muestra a ensayar.
- 4.8** En el software MAP4 hacer click en el botón “Data Input” de la barra de herramientas donde se deberá introducir la altura referencial “Opening Distance” y la siguiente información:

ANEXO C-3

Name	Value	Units
Product	Visco 01	-
Date foamed	01/07/2015	-
Block	08	-
Operator	D. Gutierrez	-
Opening distance	105	mm
Surface area	32365	mm ²
Contact force	4.5	N
Speed preflexion	1 000	mm/min
Percent preflexion	75	%
Test speed	1 000	mm/min
Return speed	1 000	mm/min
point return	5	%
Dwell time	60	s

- 4.9 Colocar la muestra sobre la plataforma perforada del equipo Eja Vantaje. La posición de la muestra debe ser de tal modo que permita practicar la Indentación en su parte central.
- 4.10 Llevar a cero la posición y la fuerza presionando los botones “Zero Load” y “Zero Position” en la barra de herramientas.
- 4.11 Presionar el botón “Motion” a fin de iniciar con la evaluación de la muestra que consistirá en indentar la espuma hasta el 70% de su espesor inmediatamente cuando se detenga el plato el software se contabilizará el tiempo de reposo que es 60+/-3 s, luego del tiempo de reposo el plato retornará hasta el 5% del espesor de la muestra y con ayuda de un cronómetro se registrará el tiempo de retorno de la espuma hasta que la espuma toque nuevamente el plato indentor.
- 4.12 Traspasar los resultados obtenidos al formato de **“Evaluación del tiempo de recuperación en espumas viscoelásticas”**.

ANEXO C-4



Figura 1. Sistema de armado para ensayo de tiempo de recuperación

V. CALCULOS

Por ser una medición directa no se realizan cálculos.

VI. REPORTE Y UNIDADES

Reportar en el informe de ensayo:

- El tiempo de recuperación de la espumas (s).
- La incertidumbre en la medición del ensayo (s).

ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

I. OBJETIVO

Establecer el procedimiento a seguir para la determinación de la incertidumbre de medición en la obtención del mensurando.

II. ALCANCE

Los cálculos de la incertidumbre aplican solamente para el método de ensayo test M, descrito en la norma ASTM D 3574.

III. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Eurachem/Cicat Guide CG4 Quantifying Uncertainty In Analytical Measurement
- Leyes de propagación de las incertidumbres de acuerdo con lo indicado en la Guide of Uncertainty Measurement.

IV. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Para calcular las contribuciones a la incertidumbre en la medición del mensurando, es necesario identificar el o los instrumento que mayor aporte a la incertidumbre de la medición tienen. Para este caso en particular el instrumento que mayor aporte tiene, es el cronómetro digital debido a que con él se está realizando una medición directa.

Se sabe que la incertidumbre del tipo A evalúa la repetibilidad del analista en la lectura de una medición, sin embargo para efectos de cálculo en este procedimiento no se considerará esta incertidumbre pues el resultado de la evaluación en la determinación del mensurando, la evaluación consta de un único resultado y no en serie de repeticiones.

4.1 Incertidumbre en la medición del mensurando

Para calcular la incertidumbre en la medición del mensurando tenemos que todas las contribuciones son del tipo B, contribuciones que se describen a continuación:

a. Debido a la incertidumbre “U” según certificado de calibración:

Del certificado de calibración del cronómetro se selecciona la mayor incertidumbre U, esto con la finalidad de cubrir todo el rango de posibilidades que la incertidumbre aporte. Luego se calcula la incertidumbre de la medición correspondiente de la siguiente manera:

$$u(\text{cronómetro}) = \frac{U(\text{certificado})}{2}$$

b. Debido a la resolución del cronómetro:

Para estimar la incertidumbre debido a la división mínima de escala del cronómetro, tenemos:

$$u(\text{división mínima}) = \frac{r}{\sqrt{3}} = \frac{d/m}{\sqrt{3}}$$

donde:

d: Valor de una división mínima

r: Resolución del cronómetro

m: Es el menor número de partes en que se puede dividir d, para el caso de una indicación digital m=2

c. Debido a deriva del cronómetro:

La deriva se define como la variación del error en un periodo de calibración:

$$\text{Deriva} = \frac{\text{Error f} - \text{Error i}}{\text{Periodo de calibración}}$$

donde:

Error f = Máximo error reportado en el último certificado de calibración.

Error i = Máximo error reportado en el penúltimo certificado de calibración.

Seguidamente se calcula la incertidumbre proveniente de la deriva del cronómetro:

$$u(\text{deriva}) = \frac{\text{Deriva}}{\sqrt{3}}$$

d. Debido a la exactitud del cronómetro:

Para estimar la incertidumbre debido a la exactitud del cronómetro, tenemos:

$$u(\text{exactitud}) = \frac{e}{\sqrt{3}}$$

donde:

e: Exactitud del cronómetro

e. Debido al funcionamiento de arranque y parada del cronómetro

Para determinar la incertidumbre por uso del arranque y parada del cronómetro, el analista ha realizado una serie de repeticiones (30) con el cronómetro donde lo que se busca es determinar la desviación estándar por dicho uso.

$$u_{ss} = u(\text{arranque y parada}) = \text{desviación estandar}$$

Posteriormente y con base en la primera ley de la incertidumbre de la medición se determina la incertidumbre combinada mediante:

$$u_c(\text{lectura}) = \sqrt{u(\text{cronom})^2 + u(\text{div. min.})^2 + u(\text{deriva})^2 + u(\text{exactitud})^2 + u(\text{ss})^2}$$

