



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**UNA APLICACIÓN DE LA METROLOGÍA EN LA PLANTA DE PREDOSIFICADOS  
DE LA EMPRESA CEMENTOS PROGRESO S. A.**

**Gerson David Alemán Medinilla**  
**Asesorado por el Ing. Víctor Hugo García Roque**

Guatemala, noviembre de 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**UNA APLICACIÓN DE LA METROLOGÍA EN LA PLANTA DE PREDOSIFICADOS  
DE LA EMPRESA CEMENTOS PROGRESO S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**GERSON DAVID ALEMÁN MEDINILLA**

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR HUGO GARCÍA ROQUE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008



# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE LA JUNA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Espínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de La Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **UNA APLICACIÓN DE LA METROLOGÍA EN LA PLANTA DE PREDOSIFICADOS DE LA EMPRESA CEMENTOS PROGRESO S. A.,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de 29 de octubre de 2007.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Gerson David Alemán Medinilla', written over a horizontal line.

**Gerson David Alemán Medinilla**





Guatemala, 29 de Septiembre de 2008

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Director de la escuela Mecánica Industrial  
Presente

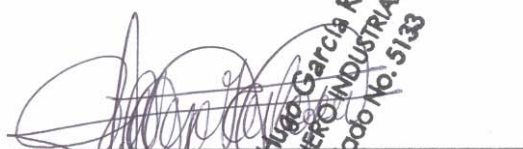
Por medio de la presente hago de su conocimiento que como Asesor del trabajo de graduación titulado:

**UNA APLICACIÓN DE LA METROLOGÍA EN LA PLANTA DE PREDOSIFICADOS DE LA EMPRESA CEMENTOS PROGRESO S. A.**

Elaborado por el estudiante Gerson David Alemán Medinilla con número de carné 93-17559, tuve a bien realizar la revisión en la cual considero cumple con los requisitos establecidos.

Por lo cual extendiendo la presente como finalización de la misma, cordialmente me despido de usted.

Atte.



Ing. Víctor Hugo García Roque  
Colegiado 5133

Víctor Hugo García Roque  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Colegiado No. 5133



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **UNA APLICACIÓN DE LA METROLOGIA EN LA PLANTA DE PREDOSIFICADOS DE LA EMPRESA CEMENTOS PROGRESO S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Gerson David Aleman Medinilla**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

**Ing. Edwin Echeverría**  
**COLEGIADO 4133**

Guatemala, noviembre de 2008.

/mgp





FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **UNA APLICACIÓN DE LA METROLOGÍA EN LA PLANTA DE PREDOSIFICADOS DE LA EMPRESA CEMENTOS PROGRESO S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Gerson David Alemán Medinilla**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
**DIRECTOR**  
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2008.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **UNA APLICACIÓN DE LA METROLOGÍA EN LA PLANTA DE PREDOSIFICADOS DE LA EMPRESA CEMENTOS PROGRESO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario, **Gerson David Alemán Medinilla**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, noviembre de 2008

/cc





## DEDICATORIA

A: MI QUERIDO PADRE CELESTIAL

Por crearme espiritualmente y darme un cuerpo, por darme un Salvador, tu hijo Jesucristo, quien mediante su expiación infinita me puede dar la vida eterna.

Mi esposa

Ana Lorena Amaya González de Alemán, por tu amoroso cuidado, tu constante apoyo en mi vida y por estar conmigo en la ruta a la eternidad. Te amo.

Mis hijas

Ester Galilea Alemán Amaya, mi vida, mi cielo, mi corazón.

Maria Belén Alemán Amaya, porque tus sonrisitas son el alimento de mi felicidad.

Mis padres

Silverio Alemán Álvarez y Judith Medinilla Ruiz, por darme esta vida y cuidarme cada vez que los necesité.

Mis hermanos: Max, Silvia, Allan y Jackeline.

Mi compañero de estudios: Jorge Gonzáles.

Mis Líderes y amigos de la Iglesia de Jesucristo de los Santos de los últimos días.

Mis amigos: Víctor García, Fernando Sotoj y Raúl Leonardo Pensamiento.

Mis compañeros de trabajo en Cementos Progreso S. A.



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>IX</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIX</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XXI</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>1</b>
1.1. La empresa.....	1
1.2. Ubicación.....	1
1.3. Misión.....	2
1.4. Visión.....	2
1.5. Política de calidad.....	2
1.6. Estructura organizacional.....	3
1.7. Productos que procesa.....	6
1.8. Marco conceptual.....	7
1.8.1 Normas de calibración.....	7
1.8.2 Metrología.....	9
1.8.2.1 Definición.....	9
1.8.2.2 Características.....	10
1.8.2.3 Ventajas.....	10
1.8.2.4 Desventajas.....	11
1.8.3 Calibración y verificación.....	11
1.8.3.1 Razones por que calibrar.....	13
1.8.4 Patrones.....	14
1.8.4.1 Patrón primario.....	14
1.8.4.2 Patrón secundario.....	14
1.8.4.3 Patrón de trabajo.....	15
1.8.5 Trazabilidad.....	15

1.8.6 Incertidumbre de la mediciones.....	15
1.8.6.1 incertidumbre tipo “A”.....	16
1.8.6.2 incertidumbre tipo “B”.....	17
1.8.6.3 incertidumbre combinada.....	17
1.8.7 Forma y funcionamiento de las celdas de carga.....	18
1.8.8 Módulo de pesaje Mesomatic DK800.....	21
1.8.8.1 Modo medición.....	22
1.8.8.2 Modo ingreso de datos.....	23
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....</b>	<b>25</b>
2.1. Planta de producción.....	25
2.2. Condiciones estructurales.....	25
2.2.1. Humedad.....	25
2.2.2. Temperatura.....	26
2.2.3. Segregación.....	26
2.2.4. Granulometría.....	26
2.3. Distribución en Planta.....	27
2.4. Maquinaria.....	28
2.4.1. Fajas y elevadores de carga.....	28
2.4.2. Silos.....	28
2.4.3. Bombeo con pipas y bombas Fuller.....	28
2.4.4. Gusanos transportadores.....	29
2.4.5. Básculas.....	30
2.4.6. Mezcladora.....	32
2.5. Ajuste de rangos máximo y mínimo de las básculas.....	33
2.6. Ventajas.....	33
2.7. Desventajas.....	33
2.8. Puntos críticos.....	33
2.9. Programa de mantenimiento.....	34
2.9.1. Frecuencias de calibraciones o verificaciones.....	34
2.10. Repuestos.....	34
2.11. Parámetros.....	34

2.12. Error de las básculas.....	35
<b>3. PROPUESTA DEL MODELO.....</b>	<b>37</b>
3.1. Masas patrón.....	37
3.1.1. Ajuste y calibración de las masas de trabajo.....	37
3.1.2. Cuantificación de masas patrón a utilizar.....	37
3.2. Mediciones iniciales en báscula.....	37
3.3. Puntos de inspección.....	38
3.3.1. Revisión mecánica de las Básculas.....	38
3.3.2. Ajustes.....	38
3.3.3. Lubricación.....	38
3.3.4. Neumática.....	38
3.3.5. Válvulas de mariposa.....	38
3.3.6. Transportadores.....	38
3.4. Parámetros.....	39
3.5. Calibración.....	39
3.5.1. Elaboración del procedimiento de calibración.....	39
3.5.2. Cálculo del error o incertidumbre.....	39
3.5.3. Linealidad.....	39
3.5.4. Repetibilidad.....	39
3.6. Registros.....	39
3.6.1. Comparación.....	40
3.7. Plan anual de calibraciones.....	40
3.7.1. Seguimiento.....	40
<b>4. CALIBRACIÓN DE LAS BÁSCULAS.....</b>	<b>41</b>
4.1. Masas.....	41
4.1.1. Monto adecuado.....	41
4.1.2. Fabricación.....	41
4.1.3. Mazas trazables.....	41
4.2. Procedimiento de calibración de las básculas.....	42
4.2.1. Mediciones iniciales.....	42

4.3. Rutina de mantenimiento.....	43
4.3.1. Puntos críticos.....	43
4.3.2. Celdas de carga.....	43
4.3.3. Nivelación, sistema neumático y gusanos.....	44
4.3.4. Válvulas de mariposa de descarga de básculas.....	45
4.3.5. Mangas para evacuación de aire.....	46
4.3.6. Junta de goma entre tapa de la bascula y la tolva.....	47
4.3.7. Vibradores.....	47
4.4. Cálculo de incertidumbre Báscula 1.....	48
4.4.1. Promedios.....	48
4.4.2. Desviaciones estándar.....	48
4.4.3. Incertidumbre tipo “A”.....	48
4.4.4. Incertidumbre tipo “B”.....	49
4.4.5. Incertidumbre combinada.....	49
4.4.6. Incertidumbre expandida.....	49
4.4.7. Registro de calibración.....	50
4.4.8. Repetibilidad.....	51
4.4.9. Linealidad.....	51
4.5. Cálculo de incertidumbre Báscula 2.....	52
4.5.1. Promedios.....	52
4.5.2. Desviaciones estándar.....	52
4.5.3. Incertidumbre tipo “A”.....	52
4.5.4. Incertidumbre tipo “B”.....	53
4.5.5. Incertidumbre combinada.....	53
4.5.6. Incertidumbre expandida.....	53
4.5.7. Registro de calibración.....	54
4.5.8. Repetibilidad.....	55
4.5.9. Linealidad.....	55
4.6. Cálculo de incertidumbre báscula 4.....	56
4.6.1. Promedios.....	56
4.6.2. Desviaciones estándar.....	56
4.6.3. Incertidumbre tipo “A”.....	56

4.6.4. Incertidumbre tipo “B”.....	57
4.6.5. Incertidumbre combinada.....	57
4.6.6. Incertidumbre expandida.....	57
4.6.7. Registro de calibración.....	58
4.6.8. Repetibilidad.....	59
4.6.9. Linealidad.....	59
4.7. Procedimiento de ajuste de básculas MESOMATIC DK800.....	60
4.7.1. Pesos de ajuste.....	60
4.7.2. Ajuste de cero.....	60
4.7.3. Ajuste máximo de escala.....	60
4.8. Frecuencias de calibraciones.....	61
4.8.1. Ensayos.....	61
4.9. Plan anual de calibraciones.....	62
4.10. Parámetros.....	63
<b>5. PROGRAMA DE MEJORA CONTINUA.....</b>	<b>100</b>
5.1. Resultados.....	65
5.2. Registros.....	65
5.3. Estadísticas.....	66
5.4. Auditorias.....	66
5.5. Ajuste a plan anual de calibraciones.....	66
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Organigrama gerencial	4
2. Organigrama del área de producción	4
3. Organigrama del área de mantenimiento	5
4. Celda de carga	20
5. Diagrama eléctrico de una celda de carga	20
6. Módulo DK800	21
7. Distribución en planta	27
8. Gusanos transportadores	29
9. Báscula 1	30
10. Báscula 2	30
11. Báscula 4	31
12. Controladores de peso Mesomatic DK 800	31
13. Mezcladora marca m-tec	32
14. Mantenimiento a celdas de carga	43
15. Válvulas de mariposa de descarga de báscula.	45
16. Mangas para evacuación de aire	46
17. Junta de goma	47
18. Gráfica de linealidad de la medición de báscula 1.	51
19. Gráfica de linealidad de la medición de báscula 2.	55
20. Gráfica de linealidad de la medición de báscula 4.	59
Figura 21. Masas patrón	69

## TABLAS

I	Productos procesados en la planta de Predosificados	6
II	Lecturas iniciales de los instrumentos:	42
III	Lecturas báscula 1	48
IV	Incertidumbre expandida báscula 1.	49
V	Lecturas báscula 2	52
VI	Incertidumbre expandida báscula 2	53
VII	Lecturas báscula 4	56
VIII	Incertidumbre expandida báscula 4	57
IX	Parámetros del modulo de pesaje Mesomatic DK800.	63

## GLOSARIO

- Acreditación** Procedimiento mediante el cual se reconoce la competencia técnica y la idoneidad de organismos de certificación e inspección y ensayos para que lleven a cabo sus todas las actividades programadas.
- Alcance de indicación**  
Conjunto de valores limitado por las indicaciones extremas se expresa en las unidades marcadas en el indicador independientemente de las unidades del mesurando y se especifica normalmente en por sus límites inferior y superior.
- Ajuste** Operación destinada a llevar un instrumento de medición a un funcionamiento y exactitud adecuada para su utilización.
- Auditoría** Una auditoría de calidad es un examen independiente de las actividades establecidas y los resultados basados en objetivos.
- Blower** Soplador o compresor mecánico que se utiliza para desplazar por medio de flujo de aire, los materiales pulverizados como el cemento.
- Capacidad máxima**  
La mayor carga discreta que puede ser pesada automáticamente.
- Capacidad mínima**  
La menor carga discreta que puede ser pesada automáticamente.

**Ciclo de pesaje**    Secuencia de operaciones de pesaje que comprende.

- el vertido de una carga al receptor de carga
- una única operación de pesaje
- la devolución de una única carga a granel de una carga discreta.

**Calibración**        Se entiende por calibración al conjunto de operaciones que establece, bajo condiciones específicas, la relación entre las señales producidas por un instrumento analítico y los correspondientes valores de concentración o masa del juego de patrones de calibrado. O más sencillamente calibración es comparar las indicaciones de un instrumento contra un patrón.

**Dispositivo de puesta a cero automático**

Dispositivo de puesta a cero que funciona automáticamente y sin la intervención de un operador

**Error**                Es simplemente la diferencia entre las indicaciones del instrumento y el patrón. Junto con la incertidumbre constituye el resultado de la calibración.

**Error intrínseco**    Error de un instrumento en las condiciones de referencia

**Error intrínseco inicial**

Error intrínseco de un instrumento antes de los ensayos de funcionamiento y las evaluaciones de durabilidad.

**Estabilidad de la pendiente**

Capacidad de un instrumento para mantener la diferencia entre la indicación de peso en la máxima capacidad y la indicación en cero dentro de los límites especificados en un periodo de uso.

**Exactitud** Es la estrechez del ajuste entre una medición real y el valor de lo medido.

Exactitud de un instrumento de medición actitud de un instrumento de medición para dar respuestas próximas a un valor verdadero.

**Falla** Diferencia entre error de indicación y el error de un instrumento de pesaje, es el resultado de un cambio no deseado de los datos contenidos en un instrumento electrónico o que pasan por él, de esta definición se deduce que, una falla es un valor numérico.

### **Fallas significativas**

Fallas que resultan de causas simultáneas y mutuamente independientes en el instrumento o en su equipo de verificación.

Fallas que hacen imposible realizar cualquier medición.

Fallas transitorias que consisten en variaciones momentáneas de las indicaciones que no pueden ser interpretadas, memorizadas o transmitidas como un resultado de medición.

Fallas que son tan graves que inevitablemente serán notadas por los interesados en la medición.

**Incertidumbre** Estimación que caracteriza el campo de valores dentro el cual se sitúa el valor verdadero de una magnitud medida. Es una medida de la dispersión de los resultados de medición dentro de un rango de errores límites. (Especificación)

**Instrumento** Instrumento de medición que sirve para determinar la masa de una carga utilizando la acción de la gravedad.

**Instrumento de pesaje automático totalizador discontinuo (tolva pesadora)**

Instrumento de pesaje automático que pesa un producto a granel dividiéndolo en cargas discretas, determinando la masa de cada carga discreta en forma secuencial, sumando los resultados de pesaje y devolviendo las cargas discretas como carga a granel.

**Indicador** Parte del instrumento que visualiza el valor de un resultado de pesaje en unidades de masa.

**Intervalo de escala**

Valor expresado en unidades de masa de la diferencia entera:  
Los valores correspondientes a dos marcas de una escala consecutivas en el caso de un indicador analógico o dos valores indicados consecutivos en el caso de una indicación digital.

**Indicación digital** Indicación en la cual las marcas de escala constituyen una secuencia de cifras alineadas que no permiten la interpolación en fracciones de intervalo de escala.

**Linealidad** Significa que al incrementar la cantidad de kg. Aplicados, la báscula indica correctamente, se dice que no es lineal cuando indica bien en el punto mínimo y el máximo pero en el punto medio hay una diferencia considerable.

**Medición** Determinar la longitud, extensión, volumen o capacidad de alguna cosa, igualar o comparar una cosa con otra.

**Mesurando** Por esto entendemos la magnitud medida o la magnitud a medir.

**Metrología** Es la Ciencia que estudia los Sistemas de Unidades, Métodos y Normas de los Instrumentos de medición en general.

Clases de Metrología: Metrología Científica, Metrología Legal, Metrología Industrial.

### **Metrología Científica**

Comprende básicamente la investigación, se encarga de marcar las pautas para establecer los métodos de medición de los equipos y patrones.

**Metrología Legal:** Esta establece a través de Organismos oficiales la Implementación y Estandarización que conduzca a la uniformidad de las medidas y unidades de interés nacional y social.

### **Metrología Industrial:**

Comprende todas las actividades de un sistema de gestión de medidas que requieran las industrias para cumplir con los objetivos de calidad y gestión.

Este tema se basa en la Metrología Industrial aplicada con los conceptos y vocabulario general de metrología.

**Normalización** Consiste en la elaboración, adopción y publicación de normas técnicas.

**Precisión** El vocabulario Internacional de términos fundamentales y generales de Metrología (VIM) define el término exactitud como el grado de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

**Patrón de medición**

Medida materializada, dispositivo de medición o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o varios valores conocidos de una magnitud para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición.

**Registro**

Un registro de calibración es un documento que da un resguardo para asegurar los resultados.

**Repetibilidad**

Es la proximidad de concordancia entre los resultados de las mediciones sucesivas de mismo mesurando, realizadas bajo las mismas condiciones de medición y en un corto período de tiempo.

**Tiempo de calentamiento**

Tiempo transcurrido entre el momento que se aplica energía a un instrumento y el momento en que el instrumento es capaz de cumplir los requisitos.

**Trazabilidad**

Propiedad del valor de un patrón de ser relacionado a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones, teniendo todas ellas incertidumbres determinadas, las cuales se detallan en un documento en el que se indica a que patrones de exactitud superior están referidos, para poder confiar en ellos sabiendo su origen.

**Tolerancia**

Rango mínimo o máximo dentro del cual puede fluctuar la magnitud de una variable.



**Unidad de medida** Magnitud particular, definida y adoptada por convención, con la cual se comparan las otras magnitudes de la misma naturaleza para expresar cuantitativamente su relación con esa magnitud.

**Verificación** “Verificación” es una etapa posterior a la realización de una medida o calibración y no hay verificación sin medidas o calibraciones. Verificación consiste en la confirmación del cumplimiento de requerimientos, normalmente expresados mediante tolerancias, utilizando evidencia objetiva; puede incluir cálculos y comparaciones contra especificaciones, es hecha por el gobierno.



## **JUSTIFICACIÓN**

Cementos Progreso S. A. se certificó en la norma ISO 9001 en el año 2005, pero la planta de predosificados aún no entra en el alcance de la auditoria ya que se terminó de instalar hace unos meses además la calibración de las cuatro basculas es importantísima para la calidad, el plan de calidad y en preparación para el proceso de certificación de la misma será de gran importancia para Cementos Progreso S. A.



