

**PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE BALANZAS
ANALÍTICAS EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA SEDE
SAN PABLO DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**



**MARIA PAULA PEDROZO BUELVAS
WILEINER ZAMBRANO MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE METROLOGÍA
CARTAGENA 2016**

**PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE BALANZAS ANALÍTICAS EN
EL LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA SEDE SAN PABLO DE LA
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE TÉCNICO EN PROCESOS METROLÓGICOS**

MARIA PAULA PEDROZO BUELVAS

WILEINER ZAMBRANO MUÑOZ

Asesor

ADOLFO ALFREDO PÁJARO PAYARES

QUIMICO



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA DE METROLOGÍA

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Agradecimientos

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino correcto para poder alcanzar el éxito; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia a mi padre Enrique Pedrozo, mi madre, María victoria Buelvas, mi hermano Rafael Pedrozo y por último no menos importante a todas las personas que hicieron posible la elaboración de este proyecto, los profesores que contribuyeron a nuestra formación ,y con gran sentido de agradecimiento a nuestro asesor Adolfo Alfredo Pájaro Payares por brindarnos su apoyo colaboración y tiempo.

Maria Paula Pedrozo Buelvas

Agradezco a Dios por estar siempre a mi lado en este proceso, a mis amigos por ser un apoyo fundamental, a mi tío por ser ese motor que me dio el impulso cuando más lo necesitaba y aquellas personas que no alcanzo a nombrar, pero ellas saben que son una parte importante en este gran proceso, agradezco a el asesor de nuestro proyecto por su apoyo incondicional.

Wileiner Zambrano Muñoz

Resumen

El trabajo titulado **Procedimiento para la Calibración de Balanzas Analíticas en el Laboratorio de Química de la Sede de San Pablo de la Universidad de Cartagena**, se realiza una Calibración de las Balanzas Analíticas que se encuentran en el laboratorio en mención, que mejorará el desempeño, funcionamiento, precisión y exactitud de estos instrumentos. En el procedimiento se plantea una guía para calibrar las cuatro Balanzas Analíticas existentes, realizándose una limpieza para quitar elementos extraños y una inspección visual para comprobar el estado general de las mismas, finalmente utilizaremos las Pesas Patrón de Calibración para hacer el registro de medida y determinar las posibles desviaciones del equipo a partir de esta guía de procedimiento, se podrá hacer de manera periódica la calibración y seguimiento para verificar su estado. A lo largo de todo el procedimiento estará presente la norma de gestión de calidad ISO 9001 que en referencia a los instrumentos de medición, exige que estos sean calibrados o verificados, a intervalos planificados.

Tabla de Contenido

Capítulo I Introducción e información general	11
1.1 Introducción	11
1.2 Planteamiento del Problema	12
1.2.1 Descripción del Problema	12
1.2.2 Formulación del Problema	12
1.3 Justificación	13
1.4 Objetivos	14
1.4.1 General	14
1.4.2 Específicos	14
 Capítulo II Marco Teórico	 15
2.1 Marco Conceptual	15
2.2 Marco de Referencia	23
2.3 Tipo de Investigación	24
2.4 Variables	24
 Capítulo III Calibración, Resultados y Análisis	 25
3.1 Calibración	25
3.2 Resultados	30
3.2 Análisis de Resultados	42
 Conclusiones	 43
 Recomendaciones	 44
 Referencias bibliográficas	 45

Anexos47

Lista de Tablas

Tabla 1.	Certificado de Calibración de la Balanza Analítica.	29
Tabla 2.	Incertidumbre de Repetibilidad Balanza Analítica 1.	30
Tabla 3.	Incertidumbre de Excentricidad Balanza Analítica 1.	31
Tabla 4.	Prueba de Incertidumbre de Patrón Balanza Analítica 1.	31
Tabla 5.	Incertidumbre Combinada Balanza Analítica 1.	31
Tabla 6	Certificado de Calibración De la Balanza Analítica 1.	32
Tabla 7.	Incertidumbre de Repetibilidad Balanza Analítica 2.	33
Tabla 8.	Incertidumbre de Excentricidad Balanza Analítica 2.	34
Tabla 9.	Prueba de Incertidumbre de Patrón Balanza Analítica 2.	34
Tabla 10.	Incertidumbre Combinada Balanza Analítica 2.	34
Tabla 11.	Certificado de Calibración de la Balanza Analítica 2.	35
Tabla 12.	Incertidumbre de Repetibilidad Balanza Analítica 3.	36
Tabla 13.	Incertidumbre de Excentricidad Balanza Analítica 3.	37
Tabla 14.	Prueba de Incertidumbre de Patrón Balanza Analítica 3.	37
Tabla 15.	Incertidumbre Combinada Balanza Analítica 3.	37
Tabla 16.	Certificado de Calibración le la Balanza Analítica 3.	38
Tabla 17.	Incertidumbre de Repetibilidad Balanza Analítica 4.	39
Tabla 18.	Incertidumbre de Excentricidad Balanza Analítica 4.	40
Tabla 19.	Prueba de Incertidumbre de Patrón Balanza Analítica 4.	40
Tabla 20.	Incertidumbre Combinada Balanza Analítica 4.	40
Tabla 21.	Certificado de Calibración de La Balanza Analítica 4.	41
Tabla 22.	Incertidumbres de las Balanzas Analíticas.	42
Tabla 23.	Cronograma de Actividades del Proyecto.	48

Lista de Figuras

Figura 1. Prueba de Excentricidad de una Balanza Analítica.	26
Figura 2. Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3.	30
Figura 3. Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3.	30
Figura 4. Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E.	33
Figura 5. Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E.	33
Figura 6. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224.	36
Figura 7. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224.	36
Figura 8. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224.	39
Figura 9. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224.	39
Figura 10. Balanza Analítica 10 PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3 linpieza.	47
Figura 11. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224 verificación.	47
Figura 12. Vibra Del Japón Modelo AJ-1200E linpieza.	47
Figura 13. Pesas Patrón en la Balanza Analítica 10 PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3.	47
Figura 14. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224 verificación antes de calibrar.	47
Figura 15. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224 realizando pruebas de calibración.	47

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1.	Cálculo de la Corrección.	27
Ecuación 2.	Incertidumbre de Resolución.	27
Ecuación 3.	Incertidumbre de Repetibilidad.	28
Ecuación 4.	Incertidumbre del Patrón.	28
Ecuación 5.	Incertidumbre de Excentricidad.	28
Ecuación 6.	Incertidumbre Combinada.	28
Ecuación 7.	Incertidumbre Expandida de Calibración.	28

Lista de Balanzas Analíticas

Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN GmbH 350-3.	(Balanza A.1)
Balanza Analítica de Precisión Marca Vibra del Japón Modelo AJ-1200E.	(Balanza A. 2)
Balanza Analítica Marca Vibra Modelo HT 224.	(Balanza A. 3)
Balanza Analítica Marca Vibra Modelo HT 224.	(Balanza A. 4)

Capítulo I. Introducción e información general

1. Introducción

En el Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena Sede San Pablo hemos identificado que muchos equipos de medición no se le ha hecho el seguimiento adecuado es por eso que requieren ser Calibrados, por esta razón consideramos realizar el Procedimiento de Calibración a cuatro Balanzas Analíticas existentes, la Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN GmbH 350-3, Balanza Analítica de Precisión Marca Vibra del Japón Modelo AJ-1200E, y Balanza Analítica Marca Vibra Modelo HT 224 de las cuales se encontraban dos dispositivos de igual modelo. Es importante que los instrumentos que intervienen en un procedimiento de laboratorio se encuentren Calibrados para un correcto funcionamiento, así se tendrá mayor fiabilidad en los resultados de la medición por parte de la masa manipulada, debido a que los instrumentos son afectados por las condiciones de trabajo como la fatiga mecánica y las condiciones ambientales como la temperatura y las vibraciones. Es por lo anterior que planteamos el **Procedimiento para la Calibración de Balanzas Analíticas en el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena**, contribuyendo al buen funcionamiento de estos instrumentos de medición que son manipulados por los estudiantes y profesores cuando se encuentran en el laboratorio realizando distintos ensayos. La Calibración brinda calidad en los procesos estipulados en la norma ISO 9001, en donde se establece la importancia de tener instrumentos de medición calibrados, a partir de bases metrológicas asegurando que el equipo de medición cumpla con los requisitos para su uso previo. En la Calibración de las Balanzas Analíticas se utilizaron una serie de Pesas Patrón con un valor correcto del valor generado, las cuales están clasificadas por una serie de letras y números dependiendo la rigurosidad del proceso en el que estén implicadas.

