

CAPÍTULO 9: INFORME SOBRE LA CALIBRACIÓN DEL CONTROLADOR INFODINA.

1.- DATOS DEL INFORME.

En este documento se redacta el proceso de calibración del controlador industrial InfoDina, este ha sido realizado el día 17 de Julio del 2003 en las instalaciones de la fábrica Frumecar.

2.- UBICACIÓN.

El proceso de calibración se ha llevado a cabo en una de las naves del complejo industrial de *Frumecar*, sita en el polígono industrial oeste: c/ Venezuela, parcela 17/10, en el término municipal de Alcantarilla (Murcia).

3.- OBJETO.

El objetivo de este informe es hacer un desarrollo exhaustivo del proceso de calibración del controlador industrial InfoDina desarrollado por Cesser.

Esta calibración se realiza sobre las básculas de pesaje de la planta, que se conectan a los canales de comunicación analógicos (de pesaje) del controlador. Una vez realizada la calibración, se realiza una comprobación de la misma, haciendo que el sistema determine diversos pesos conocidos y observando la relación entre el valor proporcionado por el controlador y el valor real.

4.- INSTRUMENTAL NECESARIO.

Para el desarrollo de este proceso, serán necesarios los elementos citados a continuación:

- **Controlador industrial InfoDina**: Es el elemento de interconexión entre la báscula y el software de control. Este es el instrumento central, ya que es en el que reside todo el proceso.

El controlador desarrollado, junto con el resto de elementos se muestra en la figura 1.

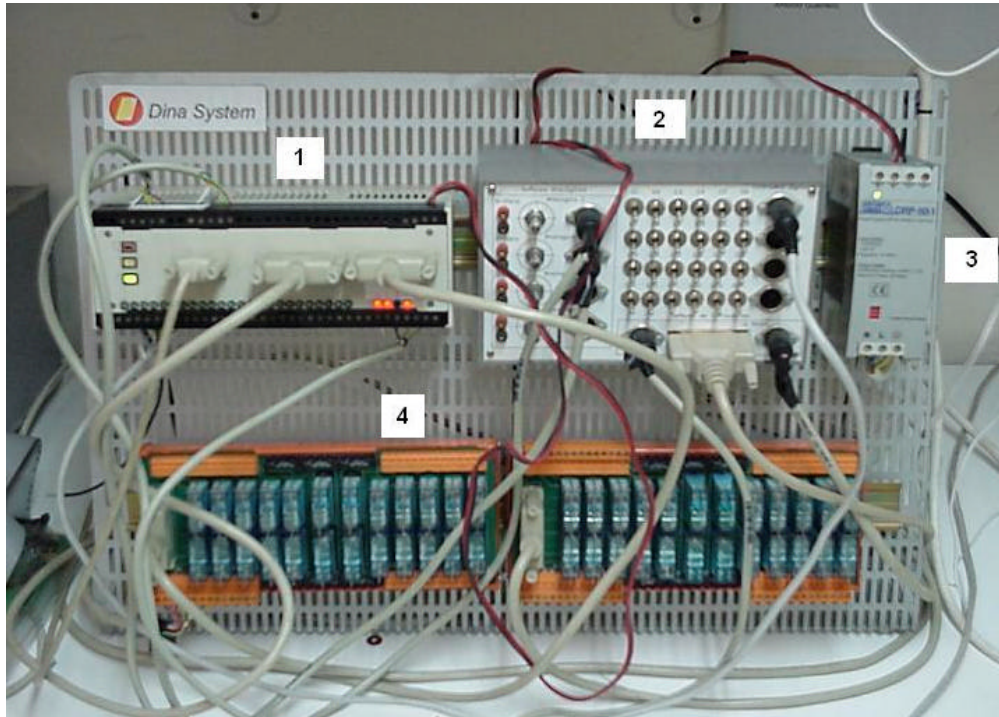


Figura 1.- Controlador industrial InfoDina desarrollado por Cesser, junto con los componentes asociados al mismo.