## RESUMEN

La metrología establece las actividades que requieren las industrias para cumplir con los objetivos de uniformidad y calidad, en este documento se establece el procedimiento de calibración que expresa los lineamientos necesarios para asegurar que las básculas de la planta de predosificados trabajen correctamente.

En la rutina de mantenimiento se pone énfasis a todos los dispositivos relacionados con las básculas para que no introduzcan error en la medición, las masas de calibración también deben tener su respectivo mantenimiento para que no cambie su peso con el tiempo y no introduzcan error en la medición.

Se elaboran los registros de calibración, los cuales son los principales documentos que demuestran que las calibraciones sí fueron efectuadas y sirven de respaldo para las auditorías internas y externas.

Se establece la frecuencia de las calibraciones y el plan anual de calibraciones.

Se registran los parámetros de cada una de las básculas, los cuales deben quedar a disposición del personal que realiza las calibraciones para registrar los cambios que tengan, especialmente los relacionados con el peso que pueden cambiar al efectuar un ajuste en las básculas.

Se establece el monto adecuado de masas utilizadas en las calibraciones para obtener un correcto funcionamiento de las básculas en todo su rango de medición.



## OBJETIVOS

### **General:**

Desarrollar con un estudio técnico el procedimiento de calibración de las básculas mediante una aplicación de la metrología en la planta de Predosificados de la empresa Cementos Progreso S. A.

### **Específicos:**

1. Que sirva de referencia para el ajuste y la calibración de las básculas creando un procedimiento de calibración.
2. Establecer mediante un estudio técnico una rutina de mantenimiento para los puntos críticos.
3. Crear registros de calibración para constancia de la exactitud de las máquinas y como respaldo para las auditorias.
4. Establecer la frecuencia de las calibraciones para crear un plan anual de calibraciones.
5. Salvar todos los parámetros de programas de cada una de las básculas.
6. Establecer el monto adecuado de masas de calibración.





## INTRODUCCIÓN

La aplicación de la metrología en la planta es muy importante, ya que La Planta de Predosificados en Cementos Progreso es de muy reciente instalación y la parte central del proceso son las básculas, ya que cuantifican la cantidad de materiales que se mezcla para hacer concreto, repello, cernido, pega block, cal rendidora, mezclón, mono capa etc. Su buen funcionamiento y su exacta dosificación son claramente visibles en el producto que es producido pero obviamente un error en el sistema puede causar mucho daño a los productos y grandes pérdidas.

Actualmente no se cuenta con un procedimiento de calibración de las básculas que garantice la correcta dosificación de los diferentes materiales utilizados.

Un sistema de control metrológico bien establecido y trabajado respalda el sistema de aseguramiento de la calidad y hace posible el aumento de la productividad.

Será de mucha importancia para el estudiante universitario, ya que será un modelo de cómo se aplica la metrología en los diferentes procesos de manufactura, y podrá observar como por medio de llevar un detallado plan de calibraciones, mantenimiento, parametrización, y llevar un correcto stock de repuestos, se puede lograr un funcionamiento bastante optimizado del sistema y eso redundará en obtener un producto de muy elevada calidad, que es el objetivo principal de todos los temas relacionados con la metrología, a pesar de que sea necesario hacer algunas inversiones y que pueda resultar un poco caro, la mejora de la calidad del producto lo justifica bajo todo punto de vista y además al final se retorna la inversión.



## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1 La empresa**

Cementos Progreso S. A. Su inicio se debe al espíritu de un hombre que con mucha visión y con la idea clara de fundar una de las primeras fábricas de cemento en Latinoamérica, fue que un dieciocho de octubre de 1899, don Carlos Federico Novella Kleé, creó la empresa Carlos F. Novella y Cia. Don Carlos se aventuró a invertir en una cementera ejerciendo desde ese momento un liderazgo transformador ya que en ese tiempo el cemento no era el material que en Guatemala se utilizaba para la construcción.

En 1901 se inició la comercialización de cemento producido en la Finca La Pedrera. A raíz del terremoto de 1917 se inició la verdadera demanda de nuestro producto ya que todas aquellas construcciones hechas con cemento soportaron las inclemencias de tal fenómeno natural.

La creciente demanda en el mercado creó la necesidad de incrementar la producción. En 1971 se inició la construcción de la primera línea, en la Planta San Miguel. Siete años después, en 1978, se construyó la segunda línea y se legalizó el nombre de Cementos Progreso, S.A. En 1996 principio la construcción de la tercera línea que arrancó en 1998.

En marzo de 2005, se inició la posibilidad e instalar una fábrica de productos pre dosificados premezclados con la idea de explotar un mercado con mucho futuro, es así como el 25 de mayo de 2006 se inauguró oficialmente la planta de productos pre dosificados con capacidad para 2500 sacos por hora de 22 productos diferentes.

### **1.2 Ubicación 15 Av. 18-01 Zona 6 Guatemala.**

**1.3 Misión** "Producimos y comercializamos cemento y otros materiales para la construcción acompañados de servicios de alta calidad"

**1.4 Visión** "compartimos sueños construimos realidades"

### **1.5 Política de calidad**

En Cementos Progreso, Planta La Pedrera producimos cemento, cal y otros productos premezclados para la construcción y la agroindustria, proporcionando valor agregado a nuestros clientes, accionistas, colaboradores y demás partes interesadas, a través de un compromiso con la mejora continua de nuestros procesos, productos y servicios y el cumplimiento de la legislación y otros acuerdos suscritos por la planta.

Estamos comprometidos a:

Proveer ambientes de trabajos seguros y saludables dentro de nuestras instalaciones, identificando, controlando y reduciendo los riesgos significativos, buscando eliminarlos con el fin de prevenir los incidentes y enfermedades ocupacionales.

Realizar actividades compatibles con el medio ambiente utilizando de forma racional los recursos naturales, previniendo la contaminación ambiental, eliminando, reduciendo o controlando los impactos significativos al aire, suelo y agua.

Satisfacer los requerimientos de nuestros clientes asegurando la calidad de los productos, optimizando nuestros procesos y gestionando el mantenimiento.

SAC-LP-AI-PO-01 Fecha 05-2008

## **1.6 Estructura organizacional**

El Grupo Progreso está formado por la dirección o accionistas principales del grupo, existe un gerente general, quien es apoyado por cuatro áreas además de los programas que forman la columna vertebral de toda la organización, en la parte de cementos y adyacencias el gerente de ésta área tiene a su cargo Agregados de Guatemala, Mixto Listo, Planta San Miguel, el actual proyecto de Planta San Juan y Planta La Pedrera en la cual se destaca la planta de Predosificados.

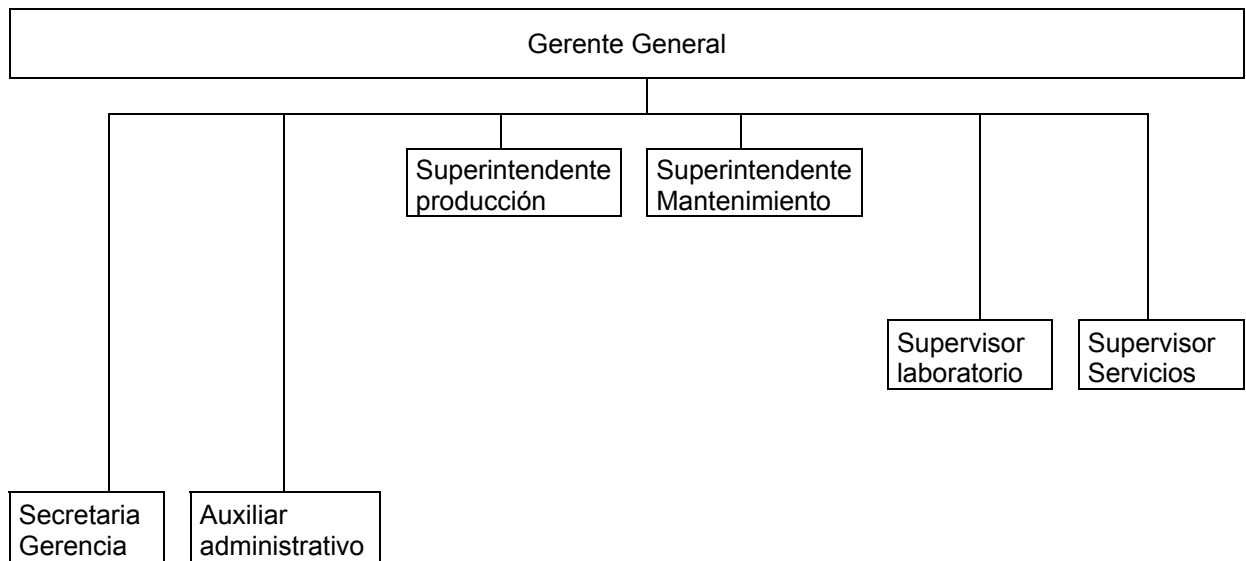
En la planta de pre dosificados la mayor responsabilidad recae en el Gerente, quien dirige todo lo relacionado a la misma, tiene como principales colaboradores a el Superintendente de producción y al superintendente de mantenimiento, quienes velan por todos los aspectos técnicos y operativos tanto de la producción como del mantenimiento de la maquinaria.

En la jornada diurna es cuando mas personal hay en planta, aparte de todo el apoyo del personal de producción, también están los jefes de las áreas de mantenimiento mecánico y eléctrico efectuando las tareas de trabajo asignadas en los diferentes planes.

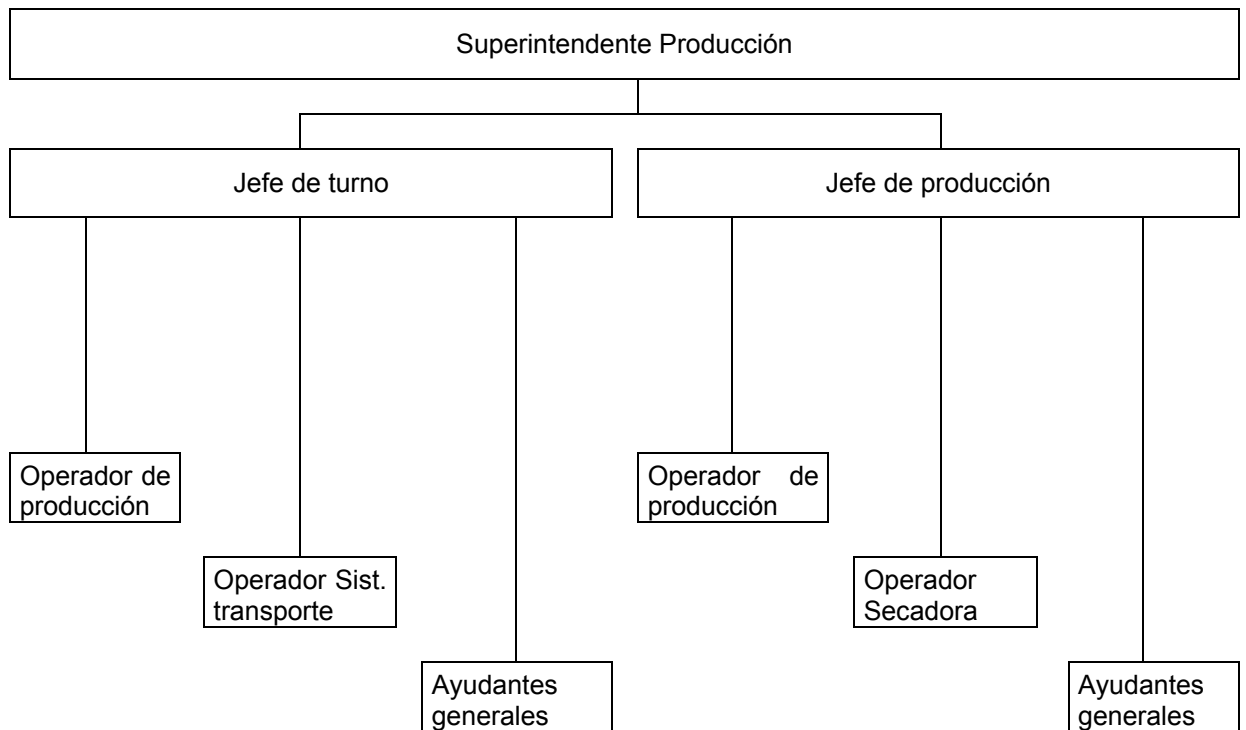
Hay tres turnos rotativos de producción durante el día en los cuales se cubren todos los puestos de trabajo por persona calificado, en cada turno hay un jefe de producción quien es el encargado de tomar decisiones fuera del horario normal, y quien a su vez reporta al superintendente de producción, en cada turno se cuenta con personal de apoyo en mantenimiento tanto mecánico como eléctrico e instrumentación, también hay personal en el laboratorio químico y ayudantes en el área de despachos y operarios, para la elaboración de los distintos productos para luego ser enviados a la parte de envasado y luego se almacenados para ser enviados a los distintos puntos de distribución.

En seguida se explica la estructura organizacional de la planta de Predosificados con los respectivos organigramas de cada departamento.

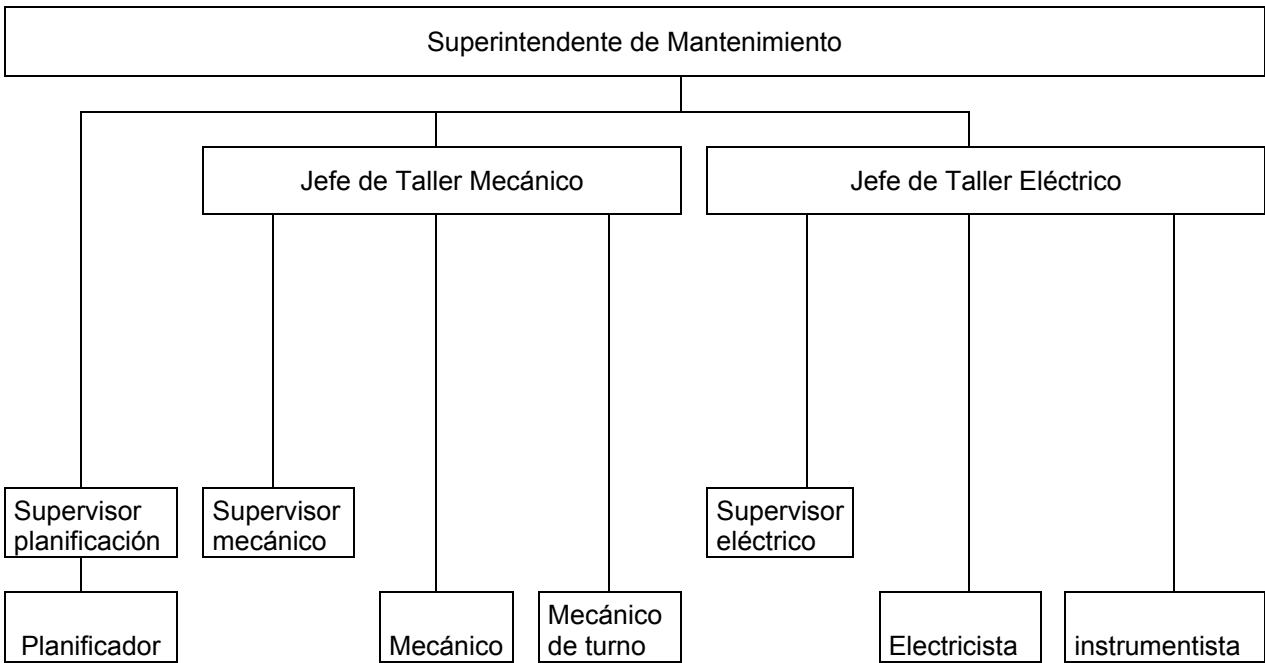
**Figura 1. Organigrama gerencial**



**Figura 2. Organigrama del área de producción**



**Figura 3. Organigrama del área de mantenimiento**



### **1.7 Productos que procesa**

La planta de Predosificados de Cementos Progreso S. A. procesa una gran cantidad de productos que son el resultado de varios años de investigación y experiencia en la rama de la construcción civil e industrial, por lo que sus clientes reciben los siguientes productos.

Cada uno de los productos que se elaboran en la planta son envasados en la ensacadora rotativa Ventomatic GEP10+ de la misma planta de pre dosificados y son envasados en distintas presentaciones tanto en bolsa como en peso, la tabla anterior muestra en resumen los productos que actualmente se procesan y son enviados a los distintos distribuidores de toda la república de Guatemala y en algunos casos a El Salvador y Honduras.

**Tabla I. Productos procesados en la planta de  
Predosificados, Cementos Progreso S. A.**

	<b>Producto</b>	<b>Peso de la bolsa</b>
1	Blanqueado	40kg
2	Cernido vertical	40kg
3	Cernido remolineado	40kg
4	Sabieta	38kg
5	Pega Block	38kg
6	Mezcla M	50kg
7	Mezcla N	50kg
8	Mezcla Especial	50kg
9	Mezcla única	50kg
10	Lanzado	50kg
11	Concreto 3001	50kg
12	Concreto 3002	50kg
13	Concreto 4001	50kg
14	Concreto 4002	50kg
15	Concreto con fibra	50kg
16	Grout	50kg
17	Repello	40kg
18	Mezclón	40kg
19	Mono capa blanco	40kg
20	Monocapa gris	40kg
21	Cemento UGC	42.5kg
22	Cemento 4000 psi	42.5kg
23	Cemento 5000 psi	42.5kg
24	Cemento 5800	42.5kg
25	Cemento ARI	42.5kg
26	Cal rendidora	18kg
27	Cal de colores	20kg

La Planta de predosificados aún no se ha certificado en ISO 9000 pero las otras plantas de Grupo Progreso si, además de buscar también la certificación en ISO 14,000 e ISO 18,000.



## **1.8 Marco conceptual**

### **1.8.1 Normas de calibración**

En Guatemala el ente encargado de dar las normas referentes a las calibraciones de los instrumentos de pesaje es la Comisión Guatemalteca de Normas mejor conocida como COGUANOR y el Centro Nacional de Metrología, que son parte del Ministerio de Economía, hasta el momento no han emitido una norma aprobada para la calibración de básculas del tipo tolvas pesadoras totalizadoras como es el tema que estamos tratando, tampoco en la mayoría de países latinoamericanos. La Organización Internacional de Metrología Legal OIML, extendió el documento: R. I. OIML 107-1-1997 Discontinuos totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers) Part 1: Metrological and technical requirements – Test. “Instrumentos de pesaje automáticos totalizadores discontinuos (tolvas pesadoras totalizadoras) parte 1: Requerimientos metrológicos y técnicos”. Existe también una norma aprobada por el gobierno de Perú para calibración de Básculas tipo tolvas estacionarias: NMP010 emitida el 27 de octubre de 1999, que fue hecha en base al documento de la OIML.

La Norma COGUANOR NGO 4015 es una norma guatemalteca obligatoria para instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, que puede ser adaptada para el caso de este estudio.

La metrología LEGAL es del gobierno y es solo para transacciones comerciales y es regida por Coguanor

La metrología industrial no se rige por las normas del Coguanor pero si se pueden usar como base para el marco metrológico interno de la industria.

## **Norma ISO 17025**

Establece los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, especifica los requisitos generales y establece la competencia para efectuar ensayos y/o calibraciones, incluyendo muestreo. Comprende ensayos y calibraciones efectuados usando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el laboratorio. Es aplicable a todos los laboratorios, independiente de la cantidad de personal o la extensión del alcance de las actividades.