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Descripción del Problema

En el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena existen cuatro Balanzas Analíticas que no poseen un Procedimiento de Calibración general periódico y al no contar con estos seguimientos las mediciones obtenidas a través de ellos no son confiables, lo que genera resultados errados afectando los experimentos, procesos y ensayos en los que participan docentes estudiantes e investigadores por lo tanto, en el siguiente proyecto se plantea una guía de Procedimiento para la Calibración de estas Balanzas Analíticas, buscando mantener, verificar el buen funcionamiento, garantizando la fiabilidad y la trazabilidad de las medidas.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el Procedimiento de Calibración para las Balanzas Analíticas que se encuentran en el laboratorio de química de la sede san pablo de la universidad de Cartagena que permitan obtener mediciones confiables y de calidad?

1.3 Justificación

Los beneficios de la Calibración de **las Balanzas Analíticas en el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena** permiten mantener y tener precisión, exactitud en las mediciones que se realizan en estos instrumentos de medición. Todas las mediciones están asociadas a Incertidumbres que pueden ser por los siguientes factores, como la naturaleza de la magnitud que se mide, el instrumento de medición, el observador, las condiciones externas (mecánica). Cada uno de estos factores constituye por separado una fuente de Incertidumbre y favorece en mayor o menor grado a la Incertidumbre Total de la medida, con **el Procedimiento para la Calibración de Balanzas Analíticas en el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena** se tendrá registro de las Incertidumbres y se detectaran los cambios que ocurren en los equipos, de esta manera se puede determinar en qué estado se encuentran las Balanzas Analíticas.

Del mismo modo trae beneficios para **la Universidad de Cartagena y en su facultad de Ciencias Exactas** porque es un **Laboratorio de Química**, que contara con equipos de trabajo eficaces, eficiente para todos los operarios que realizan o ejecutan variedades de procesos; la Calibración de las Balanzas Analítica es indispensable porque gracias a ella podemos tener certeza en los resultados obtenidos en estos instrumentos de medición, por no contar con instrumentos Calibrados se pueden generar mediciones erróneas que afectarían directamente los resultados, también se contribuye en la calidad del laboratorio porque estaría cumpliendo con normas de calidad como la ISO 9001 que implica tener los instrumentos de medición calibrados o verificados para su mejor desempeño fiabilidad en los procesos. Las mediciones tienen errores, no son exactas pero las podemos mejorar con un sistema de medición en el cual se utilicen equipos calibrados.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Elaborar un Procedimiento de Calibración para las Balanzas Analíticas que se encuentran en **el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena** para su mejor desempeño y mejorar la calidad en los procesos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Verificar el estado de Calibración de las Balanzas Analíticas en **el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena.**
- Implementar a las cuatro Balanzas Analíticas **del Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena** un procedimiento para su Calibración.

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Marco Conceptual

¿Qué es una Balanza?

Una Balanza es un instrumento que sirven para medir la masa, estos instrumentos de medición deben estar en lugares donde no se encuentre humedad, y estar en una superficie firme y sin vibraciones porque estos aspectos pueden afectar la medición. Para el cuidado de las Balanzas, estas no deben estar expuestas a sustancias corrosivas o que desprendan vapores corrosivos. Existen dos tipos de Balanzas: las Balanzas Granatarías, usadas para medir materiales cuya masa va de unas décimas de gramo hasta dos kilogramos y las Balanzas Analíticas usadas para medir masas que se encuentren entre miligramos y gramos, las cuales son el objeto principal de estudio del presente proyecto. (Claudia Andrea Segal Kischinevzky, 2005)

Balanza Analítica

Las Balanzas Analíticas son indispensables para realizar Procedimientos Analíticos, si la determinación de la masa no es absolutamente confiable el resultado analítico final es inaceptable. Se deben tener dispuestas balanzas lo suficientemente sensibles para un óptimo resultado, una Balanza Analítica se diferencia de una Balanza de prescripción de primera categoría por su sensibilidad. Una Balanza Analítica satisfactoria es sensible al décimo de miligramo y nunca debe usarse para pesar una carga total mayor que la que es especificada para ella. Estas Balanzas son de tipo nulo, pero la fuerza de torsión restauradora no se aplica mediante el agregado o la extracción de las pesas, sino por medio de la variación de corriente aplicada a la bobina colocada en un campo magnético. (Gennaro, 2003)

Para usar una Balanza Analítica se deben tener en cuenta algunos requisitos tales como, nivelar la Balanza haciendo uso de la burbuja de nivel que se encuentra cercana la base del aparato, encender el instrumento y esperar que se encuentre estabilizado, luego presionar el botón de tarado y proceder a colocar la muestra y tomar la lectura, después se retira la muestra y por ultimo apagamos la balanza. (Claudia Andrea Segal Kischinevzky, 2005).

Reglas de uso para la Balanza Analítica

1. La Balanza Analítica debe colocarse en un lugar adecuado, en un espacio retirado del laboratorio para protegerla de los vapores y gases corrosivos. Es conveniente que la temperatura de la habitación pueda mantenerse lo más constante posible. La Balanza Analítica no debe estar cerca de ventanas, ni de calefactores, no debe exponerse a los rayos del sol, ni corrientes de aire.
2. El cuarto o espacio para la Balanza Analítica debe mantenerse limpio. Todo movimiento dentro del cuarto de Balanza Analítica debe hacerse teniendo en cuenta los peligros que supone hacer vibrar la Balanza Analítica en funcionamiento. La balanza debe colocarse sobre una mesa firme, protegida cuando sea necesario.
3. La acumulación de polvo en el platillo o en cualquier parte del interior de la caja puede quitarse mediante un cepillo seco de pelo de la mejor calidad. No usar líquidos.
4. La Balanza Analítica debe estar a nivel. Este ajuste se efectúa mediante los tornillos de nivelación que la misma posee (patas de la Balanza Analítica). Periódicamente, se debe verificar el nivel y registrar el control.
5. El punto de reposo inicial de la Balanza Analítica (puesta a cero) debe comprobarse frecuentemente a fin de lograr máxima exactitud en la medición, preferentemente antes y después de cada pesada. Nunca debe ponerse en la Balanza Analítica una carga mayor a la de su capacidad.
6. Cuando se termina de pesar no debe quedar nada sobre el platillo. Si se derramó alguna sustancia sobre éste o sobre el piso de la caja de la Balanza Analítica, se debe limpiar inmediatamente. (Skoog, 2005).

Calibración de Balanzas Analíticas

Un instrumento de medida sirve para obtener la lectura de la magnitud que queremos medir, pero, ¿Cómo podemos saber que la lectura obtenida corresponde a lo que se mide?, es decir, ¿cómo podemos saber hasta qué punto se ajusta en el valor medido al valor real?

Por ejemplo, si tenemos una regla, podemos estar seguros de que al indicar ' 1 cm' ¿Sera realmente 1 cm? De no ser así, esta no serviría para tomar medidas y solo se obtendrían valores

incorrectos. Lo primero que hay que hacer es Calibrar el instrumento de medida, asegurar que los valores de lectura se corresponden con la cantidad que se quiere medir. Esta Calibración se realiza en unas condiciones muy concretas de presión, temperatura, etc..., solo se puede asegurar que el valor corresponde exactamente a lo indicado cuando se dan estas condiciones, (Pérez Navarro, 2012). La Calibración puede ser definida como una operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas 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. (metrologia c. e., 2012)

Cuando se instala una Balanza Analítica es necesario calibrarla. También es necesario su Calibración periódica dependiendo el uso y la finalidad del proceso, la Calibración implica la pesada de un peso Patrón de una masa conocida, el valor de la pesa debe corresponder con el valor Patrón (maria jose garcia bermejo, 2006). Con la Calibración de las Balanzas Analíticas se busca tener una mayor precisión y exactitud en la medición, la precisión es el modo en que describimos la variabilidad que muestra el instrumento al repetir la misma medida varias veces bajo las mismas condiciones de medida, es decir, al medir una magnitud varias veces con un instrumento muy preciso, obtendremos una baja dispersión en las lecturas. Los términos repetibilidad y reproducibilidad están relacionados con el término precisión. De hecho, dar la repetibilidad y reproducibilidad de un instrumento es una manera de dar la precisión y exactitud quien cuantifica la corrección de una medida. Una medida con una exactitud elevada tiende a un error muy pequeño, todo el término exactitud inversa, una medida con exactitud muy baja tiende a un error muy grande. Su definición puede parecer muy obvia, a menudo se utiliza mal o mejor dicho, "abusa del lenguaje" no es extraño leer que un determinado instrumento tiene una exactitud del 1%, cuando en realidad este valor sería, en sentido estricto, la inexactitud. (Pérez Navarro, 2012)

Todos los equipos que tengan una influencia directa o indirecta en los productos, procesos, procedimientos requieren ser Calibrados o Verificados, la Verificación de las balanzas Analíticas puede ser realizada por el personal del laboratorio de formulación, mientras que la Calibración debe ser realizada por personal capacitado. La Calibración se efectuara siempre con un Peso Patrón y los resultados obtenidos se deben comparar con los límites de tolerancia especificados para cada Balanza Analítica.