En esta fotografía se distinguen una serie de dispositivos asociados al controlador, los cuales son:

- 1) Controlador InfoDina: Es el núcleo central del conjunto.
- 2) Emulador de señales: Consta de:
 - *4 potenciómetros analógicos*, que simulan la salida de las células de pesaje, con posibilidad de conexión a los cuatro canales de báscula que dispone el controlador.
 - *24 interruptores digitales*, que simulan las 24 señales de entrada que dispone el automatismo
- 3) Fuente de alimentación: Encargada de alimentar al sistema completo a 24 V, 2.5 A y una potencia de 60 vatios.
- 4) Tabla de relés: 48 relés correspondientes a las 48 salidas del automatismo, para actuar sobre la planta a controlar.

Cabe mencionar que para el proceso de calibración en planta sólo se requiere el controlador y la fuente de alimentación. El emulador de señales no se usa ya que al sistema se le aplican señales reales, y la tabla de relés no se conecta, dado que en el proceso de calibrado no se actúa sobre ninguna señal de planta.

- **PC:** Encargado de soportar el software de control del sistema y todos los ficheros de datos asociados a él. Los datos de calibración van a ser almacenados en la memoria del PC. El controlador industrial conectado al PC se puede observar en la figura 7.
- **Célula de pesaje:** Sensor piezoeléctrico encargado de transmitir una tensión proporcional al peso que está soportando (figura 9 B). La célula utilizada es:
 - *Marca:* MUTRONIC.
 - *Modelo:* CTC3000.Cuyas características se muestran en la especificación técnica número 1 (archivo PDF adjunto al informe).
- **Polímetro:** Utilizado para hacer la medida de la tensión de salida de la célula de pesaje. Este va a ser otro de los datos a tener en cuenta.
- **Bascula de precisión:** Empleada para conocer el peso exacto de los elementos a medir. Para esto se ha utilizado una transpaleta pesadora, cuyas características más representativas son:
 - *Marca:* HAWK.
 - *Modelo:* METTLER Toledo.
 - *Tolerancia de pesado:* 500 gr.

La cual se puede observar en la figura 2:

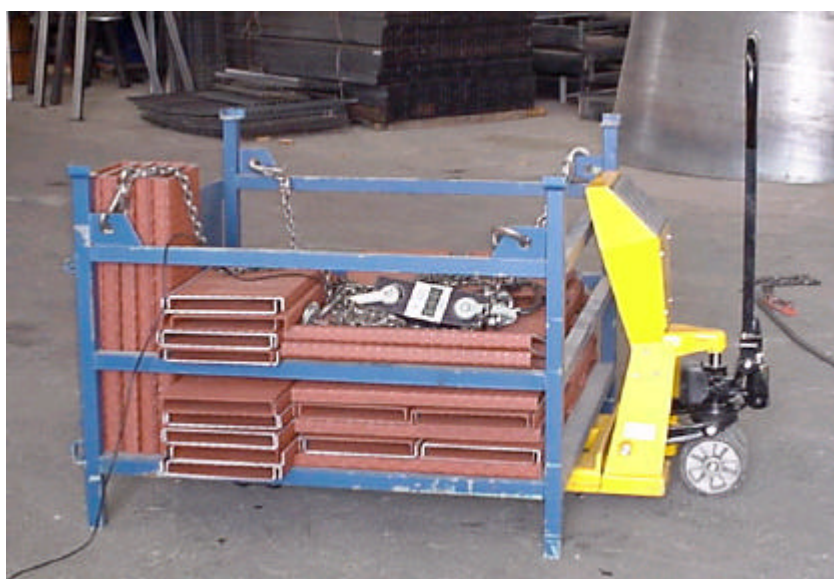


Figura 2.- Transpaleta pesadora utilizada para determinar el peso de la caja de carga.