Los laboratorios de ensayo y calibración que cumplen con esta norma deben operar por lo tanto de acuerdo con ISO 9001 o ISO 9002. La certificación sobre la base de ISO 9001 y ISO 9002 no demuestra por si misma la competencia del laboratorio de producir datos y resultados técnicamente válidos.

### **Requisitos de la norma ISO 17025**

La norma contiene dos grandes áreas, entre otras, una parte que especifica los requisitos de gestión y otra que indica la competencia técnica para el tipo de ensayos y/o calibraciones que los laboratorios realicen. Los requisitos son:

#### **Requisitos de Gestión:**

- Organización
- Sistema de Calidad
- Control de Documentos
- Revisión de la solicitud, propuesta o contrato
- Subcontratación de ensayos y calibraciones
- Adquisición de servicios y suministros
- Servicio al cliente
- Reclamos
- Control de trabajo de ensayo y/o calibración no conforme

- Acción correctiva
- Acción preventiva
- Control de registros
- Auditorias internas
- Revisiones de Gerencia

## **Requisitos Técnicos**

- Generalidades
- Personal
- Planta física y condiciones ambientales
- Métodos de ensayo y calibración
- Equipos
- Trazabilidad de las mediciones
- Muestreo
- Manipulación de los ítems de ensayo y calibración
- Aseguramiento de la calidad, de los resultados de ensayo y calibración
- Informe de los resultados

Dentro del requisito de métodos y ensayos está contenido el requisito de estimación de la incertidumbre de las mediciones

### **1.8.2 Metrología**

#### **1.8.2.1 Definición**

La metrología es la ciencia de las medidas, los sistemas y las unidades de medida en su generalidad, trata del estudio y aplicación de todos los medios propios para la medida de magnitudes, tales como: longitudes, ángulos, masas, tiempos, velocidades, potencias, temperaturas, intensidades de corriente, etc. Incluye los aspectos teóricos y

prácticos de las mediciones, es fácil ver que la metrología entra en todos los dominios de la ciencia.

Las normas que rigen la producción en la actualidad se elaboran en base a la metrología, que en nuestro país son realizadas por la Coordinadora Guatemalteca de Normas COGUANOR.

En la industria no solo hay que producir con buena calidad sino que se debe comprobar mediante controles que usan mediciones, que los productos son producidos a satisfacción del cliente.

Sabiendo que los controles implican mediciones, en un mercado más exigente de calidad, tenemos mayores exigencias de mediciones y su adecuado control.

### **1.8.2.2 Características**

La característica principal de la metrología es que ayuda a tener un mejor control sobre la exactitud de la operación de la maquinaria y equipos, y como consecuencia un aumento en la calidad del producto.

También a llevar control sobre el mantenimiento de los equipos con lo cual se garantiza su correcto funcionamiento.

### **1.8.2.3 Ventajas**

La certificación de los equipos genera automáticamente que el producto este prácticamente también certificado.

- Confirmación y certificación de rendimiento de pesada
- Conservación de evidencia documentada de precisión
- Prevención de no cumplimiento en auditorias de calidad
- Previsión de presupuesto y gastos de control
- Reducción de sobras de producto y/o sobrecargas
- Menor responsabilidad por productos fuera de especificación

#### **1.8.2.4 Desventajas**

Entre las principales desventajas de la utilización de la metrología está el costo que implica este sistema aunque en realidad es una inversión por los excelentes resultados que se obtienen de él. También tiene que haber un seguimiento continuo ya que de lo contrario habrá lagunas de tiempo en el cual el sistema no está generando calidad controlada.

#### **1.8.3 Calibración y verificación**

Estos términos pueden crear confusión y es necesario emplearlos correctamente, se definen como:

**Verificación:** es la comprobación que los instrumentos de medición cumplen o no cumplen con los requisitos de la norma, solo determina si la desviación del instrumento está dentro o no de los límites permitidos

**Informe de verificación:** informe que presenta la conformidad o no conformidad del instrumento sin proporcionar valores que nos permitan saber que tan dentro o fuera está de los valores de referencia, esta es la razón por la que el número de puntos donde se toman las lecturas sea mínimo 1 ó 2.

**Calibración:** es la determinación de los valores que reporta un instrumento de medición en comparación con los respectivos valores verdaderos del patrón de referencia. Los factores que determinan la calidad de una calibración son: La precisión de las medidas estimada a través de la repetibilidad y la reproductividad. **Calibración:** Conjunto de Operaciones e intervenciones que tiene como finalidad determinar los errores de un instrumento para medir donde se expresa de la siguiente manera  $E = I + A$  donde. E = Error, I = Indicación, A = Ajuste.

Operación destinada a llevar un instrumento de medición a un funcionamiento y exactitud adecuada para su utilización.

Conjunto de Operaciones efectuadas por un organismo legalmente autorizado, con el fin de comprobar y afirmar que un instrumento de medición satisface las especificaciones por el cual fue diseñado el instrumento.

El mal uso de del término "verificación" está muy extendido. Es común que personal a cargo del instrumental de una planta o laboratorio lo utiliza para referirse a lo que realmente una calibración, pero realizada sin respetar aspectos técnicos y normativos. Recordemos que por definición calibrar es comparar las indicaciones de un instrumento contra un patrón, o simplemente medir. Por más informal, rápido y poco detallado que ese mal llamado proceso de "verificación", estrictamente hablando constituye una calibración o medida.

Dentro de un campo metrológico industrial tenemos que Asegurar que las mediciones que estemos realizando sean lo mas exactas por ello debemos implementar un sistema de verificación metrológica. Que consiste en lo siguiente:

- Elaborar un listado de instrumentos críticos de la compañía
- Adquirir patrones de calibración de acuerdo al parque de dispositivos que se tengan.
- Elaborar un programa de calibración de Dispositivos.
- Asignar una persona responsable para la calibración de los Dispositivos.
- Administrar el sistema de una forma adecuada y organizada.

Certificado o informe de calibración: Este expresa los valores registrados en la prueba y la incertidumbre obtenida, es importante destacar que el procedimiento de calibración se realiza completando estrictas directrices metrológicas a diferencia de la Verificación, el informe de calibración debe tener los siguientes datos:

- Título
- identificación del documento
- Fecha de la calibración

- Vigencia recomendada
- datos del cliente, razón social, dirección
- identificación del instrumento, nombre, marca, modelo, resolución, etc.
- normativa utilizada para la calibración
- procedimiento utilizado
- condiciones ambientales
- patrones utilizados en la calibración plenamente identificados
- incertidumbre de la medición
- firma de las personas que calibraron y las que aprobaron
- pruebas y o puntos de inspección
- lecturas del instrumento y del patrón
- incluir número de certificado del patrón
- fecha de calibración del patrón
- laboratorio primario que realizó la calibración
- laboratorio primario al cual es trazable.

### **1.8.3.1 Razones del porque calibrar:**

En muchos casos las empresas solo ven el cumplimiento de la norma, sin embargo su importancia va más allá de esto, cubriendo un aspecto preventivo y correctivo en los procesos de producción.

Aspecto preventivo: garantiza que los errores de medida son inferiores a un valor determinado.

Aspecto correctivo: Desecha patrones, instrumentos, equipos y métodos de medida cuyos errores están por encima de un valor determinado, O sea que es necesario calibrar para asegurarse que el instrumento está dentro de la tolerancia especificada y así sustentar las mediciones del proceso.

La calibración la puede realizar una empresa externa o personal interno de Cementos progreso S. A. en cualquier caso se debe contar con la infraestructura para poder realizar las calibraciones, la cual consiste en:

- condiciones ambientales controladas,
- recurso humano con capacitación constante
- adquisición de patrones y herramientas
- programa de calibración y mantenimiento de patrones
- procedimientos de trabajo
- cumplimiento de requisitos metrológicos

#### **1.8.4 Patrones**

Son una medida materializada destinada a conservar una magnitud para transmitirla por comparación a otros instrumentos.

##### **1.8.4.1 Patrón primario**

Es el de mayor exactitud y extremadamente estable con el tiempo, normalmente los tienen los laboratorios nacionales. En Guatemala los tiene el laboratorio del Centro Nacional de metrología, parte de la Dirección del sistema nacional de calidad del Ministerio de Economía,

##### **1.8.4.2 Patrón secundario**

Son derivados de los patrones primarios por comparaciones pero de menor exactitud que estos, son generalmente usados en la industria.



### **1.8.4.3 Patrón de trabajo**

Son derivados de los patrones secundarios y de menor exactitud, son los utilizados en la industria para calibraciones.

### **1.8.5 Trazabilidad**

Son esquemas ilustrativos que muestran la cadena de las liberaciones que respaldan la trazabilidad de las mismas, esta cadena comienza en un laboratorio primario y termina en el instrumento de medición.

Patrón primario o nacional

Patrón secundario

Patrón de trabajo

Instrumento de medición

### **1.8.6 Incertidumbre de las mediciones**

Es la duda en la validez de un resultado de una medición, caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mesurando.

¿Qué fuentes de incertidumbre es necesario considerar en una medición?

En una medición existen numerosas fuentes posibles de incertidumbre, entre ellas:

- definición incompleta del mensurando,
- realización imperfecta de la definición del mensurando,
- muestra no representativa del mensurando (la muestra analizada puede no representar al mensurando definido),
  - conocimiento incompleto de los efectos de las condiciones ambientales sobre la medición, o medición imperfecta de dichas condiciones ambientales,
- lectura sesgada de instrumentos analógicos, por parte del personal técnico,

- resolución finita del instrumento de medida o umbral de discriminación,
- valores inexactos de los patrones de medida o de los materiales de referencia,
- valores inexactos de constantes y otros parámetros tomados de fuentes externas y utilizados en el algoritmo de tratamiento de los datos,
- aproximaciones e hipótesis establecidas en el método/procedimiento de medida,
- variaciones en las observaciones repetidas del mensurando, en condiciones aparentemente idénticas.
- Estas fuentes no son necesariamente independientes, y algunas de ellas pueden interactuar entre ellas.

#### 1.8.6.1 Incertidumbre tipo “A”

Se obtiene por el método estadístico de los valores de la medición obtenidos por el usuario, la estimación mas general es la siguiente:

$$\mu_A = ( S(q_k) * t ) / \sqrt{n}$$

Donde:

$\mu_A$  = es la incertidumbre tipo A

$S(q_k)$  = desviación estándar de los valores obtenidos

$q_k$  = valores obtenidos en las desviaciones obtenidas en la toma de decisiones.

$k$  = subíndice de los valores 1, 2, 3...n

$n$  = número de mediciones

$t$  = factor de ajuste basado en la distribución t de student, este valor tiende a ser igual a uno cuando “n” crece.

### 1.8.6.2 Incertidumbre tipo “B”

Esta es la evaluada mediante juicios y criterios científicos, basados en la información disponible sobre la variabilidad.

- Datos de mediciones previas
- Especificaciones del fabricante
- Datos de certificado de calibración

La fórmula es:

$$\mu_B = a / (2 \sqrt{3})$$

Donde:

$\mu_B$  = incertidumbre tipo B

a= valor del cual se tiene certeza de que se encuentra el mesurando.

### 1.8.6.3 Incertidumbre combinada

Es la asociación de las incertidumbres A y B

$$\mu_C = \sqrt{(\mu_A^2 + \mu_B^2)}$$

### 1.8.6.4 Incertidumbre expandida

$\mu$  es la incertidumbre combinada multiplicada por el factor de cobertura k que por lo general tiene el valor de 2.

$$\mu = \mu_C * k$$

### **1.8.7 Forma y funcionamiento de la celda de carga**

En lo que respecta a la construcción y operación de la celda de carga, pasemos a determinar en primer término en qué consiste su constitución. Se trata de un trozo de metal, que o bien puede ser de aluminio o bien de acero. El mismo debe presentar una muy buena calidad, casi óptima, puesto que su función es la de permitir que la balanza comience a realizar sus operaciones. Al trozo de metal que hemos mencionado es imperativo que se le practique una perforación o incisión, justamente para poder debilitar algún punto específico de su estructura general.

Luego de llevar a cabo esta tarea, lo que hay que realizar es una colocación de pequeños circuitos resistentes a la electricidad, que a su vez padecerán una alteración física o geométrica, más que nada en cuanto a su hilo conductor. Dichos circuitos se adhieren a la carga aplicada, es decir, a los pesos que se colocan sobre los platos de la báscula para obtener los resultados de la medición. Ahora pasemos a determinar cómo es que opera la celda de carga para que la medidora también pueda operar correctamente. Lo que se va a aplicar es la antigua pero todavía extremadamente vigente ley de Ohm. Bajo este punto de vista, la practicidad que se adquiere es innegable, ¿Cómo ocurre esto? El conductor es el encargado, como ya se ha adelantado, de transmitir una señal que deberá ser proporcional a la deformación, pero siempre y cuando al circuito se le aplique un voltaje denominado “de excitación”. Los circuitos, por su parte, reciben el nombre de “gages” o bien “strain gages” y pueden presentar numerosas variedades, siempre dependiendo del uso que se les quiera dar. En cuanto a la señal emitida, la misma se encontrará indefectiblemente deformada. Por esta razón, tendrá que ser posteriormente procesada, tarea que realizará el indicador electrónico. Éste, a su vez, podrá tener características que lo clasifiquen como análogo, así como también rasgos que lo definan como digital.

Cualquiera sea el caso, permitirá la obtención de la lectura del peso que queremos obtener. Si hay que aludir al funcionamiento de la celda de carga, entonces es importante determinar su principio básico o fundamental. El mismo está basado en la operación que realizan cuatro galgas extensiométricas, sobre las cuales hemos dicho que son variadas y conocidas como “strain gages”. Veamos más detenidamente en qué

consisten. Su configuración es considerada como muy especial y les permite ser electrónicamente resistentes, de ahí la necesidad de su empleo.

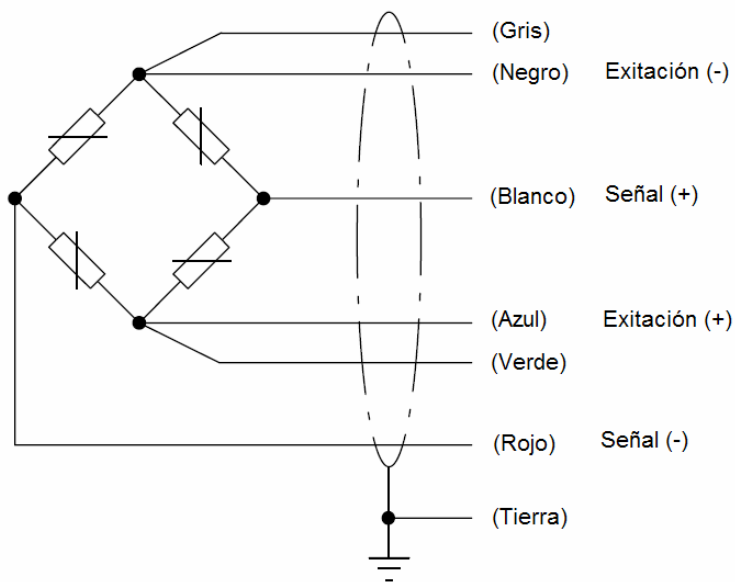
El parámetro variable y sujeto a la medida va a ser, justamente, la resistencia que presente la galga. Sin embargo, dicha resistencia no será siempre la misma. Muchas veces puede producirse una variación, que va a depender de la deformación que la galga sufra en determinadas circunstancias. Ahora pasemos a delimitar la función del sensor en el operativo general. Se debe partir de la hipótesis inicial de que este sensor va a sufrir también deformaciones, al igual que la superficie donde está adherido. El mismo se encuentra compuesto por un sostén altamente delgado y no conductor, sobre el cual se va a colocar un hilo de metal muy fino. Esto se debe hacer con el fin de que la mayor parte de su longitud pueda distribuirse de manera paralela a una dirección determinada. El hilo, por su parte, va a tener una resistencia a la electricidad, pero siempre directamente proporcional a su longitud.

En definitiva, cuando el hilo se alarga, la resistencia va a aumentar notablemente. Las deformaciones que se van a producir en el objeto sobre el cual se adhiere la galga son las que van a generar una variación de la longitud, que da como consecuencia una variación en la resistencia.

**Figura 4. Celda de carga**



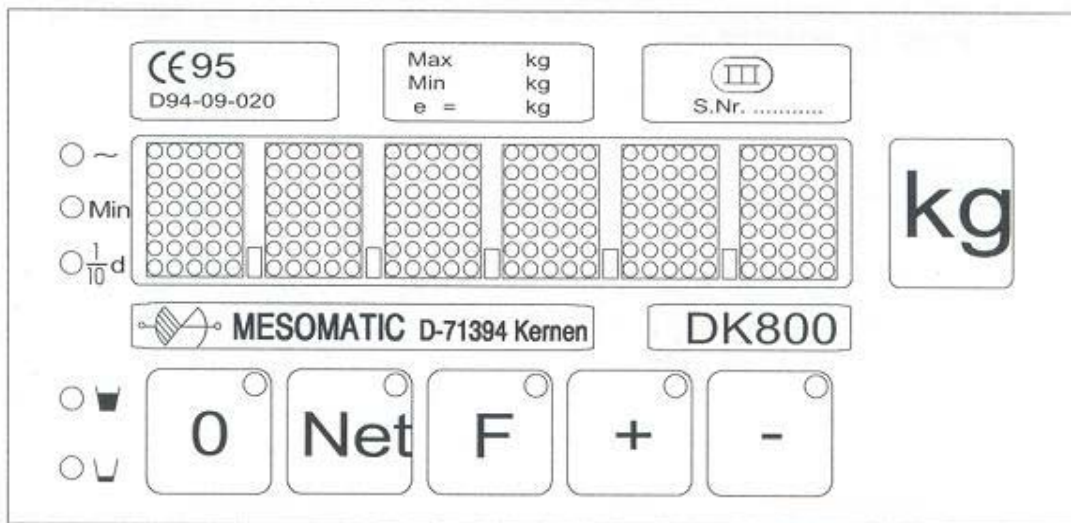
**Figura 5. Diagrama eléctrico de una celda de carga**





### 1.8.8 Módulo de pesaje DK 800

El módulo de pesaje DK 800 tiene en el frente 5 teclas con una luz verde integrada. Las teclas están etiquetadas "0" "Net" "F" "+" "-"

Figura 6. Módulo DK800



Las luces verdes a la izquierda del display significan lo siguiente:

- ~ Movimiento (carga de material en progreso)
- Min Mínima cantidad de material no cargada
- $\frac{1}{10}d$  Máxima resolución desplegada por 5 segundos
-  Pesadora sobrecargada
-  Pesadora vacía

El teclado tiene dos modos de funcionamiento

- 1) Medición
- 2) Ingreso de datos

#### **1.8.8.1 Modo medición**

El modo medición arranca automáticamente cuando se energiza el módulo, y el display muestra la versión del software, ahora las teclas del panel tiene las siguientes funciones:

“**O**” Acerado del monitor con el rango preprogramado, el rango permisible de cero es definido en el parámetro: “N.ST.BER”/”Z.RANGE” y en las unidades en las que puede ser calibrada oficialmente. Representa +/- 2% de la capacidad del rango desplegado. Esta función reemplaza al potenciómetro convencional de ajuste de zero, la tecla funciona solo si el led O~ (motion) “movimiento” está apagado y el modo “gross” (peso bruto) está activado. El cero memorizado se puede borrar usando la función “NUL.CLR”

“**Net**” tara digital del display, efectiva sobre el rango completo de calibración, esta tecla también tiene una función apagado/encendido, presionándola una vez activa la función TARA esto muestra el PESO NETO y el led verde se enciende. Presionándola otra vez se apaga la función de tara apaga el led verde y muestra el PESO BRUTO. La tecla se puede presionar solo si el led de movimiento está apagado.