Por lo tanto la incertidumbre expandida de la determinación del mensurado será:

$$U(\text{lectura}) = 2 * u_c(\text{lectura})$$

V. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Para la expresión de los resultados de la incertidumbre de la medición del método de ensayo se tendrá en cuenta los modelos matemáticos de cálculo de las incertidumbres de la medición sin expandir de cada variable de influencia, citados en el presente procedimiento. Luego, al resultado de la combinación de las incertidumbres de la medición de las variables de influencia se le multiplica por el factor de cobertura ($k=2$), determinándose la incertidumbre de medición del método de ensayo (incertidumbre expandida). El resultado que se obtiene del método de ensayo se expresará de la siguiente manera:

$$\text{Resultado} = \text{Valor medido} \pm U (\text{método})$$

ANEXO D-1

Termohigrómetro Digital



ANEXO D-2



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI - SNA CON REGISTRO N° LC-001



Registro N° LC-001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° T-1343-2015

Expediente N° : 48180
Pag 1 de 2

Fecha de emisión: 2015-05-25

1. Solicitante :
2. Dirección :
3. Instrumento calibrado : TERMOHIGRÓMETRO
- Marca / Fabricante : No indica
- Identificación : 06795 (*)
- Serie : No indica
- Modelo : E915000
- Alcance Temp. : IN: 0 °C a 50 °C / OUT: -50 °C a 70 °C
- Resolución : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C
- Alcance H.R. : 20 % H.R. a 90 % H.R.
- Resolución : 1 % H.R.
- Procedencia : No indica
- Ubicación : Laboratorio de Control de Calidad - Colchones (**)
4. Lugar de calibración : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C.
5. Fecha de calibración : Del 2015-05-22 al 2015-05-23

6. Método de calibración
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 06 "Procedimiento de Calibración de Termohigrometros de METROIL S.A.C.

7. Trazabilidad
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INDECOPI - SNM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-350	Termohigrometro con incertidumbre del Orden desde 1,5 %H.R. a 2 %H.R.	LT-155-2015 / INDECOPI - SNM
IT-185	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,1 °C	T-0545-2015 / METROIL S.A.C.
IT-186	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,1 °C	T-0546-2015 / METROIL S.A.C.

CHRISTIAN ASTUVILCA VALENTIN
Jefe del Laboratorio 1

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Oficina (Ventas - Recepción - Entrega): Av. Venezuela 2040 - Lima - Lima Central Telf.: (511) 713-9066 / 713-9080 Nextel: 109*8846 RPM; # 999048181
Consulta Técnica: Central Telf.: 713-9070 / 713-9071 RPM; *481579 Nextel: 832*3234 - E-mail: ventas@metroil.com.pe / web: www.metroil.com.pe

F-M-084 / Mar 2011 / Rev. 05

ANEXO D-3



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI - SNA CON REGISTRO N° LC-001**



Registro N° LC-001

Certificado de Calibración N° T-1343-2015
Pag. 2 de 2

8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental: Inicial : 24,8 °C Final : 23,4 °C
 Humedad ambiental : Inicial : 45,3 % H.R. Final : 56,8 % H.R.

9. Resultados

PARA EL TERMÓMETRO INTERNO (Tipo IN)

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN TERMÓMETRO (°C)	TCV TERMÓMETRO (°C)	INCERTIDUMBRE TERMÓMETRO (°C)
20,3	-0,3	20,0	0,4
23,3	-0,3	23,0	0,4
25,5	-0,5	25,0	0,4

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

PARA EL HIGRÓMETRO

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE (%H.R.)
42	3,0	45,0	3,1
46	4,0	50,0	3,1
51	4,0	55,0	3,1

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k = 2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- (**) Dato indicado por el cliente.

FIN DEL DOCUMENTO



METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Oficina (Ventas - Recepción - Entrega): Av. Venezuela 2040 - Lima - Lima Central Telf.: (511) 713-9066 / 713-9080 Nextel: 109*8846 RPM: # 999048181
 Consulta Técnica: Central Telf.: 713-9070 / 713-9071 RPM: *481579 Nextel: 832*3234 - E-mail: ventas@metroil.com.pe / web: www.metroil.com.pe

F-M-084 / Mar 2011 / Rev. 05

ANEXO E-1

Máquina de Ensayos Thwing Albert



ANEXO F-1

Celda de Carga



ANEXO F-2



Certificado de Calibração



Data da Calibração: 24/02/15

Data da Emissão: 26/02/15

n. 0011/15

Página: 1 de 10

1. CONTRATANTE:

2. SOLICITANTE: O mesmo.

Local da Calibração: Laboratório de Colchones - Área Controlada

3. MÁQUINA DE ENSAIO DE MATERIAIS CALIBRADA (SMC):

3.1 Gerador de Força

Fabricante: THWING ALBERT

n. Série (fabricante): 52436

n. Identificação (solic.): 04126

Tipo de Acionamento: Eletromecânica

Tipo de Carregamento: Tração e Compressão

3.2 Transdutor de Força

n. Série (fabricante): 620051

n. Série (fabricante): 06588

Faixa de Indicação: 0 a 250 N

Resolução: 0,01 N

Resolução Adotada: 0,01 N

3.3 Transdutor de Força

n. Série (fabricante): 615958

n. Identificação (solic.): 06587

Faixa de Indicação: 0 a 2000 N

Resolução: 0,06 N

Resolução Adotada: 0,1 N

3.4 Transdutor de Força

n. Série (fabricante): 712968

n. Série (fabricante): 11220

Faixa de Indicação: 0 a 250 N

Resolução: 0,01 N

Resolução Adotada: 0,01 N

3.5 Transdutor de Força

n. Série (fabricante): 716060

n. Identificação (solic.): 11219

Faixa de Indicação: 0 a 2000 N

Resolução: 0,1 N

Resolução Adotada: 0,1 N

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE, que avalia a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. A CGCRE é signatária do acordo de reconhecimento mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation, e do acordo bilateral de reconhecimento mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation. Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na regulamentação metrológica. A INSTRUQUAL autoriza a reprodução deste certificado desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. O ajuste, quando realizado, não faz parte do escopo da acreditação do laboratório.