Las operaciones de mantenimiento y Calibración se encuentran limitadas a las siguientes controles:

1. Control diario, antes de cada pesada se debe comprobar el estado de limpieza, la nivelación y su estado de reposo en el punto cero.
2. Control semanal o control mensual, según la carga de trabajo que tenga en el Laboratorio determinado la masa de pesa de referencia. La masa determinada debe coincidir con la masa teórica de la pesa, si hay variación se debe recalibrar la balanza.
3. Control anual, se puede realizar por cambio de posición en el lugar de trabajo del instrumento, se determinara el error relativo, se realizara la tara y se pesaran sucesivamente una Serie de Pesas Calibradas por los fabricantes. Para cada pesa se determinara el valor absoluto y el valor relativo. La Calibración puede realizarse utilizando esas externas o realizando un Test de Calibración, usando la pesa interna. Por lo general, las Balanzas Analíticas cuentan con una Calibración realizada en fabrica grabada en la memoria, si no se dispone de Pesas Calibradas puede utilizarse el Test de Calibración. El Procedimiento de Calibración varía en función del modelo y el fabricante de la Balanza Analítica, se efectúa cuando se cambia la ubicación de la Balanza Analítica, cuando la temperatura del local cambia de forma considerable, se realizara dependiendo del plan de mantenimiento y calibración correspondiente (Mari Luz Garcia Gamiz, 2014).

Mantenimiento de las Balanzas Analíticas

1. Limpiar las pesas a utilizar, utilizar guantes para evitar el contacto directo con la piel, ya que éstas pueden adherir sustancias (grasas) y alterar la medición.
2. Limpiar con una brocha o cepillo la superficie interna de la Balanza Analítica, garantizando que no exista polvo sobre el platillo.
3. Limpiar la superficie exterior de la Balanza Analítica.
4. Colocar la Balanza Analítica en una superficie lisa, nivelada y libre de vibraciones.
5. Nivelar la burbuja de aire que contiene la Balanza Analítica en la parte posterior o en un costado (dependiendo del modelo).

Proceso para Calibrar las Balanzas Analíticas

1. Conectar la fuente de poder y encender la Balanza Analítica.
2. Tarar la Balanza Analítica.
3. Determinar su masa y registrar el valor.
4. Retirar la pesa y volver a tarar la Balanza Analítica.
5. Realizar la misma operación con cada pesa patrón y registrar los valores.

Después de la Calibración de las Balanzas Analíticas

1. Apagar la Balanza Analítica al concluir las determinaciones.
2. Guardar las pesas utilizadas.
3. Realizar los cálculos requeridos.
4. Realizar el registro de calibración en la bitácora de la Balanza Analítica.

Patrón de Medida en la Calibración de una Balanza Analítica

Las Pesas Patrón tienen importancia por tener un valor correcto del valor generado (utilizando un Patrón o material de referencia certificado), ya que el equipo o instrumento se va a comparar, se va a trazar, a este valor. La Calibración de una Balanza Analítica, el valor generado normalmente vendrá proporcionado por Pesas Patrón, pesas individuales de valor conocido. Dentro de las Pesas Patrón, las más frecuentes son las de acero inoxidable pulido, latón (cromado o no) y alguna vez de aleaciones de aluminio para las laminillas de subdivisión del gramo. Estas pesas generalmente se presentan en una caja que contiene una serie de pesas de varias masas y pueden adquirirse en los Laboratorios de Calibración. Según la recomendación R 111 de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), las Pesas Patrón de hasta 50 kg pueden clasificarse en 7 clases diferentes según las tolerancias asociadas a cada una de ellas: - Clases E1 y E2: Pesas de Exactitud muy grande, con las mínimas tolerancias asociadas, utilizadas únicamente por los Laboratorios de Calibración. - Clases F1 y F2: Pesas de gran Exactitud, utilizadas como patrones de referencia por los servicios de Metrología. - Clases M1, M2 y M3: Pesas con las mayores tolerancias asociadas de las 7 clases, utilizadas como Patrones de trabajo.

Clasificación de los Errores

El error se define como la diferencia entre el valor verdadero y el experimental. Los errores no siguen una ley determinada y su origen está en múltiples causas. Los errores se pueden clasificar en dos grandes grupos errores sistemáticos y errores aleatorios

1. Errores aleatorios cuando se hacen repeticiones de una medida en las mismas condiciones, las lecturas obtenidas son en general diferentes. Estas variaciones no son reproducibles de una medición a otra y su valor es diferente para cada medida. Las causas de estos errores son incontables por el experimento. Los errores aleatorios son, en su mayoría, de magnitud pequeña y para un gran número de mediciones se obtienen desviaciones positivas como negativas. Aunque con los errores aleatorios no se pueden hacer correcciones para obtener valores más concordantes con el real, si se emplean métodos estadísticos que pueden llegar a algunas conclusiones relativas al valor más probable en un conjunto de mediciones. Se destacan los errores provenientes de las pequeñas variaciones aleatorias de las condiciones del experimento. Ejemplo de variaciones aleatorias son los cambios de temperatura, las vibraciones en el piso, en el aire, el efecto de la fricción sobre el equilibrio de la balanza etc. (Adriana Guerrero Peña, 2007)

2. Errores sistemáticos son aquellos errores debido a defectos o irregularidades en los instrumentos de medida y a su mala utilización o al desconocimiento por parte del experimentador. Los errores sistemáticos más usuales son: Error de paralaje, cuando existe una separación entre el objeto que se está midiendo y la escala. Si la línea de visión no es perpendicular a la escala, la lectura será incorrecta. La forma de disminuir su efecto consiste en alinear el eje visual lo más perpendicularmente posible a la escala; error en el cero, en algunos aparatos (volumétricos, amperímetro, esferómetro) es frecuente que estando el aparato en ausencia de actividad, en posición cero e incluso desconectado, la escala indique algún valor distinto de cero. Una vez comprobado este valor corregimos el valor sumándolo o restándolo a la magnitud que se desea medir; error de calibración, una escala mal graduada es una fuente de error sistemático. La única forma de corregir este error consiste en comparar el aparato de medida con un patrón calibrado previamente. (Juan.M.Bueno, 1999)

ISO 9001

Los requisitos que se establecen en esta norma tienen como objetivo fundamental evitar productos no conformes en todas las etapas, desde el proyecto del producto hasta el final de su vida útil o, si estos se producen, detectarlos antes de su instalación y tomar medidas correctivas oportunas. Estas medidas pueden contener una inspección final y los ensayos correspondientes.

Con relación al aparato de “equipos de inspección, medida y ensayos”, el sistema de calidad ISO 9001 establece que el suministrador de un producto debe aportar una confirmación metrológica (conjunto de operaciones necesarias para asegurar que el equipo de medición cumple con los requisitos para su uso previo) es decir

1. Identificar, Calibrar y ajustar todo el equipo de inspección, medida y ensayo que puede afectar la calidad del producto, a intervalos definidos con relación a equipos de calibración certificados por un organismo reconocido.
2. Establece, documentar y mantener los Procedimientos de Calibración de los instrumentos y de los equipos de Calibración.
3. Asegurar que las condiciones ambientales son adecuadas para las operaciones de Calibración, inspección, medida y ensayos que se efectúen en los instrumentos.

La empresa debe establecer una función Metrológica, es decir una función con responsabilidad en la organización para definir e implementar el sistema de control de mediciones. Es la base del sistema de gestión de la calidad, es una norma internacional y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios. Establece la estructura de un Sistema de Gestión de la Calidad en red de procesos. Proporciona las bases fundamentales para controlar las operaciones de producción y de servicio dentro del marco de un Sistema de Gestión de la Calidad. Presenta una Metodología para la solución de problemas reales y potenciales. Mejora la orientación hacia el cliente y el incremento en la competitividad (Solé, 2009).

Balanzas del Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena

PCB - KERN & SOHN GmbH 350-3 (Balanza A. 1)

Alto nivel de precisión en las Balanzas Analíticas, KERN Para tener en cuenta los requisitos de una mayor precisión, velocidad y reproducibilidad de los valores de pesaje. Es una Balanza Analítica que tiene una capacidad de pesaje de 0.01g hasta 350 g. Puede utilizarse con pilas, 9V, no incluido. Función AUTO-OFF para ahorrarla batería, trabajan a una temperatura ambiente admisible de cinco a treinta y cinco grados Celsius (SOHN, 2009).