“**+**” y “**-**” Presionados simultáneamente, cambian el display a función fina o sea agregan un dígito de resolución al display, esta función desaparece luego de 5 segundos, pero puede ser reactivada presionando las teclas nuevamente.

“**O**” “**+**” “**-**” presionando estas teclas simultáneamente, se apaga el monitor igual que si se le quitara la corriente principal.



### 1.8.8.2 Modo ingreso de datos

Presionando la tecla “F” se desplegarán las funciones, durante el ingreso de parámetros el led verde de la tecla enciende y los led a la izquierda flashean, y se corta la comunicación mientras se ingresan los parámetros, las teclas tienen el siguiente significado ahora:

“+” incrementa el número de función en uno,

“0” incrementa el número de función en pasos de 10

“-“ disminuye el número de función en uno.

“+” y “-“ simultáneamente resetea a cero el valor de la función.

“F” sale del modo de ingresar datos

“Net” despliega el valor de la función seleccionada.

Para cambiar el valor de un parámetro las teclas funcionarán de la siguiente manera.

Seleccione el parámetro con +/-

Presione la tecla Net,

Ahora el teclado funciona de la siguiente forma,

“0” setea el dígito parpadeante a cero.

“+” incrementa el valor del dígito parpadeante en uno, o muestra el siguiente texto

“-“ disminuye el valor del dígito parpadeante en uno, o muestra el texto anterior.

“F” mueve el dígito parpadeante una posición a la izquierda

“Net” ingresa el valor al parámetro y retorna a la selección de parámetros.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

### **2.1 Planta de producción**

La planta de Predosificados está dividida en tres partes principales, Trituración, mezclado y envasado. Cuenta con una trituradora rotativa, una mezcladora de tres metros cúbicos y una envasadora que puede llenar hasta 2500 sacos por hora, el resultado son productos a los que solo hay que agregar agua y ya están listos para usarse, con la ventaja de que no hay que comprar por separado las arenas, piedrín, cemento, cal y demás agregados, ahorrando espacio y bajando costos, también se garantiza un producto normado, con todas las pruebas de resistencia y durabilidad, todo esto hace de esta planta una verdadera ayuda en la construcción en toda la república.

### **2.2 Condiciones estructurales**

Las instalaciones de la empresa están diseñadas para que los materiales en todo el proceso estén siempre alejados de la humedad, prácticamente todo el edificio está cerrado de lámina y las máquinas dispuestas de tal forma que solo hay que elegir un silo para utilizar su producto mientras los demás productos están en reposo esperando ser procesados, las principales variable del proceso son:

#### **2.2.1 Humedad**

Es la variable más importante en los productos fabricados ya que en tiempo de invierno es muy complicado reducir la humedad en los productos que se extraen de la cantera para ser procesados, las galeras de materia prima pueden verse limitadas, Por lo que es necesario secar las materias primas especialmente los piedrines, ya que el cemento y la cal por su proceso de fabricación normalmente vienen con muy baja humedad.

### **2.2.2 Temperatura**

Como en la mayoría de los procesos productivos la temperatura es una de las variables más importantes a controlar, normalmente varía de los 25 a 50 grados centígrados, en raras ocasiones se presenta mayor y se debe principalmente al tiempo que transcurre desde el momento de salir de los molinos, ingresar a los silos de materia prima y luego ser bombeado hacia la planta de predosificados, ya que cuando el lapso es muy corto la temperatura del material se eleva, generando problemas de condensación que pueden crear pegaduras en las tolvas y gusanos transportadores ocasionando atrasos en la producción.

### **2.2.3 Segregación**

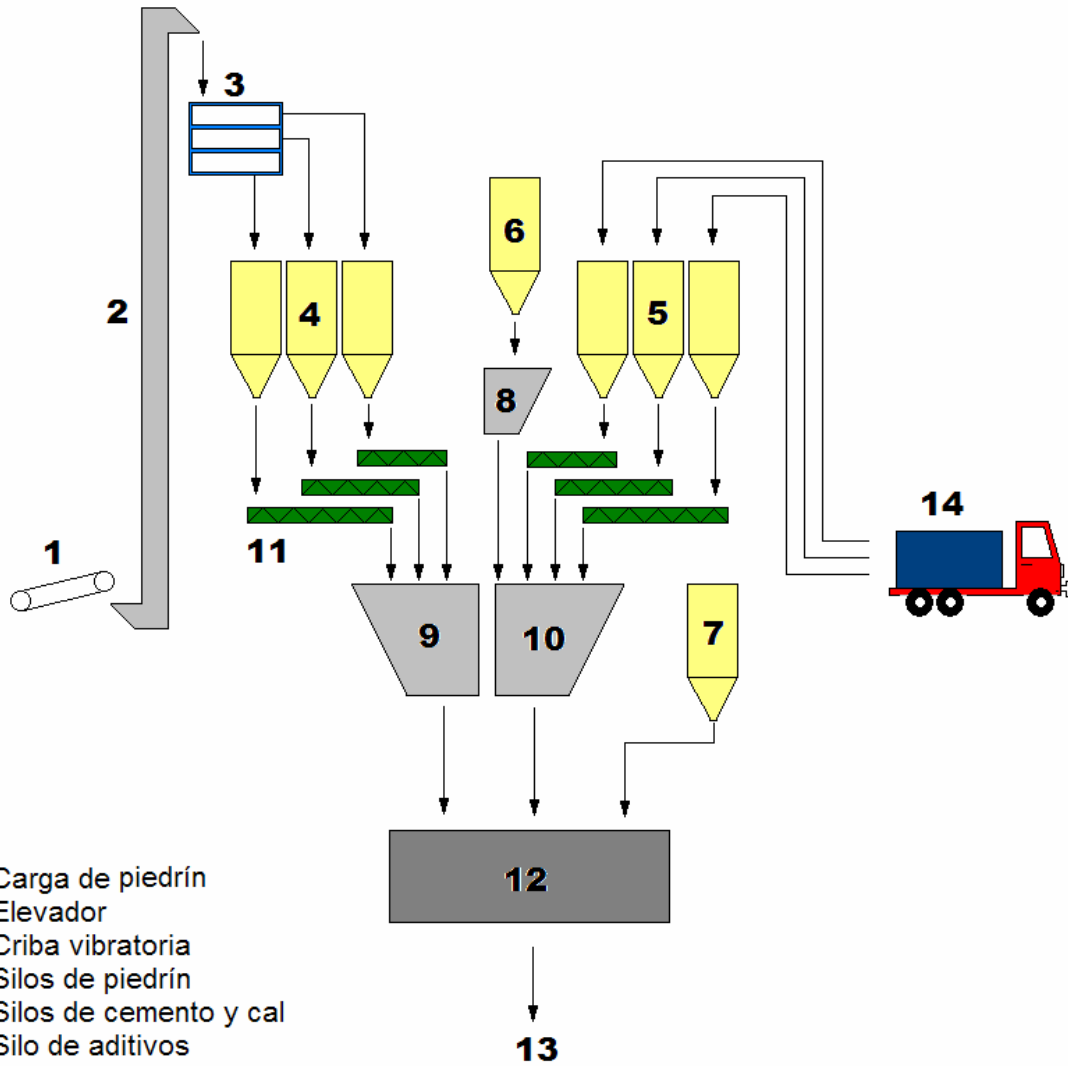
Este es un efecto que sufren los producto que tienen diferentes tamaños de piedra al estar almacenados por mucho tiempo, lo que sucede es que las piedras tienden a irse a la parte inferior del recipiente y los finos del producto se van hacia arriba, el cuidado que hay que tener es que no suceda esto ya que si no algunas bolsas salen con muchos gruesos y otras con muchos finos por lo que no pasan el control de calidad de producto terminado.

### **2.2.4 Granulometría**

Por granulometría entendemos el tamaño de las piedras y las arenas utilizadas, es otra de las variables importantes a ser controlada, está determinada por el tamaño de los agujeros de las mayas de las cribas separadoras.

## 2.3 Distribución en planta

Figura 7. Distribución en planta



- 1) Carga de pedrín
- 2) Elevador
- 3) Criba vibratoria
- 4) Silos de pedrín
- 5) Silos de cemento y cal
- 6) Silo de aditivos
- 7) Silo de aditivos manuales
- 8) Báscula de aditivos
- 9) Báscula 1
- 10) Báscula 2
- 11) Gusanos transportadores
- 12) Mezcladora
- 13) Producto terminado
- 14) Bombeo de Cemento y cal

## **2.4 Maquinaria**

Las maquinarias instaladas están fabricadas de tal forma que se minimice el espacio y los tiempos de fabricación, también están aisladas de la humedad para conservar sus propiedades físicas y químicas las cuales son relevantes para la resistencia y las aplicaciones de cada uno de los productos finales, las principales maquinas utilizadas son

### **2.4.1 Fajas y elevadores de carga:**

Su función es transportar los diferentes materiales hacia cada una de las máquinas del proceso de fabricación de cementos, cales y morteros secos.

### **2.4.2 Silos**

Son grandes recipientes que contienen la materia prima cal, cemento, arenas, piedrines de diferentes tamaños y aditivos.

### **2.4.3 Bombeo con pipas y bombas Fuller**

El abastecimiento de los materiales finos como el cemento la cal y algunos aditivos se hace por medio de bombeo con flujo de aire de blowers que están instalados en la parte baja de las pipas y son conectadas mediante mangueras a los tubos terminales de cada uno de los silos a los cuales es enviado dicho material para la fabricación de los distintos productos, también es bombeado material de los silos de mezcla, cemento y cal de la antigua planta la pedrera por medio de bombas y compresores Fuller.

#### 2.4.4 Gusanos transportadores

Sirven para desplazar horizontalmente los materiales, cuentan con variadores de velocidad por frecuencia con rampa de desaceleración para poder cambiar la velocidad de llenado a las básculas y así dosificar con mayor exactitud los productos.

Figura 8. Gusanos transportadores



### 2.4.5 Básculas

Son tolvas estacionarias con tres celdas de carga conectadas a un dispositivo electrónico que procesa la señal de peso y los transfiere a la computadora principal, su función principal es cuantificar lo más exactamente posible las distintas materias primas para así tener una buena calidad de los productos finales.

**Figura 9. Báscula 1**



**Figura 10. Báscula 2**





**Figura 11. Báscula 4**



**Figura 12. Controladores de peso Mesomatic DK 800**



### 2.4.6 Mezcladora

Es un recipiente grande con paletas internas que giran por un tiempo preestablecido para poder mezclar y homogenizar las materias primas que has sido pesadas en las básculas, aquí es donde prácticamente se fabrican todos los morteros secos, concretos, cales y cementos que se producen en la planta de predosificados.

**Figura 13. Mezcladora marca m-tec**



## **2.5 Ajuste de rangos máximo y mínimo de las básculas**

Actualmente no se cuenta con masas patrón propiedad de la empresa, se hace un ajuste de los rangos máximo y mínimo de las básculas cada dos o tres meses para lo cual se alquilan 50 masas de 20kg. Cabe hacer notar que no es una calibración sino solo un ajuste.

## **2.6 Ventajas**

Debido a que la planta ha operado poco tiempo, no se tienen creados procedimientos de calibración o verificación adecuados por lo tanto no se puede evaluar las ventajas de la operación actual,

## **2.7 Desventajas**

Se mencionan las principales desventajas que hay en este momento, no se tiene un control sobre la linealidad y repetibilidad de las mediciones, no se tiene un registro de los ajustes realizados, el costo de alquileres de las masas y la disponibilidad de las mismas hace complicados los ajustes cuando se necesitan, no hay un programa de mantenimiento que permita garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

## **2.8 Puntos críticos**

No se ha realizado un estudio que defina los puntos críticos que pueden afectar al proceso y por ende no existe una rutina adecuada de inspección de los mismos que garantice su correcto funcionamiento durante un tiempo determinado de producción.

## **2.9 Programa de mantenimiento**

El programa de mantenimiento actual, solo contempla la limpieza interna y externa de las tolvas y las mangas, hasta el momento no ha habido un desarrollo de una rutina de mantenimiento adecuada para todos los puntos que pueden afectar las básculas y generar error en las mediciones.

### **2.9.1 Frecuencias de calibraciones o verificaciones**

Limpieza interna, externa y de mangas quincenal, ajuste de parámetros punto cero y punto máximo cada dos meses, el personal utilizado es una persona encargada del ajuste y dos ayudantes para realizar la limpieza y la subida de las masas a las báscula.

## **2.10 Repuestos**

Inventario actual, se cuenta con 3 celdas de carga para las basculas grandes y 3 celdas de carga para la bascula pequeña, también hay dos controladores DK800 y tarjetas de PLC, no se han ingresado al sistema de computo automático las cantidades de máximos y mínimos de cada uno de los repuestos para siempre tenerlos en stock, tampoco hay solicitudes en tránsito.

## **2.11 Parámetros**

Existe un listado en inglés de los parámetros, el cual debe ser traducido para su mejor comprensión y también deben hacerse los listados de los parámetros individuales de cada uno de los módulos de pesaje para poder tener un respaldo de los mismos para en caso de cualquier problema se pueda recuperar el sistema sin contratiempos y sí minimizar el tiempo de paro de producción, no se ha hecho un procedimiento por escrito del ajuste de los módulos Mesomatic DK800 de las básculas, por lo que deberá

desarrollarse de manera que cualquier persona con una capacitación adecuada pueda realizar el trabajo de verificación o calibración.

### **2.12 Error de las básculas**

Actualmente se encuentra el error, pero la linealidad y la repetibilidad no se pueden estudiar ya que solo se hace la medición en un punto, no se ha hecho un análisis que pueda tener elementos suficientes para hacer todo el cálculo relacionado con la determinación de la incertidumbre de las mediciones realizadas.



### **3. PROPUESTA DEL MODELO**

#### **3.1 Masas patrón**

Se deberán comprar una o más masas calibradas, certificadas y con su carta de trazabilidad para usarse como patrones en las calibraciones, Se propone la fabricación de las masas de trabajo para poder disponer de ellas en cualquier momento y ahorrar el costo de alquiler.

##### **3.1.1 Ajuste y calibración de las masas de trabajo**

Se propone medir una por una las masas de trabajo con una báscula certificada y compararlas con las masas certificadas, ajustarlas y calibrarlas.

##### **3.1.2 Cuantificación de masas patrón a utilizar**

Se cuantificará la cantidad correcta de masas para que quepan físicamente en la báscula y que sea la sumatoria adecuada de pesos para no dañar la báscula y para hacer una calibración correcta.

#### **3.2 Mediciones iniciales en básculas**

Se propone hacer mediciones antes de hacer cualquier limpieza o ajuste a las básculas, este trabajo de de mucha importancia y generalmente no se hace ya que se procede directamente a limpiar y a hacer mantenimiento a los equipos, pero al hacerlo podemos determinar como se encontraban los equipos durante la última etapa de la operación, de lo contrario no hay forma poder mover las fechas en el calendario de mantenimiento ya sea acortándolos o alargándolos y tener todas los beneficios de disminución de costos, buena calidad en las mediciones etc.

### **3.3 Puntos de inspección**

#### **3.3.1 Revisión mecánica de las básculas**

Revisión de las tolvas de las básculas, las piezas de hule que separan las tolvas de la pared del techo, que físicamente no tope la tolva con ningún cuerpo extraño. Los pernos de seguridad deben estar totalmente libres.

#### **3.3.2 Ajustes**

En sus tres apoyos las básculas deben estar correctamente niveladas.

#### **3.3.3 Lubricación**

Principalmente en las celdas de las dos básculas grandes.

#### **3.3.4 Neumática**

Existe un sistema de aireación por medio de aire comprimido, se propone revisar la presión, para que este dentro de los rangos correctos, como también los filtros de bronce para la correcta limpieza y las válvulas solenoides que inyectan aire.

#### **3.3.5 Válvulas de mariposa**

Se debe hacer una revisión de las válvulas de mariposa que dosifican los diferentes materiales para la mezcla tanto de entrada como de salida de las tolvas.

#### **3.3.6 Transportadores**

Chequear mecánicamente la operación correcta de los mismos.



### **3.4 Parámetros**

Elaboración de listado de parámetros, deberá hacerse un listado de todos los parámetros de la báscula con su respectivo concepto, se propone copiar todos los parámetros de los módulos de pesaje para tener una base de recuperación rápida en caso de daño de un módulo de pesaje o por alguna otra causa.

### **3.5 Calibración**

#### **3.5.1 Elaboración del procedimiento de calibración**

Se hará el procedimiento de calibración y se calibrarán las básculas utilizando los patrones descritos.

#### **3.5.2 Cálculo del error o incertidumbre**

Deberá calcularse la incertidumbre tipo “A”, la incertidumbre tipo “B”, la incertidumbre combinada y la incertidumbre expandida, como parte importante del proceso de calibrar los instrumentos en cuestión.

#### **3.5.3 Linealidad**

Se harán mediciones de peso en diferentes puntos para poder observar la linealidad de las básculas.

#### **3.5.4 Repetibilidad**

Se harán las mediciones de peso varias veces para determinar la repetibilidad

### **3.6 Registros**

Se harán los registros correspondientes a cada prueba, como constancia de ejecución de las calibraciones y para las auditorías.

### **3.6.1 Comparación**

Los registros servirán de base para tomar decisiones con respecto al tiempo de espaciamiento de calibraciones.

### **3.7 Plan anual de calibraciones**

Creación, en base a las pruebas se recomendará hacer las calibraciones en cada lapso de tiempo y se generará el plan anual de las mismas.

#### **3.7.1 Seguimiento**

El seguimiento a los registros y al plan anual de calibraciones es de suma importancia, ya que por medio de éstos se podrá encontrar el tiempo óptimo entre calibraciones, si es demasiado extendido las máquinas tienden a dar problemas y es necesario acotar el tiempo de mantenimiento, si es demasiado corto los costos de mantenimiento se incrementan disminuyendo las ganancias generadas por la planta, por lo tanto se dará un seguimiento a los trabajos para hacer las correcciones necesarias para la mejora continua.

## **4. CALIBRACIÓN DE LAS BÁSCULAS.**

### **4.1 Masas**

#### **4.1.1 Monto adecuado**

Las básculas tienen alrededor de la tolva dos voladizos de metal diseñados para poder soportar las masas de calibración que es el único lugar correcto donde se pueden instalar masas para que las básculas lo lean correctamente.

Se consideró primero el espacio físico disponible en la máquina y dio como resultado que caben 40 masas de 15 por 25 centímetros en el espacio disponible para las mismas, también se consideró que las masas de 20 kg. Son demasiado pesadas y pueden lesionar a las personas que hacen la calibración por lo que se usaron masas de 15kg. Más cómodas y maniobrables, lo que nos da un total de 600kg. Para la calibración.

#### **4.1.2 Fabricación**

Tomando en cuenta el costo del alquiler de las masas, cada vez que se hacía una calibración, se procedió a la fabricación de las 40 masas y se ajustaron a 15kg en una báscula certificada, dando un resultado bastante satisfactorio.