Rua Lauro Linhares, 1281
Trindade, Florianópolis-SC

Tel.: 48 3209 8362
metrologia@instruqual.com.br
www.instruqual.com.br

INSTRUQUAL
CNPJ 17.036.710/0001-74

ANEXO F-3



Certificado de Calibração

Data da Calibração: 24/02/15

Data da Emissão: 26/02/15

n. 0011/15

Página: 2 de 10

4. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO:

PC-001

O(s) transdutor(es) do SMP foi(ram) montado(s) centrado(s) em relação ao eixo de aplicação de força da máquina de ensaios, simulando a condição normal de trabalho da mesma, sendo os valores de força pré-estabelecidos referenciados pelo SMC, realizando-se as leituras no indicador do SMP.

Observações:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com graus de liberdade efetivos $[v_{\text{eff}}]$ corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02 [1999]. Os valores de k e v_{eff} estão apresentados na tabela de resultados.

Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.

Para classificação da máquina foi considerada a faixa de 20 a 100 % da faixa conforme a norma NM ISO 7500.

Correção = -(Indic. no SMC - Média das Indic. no SMP). O valor da correção deverá sempre ser somado algebricamente a indicação do SMC.

Fatores de Conversão: 1 N = 0,1 daN = 0,001 kN = 0,101972 kgf = 0,000102 tf = 0,22481 lbf [onde N é a unidade do SI].

Condições Ambientais Durante a Calibração: [23 +/-2]°C

5. PADRÕES UTILIZADOS (SMP):

Identific.	Padrão	Certificados	Órgão	Data	Validade	Classe
RC 3033	Dinamômetro Eletrônico	125686 e 125687	SENAI CETEC	07/07/14	07/16	1
RC 3034	Dinamômetro Eletrônico	125688 e 125689	SENAI CETEC	04/08/14	08/16	00
RC 5581	Dinamômetro Eletrônico	125690 e 125691	SENAI CETEC	21/07/14	07/16	00

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. A CGCRE é signatária do acordo de reconhecimento mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation, e do acordo bilateral de reconhecimento mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation. Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na regulamentação metrológica. A INSTRUQUAL autoriza a reprodução deste certificado desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. O ajuste, quando realizado, não faz parte do escopo da acreditação do laboratório.

Rua Lauro Linhares, 1281
Trindade, Florianópolis-SC

Tel.: 48 3209 8362
metrologia@instruqual.com.br
www.instruqual.com.br

INSTRUQUAL
CNPJ 17.036.710/0001-74



ANEXO F-4



Certificado de Calibração

Data da Calibração: 24/02/15

Data da Emissão: 26/02/15

n. 0011/15

Página: 3 de 10

6. RESULTADOS:

6.1. Transdutor de Força 06588 - Intervalo de Indicação: 0 a 250 N - Sentido: Compressão

Classificação conforme NM 7500: Classe 0,5

TABELA DE RESULTADOS					
Pontos	Valor Medido na Máquina [N]	Valor Médio Medido no Padrão [N]	Correção [N]	k	V _{eff}
1	5,00	5,00	0,00	2,08	31
2	12,50	12,51	0,01	3,31	3
3	25,00	24,93	-0,07	2,43	7
4	50,00	49,85	-0,15	4,53	2
5	95,00	94,90	-0,10	2,43	7
6	130,00	129,86	-0,14	2,87	4
7	130,00	129,71	-0,29	2,87	4
8	165,00	164,69	-0,31	3,31	3
9	200,00	199,69	-0,31	3,31	3
10	240,00	239,69	-0,31	4,53	2

TABELA DE RESULTADOS (continuação)							
Pontos	Valor Medido na Máquina [N]	Erro Relativo de:				Resolução relativa a [%]	Incerteza U [%]
		Exatidão q [%]	Repetitiv. b [%]	Zero f ₀ [%]	Reversibil. r [%]		
1	5,00	0,00	0,19	0,00	—	0,20	0,28
2	12,50	-0,07	0,39	0,00	—	0,08	0,42
3	25,00	0,28	0,08	0,00	—	0,04	0,09
4	50,00	0,30	0,18	0,00	—	0,02	0,29
5	95,00	0,10	0,05	0,00	—	0,01	0,06
6	130,00	0,10	0,10	0,00	—	0,01	0,10
7	130,00	0,22	0,05	0,00	—	0,01	0,05
8	165,00	0,18	0,08	0,00	—	0,01	0,09
9	200,00	0,15	0,06	0,00	—	0,01	0,08
10	240,00	0,12	0,06	0,00	—	0,00	0,12

Obs.: Os resultados apresentados em valores percentuais nas tabelas deste certificado são calculados em relação ao valor medido na máquina calibrada.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. A CGCRE é signatária do acordo de reconhecimento mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation, e do acordo bilateral de reconhecimento mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation. Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na regulamentação metrológica. A INSTRUQUAL autoriza a reprodução deste certificado desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. O ajuste, quando realizado, não faz parte do escopo da acreditação do laboratório.