Balanza Analítica de Precisión Marca Vibra del Japón Modelo aj-1200e (Balanza A. 2)

Ofrece cuatro modos de pesaje, medición de peso simple, conteo de piezas, pesada en porcentajes y la medición de quilates. Se puede cambiar fácilmente al modo de pesaje pulsando la tecla de función. Rápida respuesta y la indicación estable son función importante en la medición del peso preciso, tienen una capacidad de pesaje hasta de 1200 g, pueden tener conexión con dispositivos externos RS232C se instala como característica estándar en todos los modelos de la serie AJ VIBRA. Se puede conectar la balanza a los dispositivos externos, como PC. (Cibernat, Servibalanzas SAS , 2013).

Balanza Analítica Marca Vibra Modelo ht 224 (Balanza A. 3)

El Consumo de energía se reduce, en comparación con otros análisis VIBRA equilibra basado en el sistema electromagnético y en comparación con los saldos de otras con la misma capacidad, legibilidad; posee una burbuja encargada de indicar si se encuentra en equilibrio, su capacidad de pesaba es de 0.0001g hasta 220g. (Cibernat, Servibalanzas SAS, 2013).

Balanza Analítica Marca Vibra Modelo ht 224 (Balanza A. 4)

2.2 Marco de Referencia

El Procedimiento para La Calibración de Balanzas Analíticas del Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena estuvo basado en el procedimiento de Calibración De Balanza de Monoplano del Centro Nacional de Metrología de España y el Vocabulario Internacional de Metrología perteneciente al Centro Nacional de Metrología de España VIM-CEM

Proceso de Calibración La Calibración se realizó determinando la corrección de Calibración, así como su Incertidumbre. Se realizaron los siguientes estudios:

1. Repetibilidad de las lecturas
2. Efecto del descentramiento de carga (excentricidad).
3. Corrección de Calibración.

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

Incertidumbre de Medida Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente ser atribuidos al mensurando.

Notas:

1. El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar (o un múltiplo de ésta) o la semiamplitud de un intervalo con un nivel de confianza determinado.
2. La Incertidumbre De Medida comprende, en general, varios componentes. Algunos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden caracterizarse por sus desviaciones estándar experimentales. Los otros componentes, que también pueden ser caracterizados por desviaciones estándar, se evalúan asumiendo distribuciones de probabilidad, basadas en la experiencia adquirida o en otras informaciones.

2.16 (3.10) Error de Medida, m error, m diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia

5.1 (6.1) Patrón de Medida, m patrón, m realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia

2.3 Tipo de Investigación

Este proyecto está planteado en un tipo de investigación de carácter descriptivo – analítico. El carácter descriptivo facilita recolectar y ordenar el resultado de las observaciones como el estado de las Balanzas Analíticas, las características, los factores, los métodos y otras variables sobre **el Procedimiento para la Calibración de Balanzas Analíticas en el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena** y el carácter analítico permite conocer, la relación de causa y efecto en el Procedimiento De Calibración de los instrumentos, proporcionando resultados que determinaran si la medición de la magnitud manipulada se encuentra dentro de los rango estipulados.

En el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena se encuentran cuatro Balanzas Analíticas, las cuales fueron calibradas por medio de un Procedimiento para la Calibración de Balanzas Analíticas planteado en el procedimiento experimental, antes de la Calibración las Balanzas Analíticas estuvieron sometidas a una limpieza debido a que el polvo ocasiona errores que pueden afectar el buen funcionamiento del equipo al igual que el nivel y las vibraciones; el juego de pesas utilizado como Patrón en la Calibración fue de clase E2, suministradas por **el Laboratorio de Química Farmacéutica de la Universidad de Cartagena**. En la Calibración de las Balanzas Analíticas se tuvo en cuenta la temperatura, la fecha y la hora, para cada una de las Balanzas Analíticas, realizando Prueba de Excentricidad, Prueba de Linealidad a esta última prueba solo fueron sometidas la Balanza Analítica número tres y la Balanza Analítica número cuatro porque las Balanza Analíticas primera y segunda no permitían bajar hasta la unidad de mg, solo trabajan en gramos y por último la Prueba De Variabilidad, una vez realizadas estas pruebas se realizaron los cálculos de las Incertidumbres arrojando los resultados mostrados en los certificados de cada Balanza Analítica.

2.4.1 Variables

La información está relacionada directamente con las **Balanzas Analíticas del Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena**, obteniendo los resultados a partir del juego de Pesas Patrón E2, las Pruebas de Repetibilidad, Prueba de Excentricidad, Prueba de Variabilidad y las Incertidumbres de Calibración Asociadas a las Balanzas Analíticas.

Capítulo III Calibración, Resultados y Análisis

3.1 Calibración

Procedimiento para la Calibración de Balanzas Analíticas en el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena

Operaciones Previas

Antes de realizar la Calibración se tendrán en cuenta una serie de consideraciones generales.

- a) La Balanza Analítica deberá encontrarse perfectamente identificada en lo que se refiere a **marca, modelo y número de serie**. En caso de que no exista alguno de estos datos, se procederá a la identificación del instrumento de la mejor forma posible (mediante etiqueta fuertemente adherida al instrumento), de forma que no surja duda alguna en cuanto a la correspondencia entre el equipo calibrado y el certificado emitido.
- b) Deberá leerse el manual de instrucciones de la balanza si se dispone de él, y en cualquier caso estar familiarizado con el uso de la Balanza Analítica y sus opciones.
- c) Se comprobará que la balanza esté situada en un lugar adecuado, libre de vibraciones y cualquier perturbación que pueda afectar tanto al instrumento como a la calidad de las Calibraciones. Si no es así, esto podrá afectar a la incertidumbre.
- d) Se comprobará que funcionan todos los sistemas mecánicos, eléctricos y ópticos de la Balanza Analítica.
- e) Se comprobará el estado superficial de las pesas internas si son de fácil accesibilidad, y de la superficie de las cuchillas y soportes de éstas.
- f) Tanto los patrones de masa utilizados como la propia Balanza Analítica deberán permanecer en el Laboratorio o recinto de Calibración el tiempo necesario para su estabilización térmica, no menos de dos horas.
- g) Todas las áreas donde están las balanzas objeto de calibración se mantendrán limpias, evitando objetos y utensilios que no sean necesarios para su Calibración.

h) Todos los equipos utilizados para la Calibración, tanto pesas, como instrumentos de medida de las condiciones ambientales, deberán tener en vigor su correspondiente certificado de Calibración. (Metrología, 2008)

Procedimiento de Calibración

La Calibración se realizará obligatoriamente en la escala de la Balanza Analítica donde se toman habitualmente medidas de masa para ensayos o análisis. No obstante, se podrá Calibrar al resto de la escala de la balanza si se considera necesario. En esta zona de la escala, se tomarán al menos 5 puntos y de cada punto se realizarán al menos 5 medidas. Estos puntos deben estar distribuidos de tal forma que se cubra el campo de medida habitual de forma lógica y en intervalos representativos. (Sgiker, 2008).

Excentricidad de la Balanza Analítica

El análisis de excentricidad de la Balanza Analítica se realizará obligatoriamente en los valores nominales donde se ha realizado la Calibración de la misma. En la zona de la escala se tomarán al menos 5 puntos (valores nominales de masa) y de cada punto se realizarán 5 medidas. Se deben incluir en este intervalo al menos los valores que se observaron durante las actividades de repetibilidad de la Balanza Analítica, pudiéndose añadir otros de especial interés para el técnico. En cada uno de los puntos se efectuarán 5 medidas de la Pesa Patrón (o combinaciones de Pesas Patrones) con la Balanza Analítica a Calibrar. Estas medidas se realizarán efectuando series de pesadas.

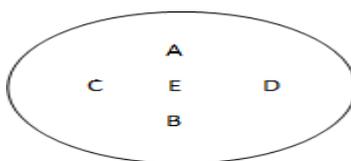


Fig. 1 Prueba de Excentricidad de una Balanza Analítica

En la primera serie, cada masa de referencia se debe situar en el centro del platillo (posición A) y se registra el valor obtenido. En la segunda serie, la pesada se realiza en la posición B del platillo, e igualmente se registra el valor obtenido. En la tercera serie se opera igual, pero la posición en la que se realiza la pesada es la C. La cuarta serie se realiza sobre la posición D y la quinta serie sobre la posición E. (Sgiker, 2008).