#### **4.1.3 Masas trazables**

Se compraron a la empresa revuelta tres mazas (figura 18), con su certificado de calibración y con su carta de trazabilidad para usarse como patrones para calibrar las masas fabricadas en planta, se adquirió una maza de 20kg. Una de 10kg. Y una de 5kg. Estas reúnen todos los requisitos para usarse como patrones para realizar las calibraciones y verificaciones necesarias.

## 4.2 Procedimiento de calibración de las básculas

### 4.2.1 Mediciones iniciales

¿Por qué se hacen las lecturas iniciales del instrumento? Para poder saber cómo ha estado operando la báscula hasta antes de hacer la presente calibración, un error frecuente es que solo se para la máquina, se limpia y se ajusta para luego hace la calibración, pero de este modo no se puede saber si últimamente la báscula operó correctamente, en cambio si se hace una medición inicial, o sea se ponen las masas a la báscula y se mira cuanto indica la pantalla, sin hacer limpieza y sin hacer ninguna reparación a la báscula sabremos si es necesario acortar el tiempo para el próximo mantenimiento y consiguiente calibración.

Si el instrumento se encuentra midiendo mal, la próxima calibración debe hacerse en menos tiempo, si el instrumento está midiendo bien se puede alargar el tiempo de la próxima calibración hasta obtener un plan anual de calibraciones que garantice que la báscula está operando correctamente y al mismo tiempo se reducen los costos de mantenimiento y calibraciones.

**Tabla II. Lecturas iniciales de los instrumentos:**

Patrón Kg.	Báscula 1	Báscula 2		Patrón Kg.	Báscula 4
0	1.4	1.3		0	0.031
150	151.4	151.3		15	15.012
300	301.4	301.4		30	29.992
450	451.4	451.4		45	44.991
600	601.3	601.4		60	60.001

El error encontrado se debe a corrimiento del Cero de la báscula, cabe mencionar que es despreciable ya que la báscula tiene auto tara y se ajusta automáticamente o manualmente luego de cada bachada.

### **4.3 Rutina de mantenimiento**

#### **4.3.1 Puntos críticos**

Los puntos de inspección o puntos críticos, son todos aquellos que si no operan correctamente pueden afectar la medición, previo a trabajarlos se debe hacer las mediciones iniciales para saber las condiciones ultimas en las que estuvo trabajando la báscula y para poder tener control sobre la frecuencia del mantenimiento, como parte de la calibración se deben revisar los puntos críticos, bajo ninguna circunstancia se debe dejar de revisarlos ya que algunos de ellos pueden fallar antes de la próxima calibración, a continuación mencionamos los puntos críticos de las básculas que se revisarán periódicamente.

#### **4.3.2 Celdas de carga**

**Figura 14. Mantenimiento a celdas de carga**



La figura 14 muestra una celda de carga. Cada una de las básculas cuenta con tres de ellas ubicadas en forma triangular en la base de la tolva, cada una carga exactamente la tercera parte de la carga total que tiene internamente la tolva, las celdas tienen el la parte de arriba y en la parte de abajo forma esférica con el fin de tener más libertad de movimiento, y descansan sobre piezas cóncavas que soportan la parte circular de la celda de carga, estas uniones deben ser engrasadas cada quince días idealmente, cuidando de no sobrepasar los 30 días ya que en los ensayos se determinó que el constante ingreso de producto a la tolva hace que la grasa se escurra o desplace del las uniones esféricas causando sequedad y por lo tanto que la báscula dé errores considerables. Se determinó en varias ocasiones que pasados los 24 días la báscula ya empieza a dar error, esto también depende de la continuidad de la producción de la planta, pero en los períodos de prueba si se estuvo trabajado continuamente incluyendo los fines de semana.

En la parte izquierda de la figura 14 se puede observar una barra de metal con una tuerca en la parte superior, esta debe siempre ir floja pero nunca se le debe quitar la tuerca, ya que la bascula descansa sobre tres puntos que son las celdas de carga pero nunca debe tocar o rozar partes fijas o sólidas de la estructura ya que influyen la indicación de peso, es importante hacer notar que la tolva de la báscula no está sostenida por nada más que no sean las celdas, por lo que físicamente puede caerse en el caso de un temblor o terremoto de grandes proporcione, por lo que estas barras de metal en realidad son piezas de prevención en caso de algún desastre natural, pero para la operación normal deben ir libres, apretarlas presionaría la celda y daría una medición errónea.

#### **4.3.3 Nivelación, sistema neumático y gusanos**

Se nivelaron las básculas para que las celdas de carga reciban el peso uniformemente. También se revisó todas las mangueras del sistema neumático para que no tuvieran fugas y se hizo una inspección mecánica a los gusanos transportadores.

#### 4.3.4 Válvulas de mariposa de descarga de básculas

Figura 15. Válvulas de mariposa de descarga de báscula.



En la figura 15 se muestran las válvulas de mariposa, éstas tienen un empaque o sello de hule en la parte interna que con el paso de material se desgastan y pueden causar ingreso de material no deseado en el caso de las válvulas de mariposa de la parte superior de las básculas, también hay una válvula en la parte inferior de la tolva que al tener fuga por el empaque, pierde material y hace que varíen las proporciones adecuadas de materia prima y por lo tanto que el producto salga no conforme a la especificación. También son importantes la presión de aire de la planta para que tenga fuerza la válvula y la correcta operación del cilindro rotante y la electro válvula Namur y los micro switchs eléctricos que mandan al PLC la señal de abierto o cerrado.

#### 4.3.5 Mangas para evacuación de aire

Figura 16. Mangas para evacuación de aire



La figura 16 muestra las mangas para evacuación de aire, cuando ingresa material a la tolva de la báscula esta se presuriza ya que el aire no tiene por donde escapar creando un efecto de acordeón que presiona las celdas y al mismo tiempo da error de medición, para evitar esto las basculas tienen en la parte superior dos mangas de tela para aliviar el aire, debe limpiarse las mangas por lo menos cada 15 días para evitar este problema, y cambiarse cada 6 meses.



#### 4.3.6 Junta de goma entre tapa de la bascula y la tolva.

Figura 17. Junta de goma



En la figura 17 se puede observar en la parte media de la báscula una cinta de goma que separa la parte fija de la báscula de la parte móvil o flotante, debe mantenerse libre para asegurarse que la tolva de la báscula cargue correctamente el material.

#### 4.3.7 Vibradores

Las básculas tienen en las tolvas vibradores para ayudar a desprender el material que sale de las mismas estos son eléctricos y deben funcionar correctamente para que la limpieza de la báscula sea correcta, no tienen piezas de recambio pero si deben haber vibradores de repuesto.

#### 4.4 Cálculo de incertidumbre Báscula 1

Tabla III. Lecturas báscula 1

Patrón Kg.	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5
0	0.11	.07	0.03	0.06	0.02
150	150.01	150.00	150.01	150.02	150.01
300	300.01	300.02	300.00	300.01	299.99
450	450.01	450.02	450.01	450.01	450.00
600	600.02	600.02	600.01	600.01	600.01

##### 4.4.1 Promedios:

$$X_1 = (0.11+0.07+0.03+0.06+0.02)/5 = 0.058$$

$$X_2 = (150.01+150.00+150.01+150.02+150.01)/5 = 150.01$$

$$X_3 = (300.01+300.02+300.00+300.01+299.99)/5 = 300.006$$

$$X_4 = (450.01+450.02+450.01+450.01+450.00)/5 = 450.01$$

$$X_5 = (600.02+600.02+600.01+600.01+600.01)/5 = 600.014$$

##### 4.4.2 Desviaciones estándar:

$$S_1 = \sqrt{[(0.11-X_1)^2+(0.07-X_1)^2+(0.03-X_1)^2+(0.06-X_1)^2+(0.02-X_1)^2]/n} = 0.0318$$

$$S_2 = \sqrt{[(150.01-X_2)^2+(150.00-X_2)^2+(150.01-X_2)^2+(150.02-X_2)^2+(150.01-X_2)^2]/n} = 0.0063$$

$$S_3 = \sqrt{[(300.01-X_3)^2+(300.02-X_3)^2+(300.00-X_3)^2+(300.01-X_3)^2+(299.99-X_3)^2]/n} = 0.0001$$

$$S_4 = \sqrt{[(450.01-X_4)^2+(450.02-X_4)^2+(450.01-X_4)^2+(450.01-X_4)^2+(450.00-X_4)^2]/n} = 0.0063$$

$$S_5 = \sqrt{[(600.02-X_5)^2+(600.02-X_5)^2+(600.01-X_5)^2+(600.01-X_5)^2+(600.01-X_5)^2]/n} = 0.0048$$

##### 4.4.3 Incertidumbre tipo "A":

$$\mu_{a1} = (0.0318*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0395$$

$$\mu_{a2} = (0.0063*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0078$$

$$\mu_{a3} = (0.0001*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0001$$

$$\mu_{a4} = (0.0063*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0078$$

$$\mu_{a5} = (0.0048*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0059$$

#### 4.4.4 Incertidumbre tipo “B”

$$\mu_{b1} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b2} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b3} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b4} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b5} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

#### 4.4.5 Incertidumbre combinada

$$\mu_{c1} = \sqrt{[(0.0395)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2912$$

$$\mu_{c2} = \sqrt{[(0.0078)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2887$$

$$\mu_{c3} = \sqrt{[(0.0001)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2886$$

$$\mu_{c4} = \sqrt{[(0.0078)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2887$$

$$\mu_{c5} = \sqrt{[(0.0059)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2886$$

#### 4.4.6 Incertidumbre expandida:

$$\mu_1 = 0.2912 * 2 = 0.5824$$

$$\mu_2 = 0.2887 * 2 = 0.5774$$

$$\mu_3 = 0.2886 * 2 = 0.5772$$

$$\mu_4 = 0.2887 * 2 = 0.5774$$

$$\mu_5 = 0.2886 * 2 = 0.5772$$

**Tabla IV. Incertidumbre expandida báscula 1.**

Patrón Kg.	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Incertidumbre
0	0.11	.07	0.03	0.06	0.02	0.5824
150	150.01	150.00	150.01	150.02	150.01	0.5774
300	300.01	300.02	300.00	300.01	299.99	0.5772
450	450.01	450.02	450.01	450.01	450.00	0.5774
600	600.02	600.02	600.01	600.01	600.01	0.5772

#### 4.4.7 Registro de calibración:

BÁSCULA No. 1 01/2008



**Datos del cliente, razón social:**

Cementos Progreso S. A.

**Dirección:**

15Av. 18-01 Zona 6 Guatemala C. A.

**Fecha de la calibración:**

29/08/2008

**Vigencia recomendada:**

9/08/2008

**Identificación del instrumento:**

**Nombre:** Báscula No. 1

**Marca:** m-tec

**Normativa utilizada para la calibración:**

OIML 107-1-1997

**Procedimiento utilizado:**

SAC-LP

**Condiciones ambientales**

Temperatura: 24 °C

Humedad: 64%

**Patrones utilizados en la calibración plenamente identificados:**

1 Masa patrón, Revuelta de 5Kg. Una masa patrón Revuelta de 10kg. Y 40 masas de trabajo de 15kg. Calibradas en laboratorio de Cementos Progreso.

**Pruebas y o puntos de inspección:**

Limpieza de la tolva, Limpieza y engrase de Celdas de carga (3), barras de seguridad, empaque de las válvulas de mariposa superiores e inferiores, cableado eléctrico,

**Incluir número de certificado del patrón:**

BRM-IC-13529/08

**Laboratorio primario que realizó la calibración:**

Laboratorio de calibración Basculas Revuelta Maza S. A. de C. V. Acreditación No. M-19

**Laboratorio primario al cual es trazable:**

Bureau international del poids et mesures patron internacional BIPM

Calibró: \_\_\_\_\_

Aprobó: \_\_\_\_\_

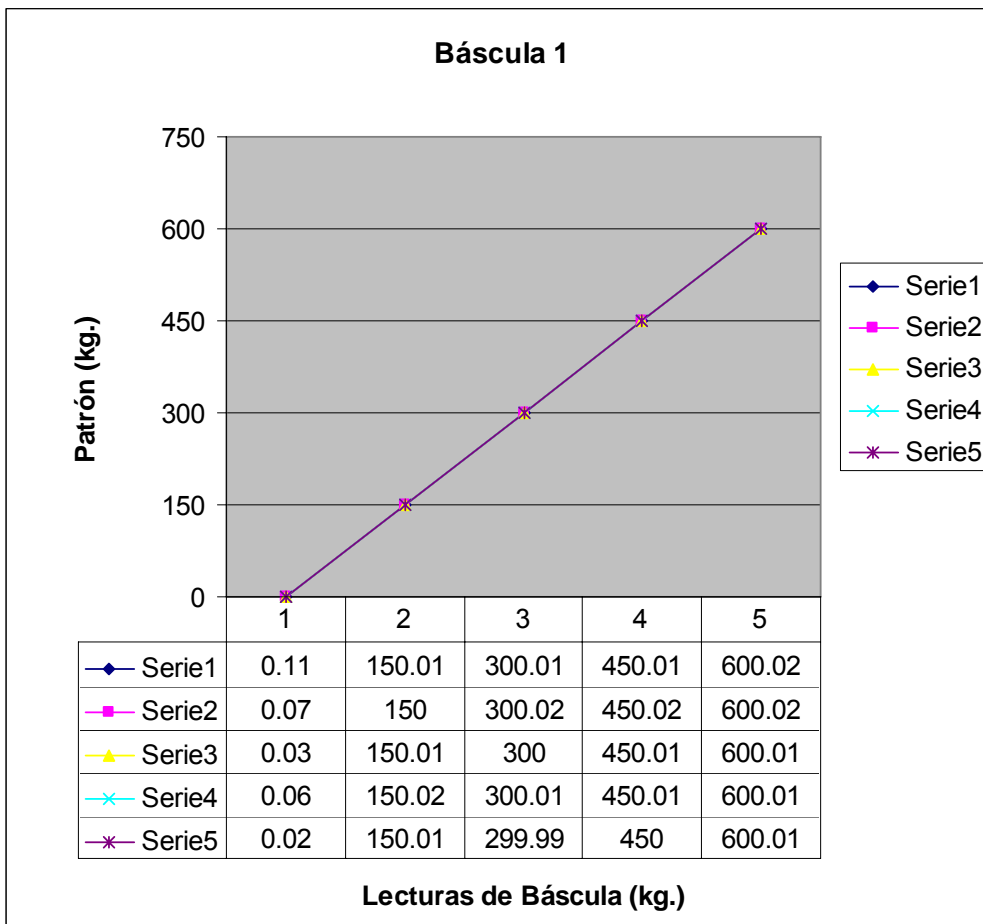
#### 4.4.8 Repetibilidad

De los datos grabados en la tabla anterior se puede ver que la repetibilidad se cumple correctamente en todos los punto de medición.

#### 4.4.9 Linealidad

También de los mismos datos de la tabla se puede observar la linealidad de las mediciones de la báscula, lo cual se grafica en seguida.

**Figura 18. Gráfica de linealidad de la medición de báscula 1.**



## 4.5 Cálculo de incertidumbre Báscula 2

Tabla V. Lecturas báscula 2

Patrón Kg.	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5
0	0.02	0.04	0.01	0.04	0.01
150	150.00	150.02	150.00	150.01	150.02
300	300.02	300.03	300.01	300.04	300.02
450	450.04	450.03	450.04	450.02	450.03
600	600.00	600.01	600.02	600.00	600.02

### 4.5.1 Promedios:

$$X_1 = (0.02+0.04+0.01+0.04+0.01)/5 = 0.0240$$

$$X_2 = (150.00+150.02+150.00+150.01+150.02)/5 = 150.0100$$

$$X_3 = (300.02+300.03+300.01+300.04+300.02)/5 = 300.0240$$

$$X_4 = (450.04+450.03+450.04+450.02+450.03)/5 = 450.0320$$

$$X_5 = (600.00+600.01+600.02+600.00+600.02)/5 = 600.0100$$

### 4.5.2 Desviaciones estándar:

$$S_1 = \sqrt{[(0.02-X_1)^2+(0.04-X_1)^2+(0.01-X_1)^2+(0.04-X_1)^2+(0.01-X_1)^2]/n} = 0.0136$$

$$S_2 = \sqrt{[(150.00-X_2)^2+(150.02-X_2)^2+(150.00-X_2)^2+(150.01-X_2)^2+(150.02-X_2)^2]/n} = 0.0089$$

$$S_3 = \sqrt{[(300.02-X_3)^2+(300.03-X_3)^2+(300.01-X_3)^2+(300.04-X_3)^2+(300.02-X_3)^2]/n} = 0.0102$$

$$S_4 = \sqrt{[(450.04-X_4)^2+(450.03-X_4)^2+(450.04-X_4)^2+(450.02-X_4)^2+(450.03-X_4)^2]/n} = 0.0075$$

$$S_5 = \sqrt{[(600.00-X_5)^2+(600.01-X_5)^2+(600.02-X_5)^2+(600.00-X_5)^2+(600.02-X_5)^2]/n} = 0.0089$$

### 4.5.3 Incertidumbre tipo "A":

$$\mu_{a1} = (0.0356*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0169$$

$$\mu_{a2} = (0.0071*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0111$$

$$\mu_{a3} = (0.0114*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0127$$

$$\mu_{a4} = (0.0071*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0093$$

$$\mu_{a5} = (0.0055*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0111$$

#### 4.5.4 Incertidumbre tipo “B”:

$$\mu_{b1} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b2} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b3} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b4} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b5} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

#### 4.5.5 Incertidumbre combinada:

$$\mu_{c1} = \sqrt{[(0.0169)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2891$$

$$\mu_{c2} = \sqrt{[(0.0111)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2888$$

$$\mu_{c3} = \sqrt{[(0.0127)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2889$$

$$\mu_{c4} = \sqrt{[(0.0093)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2887$$

$$\mu_{c5} = \sqrt{[(0.0111)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2888$$

#### 4.5.6 Incertidumbre expandida:

$$\mu_1 = 0.2891 * 2 = 0.5782$$

$$\mu_2 = 0.2888 * 2 = 0.5776$$

$$\mu_3 = 0.2889 * 2 = 0.5778$$

$$\mu_4 = 0.2887 * 2 = 0.5775$$

$$\mu_5 = 0.2888 * 2 = 0.5776$$

**Tabla VI. Incertidumbre expandida báscula 2**

Patrón Kg.	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Incertidumbre
0	0.02	0.04	0.01	0.04	0.01	0.5782
150	150.00	150.02	150.00	150.01	150.02	0.5776
300	300.02	300.03	300.01	300.04	300.02	0.5778
450	450.04	450.03	450.04	450.02	450.03	0.5775
600	600.00	600.01	600.02	600.00	600.02	0.5776

#### 4.5.7 Registro de calibración:

BASCULA No. 2 01/2008



**Datos del cliente, razón social:**

Cementos Progreso S. A.

**Dirección:**

15Av. 18-01 Zona 6 Guatemala C. A.

**Fecha de la calibración:**

29/08/2008

**Vigencia recomendada:**

9/08/2008

**Identificación del instrumento:**

**Nombre:** Báscula No. 2

**Marca:** m-tec

**Normativa utilizada para la calibración:**

OIML 107-1-1997

**Procedimiento utilizado:**

SAC-LP

**Condiciones ambientales**

Temperatura: 24 °C

Humedad: 64%

**Patrones utilizados en la calibración plenamente identificados:**

1 Masa patrón, Revuelta de 5Kg. Una masa patrón Revuelta de 10kg. Y 40 masas de trabajo de 15kg. Calibradas en laboratorio de Cementos Progreso.