- **Puente grúa:** Necesario para poder elevar la caja de carga y realizar su pesado. El conjunto de la grúa conectada a la caja de carga se puede apreciar en la figura 3.



Figura 3.- En esta figura se puede observar el conjunto formado por el puente grúa, preparado para poder elevar la caja de carga y realizar su pesado gracias a la célula de pesaje de que se dispone.

- **Pesas normalizadas de 20 Kg:** Requeridas para poder muestrear distintos pesos conocidos, observando como se comporta la recta de calibración para distintos intervalos de peso.



Figura 4.- Pesas utilizadas para la calibración.

- **Fuente de alimentación de 10 Vcc:** Se trata de una fuente de alimentación estándar, con la que se proporciona el voltaje necesario para el correcto funcionamiento de la célula de pesaje. Se puede prescindir de esta fuente, ya que el controlador InfoDina puede alimentar directamente a dicha célula.
- **Caja de carga:** Cuerpo de peso elevado, para poder obtener puntos muy distintos en la recta de carga y conseguir una calibración más exacta. El por qué de esto se explica en el siguiente punto.

Se puede observar en la figura 2 como se determina el peso de la misma con la transpaleta pesadora.

5- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Con este proceso se pretende conseguir la *recta de calibración*, la cual indica la relación existente entre los kilos que está pesando la báscula y las cuentas que proporciona el conversor A/D. Esta se puede observar en la figura siguiente:

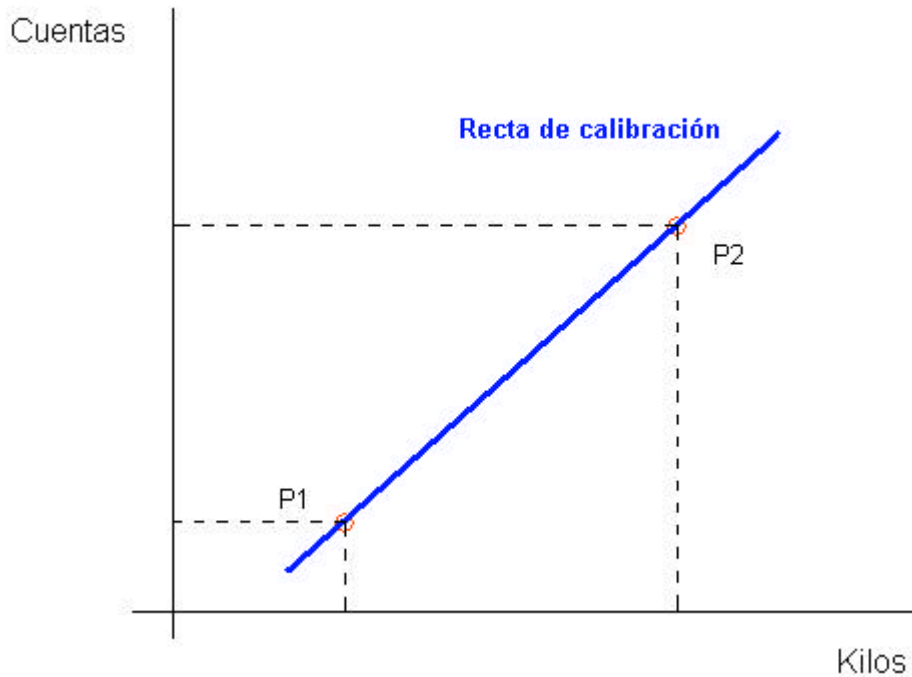


Figura 5.- Recta de calibración.

Al convertor A/D le llega la tensión de salida de la interface del controlador (conectada directamente a la célula de pesaje, la cual proporciona un rango de tensión de 0 a 20 mV, en función del peso al que se le somete). Este, el convertor A/D, se encarga de convertirla a formato digital (proporciona las cuentas, con un rango de -32767 a 32768) para poder ser procesada por el controlador. Con esta información se dispone de la relación entre los kilos de la báscula y de las cuentas equivalentes a estos.