Linealidad de la Balanza Analítica

En cada uno de los puntos se efectuarán al menos 5 medidas de la pesa patrón con la Balanza Analítica para calibrar. Estas medidas se realizarán efectuando series de pesadas. En cada serie, se pesa cada vez una de las pesas, y nunca se debe comenzar una nueva serie de medidas sin haber completado la anterior. La pesa se debe situar en el centro del platillo. Para cada uno de los puntos de Calibración, se puede calcular el valor medio de las lecturas para cada Pesa Patrón, es decir, el valor medio de la masa aparente y la desviación estándar de las lecturas obtenidas para cada Pesa Patrón. (Sgiker, 2008)

Variabilidad de la Balanza Analítica

Medir un mismo mensurando con un cierto instrumento, bajo “condiciones de repetitividad” no tiene por qué tenerse siempre el mismo resultado (variabilidad). Ello es debido a las diferentes aspectos que inciden al realizar una medición, tales como el instrumento de medida, el método, la percepción del mensurando, condiciones ambientales entre otras. (Cantabria, 2010)

Cálculo de la Corrección

Cada medida con la Balanza Analítica debe corregirse con la desviación o corrección en cada punto. Esta corrección se calcula en cada punto de calibración con la ecuación

$$\Delta x_i = m_{pat} - m_i \quad (1)$$

Donde m_{pat} es el valor nominal de la pesa patrón y donde m_i es el valor de las lecturas de la Pesa Patrón para el punto de calibración i . Los valores de corrección se deberán incluir en la Calibración junto con el cálculo de la Incertidumbre para que ésta sea consistente con su definición, „estimación unida al resultado del ensayo que caracteriza el intervalo de valores dentro del cual se puede asegurar que se encuentra presente el valor verdadero“. (Sgiker, 2008).

Cálculo de la Incertidumbre Asociada a la Balanza Analítica

Incertidumbre de Resolución

Donde u_r es la incertidumbre de resolución, u_p es la Incertidumbre De Probabilidad que equivale a la resolución del instrumento dividida entre la raíz de doce.

$$u_r = u_p / \sqrt{12} \quad (2)$$

Incertidumbre de Repetibilidad

Donde u_R es la Incertidumbre De Repetibilidad y S será la desviación estándar entre N el número de repeticiones correspondiente en cada punto.

$$u_R = S/\sqrt{N} \quad (3)$$

Incertidumbre de Patrón

Donde u_{PT} es la Incertidumbre del Patrón, u_e es la Incertidumbre Expandida de Calibración entre el factor de cobertura k que en este caso es 2. En el caso habitual en el cual pueda aceptarse que el resultado de medida se distribuye normalmente, el factor de cobertura correspondiente a una probabilidad de cobertura del 95 % es $k= 1,96$ (muy aproximadamente $k= 2$).

$$u_{PT} = u_e/k \quad (4)$$

Incertidumbre de Excentricidad

Donde u_E es la Incertidumbre Asociada a la Excentricidad de la Balanza Analítica en cada punto y Δ es la diferencia entre el valor superior y el valor inferior obtenido en cada uno de los puntos o posiciones del platillo de la balanza analítica.

$$u_E = \sqrt{\frac{\Delta^2}{12}} \quad (5)$$

Incertidumbre Combinada

Esta Incertidumbre será igual a la suma de todas las Incertidumbres mencionadas elevadas al cuadrado dentro de una misma raíz.

$$u_c = \sqrt{(u_r)^2 + (u_R)^2 + (u_{PT})^2 + (u_E)^2} \quad (6)$$

Incertidumbre Expandida de Calibración

Donde u es la Incertidumbre Expandida de Calibración, k el factor de cobertura multiplicado por u_c la Incertidumbre Combinada.

$$u = k \cdot u_c \quad (7)$$

Certificado de la Balanza Analítica

Una vez realizada la Prueba de Excentricidad, Variabilidad, Linealidad en las Balanzas Analíticas procedemos a llenar el siguiente certificado en donde se anexaran los datos obtenidos y las Incertidumbres a partir de los datos, estos certificados deben quedar en cada una de las Balanzas Analíticas que fueron calibradas teniendo en cuenta el código, marca, modelo, resolución e intervalo de medida, evitando confusiones a corto o largo plazo.

Tabla 1.

Certificado de Calibración de la Balanza Analítica, cada una debe tener su certificada individualmente.

Calibración de Balanzas Analíticas							Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena				
Identificación de la Balanza Analítica	Cod		Marca		Modelo		Resolución		Intervalo Medida		
	Datos Patrones	mp		Unidad		up		Unidad			
1											
2											
3											
4											
5											
Datos de Calibración	Operarios				Fecha						
	prueba de excentricidad							T:	Hora:		
	Masa de la Pesa (g)	Sitio del Platillo	Valor Obtenido de la Balanza Analítica (g)					Prom(g)	Error de Medida	Desviación Estándar	
			1	2	3	4	5				
	50	a									
		b									
		c									
		d									
		e									
	promedio										
	Prueba de Linealidad							T:	Hora:		
	Número de Ensayos	Masa de la Pesa									
		20 mg					100mg				
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	Prom (g)										
	Error de Medida										
Desviación Estándar											
prueba de variabilidad							T:	Hora:			
Número de Ensayos	Masa de la Pesa (g)		Valor Obtenido en la Balanza Analítica (g)			Error de Medida					
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
Incertidumbre Asociada a la Balanza Analítica	ur										
	uR										
	uPT										
	uR										
	uc										
u											

3.2 Resultados

Resultados de la Balanza Analítica 1, PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3.



Figura 2. Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3.



Figura 3. Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3.

Tabla 2.

Incertidumbre de Repetitividad Balanza Analítica 1.

Incertidumbre de Repetibilidad	
Punto a	0,010
Punto b	0,001
Punto c	0,001
Punto d	0,001
Punto e	0,001
Prom(g)	0,002

En la Incertidumbre de Repetibilidad de la Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3, se observaron diferentes variaciones entre los puntos asignados en el plato de la Balanza Analítica.

Tabla 3.

Incertidumbre de Excentricidad Balanza Analítica 1.

Incertidumbre de Excentricidad				
Puntos	diferencia	diferencia ^2	difer^2/12	$\sqrt{\text{difer}^2/12}$
Punto a	0,112	0,013	0,001	0,032
Punto b	0,007	0,001	0,001	0,002
Punto c	0,005	0,001	0,001	0,001
Punto d	0,009	0,001	0,001	0,003
Punto e	0,009	0,001	0,001	0,003
Prom(g)	0,028	0,003	0,001	0,008

En la Incertidumbre de Excentricidad de la Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3 en el punto a, de acuerdo a la ubicación del plato de la Balanza Analítica es la que tiene mayor diferencia en referencia a la pesa patrón.

Tabla 4.

Prueba de Incertidumbre de Patrón Balanza Analítica 1.

Incertidumbre de Patrón		
Varianza	varianza/2	
Punto a	0,002	0,001
Punto b	0,001	0,001
Punto c	0,001	0,001
Punto d	0,001	0,001
Punto e	0,001	0,001
Prom(g)	0,001	0,001

La prueba de Incertidumbre Patrón de la Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3, tiene como resultado un promedio de uno.

Tabla 5.

Incertidumbre Combinada Balanza Analítica 1.

Incertidumbre Combinada	
$(ur)^2$	0,001
$(uR)^2$	0,001
$(uPT)^2$	0,001
$(uE)^2$	0,001
Suma	0,001
Raiz	0,009

La Incertidumbre Combinada es la combinación de las Incertidumbres del Procedimiento de Calibración, en la Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3, se observa que después de la sumatoria al cuadrado de las Incertidumbres del Procedimiento de Calibración al aplicarle raíz se observa una variación.

Tabla 6.

Certificado de Calibración de la Balanza Analítica 1.

Calibración de Balanzas Analíticas							Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena				
Identificación de la Balanza Analítica	Cod	Marca	Modelo				Resolucion	Intervalo Medida(g)			
		WD110048427	KERN PCB	PCB50-3				0,001	0.001-350		
Datos Patrones	mp		Unidad	up			Unidad				
	1	100	g	0,16			g				
	2	50	g	0,10			g				
	3	20	g	0,080			g				
	4	10	g	0,060			g				
	5	5	g	0,050			g				
	6	2	g	0,040			g				
Datos de Calibración	Operarios					Fecha					
	Maria Paula Pedrozo Buevas					10/06/2015					
	Wileiner Zambrano Muñoz										
	Prueba de Excentricidad							T: 22°C	Hora:10:28		
	Masa de la Pesa (g)	Sitio del Platillo	Valor Obtenido de la Balanza Analítica (g)					Prom(g)	Error de Medida	Desviación Estándar	
			1	2	3	4	5				
	50	a	50,279	50,171	50,170	50,167	50,168	50,191	0,191	0,049	
		b	50,171	50,176	50,170	50,169	50,169	50,171	0,171	0,003	
		c	50,172	50,168	50,167	50,167	50,167	50,168	0,168	0,002	
		d	50,176	50,170	50,169	50,167	50,167	50,170	0,170	0,004	
		e	50,175	50,170	50,170	50,166	50,166	50,169	0,169	0,004	
	Promedio						50,174	0,174	0,012		
	Prueba de Variabilidad							t: 22°C	hora:11:30		
	Número de Ensayos	Masa de la Pesa (g)		Valor Obtenido en la Balanza Analítica (g)				Error de Medida			
	1	100		100,342				0,342			
2	20		20,068				0,068				
3	2		2,207				0,207				
4	5		5,014				0,014				
5	2		2,100				0,100				
6	10		10,031				0,031				
7	20		20,065				0,065				
8	20		20,068				0,068				
9	5		5,018				0,018				
10	100		100,343				0,343				
Incertidumbre Asociada a la Balanza Analítica	ur					0,001					
	uR					0,002					
	uPT					0,001					
	uE					0,008					
	uc					0,009					
	u					0,017					

Certificado de la Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3, Prueba de Excentricidad, Prueba de Variabilidad y el resultado de las Incertidumbres Asociadas a la Balanza Analítica.