**Pruebas y o puntos de inspección:**

Limpieza de la tolva, Limpieza y engrase de Celdas de carga (3), barras de seguridad, empaque de las válvulas de mariposa superiores e inferiores, cableado eléctrico,

**Incluir número de certificado del patrón:**

BRM-IC-13529/08

**Laboratorio primario que realizó la calibración:**

Laboratorio de calibración Basculas Revuelta Maza S. A. de C. V. Acreditación No. M-19

**Laboratorio primario al cual es trazable:**

Bureau international del poids et mesures patron internacional BIPM

Calibró: \_\_\_\_\_

Aprobó: \_\_\_\_\_



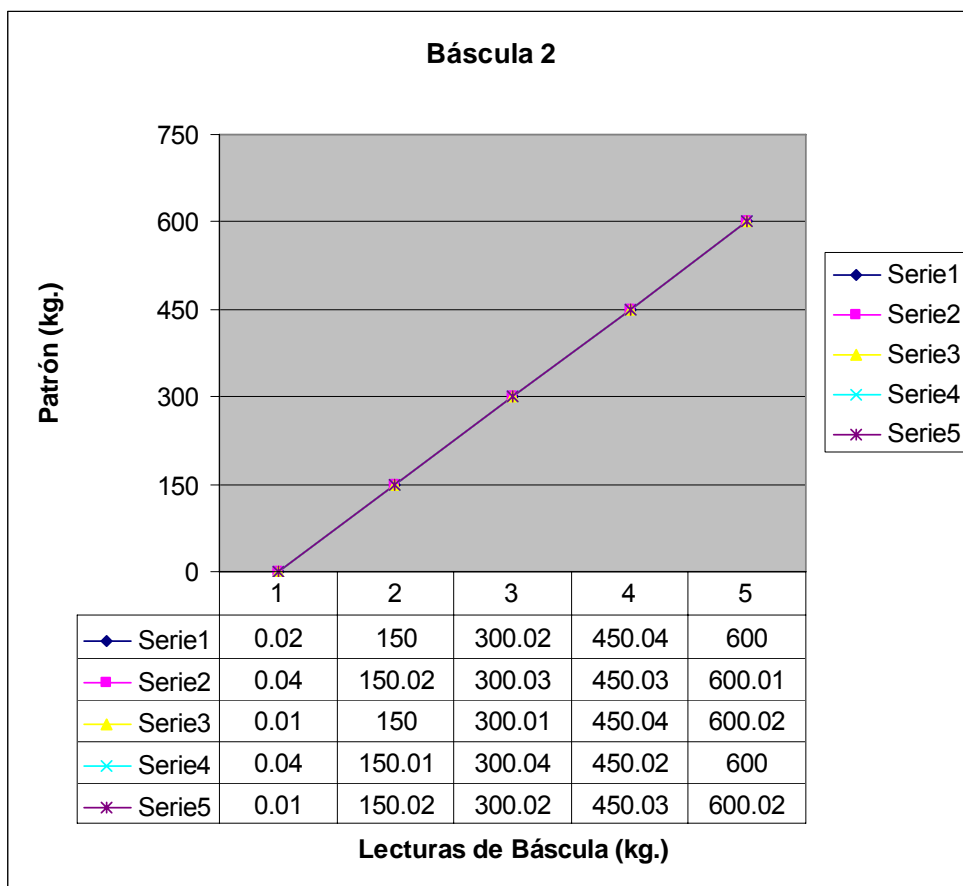
#### 4.5.8 Repetibilidad

De los datos grabados en la tabla anterior se puede ver que la repetibilidad se cumple correctamente en todos los puntos de medición.

#### 4.5.9 Linealidad

También de los mismos datos de la tabla se puede observar la linealidad de las mediciones de la báscula, lo cual se grafica en seguida.

**Figura 19. Gráfica de linealidad de la medición de báscula 2.**



## 4.6 Cálculo de incertidumbre Báscula 4

Tabla VII. Lecturas báscula 4

Patrón Kg.	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5
0	0.039	0.008	0.017	0.019	0.012
15	15.022	14.953	14.917	14.991	15.001
30	29.942	29.842	29.873	29.986	29.919
45	44.931	44.926	44.936	45.001	44.999
60	59.984	59.998	60.011	60.001	59.992

### 4.6.1 Promedios:

$$X_1 = (0.039+0.008+0.017+0.019+0.012)/5 = 0.0190$$

$$X_2 = (15.022+14.953+14.917+14.991+15.001)/5 = 14.9768$$

$$X_3 = (29.942+29.842+29.873+29.986+29.919)/5 = 29.9124$$

$$X_4 = (44.931+44.926+44.936+45.001+44.999)/5 = 44.9586$$

$$X_5 = (59.984+59.998+60.011+60.001+59.992)/5 = 59.9972$$

### 4.6.2 Desviaciones estándar:

$$S_1 = \sqrt{[(0.039-X_1)^2+(0.008-X_1)^2+(0.017-X_1)^2+(0.019-X_1)^2+(0.012-X_1)^2]/n} = 0.0107$$

$$S_2 = \sqrt{[(15.022-X_2)^2+(14.953-X_2)^2+(14.917-X_2)^2+(14.991-X_2)^2+(15.001-X_2)^2]/n} = 0.0373$$

$$S_3 = \sqrt{[(29.942-X_3)^2+(29.842-X_3)^2+(29.873-X_3)^2+(29.986-X_3)^2+(29.919-X_3)^2]/n} = 0.0507$$

$$S_4 = \sqrt{[(44.931-X_4)^2+(44.926-X_4)^2+(44.936-X_4)^2+(45.001-X_4)^2+(44.999-X_4)^2]/n} = 0.0340$$

$$S_5 = \sqrt{[(59.984-X_5)^2+(59.998-X_5)^2+(60.011-X_5)^2+(60.001-X_5)^2+(59.992-X_5)^2]/n} = 0.0090$$

### 4.6.3 Incertidumbre tipo "A":

$$\mu_{a1} = (0.0107*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0133$$

$$\mu_{a2} = (0.0373*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0464$$

$$\mu_{a3} = (0.0507*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0630$$

$$\mu_{a4} = (0.0340*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0422$$

$$\mu_{a5} = (0.0090*2.78) / (\sqrt{5}) = 0.0112$$

#### 4.6.4 Incertidumbre tipo “B”

$$\mu_{b1} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b2} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b3} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b4} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

$$\mu_{b5} = 1/(2*\sqrt{3}) = 0.2886$$

#### 4.6.5 Incertidumbre tipo “C”

$$\mu_{c1} = \sqrt{[(0.0133)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2889$$

$$\mu_{c2} = \sqrt{[(0.0464)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2923$$

$$\mu_{c3} = \sqrt{[(0.0630)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2954$$

$$\mu_{c4} = \sqrt{[(0.0422)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2917$$

$$\mu_{c5} = \sqrt{[(0.0112)^2 + (0.2886)^2]} = 0.2888$$

#### 4.6.6 Incertidumbre expandida:

$$\mu_1 = 0.2889 * 2 = 0.5778$$

$$\mu_2 = 0.2923 * 2 = 0.5846$$

$$\mu_3 = 0.2954 * 2 = 0.5908$$

$$\mu_4 = 0.2917 * 2 = 0.5833$$

$$\mu_5 = 0.2888 * 2 = 0.5776$$

**Tabla VIII. Incertidumbre expandida báscula 4**

Patrón Kg.	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Incertidumbre
0	0.039	0.008	0.017	0.019	0.012	0.5778
15	15.022	14.953	14.917	14.991	15.001	0.5846
30	29.942	29.842	29.873	29.986	29.919	0.5908
45	44.931	44.926	44.936	45.001	44.999	0.5833
60	59.984	59.998	60.011	60.001	59.992	0.5776

#### 4.6.7 Registro de calibración:

BASCULA No. 4 01/2008



**Datos del cliente, razón social:**

Cementos Progreso S. A.

**Dirección:**

15Av. 18-01 Zona 6 Guatemala C. A.

**Fecha de la calibración:**

29/08/2008

**Vigencia recomendada:**

9/08/2008

**Identificación del instrumento:**

**Nombre:** Báscula No. 4

**Marca:** m-tec

**Normativa utilizada para la calibración:**

OIML 107-1-1997

**Procedimiento utilizado:**

SAC-LP

**Condiciones ambientales**

Temperatura: 24 °C

Humedad: 64%

**Patrones utilizados en la calibración plenamente identificados:**

1 Masa patrón, Revuelta de 5Kg. Una masa patrón Revuelta de 10kg. Y 4 masas de trabajo de 15kg. Calibradas en laboratorio de Cementos Progreso.

**Pruebas y o puntos de inspección:**

Limpieza de la tolva, Limpieza y engrase de Celdas de carga (3), barras de seguridad, empaque de las válvulas de mariposa superiores e inferiores, cableado eléctrico,

**Incluir número de certificado del patrón:**

BRM-IC-13529/08

**Laboratorio primario que realizó la calibración:**

Laboratorio de calibración Basculas Revuelta Maza S. A. de C. V. Acreditación No. M-19

**Laboratorio primario al cual es trazable:**

Bureau international del poids et mesures patron internacional BIPM

Calibró: \_\_\_\_\_

Aprobó: \_\_\_\_\_

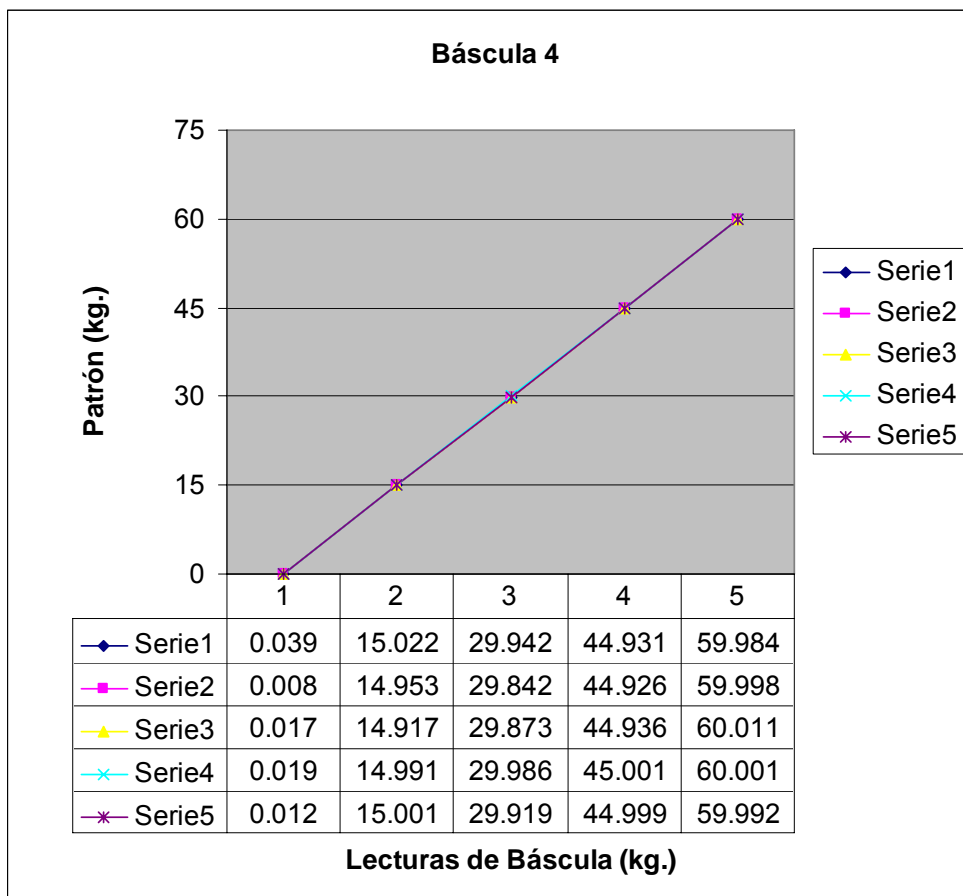
#### 4.6.8 Repetibilidad

De los datos grabados en la tabla anterior se puede ver que la repetibilidad se cumple correctamente en todos los punto de medición.

#### 4.6.9 Linealidad

También de los mismos datos de la tabla se puede observar la linealidad de las mediciones de la báscula, lo cual se grafica en seguida.

**Figura 20. Gráfica de linealidad de la medición de báscula 4.**



## 4.7 Procedimiento de ajuste de básculas MESOMATIC DK800

Mover switch 1 a posición on (solo el 4 está en on normalmente) se encuentra en la parte de atrás del módulo DK 800.

### 4.7.1 Pesos de ajuste

Utilizando **(+/-)** ubicar parámetro “58 adjust weight” (ajuste de pesos)

Al presionar **net** edito el valor del parámetro

Con **F** me muevo en los dígitos y con **+/-** cambio valor, (aquí hay que ingresar el dato de la sumatoria de las masas que se va a utilizar para el ajuste)

Presionando **net** acepto el valor ingresado al parámetro.

### 4.7.2 Ajuste de cero

Utilizando **(+/-)** ubicar parámetro “59 Zero” (ajuste de cero)

Presione **Net** (el display dice unload weight, en este momento se debe tener la báscula limpia y sin ningún peso)

Presionar **+ y – juntos** esto hace que comience el ajuste del cero, el display dirá “Wait” (espere) y uno segundos después termina el ajuste de Zero.

### 4.7.3 Ajuste máximo de escala

Utilizando **(+/-)** ubicar parámetro “60 Max scale adjust “ (ajuste máximo de escala)

Presione **Net**, (el display indicará “load weight”, en este momento poner las masas sobre la bascula, exactamente el monto que se ingresó en el parámetro 58)

Presionar **+ y – juntos**, esto hace que comience el ajuste máximo, el display dirá “Wait” (espere) y uno segundos después terminará el ajuste máximo

Presionar **F**, para terminar el ajuste, cambiar switch 1 a posición off, y el ajuste de los puntos cero y máximo ha terminado.

## **4.8 Frecuencias de calibraciones**

### **4.8.1 Ensayos**

Primera prueba, se hizo una medición inicial observándose una variación considerable en el resultado mayor a 22kg, se realizó todo el procedimiento de calibración anteriormente descrito, luego de la calibración la bascula quedo muy bien.

Se hizo una segunda prueba un mes después y se encontró con mucha variación, esta vez 39kg, se hizo nuevamente todo el procedimiento de calibración.

Se hizo una prueba 15 días después y se encontró en un estado bastante aceptable, 1kg. de error.

Se hizo una prueba un mes después y se encontró con una variación de 17kg.

Luego de analizar cuidadosamente el problema y de hacer una revisión mecánica a las básculas se determino que el problema está en la grasa de las celdas de carga, esta es desplazada por el peso que repetidas veces ingresa a las básculas, por lo que se recomienda engrasar las básculas cada tres semanas máximo ya que las pruebas se encontró que a las cuatro semanas ya se ha desplazado completamente la grasa y es cuando empieza a dar variaciones considerables de peso.

De aquí se saca un valioso dato, el valor de tiempo entre calibraciones que es igual a tres semanas.

#### **4.9 Plan anual de calibraciones**

Viernes 29 de agosto de 2008  
Viernes 19 de septiembre de 2008  
Viernes 10 de octubre de 2008  
Viernes 31 de octubre de 2008  
Viernes 21 de noviembre de 2008  
Viernes 12 de diciembre de 2008  
Viernes 2 de enero de 2009  
Viernes 23 de enero de 2009  
Viernes 13 de febrero de 2009  
Viernes 6 de marzo de 2009  
Viernes 27 de marzo de 2009  
Viernes 17 de abril de 2009  
Viernes 8 de mayo de 2009  
Viernes 29 de mayo de 2009  
Viernes 19 de junio de 2009  
Viernes 10 de julio de 2009  
Viernes 31 de julio de 2009  
Viernes 21 de agosto de 2009  
Viernes 11 de septiembre de 2009  
Viernes 2 de octubre de 2009  
Viernes 23 de octubre de 2009  
Viernes 13 de noviembre de 2009  
Viernes 4 de diciembre de 2009  
Miércoles 23 de diciembre de 2009

El seguimiento y los ajustes a este plan siempre se deben hacer de acuerdo a las estadísticas observadas en los registros de calibración que se almacenen con cada rutina efectuada.



## 4.10 Parámetros.

Tabla IX. Parámetros del modulo de pesaje Mesomatic DK800.

