

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326508615>

# Diseño del interfaz de una balanza electrónica basada en una celda de carga

Conference Paper · July 2018

CITATION

1

READS

25,047

5 authors, including:



**Francisco Javier Quiles Latorre**  
University of Córdoba

70 PUBLICATIONS 578 CITATIONS

SEE PROFILE



**Carlos Diego Moreno Moreno**  
University of Córdoba

46 PUBLICATIONS 145 CITATIONS

SEE PROFILE



**Isabel Maria Moreno-Garcia**  
University of Córdoba

67 PUBLICATIONS 774 CITATIONS

SEE PROFILE



**Manuel Ortiz**  
University of Córdoba

71 PUBLICATIONS 562 CITATIONS

SEE PROFILE

# Diseño del interfaz de una balanza electrónica basada en una celda de carga

Francisco J. Quiles-Latorre, Carlos D. Moreno-Moreno, Isabel M. Moreno-García, José A. Olmedo-Rivera, Manuel A. Ortiz-López

Dpto. de Ingeniería Electrónica y de Computadores, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba. España,  
el1qulaf@uco.es

**Resumen**—Presentamos el diseño de una balanza electrónica basada en una celda de carga cuyo principal objetivo es pesar colmenas de abejas. Pretendemos complementar la monitorización de las condiciones climáticas de las colmenas con el peso, diseñando solamente el interfaz de la balanza electrónica sin entrar en su integración dentro del sistema final de monitorización. Se ha diseñado una balanza de plataforma cuya parte hardware está formada por una celda de carga, el circuito para acondicionar la señal de salida proveniente de ella, el microcontrolador MSC1210 basado en el 8051 y desarrollado por *Texas Instruments*, un teclado matricial y un visualizador LCD. Para el programa de la aplicación, hemos utilizado el entorno de desarrollo Keil  $\mu$ Vision5 y la programación del código de control de la balanza se ha realizado en el lenguaje de alto nivel CX-51.

**Palabras clave**—Balanza electrónica, celda de carga, microcontrolador MSC1210, Keil  $\mu$ Vision5.

## I. INTRODUCCIÓN

EN la antigüedad ya existía la necesidad de tener una referencia exacta de los pesos de diferentes productos lo que se conseguía con la balanza, un instrumento mecánico compuesto de una palanca y dos platillos utilizado para calcular el peso de un objeto comparándolo con otro de peso conocido.

Con el avance tecnológico se han conseguido desarrollar balanzas electrónicas que nos permiten realizar una medida más precisa que la mayoría de las balanzas mecánicas. Las balanzas electrónicas nos permiten determinar inmediatamente y de forma exacta el peso de un objeto, mediante la utilización de un sensor de fuerza. Dichas balanzas emplean una celda de carga. La celda de carga se usa para convertir la fuerza peso, ejercida sobre el platillo de la balanza, en una señal eléctrica. Si cambia la presión ejercida por el objeto, que se encuentra sobre el platillo, cambiará el valor del voltaje que obtenemos de la celda de carga.

Esta señal eléctrica proveniente de la celda de carga será acondicionada para eliminar el ruido eléctrico y para conseguir una determinada resolución. A continuación, la señal acondicionada será digitalizada, mediante el paso a través de un convertidor analógico digital. Una vez digitaliza la señal será procesada por un microcontrolador, que enviará el resultado del

peso obtenido a un visualizador LCD. También al procesar la señal, dichas balanzas pueden realizar varias funciones que no podríamos realizar con una balanza mecánica, como son contar las piezas colocadas sobre el platillo, comunicarnos con un ordenador a través de un puerto serie, o almacenar los resultados en una memoria SD.

Han sido varios los estudios que han desarrollado una balanza electrónica basada en un microcontrolador. Por ejemplo en [1] se presenta el diseño de una balanza electrónica conectada a un IBM PC/AT-compatible laptop computer utilizando el interfaz serie RS-232C para la transmisión de datos. En [2] se muestra el diseño de una balanza electrónica con el microcontrolador C8051F020 de Silicon Labs, como conversor A/D el ICL7135 de 14 bits, y para la comunicación de datos los interfaces RS-232 y RS-485. En este otro artículo, [3], han utilizado la plataforma Arduino con bluetooth para monitorizar el consumo de agua, diseñando una balanza electrónica y una App de Smart Phone. En el trabajo [4] se describe una balanza electrónica basada en el microcontrolador de señal mixta MSP430F135 de Texas Instrument, con el módulo de comunicación inalámbrica PTR2000 y del puerto serie RS-232. Los autores de [5], [6], [7], [8] y [9] también han diseñado una balanza basada en el microcontrolador 8051.