Resultados de la Balanza Analítica 2, Vibra Japón Modelo AJ-1200E.



Figura 4. Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E.



Figura 5. Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E.

Tabla 7.

Incertidumbre de Repetitividad Balanza Analítica 2.

Incertidumbre del Repetibilidad	
Punto a	0.01
Punto b	0.01
Punto c	0.01
Punto d	0.01
Punto e	0.01
Prom(g)	0.01

En la Incertidumbre de Repetibilidad de la Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E, en cada uno de los puntos a, punto b, punto c, punto d, punto e, el resultado es de uno.

Tabla 8.
Incertidumbre de Excentricidad de la Balanza Analítica 2.

Incertidumbre de Excentricidad				
Puntos	diferencia	diferencia ^2	difer^2/12	$\sqrt{\text{difer}^2/12}$
Punto a	0,05	0,01	0,01	0,01
Punto b	0,02	0,01	0,01	0,01
Punto c	0,03	0,01	0,01	0,01
Punto d	0,01	0,01	0,01	0,01
Punto e	0,02	0,01	0,01	0,01
Prom(g)	0,03	0,01	0,01	0,01

En la Incertidumbre de Excentricidad de la Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E en los puntos se registraron diferentes mediciones y en punto d, la menor de las mediciones realizadas.

Tabla 9.
Prueba de Incertidumbre de Patrón Balanza Analítica 2.

Incertidumbre de Patrón		
Varianza	varianza/2	
Punto a	0,01	0,01
Punto b	0,01	0,01
Punto c	0,01	0,01
Punto d	0,01	0,01
Punto e	0,01	0,01
Prom(g)	0,01	0,01

La Incertidumbre de Patrón de la Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E en cada uno de los punto se obtiene un resultado de uno.

Tabla 10.
Incertidumbre Combinada Balanza Analítica 2.

Incertidumbre Combinada	
(ur)^2	0,01
(uR)^2	0,01
(uPT)^2	0,01
(uE)^2	0,01
Suma	0,01
Raiz	0,01

En la Incertidumbre Combinada de la Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E se obtiene como resultado una Incertidumbre estimable en comparación a juego de Pesas Patrón E2.

Tabla 11.
Certificado de Calibración de la Balanza Analítica 2.

Calibración de Balanzas Analíticas							Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena			
Identificación de la Balanza Analítica	Cod		Marca		Modelo		Resolución		Intervalo Medida(g)	
		BL21006374		VIBRA		AJ-1200E		0,01		0.01-1200
Datos Patrones	mp		Unidad		up		Unidad			
	1	100		g		0,16		g		
	2	50		g		0,10		g		
	3	20		g		0,080		g		
	4	10		g		0,060		g		
	5	5		g		0,050		g		
	6	2		g		0,040		g		
Datos de Calibración	Operarios				Fecha					
	María Paula Pedrozo Buevas				10/06/2015					
	Wileiner Zambrano Muñoz									
	Prueba de Excentricidad							T:22°C	Hora:11:03	
	Masa de la Pesa (g)	Sitio del Platillo	Valor Obtenido de la Balanza Analítica (g)					Prom(g)	Error de Medida	Desviación Estándar
			1	2	3	4	5			
	50	a	50,04	50,03	50,06	50,06	50,01	50,04	0,04	0,02
		b	50,02	50,04	50,04	50,03	50,01	50,03	0,03	0,01
		c	50,01	50,03	50,04	50,04	50,03	50,03	0,03	0,01
		d	50,02	50,03	50,03	50,03	50,03	50,03	0,03	0,00
		e	50,02	50,02	50,03	50,02	50,01	50,02	0,02	0,01
	Promedio							50,03	0,03	0,01
	Prueba de Variabilidad							T:22°C	Hora:11:45	
	Número de Ensayos	Masa de la Pesa (g)		Valor Obtenido en la Balanza Analítica(g)				Error de Medida		
	1	2		1,99				0,01		
2	10		10				0			
3	2		2				0			
4	5		5				0			
5	100		100,06				0,06			
6	20		20,01				0,01			
7	50		50,03				0,03			
8	100		100,06				0,06			
9	20		20,02				0,02			
10	100		100,01				0,01			
Incertidumbre Asociada a la Balanza Analítica	ur				0,01					
	uR				0,01					
	uPT				0,01					
	uE				0,02					
	uc				0,01					
u				0,02						

Certificado de la Balanza Analítica Vibra Japón Modelo AJ-1200E, Prueba de Excentricidad, Prueba de Variabilidad y el resultado de las Incertidumbres Asociadas a la Balanza Analítica.

Balanza Analítica 3. Vibra modelo HT 224.



Figura 6. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224.



Figura 7. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224.

Tabla 12.

Incertidumbre de Repetibilidad Balanza Analítica 3.

Incertidumbre del Repetibilidad	
Punto a	0.0001
Punto b	0.0001
Punto c	0.0001
Punto d	0.0001
Punto e	0.0001
Prom(g)	0.0001

En la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224, a partir de los cálculos correspondientes a la ecuación de la Incertidumbre de Patrón, la medición arroja como resultado uno en los distintos puntos.

Tabla 13.
Incertidumbre de Excentricidad Balanza Analítica 3.

Incertidumbre de Excentricidad				
Puntos	diferencia	diferencia ²	difer ² /12	√difer ² /12
Punto a	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001
Punto b	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Punto c	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
Punto d	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001
Punto e	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001
Prom(g)	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001

En la prueba de Excentricidad de la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224, en el punto a y el punto b, dieron igual diferencia y se obtuvo una Incertidumbre dentro del parámetro de este instrumento de medición.

Tabla 14.
Prueba de Incertidumbre de Patrón Balanza Analítica 3.

Incertidumbre de Patrón		
	Varianza	varianza/2
Punto a	0,0001	0,0001
Punto b	0,0001	0,0001
Punto c	0,0001	0,0001
Punto d	0,0001	0,0001
Punto e	0,0001	0,0001
Prom(g)	0,0001	0,0001

En la prueba de Patrón de la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224 se obtiene como resultado una Incertidumbre de uno.

Tabla 15.
Incertidumbre Combinada Balanza Analítica 3.

Incertidumbre Combinada	
(ur) ²	0,0001
(uR) ²	0,0001
(uPT) ²	0,0001
(uE) ²	0,0001
Suma	0,0001
Raiz	0,0003

En la Incertidumbre Combinada de la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224, se encuentran las Incertidumbres dentro de un resultado estimable para este tipo de Balanza Analítica.

Tabla 16.
Certificado de Calibración de la Balanza Analítica 3.