Fct. no.	Texto monitor	Descripción	Dimensión o Selección	Valor Fabrica	Valor Báscula 1	Valor Báscula 2	Valor Báscula 4
5	N U L. C L R	Borrar memoria de punto cero					
7	Z. A L I G N	Continuación de cero fallado	NONE. WITH	NONE	NONE	NONE	WITH
10	E M P T Y	Umbral de vació	kg	0.1	0.1	0.1	00.000
11	E M P T Y. H	Histéresis de vació	kg	0.1	0.1	0.1	0.1
12	E M P T Y. D	Retardo de vació	s	1	1	1	1
23	D L Y. T A R	Espera de tiempo antes de tara	s	1	1	1	1
25	D O S. T M. C	tiempo de monitoreo de dosificado	s	60	60	60	000.0
26	D L Y. R E G	tiempo de espera antes de registrar	s	0.5	0.5	0.5	0.5
41	P R I N T R	imprimir on/off	NONE. WITH		NONE	NONE	NONE
44	R E V. N O.	No. de revisión del programa		05 E	05 E	05 E	05 E
45	R E V. D A T	Fecha de revisión del programa		25.04.03	25.04.03	25.04.03	25.04.03
47	I - T E S T	prueba de circuito de entrada					0400
48	O - T E S T	prueba de circuito de salida					
49	A / D - C - T	Prueba de Conv. A/D y D/A					
50	A P P R. N O	No. de aprobación	NAW. SWA. SWE	NAW	NAW	NAW	NAW
51	A. C A L.	Modo de auto calibración	NONE. ZERO. Z.*GAIN	Z.+ GAIN	Z.+ GAIN	Z.+ GAIN	Z.+ GAIN
52	A / D - I. R	Rango de Conv. A/D de entrada	UNIPOL. BIPOL	UNIPOL	UNIPOL	UNIPOL	UNIPOL
53	R E S O L U	Desplegar divisiones	Digit	1	1	1	1
54	N O. O. D I G	Numero de dígitos	Digit	10000	3500	3500	60000
55	D E C. P T	Punto decimal		##.##	##.##	##.##	##.##
56	A V. C P T.	No. promedio de ciclos	2n	9	9	9	9
58	A D J. W G T	Peso de ajuste	kg	10	600	600	45
59	A D J. 0	Ajuste de punto cero		1mV			
60	A D J. M A X	Ajuste de punto máximo		20 mV			
61	O - S H F T	cambio de cero					
62	A N. O U T P	Salida analógica	NONE.O-10V.0-20mA	0-10V	0-10V	0-10V	0-10V
63	A A V. C Y C	No. de ciclos promedio	2 n	8	8	8	04
64	A N. M O D E	modo de salida análoga	GROSS. NET/G. NET/ 0		Net	Net	Net
			DOSING. D. RAMP	GROSS	GROSS	GROSS	GROSS
65	A. A D J. O	ajuste de cero analógico		ca.000	ca.000	ca.000	ca.000
66	A.A D J. M X	ajuste de máximo analógico		1	1	1	1
67	O V E R L D	alarma de sobre carga	kg	0	3600	3600	61
68	M I N.	carga mínima	kg	0.02	0.02	0.02	0.02
69	Z. R A N G E	rango de posición de cero	%	2	2	2	2
70	S S. T I G T	tiempo base	s	2	2	2	2
71	S S. D I G T	pausa monitor	d	1	1	1	1
72	S S. D. / A. C	ciclo promedio	d/Mittw.Zykl.	1	1	1	1
76	N E T. S G N	letrero "net"	NORMAL. REVERS	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL
77	N E G W G	medición negativa de peso	NONE. WITH	NONE	NONE	NONE	NONE
78	P W R. R S T	modo reset activado	NONE. WITH	WITH	WITH	WITH	WITH
79	L I M. S P. M	modo para limit switch	GROS. GROS. NET				
			NET. NONE	NONE	NONE	NONE	NONE

Fct. no.	Texto monitor	Traducción	Dimensión o Selección	Valor Fabrica	Valor Báscula 1	Valor Báscula 2	Valor Báscula 4
80	E/ O L - 0	Salidas vacía y sobrecarga	NONE.+E+ OL+ E- OL				
81	D A T A - 0	salida de datos	NONE. MUX. 2- STP 2-STP.1. CTRL-0	NONE	NONE	NONE	NONE
82	B C D . C L K	clock BCD	ms	5	5	5	5
83	E X T . T A R	tara externa	NONE WITH	NONE	NONE	NONE	NONE
84	D O S I N G	modo de dosificación	NONE.C/F. D+C.1 D	NONE	NONE	NONE	NONE
92	Z . S E T . E N	liberación de punto cero	NONE WITH	NONE	NONE	NONE	NONE
93	Z . A L G . E N	continuación de liberado de punto cero	NONE. WITH	WITH	WITH	WITH	WITH
94	E X . Z . S E T	activación de cero externo	ONLY S. INP. O+S	ONLY S	ONLY S	ONLY S	ONLY S
95	P U . A C T . V	medición actual del transmisor	60/V	Ca. 300	Ca. 300	Ca. 300	Ca. 300
96	P U . L I M.	medición mínima del transmisor	60/V	285	285	285	285
97	P U . L I M.	medición máxima del transmisor	60/V	315	315	315	315
98	B R I G H T	variación de brillo del display		B. TEST8	B. TEST8	B. TEST8	B. TEST8
99	K B . L O C K	modo de candado de teclado	ONLY S. INP. 1+S	ONLY S	ONLY S	ONLY S	ONLY S
100	C O M . T Y P	interfase serial	NONE. RS232. RS485 RS422. PROF.I.B	PROFI.B	PROFI.B	PROFI.B	PROFI.B
101	C O M . N O.	dirección de comunicación (No. de nodo)		126	40	41	43
106	E X T D . D . D	numero de decimales de la interfase serial		0	0	0	0
111	N . V . S R C	valor nominal de fuente	INTERN. AN. INP	INTERN	INTERN	INTERN	INTERN
120	L . - C O R R	corrección de linealidad del peso	NONE. WITH	NONE	NONE	NONE	NONE
136	A . O . . R N G . 2	2o. Rango de salida analógica		0.00	0.00	0.00	0.00
137	N E G . R N G	Rango negativo del display	NORMAL. EXTEND	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL
138	U L D . E R R	modo en condición sin carga	UL=OL. NONE	UL= OL	UL= OL	UL= OL	UL= OL
139	C . D T A . W R	escribir datos de configuración					
140	C . D T A . R D	leer datos de configuración					
143	I A P V . O . L	Ajuste de cero bajo		48407	28301	26231	58620
144	I A P V . O . H	Ajuste de cero alto		0.0000	1	1	0
145	I A P V . M . L	Máximo de escala bajo		36590	43341	40125	61508
146	I A P V . M H	Máximo de escala alto		14	2	2	1
148	D E L . A L L	borrar toda la memoria					

## **5. SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA**

### **5.1 Resultados**

Al implementar un programa de mejora continua la empresa deberá proporcionar los recursos para que los productos finales tengan especificaciones que sobrepasen los estipulados por las normas, lo que aumentará la calidad del producto final y el consumidor se verá beneficiado con un producto de alta calidad.

Actualmente, la empresa está dando mucho énfasis a la seguridad industrial, al cuidado de medio ambiente y a la satisfacción del cliente con productos de alta calidad, definitivamente la aplicación correcta de los principios metrológicos bien organizados darán un impulso bastante grande a la calidad de los productos elaborados en la planta de Predosificados.

### **5.2 Registros**

El archivar correctamente los registros de calibración será de gran valor para la empresa de manera que podrá ver en ellos las estadísticas de operación de las básculas pudiendo modificar las frecuencias de las calibraciones para optimizar su funcionamiento siempre con un control que también dependerá del tiempo de operación de la maquinaria.

Las bases de datos bien organizadas de los registros de las calibraciones de los distintos instrumentos de inspección medición y ensayo han sido de gran importancia para las auditorias de calidad que se han realizado en la planta ya certificada en ISO 9001 y éstos definitivamente serán de gran valor para una futura certificación de la planta de Predosificados en algún sistema de control de calidad.

### **5.3 Estadística**

Los sistemas de computo tanto de la parte de mezclado como de la parte de envasado son bastante amigables y permiten visualizar rápidamente algún descontrol en la producción, también el control de calidad del producto terminado es bastante riguroso por parte del laboratorio químico que muestrea constante mente los sacos de cada uno de los productos terminados, sumado a esto la aplicación correcta de la metrología ayudará grandemente a minimizar el producto no conforme a las especificaciones de calidad a las cuales se rigen los productos que aquí se fabrican.

### **5.4 Auditorias**

Las auditorias de calidad aún no aplican para la planta de predosificados por no estar dentro del alcance de la certificación ISO 9001 a la cual ya se encuentra sometida el resto de plantas de Cementos Progreso S. A.

### **5.5 Ajuste a plan anual de calibraciones**

Los ajustes al plan anual de calibraciones se harán en base a varios puntos, en primer lugar de la demanda de los productos, ya que de eso dependerá el trabajo al que estén sometidas las básculas, también a la calidad de los productos usados en el mantenimiento y al presupuesto que se tenga para el mantenimiento.

## CONCLUSIONES

1. El procedimiento de calibración queda asentado en las páginas de la 42 a la 60. En la práctica el error máximo tolerable al aplicar este procedimiento es, para las básculas grandes 3kg. Y Para la báscula pequeña 0.5kg.
2. En la rutina de mantenimiento se destaca que Las diferencias de peso entre la mezcladora y la envasadora se deben principalmente a roturas en los empaques de las válvulas de mariposa de la parte inferior de las básculas, que permiten que se filtre material que al final no es contabilizado por la báscula pero que pasa en el proceso, provocando variaciones en la calidad de los productos y reflejando una diferencia entre mezclado y envasado, por lo que debe revisarse como parte de esta rutina una vez al mes.
3. Los registros de calibración cumplen con todas las características necesarias
4. La frecuencia de calibración no debe ser mayor a 24 días ya que después de este tiempo la grasa de las celdas de carga se desplaza e introduce un error considerable en las mediciones. Se recomienda calibrar con una frecuencia de tres semanas.
5. En la tabla IX de las páginas 63 y 64 quedan salvados todos los parámetros de las tres básculas.
6. El monto adecuado de masas al calibrar es de 600kg.



## RECOMENDACIONES

1. Revisar anualmente el procedimiento de calibración para establecer la mejora continua.
2. Como parte de la rutina de mantenimiento se recomienda: cambiar las mangas de evacuación de aire por lo menos cada 3 meses ya que esta se satura de polvo y puede provocar errores de medición. Cambiar anualmente la serie de guarniciones a los actuadores neumáticos de la parte inferior de las básculas para garantizar su correcto funcionamiento. Cambiar por lo menos una vez al año las guarniciones de las válvulas de mariposa ya que al estar dañadas introducen considerable error a la medición de las básculas y a la calidad del producto.
3. Los registros de calibración deben llenarse correctamente, por lo que se recomienda capacitar al personal encargado de hacer las calibraciones para que se familiarice con todos los términos metrológicos y efectúe correctamente todo el procedimiento de calibración y quede correctamente asentado en los registros.
4. La frecuencia de las calibraciones puede extenderse de acuerdo al tiempo de operación mensual de las básculas, por lo que se recomienda llevar un control del tiempo de operación mensual en la bitácora de los operadores y calibrar máximo cada 500 horas.
5. Guardar en un lugar seguro los parámetros de cada báscula.
6. Por lo menos una vez cada tres semanas dar mantenimiento a las masas utilizadas para la calibración y comprobar su peso con una balanza certificada.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Hodson, William. Manual del Ingeniero Industrial. Editorial Mc. Graw-Hill; 1997.
2. García, Jorge. Manual del curso de Metrología CECAL de México; 2002.
3. Sánchez, Ángel. Fundamentos de Metrología. Editorial Internacional; 1999.
4. Marban, Rocío. Metrología para no metrologos. Editorial Deseret 2002.
5. Dolmen, Santiago. Metrología y Calidad Industrial. Editorial Lira; 1997.
6. Hume, Ken. Metrología Industrial. Editorial Norma; 2006.
7. Samayoa Bran, Eddy Rolando. Normativa para un sistema de calibración de instrumentos bajo la norma ISO 9002. Tesis Ing. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999.
8. Martínez Llebrez, Vicente. Fundamentos de Normalización y Metrología, Instituto Politécnico Nacional, Madrid España; 1988.
9. Arces Castro, Guillermo. Aportación en la automatización de ensayos en control metrológico de instrumentos. Instituto Politécnico Nacional, Madrid España; 2003.
10. Pinero Navarro, Fernando. Evaluación de la incidencia de las aplicaciones metrológicas en el diseño de calidad de ciertas aplicaciones industriales, Universidad de educación a distancia, México; 1994.



## ANEXOS

**Figura 21. Masas patrón**



**Masas patrón calibradas de 5, 10 y 20 kilogramos.**

**Con su certificado de calibración**

**Y carta de trazabilidad, marca Revuelta**

**Compradas por Cementos Progreso para**

**La calibración de básculas y balanzas.**

## BASCULAS REVUELTA de Centroamérica, S.A.

Calzada San Juan 37-77  
Zona 7 Local No. 2  
01007 GUATEMALA, C.A.  
E-mail: [basculas\\_guat@revuelta.com.mx](mailto:basculas_guat@revuelta.com.mx)

Teléfono (502) 2435-8038  
2435-8112  
Fax (502) 2431-3477



Filial de:  
BASCULAS REVUELTA MAZA, S.A. de C.V.  
Planta y Oficinas Generales  
Cib. Avila Camacho y Calle 16 Col. Santa María  
27020 TORREÓN, COAH., MEXICO  
Tel. + 52 (871) 747-4747  
Fax + 52 (871) 747-4748  
E-mail: [basculas\\_tmm@revuelta.com.mx](mailto:basculas_tmm@revuelta.com.mx)  
[www.revuelta.com.mx](http://www.revuelta.com.mx)

CEMENTOS PROGRESO, S.A.  
Planta San Miguel  
Km. 46.5 carretera al Atlántico  
Sanarate, El Progreso

Fecha: 8 de abril de 2008

Estimados señores:

Adjunto a la presente estamos enviando Certificado de Calibración de seis pesas patrón clase de exactitud M2, recientemente adquiridas por ustedes, según factura 480, 481 y 482, detalladas a continuación:

Marca	Tipo	Valor Nominal	No. en Inventario	No. Certificado
REVUELTA	Paralelepipedo	5 kg	PP0000000713	BRM-IC-13529/08
REVUELTA	Paralelepipedo	5 kg	PP0000000714	
REVUELTA	Paralelepipedo	10 kg	PP0000000715	
REVUELTA	Paralelepipedo	10 kg	PP0000000716	
REVUELTA	Paralelepipedo	20 kg	PP0000000717	
REVUELTA	Paralelepipedo	20 kg	PP0000000718	

Sin otro particular, nos suscribimos sus servidores.

Atentamente,

BASCULAS REVUELTA DE CENTROAMERICA, S.A.

Carlos Melgar López  
Gerente Regional de Ventas



ESTA EMPRESA CUENTA CON UN SISTEMA DE CALIDAD CERTIFICADO BAJO LA NORMA NBS-IC-9001/ISO 9001:2000

BASCULAS PARA EMERGENCIAS • PONDERRAL • GRANADOS • KUMACER • INDUSTRIALES • SERENAS • BERICACIONES • CARGAS CONCENTRADAS • DE MENSURAR, PALL MASTIN  
• BASCULAS DE MESA • BASCULAS TOLAS • PORTATILES • DE MOSTRADOR PARA COMERCIO • SISTEMAS ELECTRONICOS • MODELOS ESPECIALES

35 - 11 - 2007 F - 1000



INSTITUTO MEXICANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN

Estados de acreditación N° 18-19, expedidos en conformidad a partir de 2006-05-23 con registros 2010-05-21. Verificación otorgada bajo la norma ISO/IEC 17025-2005 (ENAC 17025:2005) Registrada por el IFC para la realización de laboratorios de ensayo y de calibración.



**BASCULAS REVUELTA MAZA, S.A. de C.V.**

LABORATORIO DE CALIBRACION

Desde 1894

# Informe de Calibración

No. BRM-IC-13526/ 08

CALIBRATION REPORT

Hoja 1/3

**Nombre del Cliente:** CEMENTOS PROGRESO S.A.  
**Customer name:**

**Dirección:** km 46,5 Finca San Miguel, Sanarate  
**Address:** El Progreso, Guatemala, Centro América

**Descripción del Instrumento:** Juego de Pesas Patrón (6 Piezas)  
**Instrument description:**  
 Valor Nominal: Se indica en la hoja 2  
 Material: Ver observaciones  
 Identificación No.: Se indica en la hoja 2  
 Clase de Exactitud: M2 OIML

**Magnitud evaluada:** Masa Convencional.  
**Evaluated quantity:**

**Marca:** REVUELTA  
**Manufacturer:**

**Resultado de Calibración:** Se indica en la hoja 2. **Incertidumbre:** Se indica en la hoja 2.  
**Calibration result:** **Uncertainty:**

**Condiciones ambientales de medición:** Temperatura: 21,00 ± 0,50°C  
**Environmental conditions of measurement:** Humedad relativa: 46 ± 2 %  
 Presión atmosférica: 88 161 Pa ± 200 Pa

**Fecha de recepción:** 2008-03-14 **Fecha de Calibración:** 2008-03-17  
**Reception date:** **Date of calibration finish:**

**Método de Calibración:** Método de sustitución doble  
**Calibration method:** Método de sustitución AB1... BnA

**Procedimiento utilizado:** 02.02.0040 Procedimiento para la calibración de pesas patrón.  
**Procedure employed:** Método de sustitución AB1... BnA  
 02.02.0021 Método de sustitución AB1A

**Nota:** Las condiciones y observaciones indicadas al reverso forman parte de este informe.  
 Este informe tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.

Supervisó:  
Supervised by

Ing. Sylvia Meada Sánchez  
Responsable Técnico

Aprobó:  
Approved by

Ing. José Revuelta Rivero  
Director de Serv. Metrológicos

Dirección / Address:  
Culz. Avila Carracho y Calle 15  
27039 TORREON, COAH., MEXICO  
www.revuelta.com.mx

Teléfono (871) 747-4716  
Fax (871) 747-4781  
E-mail: calibracion@revuelta.com.mx

UR Mod.:2807 - 03 - 11

09631  
P-0964



Nombre del Cliente: **CEMENTOS PROGRESO S.A.**  
Customer name:

No. de Informe: **BRM-IC-13529/ 01**  
Report number:

**RESULTADOS DE LA CALIBRACION**

Hoja 2/3

Identificación No.	Valor Nominal	Valor de masa Convencional *	Incertidumbre ** (±) mg	EMT *** (±) mg
01	5 kg	5 kg + 423 mg	207	500
02	5 kg	5 kg - 48 mg	207	500
01	10 kg	10 kg + 804 mg	533	1.000
02	10 kg	10 kg + 804 mg	533	1.000
01	20 kg	20 kg + 1.383 mg	1.000	3.000
02	20 kg	20 kg + 1.383 mg	1.000	3.000

\* **Masa Convencional** : Esta magnitud está definida en base a la Norma NOM-038-SCFI-2000.

\*\* **Incertidumbre** : Es la incertidumbre expandida y se obtuvo multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de  $k = 2$  y está calculada en base a la Guide to the Expression of Uncertainty in measurement - 1995.

Este Informe de Calibración cumple con los requisitos de las normas nacionales NMX-EC-17126-2006, NMX-CC-0901-2000 e internacionales ISO/IEC 17025:2005, ISO 9001:2000.

La incertidumbre de calibración no refleja la capacidad técnica real de este laboratorio, la cual siempre es mejor que la que por carácter administrativo, en base a lineamientos de "ema", se imprime en este Informe de Calibración.

\*\*\* **EMT** : Los valores EMT corresponden a los Errores Máximos Tolerados para la calibración de pesas, de acuerdo a la Norma NOM-038-SCFI-2000.

**Instrumentos utilizados** : Pesas patrón calibradas: 1/5 kg, 1/10 kg, 1/20 kg.  
Marca REVUELTA, Clase de exactitud M1

Balanza Mod. FP-6000 N.Fab./Serie 6401872  
Alcance máx. 6.100 g x 10 mg Clase de exactitud Especial I  
Marca A&D

Balanza Mod. EP-30 KA N.Fab./Serie 3902201  
Alcance máx. 30 kg x 100 mg Clase de exactitud Especial I  
Marca A&D

**Anexos** : N.1 Relación de instrumentos y equipos utilizados.  
N.2 Carta de trazabilidad.

**Observaciones** : Las pesas de 5 y 10 kg son de hierro fundido. Para su calibración se consideró una densidad aproximada de  $7.100 \text{ kg/m}^3$ .  
Las pesas de 20 kg son de acero al carbón. Se calibró considerando una densidad aproximada de  $5.078 \text{ kg/m}^3$ .



Nombre del Cliente: CEMENTOS PROGRESO S.A.  
Customer name:

No. de Informac: BRM-IC-13528/ 08  
Report number:

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

Hoja 3/3

**Observaciones :** Las pesas de 5 y 10 kg son de hierro fundido. Para su calibración se consideró una densidad aproximada de 7 100 kg/m<sup>3</sup>.  
Las pesas de 20 kg son de acero al carbón. Se calibró considerando una densidad aproximada de 5 076 kg/m<sup>3</sup>.

**Trazabilidad :** En la Carta de Trazabilidad se expresa la vigencia de los equipos, tanto de pesas como de instrumentos.

Es materialmente imposible incluir en un recuadro de la Carta de Trazabilidad, los datos de pesas que tiene este Laboratorio de cada valor nominal. Por lo anterior, y cumpliendo con el procedimiento establecido por "ama", nuestras cartas de trazabilidad se presentan de la siguiente forma:

Los 4 primeros dígitos del código identifican el valor nominal y clase de exactitud de cada pesa o instrumento. El resto de los números de dichos códigos corresponden a los instrumentos utilizados en la calibración, y aparecen en el Anexo 1 de este informe.