Gracias a esta relación, el sistema es capaz de determinar el peso de la báscula mediante la tensión proporcionada por el sensor de pesaje, con una precisión más que aceptable.

Así pues, la calibración se realiza tomando dos puntos diferentes, mediante los cuales se obtiene la recta de calibración buscada. Como tan sólo disponemos de estos dos puntos, es importante que estén lo más separados posible para de esta forma minimizar al máximo la desviación entre la recta ideal y la real, tal y como se demuestra gráficamente en la siguiente figura:

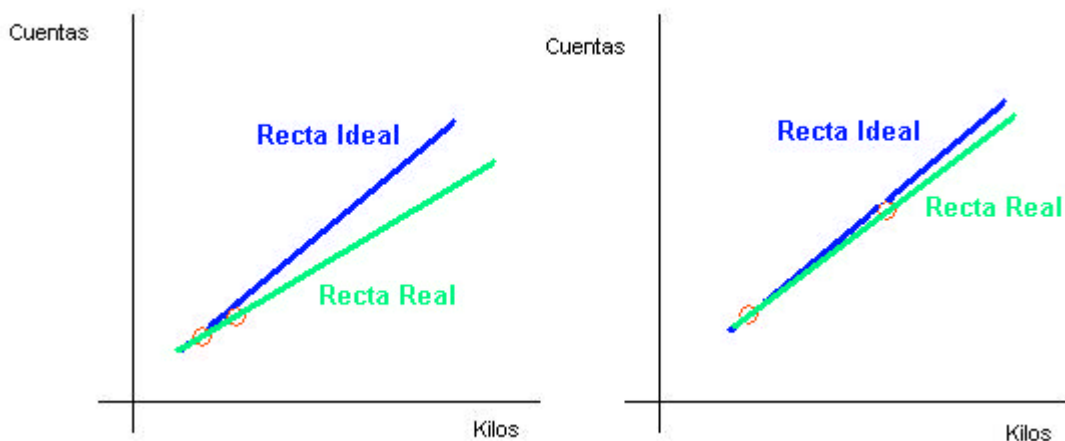


Figura 6.- Desviación entre la recta de calibración ideal y real en función de la separación de los puntos tomados.

Como se puede apreciar en la figura 6, al estar los dos puntos muy juntos, pequeñas desviaciones de los mismos tomados sobre la recta ideal de calibración, producen que la recta real que toma el sistema presente una desviación muy grande, haciendo que el peso que da el sistema sea diferente del peso real. Es por este motivo por el que los puntos tomados deben de estar muy separados, para minimizar esta desviación

Para calcular esta desviación una vez calibrado el sistema, se realizan diversas muestras de peso, para así contrastar la diferencia entre el peso real de la muestra y el proporcionado por el controlador.

En la calibración del sistema en planta se suelen utilizar los pesos:

- P_1 : 0 Kg.
- P_2 : 200 Kg.

Aunque pueda parecer que estos pesos no están lo suficientemente separados, con ellos se puede obtener una recta de calibración con una desviación aceptable. Con este dato del peso y junto con las cuentas proporcionadas por el convertidor A/D, se dispone de las dos "coordenadas" necesarias para trazar la recta de calibración.

6.- CALIBRACIÓN.

El proceso de calibración consta de los siguientes puntos:

- 1) En primer lugar, se debe hacer la conexión de los instrumentos requeridos. Para ello se conecta el PC (que trabaja con el software de control) con el controlador mediante el puerto serie de comunicaciones, con un conector DB9 (figura 7).



Figura 7.- Disposición del PC y el controlador para la realización de la calibración (el controlador se coloca sobre un envase de cartón para evitar posibles contactos con la mesa metálica).