Calibración de Balanzas Analíticas							Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena				
Identificación de la Balanza Analítica	Cod		Marca		Modelo		Resolución		Intervalo Medida(g)		
		131993006		VIBRA		HT 224		0,0001		0.0001-220g	
Datos Patrones	mp		Unidad		up		Unidad				
	1	100	g		0,16		g				
	2	50	g		0,10		g				
	3	20	g		0,080		g				
	4	10	g		0,060		g				
	5	5	g		0,050		g				
	6	2	g		0,040		g				
	7	100	mg		0,016		mg				
	8	20	mg		0,010		mg				
Datos de Calibración	Operarios				Fecha						
	Maria Paula Pedrozo Buevas				12/06/2015						
	Wileiner Zambrano Muñoz										
	Prueba de Excentricidad							T:20	Hora: 11:30		
	Masa de la Pesa (g)	Sitio del Platillo	Valor Obtenido de la Balanza Analítica (g)					Prom(g)	Error de Medida	Desviación Estándar	
			1	2	3	4	5				
	50	a	50,0187	50,0191	50,0190	50,0189	50,0189	50,0189	0,0189	0,0001	
		b	50,0189	50,0189	50,0190	50,0190	50,0189	50,0189	0,0189	0,0001	
		c	50,0188	50,0190	50,0189	50,0190	50,0189	50,0189	0,0189	0,0001	
		d	50,0188	50,0190	50,0188	50,0192	50,0189	50,0189	0,0189	0,0002	
		e	50,0187	50,0192	50,0188	50,0189	50,0190	50,0189	0,0189	0,0002	
	Promedio							50,0189	0,0189	0,0001	
	Prueba de Linealidad							T:20	Hora: 11:34		
	Número de Ensayos		Masa de la Pesa								
			20mg					100mg			
1	20,0001					100,0005					
2	20,0003					100,0006					
3	20,0005					100,0005					
4	20,0001					100,0004					
5	20,0002					100,0005					
Prom(g)		20,0002					100,0005				
Error de Medida		0,0002					0,0005				
Desviación Estándar		0,0002					0,0001				
Prueba de Variabilidad							T:20	Hora: 11:45			
Número de Ensayos	Masa de la Pesa (g)		Valor Obtenido en la Balanza Analítica (g)				Error de Medida				
1	100		100,0387				0,0387				
2	20		20,0076				0,0076				
3	50		50,0189				0,0189				
4	5		5,0018				0,0018				
5	10		10,0034				0,0034				
6	20		20,0078				0,0078				
7	2		2,0008				0,0008				
8	50		50,0019				0,0019				
9	100		100,0382				0,0382				
10	2		2,0007				0,0007				
Incertidumbre Asociada a la Balanza Analítica	ur						0,0003				
	uR						0,0001				
	uPT						0,0001				
	uE						0,0001				
	uc						0,0003				
u						0,0006					

Certificado de la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224, Prueba de Excentricidad, Prueba de Linealidad, Prueba de Variabilidad y el resultado de las Incertidumbres Asociadas a la Balanza Analítica.

Balanza analítica 4. Vibra modelo HT 224.



Figura 8. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224.



Figura 9. Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224.

Tabla 17.

Incertidumbre de Repetitividad balanza analítica 4.

Incertidumbre del Repetibilidad	
Punto a	0.0001
Punto b	0.0001
Punto c	0.0001
Punto d	0.0001
Punto e	0.0001
Prom(g)	0.0001

Resultados de la Incertidumbre de Repetibilidad de la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224, en cada uno de los puntos tiene un resultado de uno.

Tabla 18.

Incertidumbre de Excentricidad Balanza Analítica 4.

Incertidumbre de Excentricidad				
Puntos	diferencia	diferencia ²	difer ² /12	$\sqrt{\text{difer}^2/12}$
Punto a	0,0006	0,0001	0,0001	0,0002
Punto b	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001
Punto c	0,0006	0,0001	0,0001	0,0002
Punto d	0,0006	0,0001	0,0001	0,0002
Punto e	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001
Prom(g)	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001

En la prueba de Excentricidad entre los puntos se encuentran mínimas diferencias obteniendo como resultado una Incertidumbre de Excentricidad dentro de los parámetros que estima el instrumento de medición.

Tabla 19.

Prueba de Incertidumbre de Patrón Balanza Analítica 4.

Incertidumbre de Patrón		
	varianza	varianza/2
Punto a	0,0001	0,0001
Punto b	0,0001	0,0001
Punto c	0,0001	0,0001
Punto d	0,0001	0,0001
Punto e	0,0001	0,0001
Prom(g)	0,0001	0,0001

En la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224 la Incertidumbre de Patrón arrojo resultados de uno en todos los puntos.

Tabla 20.

Incertidumbre Combinada Balanza Analítica 4.

Incertidumbre Combinada	
(ur) ²	0,0001
(uR) ²	0,0001
(uPT) ²	0,0001
(uE) ²	0,0001
Suma	0,0001
Raiz	0,0003

La Incertidumbre que intervienen en la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224, se encuentran en un valor estimable para operar con el instrumento de medición.

Tabla 21.
Certificado de Calibración de la Balanza Analítica 4.

Calibración de Balanzas Analíticas							Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena				
Identificación de la Balanza Analítica	Cod		Marca		Modelo		Resolución		Intervalo Medida(g)		
		131993004		VIBRA		HT 224		0,0001		0.0001-220	
Datos Patrones	mp			Unidad	up			Unidad			
	1	100		g	0,16			g			
	2	50		g	0,10			g			
	3	20		g	0,080			g			
	4	10		g	0,060			g			
	5	5		g	0,050			g			
	6	2		g	0,040			g			
	7	100		mg	0,016			mg			
	8	20		mg	0,010			mg			
Datos de Calibración	Operarios				Fecha						
	Maria Paula Pedrozo Buevas Wileiner Zambrano Muñoz				12/06/2015						
	Prueba de Excentricidad							T:20	Hora:11:55		
	Masa de la Pesa (g)	Sitio del Platillo	Valor Obtenido de la Balanza Analítica (g)					Prom(g)	Error de Medida	Desviación Estándar	
			1	2	3	4	5				
	50	a	50,0199	50,0204	50,0205	50,0199	50,0202	50,0202	0,0202	0,0003	
		b	50,0199	50,0199	50,0202	50,0202	50,0200	50,0200	0,0200	0,0002	
		c	50,0198	50,0204	50,0201	50,0191	50,0201	50,0199	0,0199	0,0005	
		d	50,0198	50,0204	50,0203	50,0200	50,0199	50,0201	0,0201	0,0003	
		e	50,0203	50,0205	50,0202	50,0201	50,0201	50,0202	0,0202	0,0002	
	Promedio							50,0201	0,0201	0,0003	
	Prueba de Linealidad							T:20	Hora:12:15		
	Número de Ensayos	Masa de la Pesa									
		20 mg				100mg					
	1	20,0002				100,0005					
	2	20,0004				100,0003					
	3	20,0001				100,0002					
	4	20,0005				100,0003					
	5	20,0005				100,0005					
	prom(g)		20,0003				100,0004				
	Error de Medida		0,0003				0,0004				
	Desviación Estándar		0,0002				0,0001				
	Prueba de Variabilidad							T:20	Hora:12:30		
Número de Ensayos	Masa de la Pesa (g)		Valor Obtenido en la Balanza Analítica (g)				Error de Medida				
1	50		50,0202				0,0202				
2	20		20,0080				0,0080				
3	10		10,0039				0,0039				
4	50		50,0200				0,0200				
5	2		2,0007				0,0007				
6	100		100,0406				0,0406				
7	20		20,0081				0,0081				
8	2		2,0007				0,0007				
9	20		20,0080				0,0080				
10	50		50,0020				0,0020				
Incertidumbre Asociada a la Balanza Analítica	ur						0,0003				
	uR						0,0001				
	uPT						0,0001				
	uE						0,0001				
	uc						0,0003				
u						0,0007					

Certificado de la Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224, Prueba de Excentricidad, Prueba de Linealidad, Prueba de Variabilidad y el resultado de las Incertidumbres Asociadas a la Balanza Analítica.

3.3 Análisis de resultados

En el Laboratorio de Química de la Universidad de Cartagena Sede San Pablo, se encuentran cuatro balanzas; **Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN GmbH 350-3 (Balanza A. 1)**, **Balanza Analítica de Precisión Marca Vibra del Japón Modelo AJ-1200E (Balanza A. 2)**, **Balanza Analítica Marca Vibra Modelo HT 224 (Balanza A. 3, Balanza A. 4)** en buenas condiciones físicas, Las cuales están expuestas a una serie de Errores e Incertidumbres por el desgaste mecánico que sufre el equipo debido al uso, el tiempo. Las Balanzas Analíticas son utilizadas en procedimientos experimentales para la obtención de una masa determinada dependiendo el procedimiento; el no contar con un equipo calibrado y en buenas condiciones es un generador de errores afectando el proceso y perjudicando su calidad, porque serian datos incorrectos que ocasionarían resultados erróneos.

Tabla 22.
Incertidumbres de las Balanzas Analíticas.

Incertidumbre de las Balanzas Analítica	
balanza a. 1	0,02
balanza a. 2	0,02
balanza a. 3	0,0006
balanza a. 4	0,0007

Para la primera **Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN GmbH 350-3**, tiene mediciones con una Incertidumbre de más o menos ± 0.01 g , cuando realicemos una pesada de $50 \text{ g} \pm 0.01\text{g}$ teniendo un nivel de confianza de 95 % con un factor de cobertura k igual a 2, esto significara que en 95 de cada 100 mediciones la masa será de 49.983g y 50.017g; en la **Balanza de Precisión Marca Vibra del Japón Modelo AJ-1200E** será de $50\text{g} \pm 0.02\text{g}$ que equivale a tener 49.08g o 50.02g; en la tercera **Balanza Analítica Marca Vibra Modelo HT 224** de $50\text{g} \pm 0.0006\text{g}$ y la cuarta **Balanza Analítica** de igual modelo que la **Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224** de $50\text{g} \pm 0.0007\text{g}$. Las Balanzas Analíticas no superan el error de 0.10 para una pesa patrón de 50 g clase E2, por lo que se puede considerar que las Balanzas Analíticas del Laboratorio de Química de la universidad Cartagena Sede San Pablo se encuentran dentro de los parámetros establecidos y tienen una precisión, exactitud optima y confiables al momento de arrojar un resultado de medición de esta magnitud en los diferentes procedimientos que implica pesar la masa de una sustancia, instrumento u objeto.