Rua Lauro Linhares, 1281
Trindade, Florianópolis-SC

Tel.: 48 3209 8362
metrologia@instruqual.com.br
www.instruqual.com.br

INSTRUQUAL
CNPJ 17.036.710/0001-74



ANEXO F-5



Certificado de Calibração

Data da Calibração: 24/02/15
 Data da Emissão: 26/02/15

n. 0011/15

6.2. Transdutor de Força 06588 - Intervalo de Indicação: 0 a 250 N - Sentido: Tração

Classificação conforme NM 7500: Classe 0,5

TABELA DE RESULTADOS					
Pontos	Valor Medido na Máquina [N]	Valor Médio Medido no Padrão [N]	Correção [N]	k	V _{eff}
1	5,00	5,03	0,03	2,43	7
2	12,50	12,53	0,03	2,06	40
3	25,00	25,02	0,02	2,52	6
4	50,00	50,07	0,07	2,52	6
5	95,00	95,27	0,27	2,05	51
6	130,00	130,37	0,37	2,14	19
7	130,00	130,14	0,14	2,87	4
8	165,00	165,18	0,18	2,65	5
9	200,00	200,18	0,18	2,28	10
10	240,00	240,24	0,24	2,02	113

TABELA DE RESULTADOS (continuação)							
Pontos	Valor Medido na Máquina [N]	Exatidão q [%]	Erro Relativo de:			Resolução relativa a [%]	Incerteza U [%]
			Repetitiv. b [%]	Zero f ₀ [%]	Reversibil. v [%]		
1	5,00	-0,59	0,39	0,00	—	0,20	0,39
2	12,50	-0,23	0,15	0,00	—	0,08	0,20
3	25,00	-0,07	0,11	0,00	—	0,04	0,12
4	50,00	-0,13	0,07	0,00	—	0,02	0,09
5	95,00	-0,28	0,03	0,00	—	0,01	0,04
6	130,00	-0,28	0,03	0,00	—	0,01	0,04
7	130,00	-0,10	0,10	0,00	—	0,01	0,11
8	165,00	-0,10	0,09	0,00	—	0,01	0,09
9	200,00	-0,08	0,05	0,00	—	0,01	0,06
10	240,00	-0,09	0,02	0,00	—	0,00	0,04

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. A CGCRE é signatária do acordo de reconhecimento mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation, e do acordo bilateral de reconhecimento mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation. Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na regulamentação metrológica. A INSTRUQUAL autoriza a reprodução deste certificado desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. O ajuste, quando realizado, não faz parte do escopo de acreditação do laboratório.

Rua Lauro Linhares, 1281
 Trindade, Florianópolis-SC

Tel.: 48 3209 8362
 metrologia@instruqual.com.br
 www.instruqual.com.br

INSTRUQUAL
 CNPJ 17.036.710/0001-74

ANEXO F-6



Certificado de Calibração

Data da Calibração: 24/02/15

Data da Emissão: 26/02/15

n. 0011/15



Página: 7 de 10

6.5. Transdutor de Força 11220 - Intervalo de Indicação: 0 a 250 N - Sentido: Compressão

Classificação conforme NM 7500: Classe 0,5

TABELA DE RESULTADOS					
Pontos	Valor Medido na Máquina [N]	Valor Médio Medido no Padrão [N]	Correção [N]	k	V _{eff}
1	5,00	4,99	-0,01	2,52	6
2	12,50	12,56	0,06	2,87	4
3	25,00	25,02	0,02	3,31	3
4	50,00	50,06	0,06	2,13	21
5	95,00	95,21	0,21	2,02	131
6	130,00	130,30	0,30	2,32	9
7	130,00	130,13	0,13	2,37	8
8	165,00	165,24	0,24	2,25	11
9	200,00	200,26	0,26	2,07	38
10	240,00	240,36	0,36	2,52	6

TABELA DE RESULTADOS [continuação]							
Pontos	Valor Medido na Máquina [N]	Erro Relativo de:				Resolução relativa a [%]	Incerteza U [%]
		Exatidão q [%]	Repetitiv. b [%]	Zero f ₀ [%]	Reversibil. v [%]		
1	5,00	0,20	0,40	0,00	—	0,20	0,44
2	12,50	-0,47	0,23	0,00	—	0,08	0,24
3	25,00	-0,07	0,15	0,00	—	0,04	0,17
4	50,00	-0,11	0,03	0,00	—	0,02	0,05
5	95,00	-0,22	0,02	0,00	—	0,01	0,04
6	130,00	-0,23	0,05	0,00	—	0,01	0,05
7	130,00	-0,09	0,03	0,00	—	0,01	0,03
8	165,00	-0,14	0,02	0,00	—	0,01	0,03
9	200,00	-0,12	0,01	0,00	—	0,01	0,02
10	240,00	-0,14	0,02	0,00	—	0,00	0,02

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. A CGCRE é signatária do acordo de reconhecimento mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation, e do acordo bilateral de reconhecimento mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation. Esta calibração não herda o instrumento do controle metrológico estabelecido na regulamentação metrológica. A INSTRUQUAL autoriza a reprodução deste certificado desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a qualquer lote. O ajuste, quando realizado, não faz parte do escopo de acreditação do laboratório.