El controlador también se conecta con la célula de pesado mediante cableado, cuya disposición se observa en la siguiente figura:

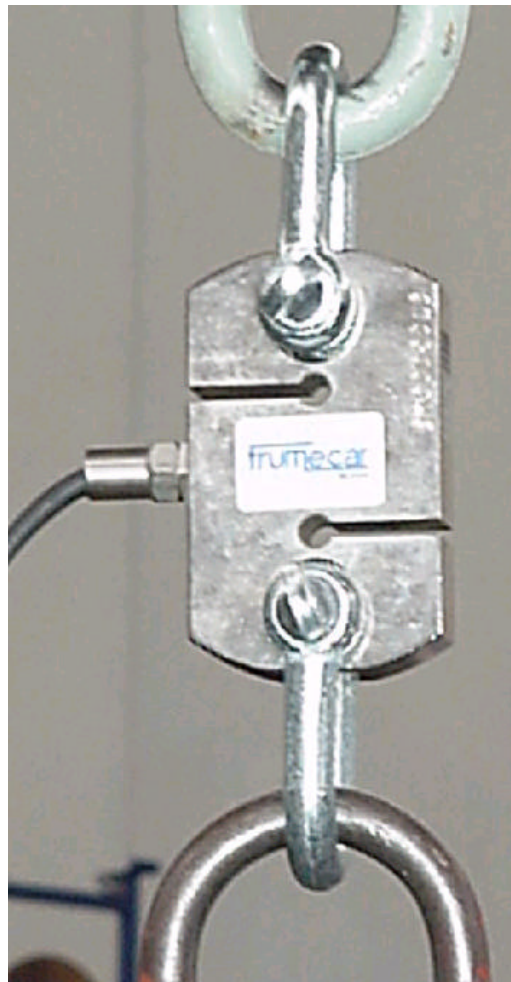


Figura 8.- Conexión del controlador con el cableado del sensor.

- 2) En segundo lugar, se realiza el montaje de la célula de pesaje con la caja de carga, y todo ello unido al puente grúa que se encarga de elevar el conjunto. Eso se puede observar en la figura 9:



A



B

Figura 9.- A) Caja de carga en suspensión para el pesado con la célula.
B) Detalle de la célula de pesaje utilizada.

- 3) Una vez que está todo conectado, se ejecuta el programa (puede realizarse desde el entorno de Monitor o el de Edición, como en este caso) para comenzar a recibir los datos de pesado y realizar la recta de calibración buscada.

Sobre el programa, se selecciona el icono de la báscula que se va a calibrar y pulsando el botón derecho del ratón se selecciona la opción *Calibración* (previamente se debe haber guardado la planta). Esto se muestra en la figura 10:

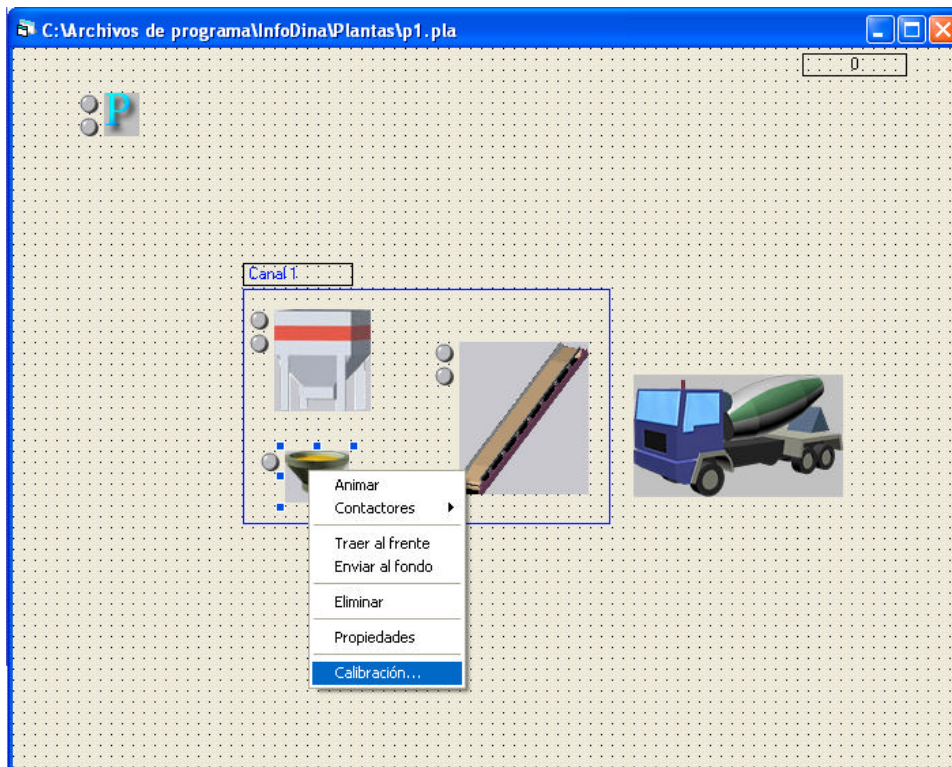


Figura 10.- Planta a calibrar. Menú desplegable al pulsar con el botón derecho sobre la báscula.

A continuación, aparece la ventana: *Calibración de básculas*, tal y como se muestra en la siguiente figura:

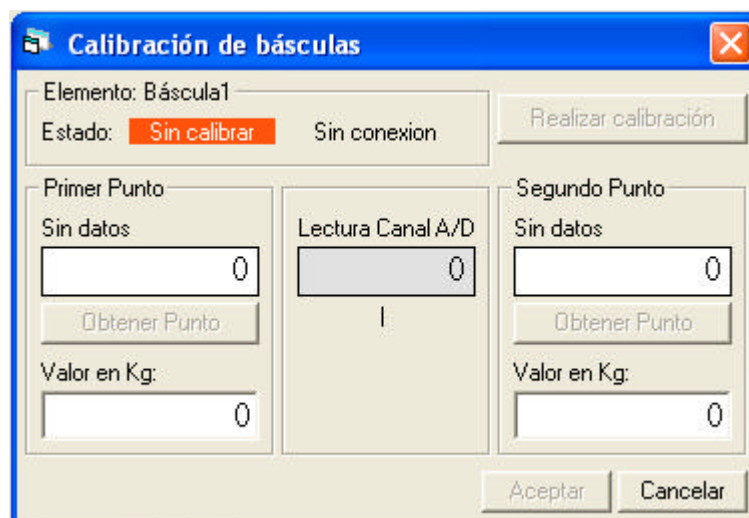


Figura 11.- Ventana de Calibración de básculas.

En ella, se introducen las coordenadas de los puntos que determinan la buscada recta de calibración.

En el recuadro: *Lectura Canal A/D*, se muestran los valores de cuentas que aparecen a la salida del conversor A/D. Para poder comenzar el proceso, se debe pulsar el botón *Realizar Calibración*.

- 4) El primer punto de la recta se determina con un peso de 0 Kg. Para ello, se baja la grúa y se desengancha el sensor de pesado de las cadenas de sujeción (para no aplicarle ningún peso al mismo y tener un cero verdadero a la salida) tal como se muestra en la figura siguiente:

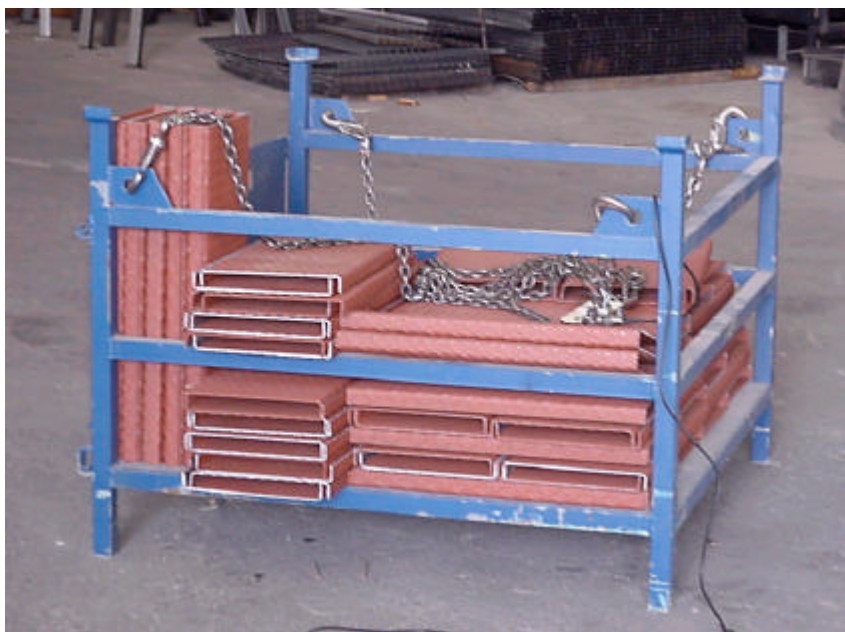


Figura 12.- Caja de carga y cadenas desenganchada de la célula de pesaje para medir 0 Kg

Este peso, proporciona un valor de cuenta que oscila, encargándose el software de control de calcular la media de estos valores entre diez muestras, cuando se pulsa el botón *Obtener Punto* de la ventana de *Calibración de básculas*.

Una vez establecido el valor de cuentas, se introduce el correspondiente valor en kilos, en este caso 0 Kg. El valor generado es por tanto:

- Kg Báscula: 0 Kg
- Cuenta: -13246.

- 5) El segundo punto se obtiene con un peso determinado, y como se ha mencionado anteriormente, este punto debe estar lo más alejado posible

del primero, para de esta forma, minimizar el error de desviación entre el peso real y el calculado por el sistema.

Es por ello por lo que utilizamos un peso elevado, conseguido con la suma del peso de la caja de carga y las pesas normalizadas. La caja de carga tiene un peso de 790 Kg (determinado como ya se ha comentado mediante la transpaleta pesadora; figura 2). A esto se le suman las 24 pesas de 20 Kg cada una, dando un total de 1.270 Kg de carga.



Figura 13.- Caja de carga más las pesas normalizadas.

Con el mismo procedimiento explicado para el primer punto, se determina este segundo punto. Se obtienen los valores:

- Kg. Báscula: 1.270 Kg.
- Cuenta: -2130.

Realizados todos estos puntos (cinco en total), se habrá establecido la calibración del sistema, obteniéndose la recta de calibración buscada.

7.- TABLAS DE PESAJE.

Una vez calibrado el sistema, se pasa a determinar la desviación producida por el controlador, tal y como se comentó anteriormente: tomando varias muestras de peso y contrastando la diferencia entre el peso real de la muestra y el proporcionado por el sistema.

Se realizan dos pesajes:

- A. Los datos obtenidos en el primer pesaje se muestran en la tabla siguiente:

<i>Canal A/D</i>	<i>Salida Celula (mV)</i>	<i>Kg. Bascula (Reales)</i>	<i>Kg. Controlador</i>	<i>Oscilación</i>	<i>Kg. Desviación</i>	<i>% Desviación</i>
0	8,4	1270	1269	±1	2	0,16
0	7,9	1190	1190	±1	2	0,17
0	7,5	1130	1130	±1	2	0,18
0	7,1	1070	1070	±1	2	0,19
0	6,8	1030	1030	±1	2	0,19
0	6,6	990	990	±1	2	0,2
0	6,2	930	929	±2	4	0,43
0	5,9	890	889	±1,5	3	0,33
0	5,6	850	849	±1	2	0,24
0	5,2	790	789	±1,5	3	0,38