Conclusiones

Se elaboró y se logró implementar un **Procedimiento para la Calibración de Balanzas Analíticas en el Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena**, en donde se plasmaron procedimientos a seguir cuando se calibren las Balanzas Analíticas con el fin de tener precisión, exactitud, fiabilidad y calidad en las mediciones. La Calibración se realizó con un juego de Pesas Patrón E2, al implementar el cálculo de las Incertidumbres Asociadas al Procedimiento de Calibración de Las Balanzas Analíticas se obtuvieron resultados con indicaciones pequeñas debido a la precisión y exactitud que maneja el juego de Pesas Patrón E2; se indicó el nivel de dispersión en el cual se encuentran las cuatro Balanzas Analíticas **del Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena, la Balanza Analítica PCB - KERN & SOHN GmbH 350-3 (Balanza A. 1)** con una incertidumbre total de ± 0.01 , **Balanza Analítica de Precisión Marca Vibra del Japón Modelo AJ-1200E (Balanza A. 2)** incertidumbre total ± 0.02 , **Balanza Analítica Marca Vibra Modelo HT 224 (Balanza A. 3)** incertidumbre total 0.0006, y **Balanza Analítica Marca Vibra Modelo HT 224 (Balanza A. 4)** incertidumbre total 0.0007; a partir del Procedimiento de Calibración de las cuatro Balanzas Analíticas que se encuentran en el Laboratorio de Química Sede San Pablo, se determinó que se encuentran en buenas condiciones físicas y los resultados son óptimo debido a que los datos y operaciones están dentro de los parámetros estipulados para estos equipos de medición.

Recomendaciones

1. Cuando se utilicen **las Balanzas Analíticas del Laboratorio de Química de la Sede San Pablo de la Universidad de Cartagena** se recomienda que estén a una temperatura de 20° a 22° grados Celsius.
2. Apagar las campanas que se encuentran en **el Laboratorio de Química de la Sede San pablo de la Universidad de Cartagena** debido a la vibración que generan, afectando las mediciones.
3. Las Balanzas Analíticas deben estar en un lugar en donde solo estén estos equipos de medición. Divididas del resto **del Laboratorio de Química de la Sede San Pablo Universidad de Cartagena.**

Referencias

- Adriana Guerrero Peña, G. M. (2007). *Introducción de Errores en la Medición*. Medellín: Fondo Editorial ITM.
- Cantabria, U. d. (28 de 10 de 2010). *Ensenanzas de Tecnicas Ingenieria Grafica*. Obtenido de <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/ingenieria-grafica/material-de-clase-1/3.2%20Metrologia.pdf>
- Cibernat. (2013). *Servibalanzas SAS*. Obtenido de <http://www.servibalanzas.com/index.php/productos/balanzas-analiticas/balanza-analitica-marca-vibra-modelo-ht-detail>
- Cibernat. (2013). *Servibalanzas SAS* . Obtenido de <http://www.servibalanzas.com/index.php/productos/balanzas-de-precision/balanza-de-precision-marca-vibra-del-japon-modelo-aj-detail>
- Claudia Andrea Segal Kischinevzky, U. N. (2005). *Manual de Practica Biologia Molecular de la celula 1* .
- Gennaro, A. R. (2003). *Remington Farmacia, Volumen 1*. Medica Panamericana S. A.
- ICONTEC. (2008). *Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001*. Obtenido de <http://www.cecep.edu.co/documentos/calidad/ISO-9001-2008.pdf>
- Ing. A. Ettore, I. A. (Marzo de 2012). *balanza analiticas*. Obtenido de http://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/1_anio/quimigeral/BALANZA2012.pdf
- Juan.M.Bueno. (1999). *Introducción a la Óptica Instrumental*. Universidad de Murcia, Servicio de publicaciones .
- Mari Luz García Gamiz, M. J. (2014). *Formulación Magistral*. Ediciones paraninfo SA.
- Maria Jose Garcia Bermejo, m. d. (2006). *temario especialista vol 2*. Mad, S. 1.
- Metrología, C. E. (2008). *Procedimiento de Calibración*. Obtenido de http://www.cem.es/sites/default/files/procedimientome-005_calibracion_balanzas_monoplato.pdf
- Metrologia, c. e. (2012). *vocabulario internacional de metrologia* . Obtenido de <http://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>
- Pérez Navarro, A. R. (2012). *Introducció a les mesures i càlcul d'errors*. Editorial UOC.
- Portal Calidad* . (octubre de 2004). Obtenido de http://www.portalcalidad.com/articulos/60-control_equipos_seguimiento_y_medicion_iso_9001
- Sgiker, U. d. (16 de 12 de 2008). *Calibración y Verificación de Balanzas*. Obtenido de <http://www.ehu.es/SGIker/es/calidad/procesos/generales/abiertos/UCAL.PE.01.PR.08.02Calibracionbalanzas16.12.2010.pdf>

Skoog, D. A. (2005). *Fundamentals of Analytical Chemistry*. thomson editores spain.

SOHN, K. &. (2009). *Precision balance KERN PCB*. Obtenido de <http://biltekas.com/pdf/sl-pcb-gb.pdf>

Solé, A. C. (2009). *Instrumentos industriales, su ajuste y calibración*. Marcombo.
tea. (s.f.).

Anexos



Figura 10 Balanza Analítica 10 PCB - KERN & SOHN gmbh 350-3 limpieza.

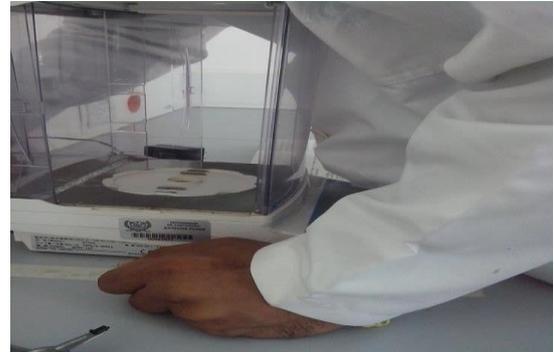


Figura 11 Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224 verificación.



Figura 12 Vibra Del Japón Modelo AJ-1200E limpieza.

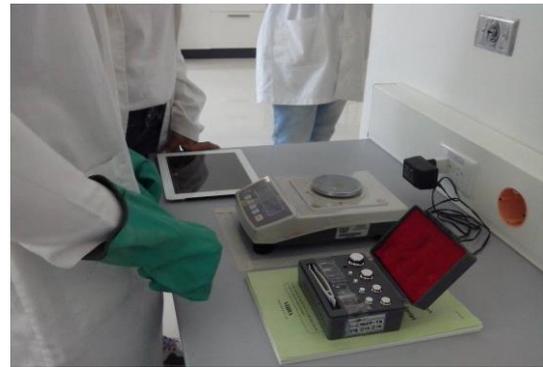


Figura 13 Pesas Patrón En La Balanza Analítica 10 PCB - KERN & SOHN GmbH 350-3.



Figura 11 Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224 Verificación antes de Calibrar.



Figura 11 Balanza Analítica Vibra Modelo HT 224 realizando Pruebas de Calibración.

Cronograma del proyecto

Tabla 23.

Cronograma de Actividades del Proyecto.

Cronograma De Actividades					
Actividades	Fecha	Balanza 1	Balanza 2	Balanza 3	Balanza 4
Limpieza De Las Balanzas Analíticas.	Hora:	9:40	10:28	10:40	11:29
	Día:	10	10	12	12
	Mes:	Junio	Junio	Junio	Junio
	Año:	2015	2015	2015	2015
Prueba De Excentricidad.	Hora:	11:07	11:03	11:30	11:55
	Día:	10	10	12	12
	Mes:	Junio	Junio	Junio	Junio
	Año:	2015	2015	2015	2015
Prueba De Linealidad.	Hora:	X	X	11:34	12:15
	Día:	X	X	12	12
	Mes:	X	X	Junio	Junio
	Año:	X	X	2015	2015
Prueba De Variabilidad.	Hora:	11:30	11:30	11:45	12:30
	Día:	10	10	12	12
	Mes:	Junio	Junio	Junio	Junio
	Año:	2015	2015	2015	2015