Rua Lauro Linhares, 1281
Trindade, Florianópolis-SC

Tel.: 48 3209 8362
metrologia@instruqual.com.br
www.instruqual.com.br

INSTRUQUAL
CNPJ 17.036.710/0001-74

ANEXO F-7



Certificado de Calibração

Data da Calibração: 24/02/15

Data da Emissão: 26/02/15

n. 0011/15



Página: 8 de 10

6.6. Transdutor de Força 11220 - Intervalo de Indicação: 0 a 250 N - Sentido: Tração

Classificação conforme NM 7500: Classe 0,5

TABELA DE RESULTADOS

Pontos	Valor Medido na Máquina	Valor Médio Medido no Padrão	Correção	k	V _{eff}
	[N]	[N]	[N]		
1	5,00	5,01	0,01	2,00	Infinito
2	12,50	12,53	0,03	2,06	40
3	25,00	25,07	0,07	3,31	3
4	50,00	50,10	0,10	2,21	13
5	95,00	95,19	0,19	2,05	51
6	130,00	130,23	0,23	2,87	4
7	130,00	130,14	0,14	2,13	20
8	165,00	165,18	0,18	2,09	29
9	200,00	200,21	0,21	2,32	9
10	240,00	240,23	0,23	2,02	142

TABELA DE RESULTADOS [continuação]

Pontos	Valor Medido na Máquina [N]	Erro Relativo de:				Resolução relativa α [%]	Incerteza U [%]
		Exatidão ϵ [%]	Repetitiv. b [%]	Zero f_0 [%]	Reversibil. v_r [%]		
1	5,00	-0,19	0,00	0,00	—	0,20	0,22
2	12,50	-0,23	0,15	0,00	—	0,08	0,20
3	25,00	-0,27	0,23	0,00	—	0,04	0,25
4	50,00	-0,19	0,05	0,00	—	0,02	0,06
5	95,00	-0,19	0,03	0,00	—	0,01	0,04
6	130,00	-0,17	0,09	0,00	—	0,01	0,09
7	130,00	-0,10	0,04	0,00	—	0,01	0,05
8	165,00	-0,10	0,03	0,00	—	0,01	0,05
9	200,00	-0,10	0,05	0,00	—	0,01	0,06
10	240,00	-0,09	0,02	0,00	—	0,00	0,04

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. A CGCRE é signatária do acordo de reconhecimento mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation, e do acordo bilateral de reconhecimento mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation. Essa calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na regulamentação metrológica. A INSTRUQUAL autoriza a reprodução deste certificado desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. O ajuste, quando realizado, não faz parte do escopo da acreditação do laboratório.

Rua Lauro Linhares, 1281
Trindade, Florianópolis-SC

Tel.: 48 3209 8362
metrologia@instruqual.com.br
www.instruqual.com.br

INSTRUQUAL
CNPJ 17.036.710/0001-74

ANEXO G-1

Cronómetro Digital



ANEXO G-2



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"





Certificado de Calibración

LTF - C - 062 - 2015

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 1 de 5

Expediente	82105	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante		
Dirección		Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org). <i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i>
Instrumento de Medición	CRONOMETRO	
Marca	CASIO	
Modelo	HS-3(V)	
Procedencia	CHINA	
Alcance de Indicación	9 h 59 min 59,99 s	
Resolución	0,01 s	
Exactitud	0,002315% (*)	
Número de Serie	06604 (**)	
Fecha de Calibración	2015-04-15 al 2015-04-17	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del Servicio Nacional de Metrología. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Responsable del Área de Electricidad y Temperatura	Responsable del laboratorio (e)
 2015-04-21	 EDWIN FRANCISCO GUILLEN MESTAS	 LUIS PALMA PERALTA

ANEXO G-3



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"



Certificado de Calibración LTF - C – 062 – 2015 Consistente con las capacidades de medida y Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 3 de 5

Resultados de medición

RESULTADOS OBTENIDOS EN TIEMPO DEL CRONÓMETRO

Indicación ¹			Indicación ²	Tiempo de ensayo ³	Error	Incertidumbre	EMP
h	min	s	t (s)	t ₀ (s)	E (s)	U (s)	(s)
0	00	00,00	01,00	01,00	0,00	0,0000001	0,00002
0	00	00,00	02,00	02,00	0,00	0,0000002	0,00005
0	00	00,00	04,00	04,00	0,00	0,0000004	0,00009
0	00	00,00	08,00	08,00	0,00	0,000001	0,0002
0	00	00,00	16,00	16,00	0,00	0,000002	0,0004
0	00	00,00	32,00	32,00	0,00	0,000003	0,0007
0	01	00,00	64,00	64,00	0,00	0,00001	0,0015
0	02	00,00	128,00	128,00	0,00	0,00001	0,003
0	04	00,00	256,00	256,00	0,00	0,00003	0,006
0	08	00,00	512,01	512,00	0,01	0,00005	0,012
0	17	00,00	1024,01	1024,00	0,01	0,0001	0,02
0	34	00,00	2048,03	2048,00	0,03	0,0002	0,05
1	21	00,00	4096,06	4096,00	0,06	0,0004	0,09
2	16	00,00	8192,11	8192,00	0,11	0,001	0,2
4	33	00,00	16384,22	16384,00	0,22	0,002	0,4
9	06	00,00	32768,44	32768,00	0,44	0,003	0,8

¹ Indicación del cronómetro en su display LCD.

² Indicación del cronómetro expresado en segundos.

³ Tiempo de ensayo (referencia) del cronómetro o tiempo convencionalmente verdadero.

El tiempo convencionalmente verdadero t_0 puede obtenerse, dentro del alcance calibrado, a partir de la indicación t del cronómetro usando la siguiente ecuación: □

$$t_0 = t(1 - E_r \pm U_r)$$

donde:

$E_r = \Delta t / t_0$ es la llamada desviación fraccional de tiempo o error relativo del cronómetro.