B. Para el segundo pesaje se utiliza una caja de carga menos pesada (40 Kg) mostrada en la figura 14. La tabla de datos obtenida con esta nueva carga es:

<i>Canal A/D</i>	<i>Salida Celula (mV)</i>	<i>Kg. Bascula (Reales)</i>	<i>Kg. Controlador</i>	<i>Oscilación</i>	<i>Kg. Desviación</i>	<i>% Desviación</i>
0	0,25	40	40	±1	2	5
0	0,5	80	79	±1,5	3	3,75
0	0,75	120	120	±1	2	1,67
0	1	160	160	±1,5	3	1,9
0	1,4	220	220	±1	2	0,9

En esta segunda tabla se obtiene un mayor porcentaje de desviación, ya que el peso utilizado en las medidas es menor que en el caso anterior.

Cabe mencionar que para el cálculo del factor *% Desviación* se ha utilizado la expresión:

$$\% \text{ Desviación} = (\text{Kg. Desviación} / \text{Kg. Báscula}) * 100$$

Este parámetro mide, como ya se ha comentado anteriormente, lo desviada que está la medida proporcionada por el controlador con respecto al peso real de lo que se está midiendo.

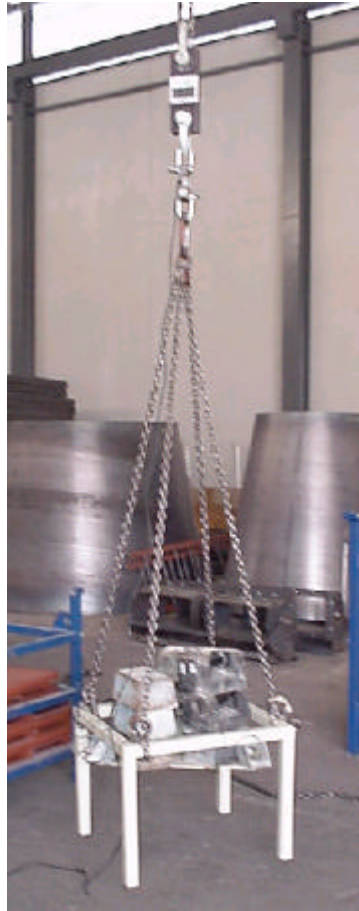


Figura 14.- Caja de carga pequeña utilizada para hacer la segunda tabla de pesaje.

8.- CONCLUSIONES.

Observando los resultados expuesto en las tablas, se pueden sacar las conclusiones siguientes:

- *Célula de pesaje:* Su salida sigue una respuesta lineal en función del peso al que se le somete.
- *Oscilación:* Está en torno a ± 1 Kg del peso real. Además, se debe tener en cuenta que el peso proporcionado por el sistema cerca de los puntos tomados para determinar la recta de calibración presenta una menor oscilación, debido a que en el entorno de estos puntos la desviación de la recta con respecto a la ideal es menor.
- *% Desviación:* Aumenta al disminuir el peso de la muestra. Esto se debe a dos razones: la primera es por lo citado anteriormente, ya que al alejarnos del peso tomado en la recta de calibración aumenta la oscilación, aumentando con ello la desviación, y la segunda es que este porcentaje es inversamente proporcional al peso de la muestra.

- *Precisión:* Es función de la desviación, ya que a menor desviación se dispone de un aparato más preciso. La precisión del controlador es directamente proporcional al peso (a mayor peso, menor oscilación que se traduce en una mayor precisión).

9.- MEJORAS DEL SISTEMA.

El sistema una vez calibrado es bastante preciso, dando una medida muy próxima a su valor real, aunque con unas pequeñas oscilaciones. Estas se pueden evitar introduciendo un simple filtro paso-bajo por software que las elimine, dando en ese caso un valor preciso y estable.