**Vigencia :** La calibración y el informe pierden su validez cuando ocurra cualquiera de los siguientes casos, dependiendo de la exactitud de la(s) pesa(s):

- a) Se realice limpieza de las pesas.
- b) Se manejen sin guantes.
- c) Sufran golpes o estén expuestas a condiciones atmosféricas severas (agua, polvo, ambiente corrosivo, etc.)
- d) Se aplique o se quite pintura o recubrimiento.
- e) Se altere el contenido de las cavidades de ajuste, que viole el sello impreso del Laboratorio.

Servicio de calibración realizado por : ANDRES MORALES CASTILLO

Nombre del Cliente: CEMENTOS PROGRESO S.A.  
Customer Name:

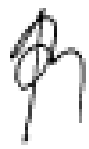
Anexo N. 1

No. de Informe: BRM-IC-13529/ 08  
Report number:

**RELACION DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS**

Hoja 1/1

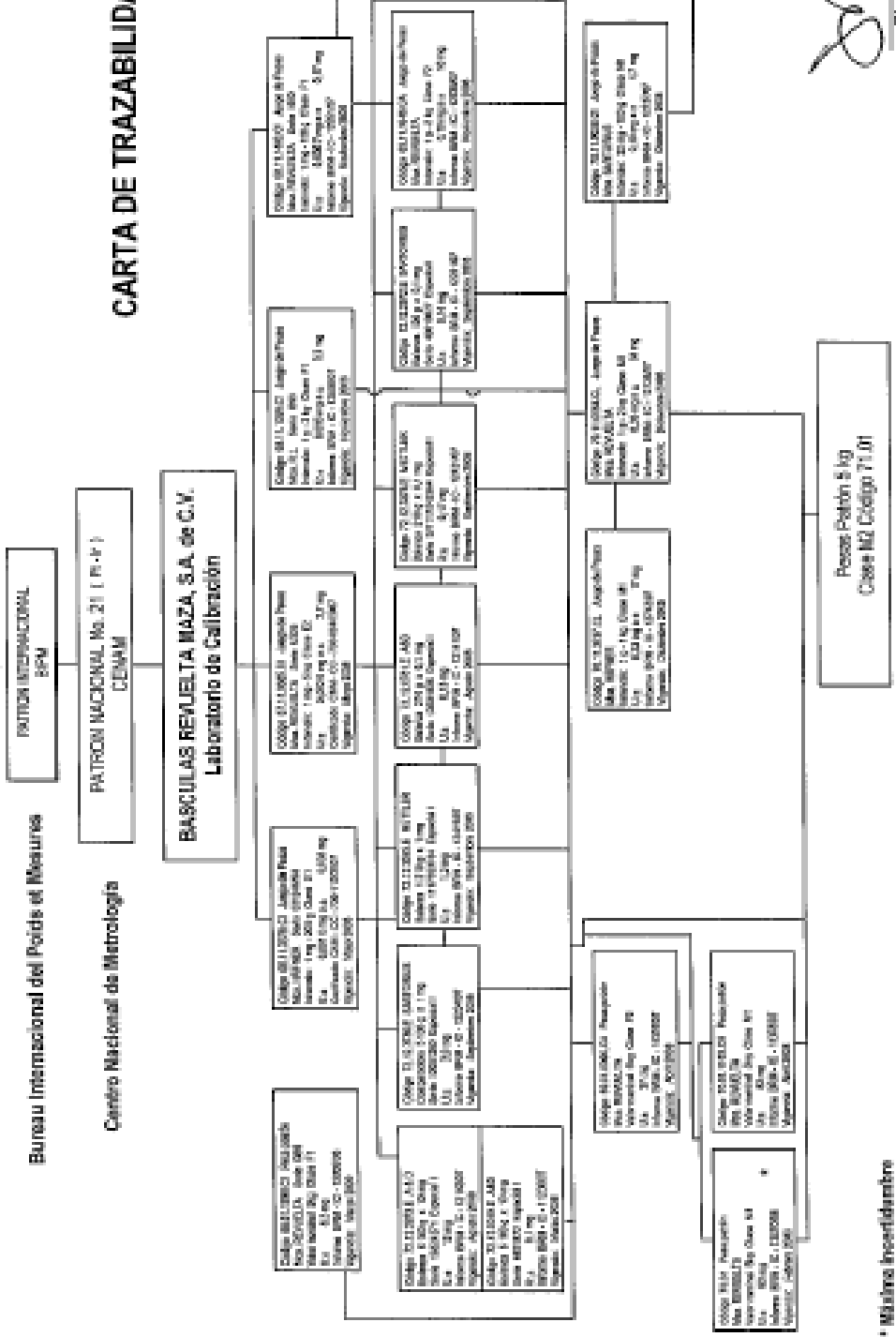
Código Equipo	Descripción	Inf. Calib.	Fecha Calib.
70.01.1103.CH	Pesa patrón 5 kg	BRM-IC - 11378 / 07	18 Abr 2007
70.02.0184.PH	Pesa patrón 10 kg	BRM-IC - 11836 / 07	07 Jul 2007
70.03.1054.PA	Pesa patrón 20 kg	BRM-IC - 11937 / 07	07 Jul 2007
72.12.0019.E	Balanza Alcance Mx.: 6 100 g x 10 mg	BRM-IC - 11230 / 07	06 Mar 2007
72.12.0027.E	Balanza Alcance Mx.: 30 kg x 100 mg	BRM-IC - 12140 / 07	30 Ago 2007




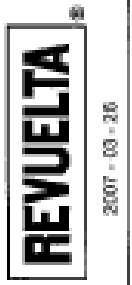


No. de Informe: **BRM-IC-13529 / 08** FCMA TECNICA  
 Fecha de Calibración: **17 Marzo 2008** 999 - DT - 877  
 Cliente: **Cementos Progreso S.A.** Anexo N. 2 Hoja 1/3

## CARTA DE TRAZABILIDAD



  
 Director de Serv. Metrologicos

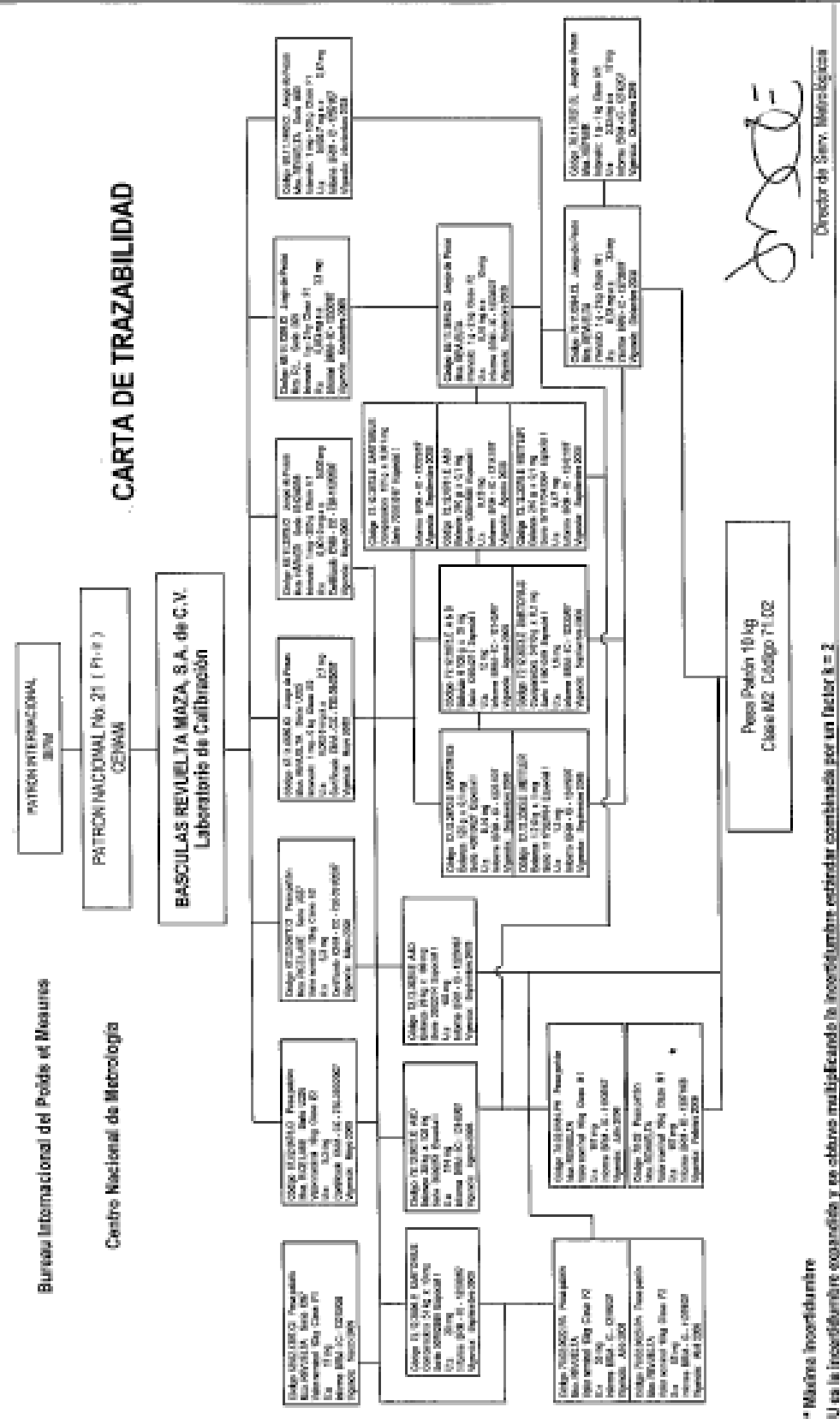


Dirección / Address:  
 Calz. Avila Camacho y Calle 16  
 27000 TOMBÓN, COAH., MÉXICO  
 www.revuelta.com.mx

Teléfono (871) 747-47-47  
 Fax (871) 747-47-48  
 E-mail: laboratorio@revuelta.com.mx

\* Máquina Incentivadora  
 U es la Incentivadora operando y es calibrada multiplicando la Incentivadora operando por un factor k = 2

**BASCULAS REVUELTA MAZA, S.A. de C.V.**  
 LABORATORIO DE CALIBRACION  
 Acreditación No. M-19



\* Máxima Incertidumbre  
 U es la incertidumbre expandida y se obtiene multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor k = 2

**BASCULAS REVUELTA MAZA, S.A. de C.V.**  
 LABORATORIO DE CALIBRACION  
 Acreditación No. M - 93

Bilocalidad / Address:  
 Calz. Avila Camacho y Calle 16  
 20000 TORREÓN, COAH., MÉXICO  
 www.revuelta.com.mx

Teléfono (871) 747-47-47  
 Fax (871) 747-47-48  
 E - mail: laboratorio@revuelta.com.mx

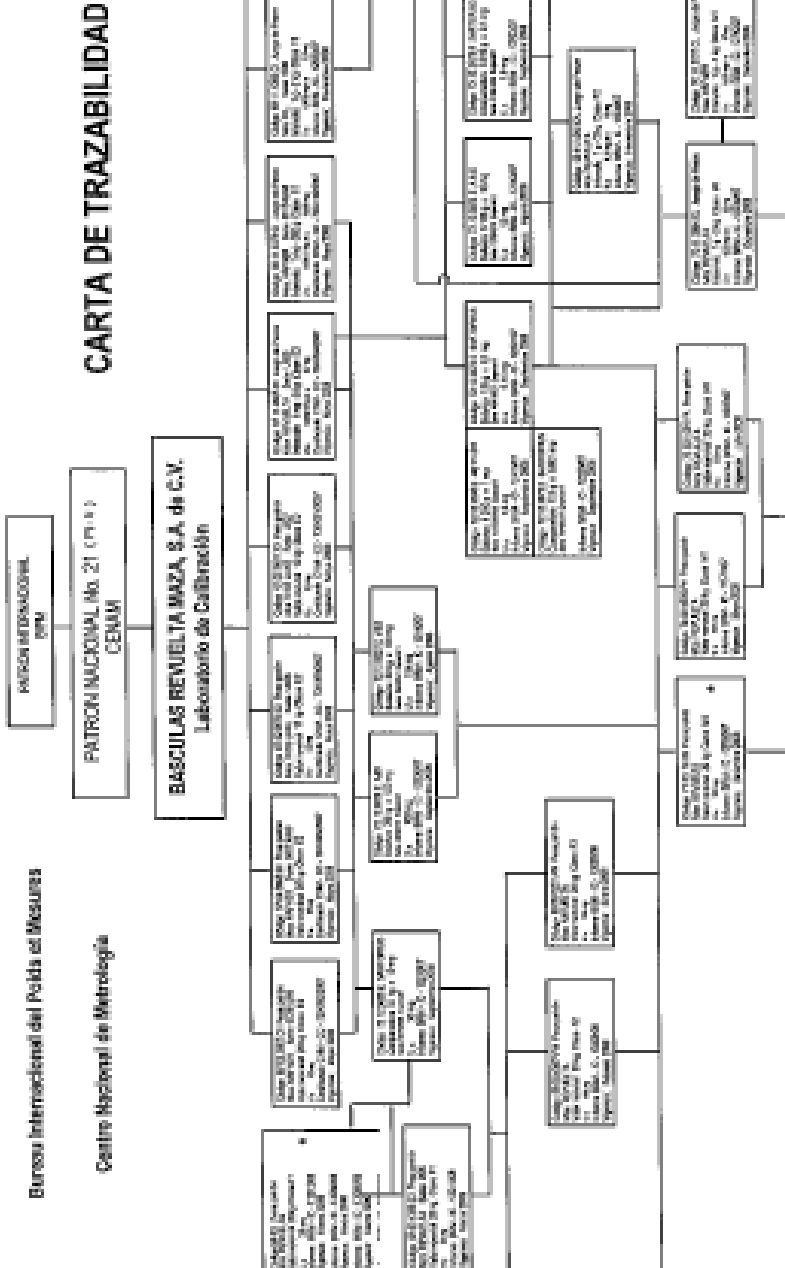
**REVUELTA**  
 2008 - 02 - 28

**No. de Informe:** BRM-IC- 13529 / 06  
**Fecha de Calibración:** 17 Marzo 2008  
**Cliencia:** Cementos Progreso S.A.

Anexo N. 2 Hoja 3/3

FICHA TECNICA  
 999 - DT - 879

DESCRIPCIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES	UNIDADES
1. Masa del patrón	g
2. Masa del objeto	g
3. Masa del recipiente	g
4. Masa del objeto en el recipiente	g
5. Masa del objeto en el recipiente	g
6. Masa del objeto en el recipiente	g
7. Masa del objeto en el recipiente	g
8. Masa del objeto en el recipiente	g
9. Masa del objeto en el recipiente	g
10. Masa del objeto en el recipiente	g
11. Masa del objeto en el recipiente	g
12. Masa del objeto en el recipiente	g
13. Masa del objeto en el recipiente	g
14. Masa del objeto en el recipiente	g
15. Masa del objeto en el recipiente	g
16. Masa del objeto en el recipiente	g
17. Masa del objeto en el recipiente	g
18. Masa del objeto en el recipiente	g
19. Masa del objeto en el recipiente	g
20. Masa del objeto en el recipiente	g
21. Masa del objeto en el recipiente	g
22. Masa del objeto en el recipiente	g
23. Masa del objeto en el recipiente	g
24. Masa del objeto en el recipiente	g
25. Masa del objeto en el recipiente	g
26. Masa del objeto en el recipiente	g
27. Masa del objeto en el recipiente	g
28. Masa del objeto en el recipiente	g
29. Masa del objeto en el recipiente	g
30. Masa del objeto en el recipiente	g
31. Masa del objeto en el recipiente	g
32. Masa del objeto en el recipiente	g
33. Masa del objeto en el recipiente	g
34. Masa del objeto en el recipiente	g
35. Masa del objeto en el recipiente	g
36. Masa del objeto en el recipiente	g
37. Masa del objeto en el recipiente	g
38. Masa del objeto en el recipiente	g
39. Masa del objeto en el recipiente	g
40. Masa del objeto en el recipiente	g
41. Masa del objeto en el recipiente	g
42. Masa del objeto en el recipiente	g
43. Masa del objeto en el recipiente	g
44. Masa del objeto en el recipiente	g
45. Masa del objeto en el recipiente	g
46. Masa del objeto en el recipiente	g
47. Masa del objeto en el recipiente	g
48. Masa del objeto en el recipiente	g
49. Masa del objeto en el recipiente	g
50. Masa del objeto en el recipiente	g
51. Masa del objeto en el recipiente	g
52. Masa del objeto en el recipiente	g
53. Masa del objeto en el recipiente	g
54. Masa del objeto en el recipiente	g
55. Masa del objeto en el recipiente	g
56. Masa del objeto en el recipiente	g
57. Masa del objeto en el recipiente	g
58. Masa del objeto en el recipiente	g
59. Masa del objeto en el recipiente	g
60. Masa del objeto en el recipiente	g
61. Masa del objeto en el recipiente	g
62. Masa del objeto en el recipiente	g
63. Masa del objeto en el recipiente	g
64. Masa del objeto en el recipiente	g
65. Masa del objeto en el recipiente	g
66. Masa del objeto en el recipiente	g
67. Masa del objeto en el recipiente	g
68. Masa del objeto en el recipiente	g
69. Masa del objeto en el recipiente	g
70. Masa del objeto en el recipiente	g
71. Masa del objeto en el recipiente	g
72. Masa del objeto en el recipiente	g
73. Masa del objeto en el recipiente	g
74. Masa del objeto en el recipiente	g
75. Masa del objeto en el recipiente	g
76. Masa del objeto en el recipiente	g
77. Masa del objeto en el recipiente	g
78. Masa del objeto en el recipiente	g
79. Masa del objeto en el recipiente	g
80. Masa del objeto en el recipiente	g
81. Masa del objeto en el recipiente	g
82. Masa del objeto en el recipiente	g
83. Masa del objeto en el recipiente	g
84. Masa del objeto en el recipiente	g
85. Masa del objeto en el recipiente	g
86. Masa del objeto en el recipiente	g
87. Masa del objeto en el recipiente	g
88. Masa del objeto en el recipiente	g
89. Masa del objeto en el recipiente	g
90. Masa del objeto en el recipiente	g
91. Masa del objeto en el recipiente	g
92. Masa del objeto en el recipiente	g
93. Masa del objeto en el recipiente	g
94. Masa del objeto en el recipiente	g
95. Masa del objeto en el recipiente	g
96. Masa del objeto en el recipiente	g
97. Masa del objeto en el recipiente	g
98. Masa del objeto en el recipiente	g
99. Masa del objeto en el recipiente	g
100. Masa del objeto en el recipiente	g



Director de Serv. Metrologicos

\* Máxima Incertidumbre  
 U es la incertidumbre expandida y se obtuvo multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor k = 2

**BASCULAS REVUELTA MAZA, S.A. de C.V.**  
 LABORATORIO DE CALIBRACION  
 Acreditación No. M - 19

Dirección / Address:  
 Calle Avda. Camacho y Calle 18  
 27060 TORREÓN, COAH., MÉXICO  
 Teléfono: (871) 747-47-47  
 Fax: (871) 747-47-48  
 E-mail: [informacion@revuelta.com.mx](mailto:informacion@revuelta.com.mx)  
 www.revuelta.com.mx