La incertidumbre en la determinación de E_r , es U_r y para este cronómetro se ha encontrado que:

$$E_r = 13,5 \mu\text{s/s}$$

$$U_r = 0,1 \mu\text{s/s}$$

Por ello para este cronómetro:

$$t_0 = (0,9999865 \pm 0,0000001) t$$

El error E y la incertidumbre expandida U de la calibración pueden encontrarse (en segundos) para cualquier

tiempo t_0 , dentro del alcance calibrado, usando las ecuaciones: $E = E_r t_0$; $U = U_r t_0$

Por ello para este cronómetro:

$$E = 0,0000135 t_0 ; U = 0,0000001 t_0$$

El error relativo máximo permisible E_r de este instrumento declarado por el fabricante es

$$E_r = 0,00231 \% = 23,1 \mu\text{s/s}$$

(el fabricante ha usado el término "accuracy" para este parámetro).

El error máximo permisible EMP de este instrumento (declarado por el fabricante) puede calcularse para cualquier

tiempo t_0 , dentro del alcance calibrado, usando la ecuación:

$$EMP = E_r t_0 = 0,0000231 t_0$$

Nota 1. - Cuando se realicen mediciones con este cronómetro se deberá evaluar la incertidumbre de la medición real

considerando, entre otras, como componentes adicionales la incertidumbre de la calibración U , la incertidumbre

debida a la resolución del cronómetro $U_d = d/(2\sqrt{3})$ (donde d es la resolución del cronómetro) y la incertidumbre

debida al funcionamiento del botón de arranque y parada (start/stop) U_{ss} .

Nota 2. - Si la desviación máxima permisible de la medición de tiempo es mucho mayor que EMP , el cronómetro cumple

con dicho EMP y es correctamente usado, entonces puede ser suficiente usar como tiempo convencionalmente

verdadero la misma indicación t del cronómetro y podría considerarse que la incertidumbre total está dada

esencialmente por la combinación de EMP ; U_d y U_{ss} .

(*) Dato tomado de la hoja de especificaciones del cronómetro.

(**) El cronómetro tiene adherida en su parte posterior una etiqueta verde con la inscripción 06604.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – Indecopi

Servicio Nacional de Metrología

Calle De La Prosa 104, San Borja Lima – Perú / Telf: 2247800 Anexo 8601

email: metrologia@indecopi.gob.pe

WEB: www.indecopi.gob.pe

ANEXO H

REGÍSTR0 DE VALIDACIÓN

Nombre: VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES DE LA PLATAFORMA PERFORADA DEL EQUIPO UNIVERSAL: THWING ALBERT
 Código: 04126-4 Plataforma perforada
 Medida: Diámetro de orificio (6,5 mm) y Distancia entre centro (20 mm) (*)



Zona a medir	Medida N°	Instrumento de medición	Valor medido (mm)	Valor nominal (mm)	EMP (+/- 0,5 mm)
Diámetro de los orificios	1	PIE DE REY CÓDIGO: 06576 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LLA-542-2014	6.18	6.5	[6,0-7,0]
	2		6.20		
	3		6.20		
	4		6.20		
	5		6.19		
	6		6.18		
	7		6.22		
	8		6.20		
	9		6.21		
	10		6.22		
Distancia entre los centros	1	PIE DE REY CÓDIGO: 06576 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LLA-542-2014	19.95	20.0	[19,5-20,5]
	2		19.91		
	3		19.90		
	4		19.88		
	5		19.88		
	6		19.88		
	7		19.87		
	8		19.87		
	9		19.91		
	10		19.83		

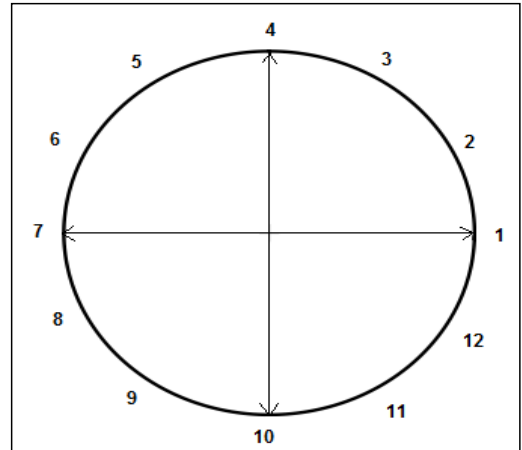
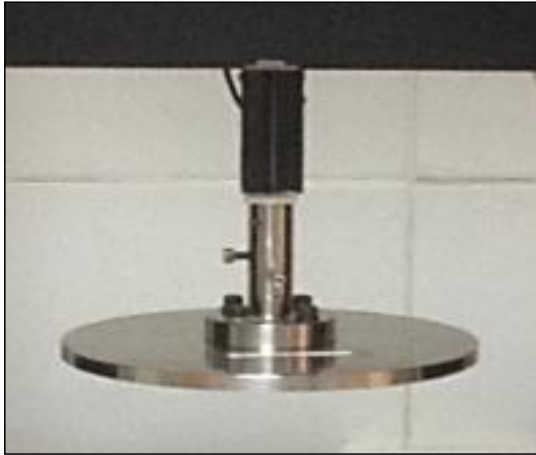
(*) La norma ASTM D3574 solo indica que deben ser valores aproximados.

Todas las mediciones realizadas se encuentran dentro de los EMP, por lo tanto la placa perforada es conforme a lo indicado en la norma ASTM D3574

ANEXO I

REGÍSTRO DE VALIDACIÓN

Nombre: VERIFICACIÓN DEL DIÁMETRO DEL PLATO INDENTOR DEL EQUIPO UNIVERSAL: THWING ALBERT
 Código: 04126-5 Plato indentor
 Medida: 200,00 mm (+3,0 mm / -0,0 mm)



Medida N°	Diámetro (mm)	Instrumento de medición	Tolerancia según:
1	200.28	PIE DE REY CÓDIGO: 06576 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LLA-542-2014	200,00 mm (+ 3 mm/ -0 mm)
2	200.27		
3	200.26		
4	200.28		
5	200.28		
6	200.25		
7	200.24		
8	200.20		
9	200.30		
10	200.25		
11	200.23		
12	200.27		

Promedio:	200.259
-----------	---------

Corrección de la medida promedio del diámetro del plato indentor usando el certificado de calibración del PIE DE REY:

Lectura del instrumento (mm)	Error (mm)
200.036	0.033
200.259	x
300.041	0.036

Interpolando: $x = 0.033$

Valor promedio medido corregido: $200,0259 - 0,0330 = 200.226$

- Como el valor encontrado es 200,23 mm, la medida del diámetro del plato indentor queda validada.

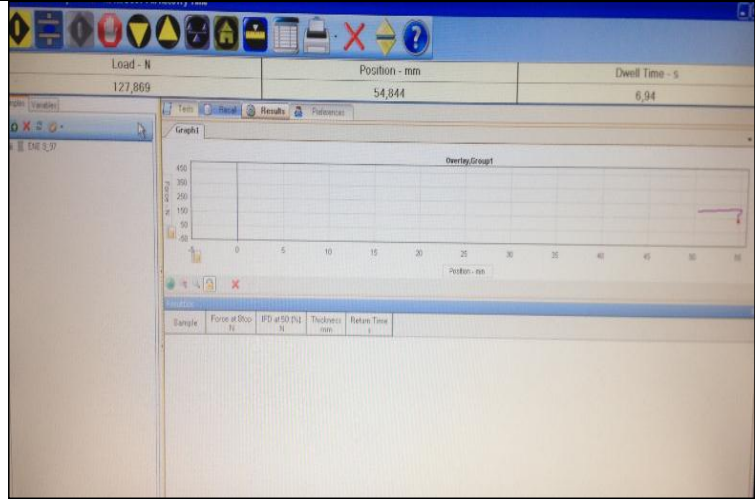
ANEXO J

REGISTRO DE VALIDACIÓN

Nombre: VALIDACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA CRUCETA DEL EQUIPO UNIVERSAL: THWING ALBERT

Código: 04126 Equipo Universal

Medida: Velocidad (1 000 +/- 100) mm/min



Cálculo de la velocidad usando:

- Regla 04126-7
- Cronómetro 06604

Indicación del cronómetro	Indicación corregida
$t_0 = 0,00 \text{ s}$	$t_0 = 0,00 \text{ s}$
$t_f = 4,34 \text{ s}$	$t_f = 4,34 \text{ s}$

Indicación de la regla	Indicación corregida
$X_0 = 0,00 \text{ mm}$	$X_0 = 0,00 \text{ mm}$
$X_f = 76,00 \text{ mm}$	$X_f = 75,80 \text{ mm}$

Valor convencionalmente verdadero de la velocidad

Velocidad de la cruceta del Equipo:	1047.93 mm/min
-------------------------------------	----------------

Cálculo de la velocidad usando el software:


- La velocidad se determinó con la diferencia de dos instantes tomados del software

Indicación del Software en el primer instante
$t_0 = 10:01:39 \text{ hrs}$
$X_0 = 2,73 \text{ mm}$

Indicación del Software en el segundo instante
$t_0 = 10:01:43 \text{ hrs}$
$X_0 = 71,73 \text{ mm}$

Valor de la velocidad usando el software

Velocidad de la cruceta del Equipo:	1065.00 mm/min
-------------------------------------	----------------



 La diferencia entre el software del equipo Universal Thwing Albert y la medición con los instrumentos calibrados es:

17 mm/min

Según indica la norma ASTM D3574 la tolerancia para la velocidad es: 1 000 +/- 100 mm/min
 Por tanto la velocidad de la cruceta es conforme a lo indicado en la norma ASTM D3574

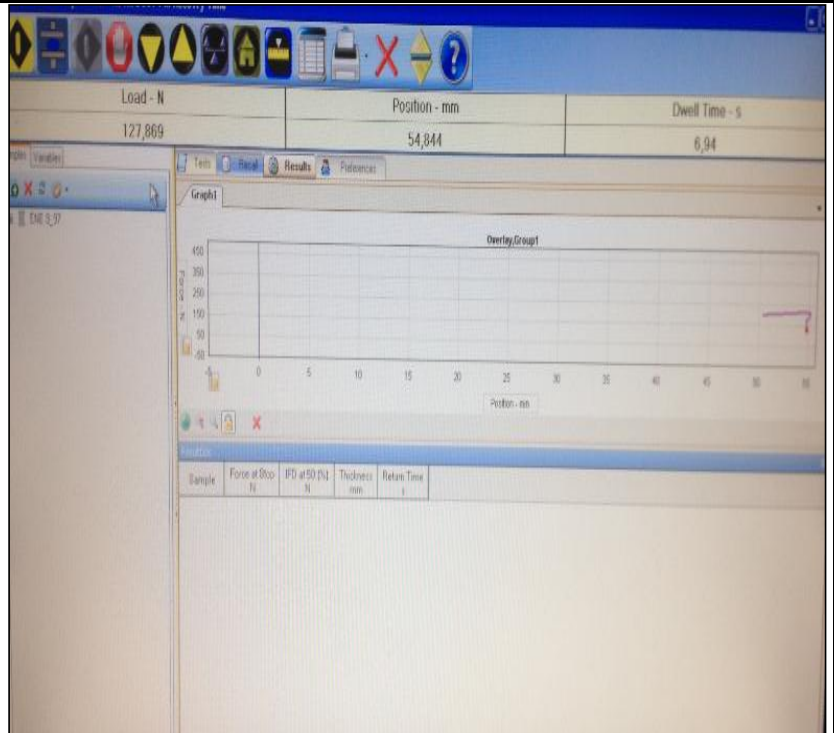
ANEXO K

REGISTRO DE VALIDACIÓN

Nombre: VERIFICACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO DE LA CRUCETA

Código: 04126 Equipo Universal

Medida: -



Nº	Indicación del software (mm)	Indicación corregida de la regla (mm)	Error (mm)
1	0.00	0.00	0.00
2	5.01	4.98	-0.03
3	10.00	9.96	-0.04
4	15.02	14.94	-0.08
5	20.00	19.92	-0.08
6	25.01	24.90	-0.11
7	30.00	29.88	-0.12
8	35.00	34.86	-0.14
9	40.00	39.84	-0.16
10	45.00	44.82	-0.18
11	50.02	49.80	-0.22
12	60.01	59.80	-0.21
13	70.03	69.80	-0.23

ANEXO L

REGISTRO DE CONDICIONES AMBIENTALES

Frecuencia de registro: Cada hora

Patrón: Termohigrómetro digital

Fecha	Hora	Indicación de Temperatura (°C)	Indicación de Humedad Relativa (%)	Temperatura Corregida (°C)	Humedad Relativa Corregida (%)	¿Conforme?	Observaciones	Responsable
24/04/2015	17:00	22.4	44	22.4	46.0	si	-	DG
24/04/2015	18:00	22.6	45	22.6	47.1	si	-	DG
24/04/2015	19:00	22.4	46	22.4	48.2	si	-	DG
24/04/2015	20:00	22.8	44	22.5	46.0	si	-	DG
24/04/2015	21:00	22.6	44	22.6	46.0	si	-	DG
24/04/2015	22:00	22.6	45	22.6	47.1	si	-	DG
24/04/2015	23:00	22.6	44	22.6	46.0	si	-	DG
25/04/2015	00:00	22.5	44	22.5	46.0	si	-	DG
25/04/2015	01:00	22.5	44	22.5	46.0	si	-	DG
25/04/2015	02:00	22.6	48	22.6	50.4	si	-	DG
25/04/2015	03:00	22.6	48	22.6	50.4	si	-	DG
25/04/2015	04:00	22.6	46	22.6	48.2	si	-	DG
25/04/2015	05:00	22.9	46	22.9	48.2	si	-	DG
25/04/2015	06:00	22.9	46	22.9	48.2	si	-	DG
25/04/2015	07:00	22.1	46	22.1	48.2	si	-	DG
25/04/2015	08:00	22.9	46	22.9	48.2	si	-	DG
25/04/2015	09:00	22.9	46	22.9	48.2	si	-	DG
25/04/2015	10:00	22.1	46	22.1	48.2	si	-	DG
25/04/2015	11:00	22.9	48	22.9	50.4	si	-	DG
25/04/2015	12:00	22.9	46	22.9	48.2	si	-	DG

Frecuencia de registro: Cada hora

Patrón: Termohigrómetro digital

Fecha	Hora	Indicación de Temperatura (°C)	Indicación de Humedad Relativa (%)	Temperatura Corregida (°C)	Humedad Relativa Corregida (%)	¿Conforme?	Observaciones	Responsable
29/04/2015	17:00	22.5	45	22.4	47.1	si	-	DG
29/04/2015	18:00	22.6	44	22.6	46	si	-	DG
29/04/2015	19:00	22.4	46	22.4	48.2	si	-	DG
29/04/2015	20:00	22.8	45	22.5	47.1	si	-	DG
29/04/2015	21:00	22.6	44	22.6	46	si	-	DG
29/04/2015	22:00	22.6	45	22.6	47.1	si	-	DG
29/04/2015	23:00	22.6	44	22.6	46	si	-	DG
30/04/2015	00:00	22.5	44	22.5	46	si	-	DG
30/04/2015	01:00	22.5	46	22.5	48.2	si	-	DG
30/04/2015	02:00	22.6	48	22.6	50.4	si	-	DG
30/04/2015	03:00	22.6	48	22.6	50.4	si	-	DG
30/04/2015	04:00	22.6	46	22.6	48.2	si	-	DG
30/04/2015	05:00	22.9	46	22.9	48.2	si	-	DG
30/04/2015	06:00	22.9	46	22.9	50.4	si	-	DG
30/04/2015	07:00	22.1	48	22.1	50.4	si	-	DG
30/04/2015	08:00	22.9	48	22.9	50.4	si	-	DG
30/04/2015	09:00	22.6	48	22.6	50.4	si	-	DG
30/04/2015	10:00	22.6	46	22.6	48.2	si	-	DG
30/04/2015	11:00	22.6	46	22.6	48.2	si	-	DG
30/04/2015	12:00	22.9	46	22.9	48.2	si	-	DG
30/04/2015	13:00	22.9	44	22.9	46	si	-	DG