La balanza desarrollada en este trabajo se ha diseñado pensando que se usará para pesar colmenas de abejas como complemento a la monitorización de las condiciones climáticas que se describen en [10] [11], y en [12]. Esto es importante, ya que en los últimos años se está produciendo una importante pérdida de las poblaciones de abejas de la miel, debido al síndrome conocido como el *Colony Collapse Disorder* (CCD). Aún se siguen discutiendo las causas del CCD, por lo que es imprescindible la adquisición de información para buscar soluciones a este síndrome [13]. Por ello, es importante la monitorización de colonias de abejas, registrando la mayor cantidad posible de datos, como son la temperatura y humedad en el interior de las colmenas, su peso, etc. En este sentido, una de las variables que puede dar más información sobre la evolución de la población de la colmena, es el peso. Si se produce una variación brusca de éste, puede ser debido a un abandono del nido por parte de las abejas. Para la

monitorización del peso, algunos investigadores han usado unas balanzas electrónicas conectadas a un *datalogger* [14]. En nuestro caso se trata de diseñar una balanza electrónica que se integre en un sistema más complejo dentro del ámbito de IoT, de forma que se pueda monitorizar el peso junto con otras variables.

En este trabajo se describe sólo el diseño del interfaz de la balanza electrónica sin entrar en su integración dentro del sistema final de monitorización. El diseño debe cumplir las siguientes especificaciones:

- 1) Basada en una celda de carga.
- 2) Rango de pesado comprendido entre 0 y 150kg.
- 3) Resolución de al menos 100gr.
- 4) Opción de calibración.
- 5) Una interfaz serie para la comunicación, para conectarla con la mota de la red de sensores ubicada en la colmena.
- 6) Dispondrá de una pantalla LCD, para mostrar los resultados, y de un pequeño teclado, para la configuración de la balanza.

Teniendo esto en mente, como pesar las colmenas es mucho más sencillo de forma horizontal, y no es necesario pesarlas en movimiento, hemos decidido que la balanza se diseñará como una balanza de plataforma. La balanza está compuesta de una parte hardware y de otra software. La parte hardware está formada por una celda de carga, el circuito para acondicionar la señal de salida proveniente de ella, el microcontrolador, el teclado y el visualizador LCD. El uso de las celdas de carga se ha utilizado en otros trabajos como por ejemplo en [15]. La parte software consiste en el programa de aplicación, que se ejecuta en el microcontrolador, para controlar la balanza.

A continuación, se describirá cada uno de estos componentes, el proceso de calibración y las pruebas realizadas para garantizar su funcionamiento.

## II. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE DE LA BALANZA

### A. Estructura de la balanza

El diagrama de bloques en Fig. 1 muestra la estructura del hardware de la balanza.

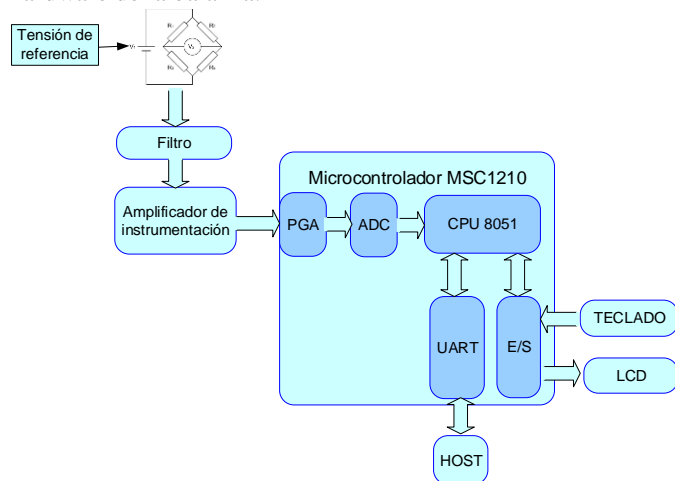


Fig. 1. Diagrama de bloques de la balanza.

El peso colocado sobre la celda de carga, hará que la celda de carga entregue una determinada señal eléctrica, de valor muy pequeño. A continuación, esta señal pasa por una etapa de filtrado, para eliminar el ruido proveniente de la celda de carga. Una vez hecho esto, la señal pasa por una etapa de amplificación externa al microcontrolador, para aumentar el valor de la señal y conseguir una mayor resolución.

Una vez que se amplifica externamente la señal, entra en el microcontrolador MSC1210, en el que volverá a ser amplificada, esta vez mediante un amplificador interno, pasa por el convertidor analógico digital Sigma-Delta ( $\Delta\Sigma$ ), se procesa el valor digital para determinar el peso, mediante el núcleo 8051 del MSC1210, y se envía éste a una pantalla LCD y, si se desea, también a través de la UART0 a un host, que en nuestro caso sería la mota del nodo.

Las celdas de carga (o células de carga) son los sensores de fuerza más comunes en el mercado. Se trata de un transductor que convierte la fuerza aplicada sobre la celda de carga en una señal eléctrica medible. Entre los distintos tipos de celda de carga que existen, la utilizada en este trabajo está basada en galgas extensiométricas resistivas de punto único fabricada por *HIWEIGH*. Las galgas extensiométricas se basan en la variación de resistencia cuando un conductor o un semiconductor es sometido a un esfuerzo mecánico.

De entre los diferentes modelos de estas celdas de carga, de acuerdo a la capacidad, se ha usado el modelo de 300kg de capacidad junto con una plataforma mostrados en Fig. 2.

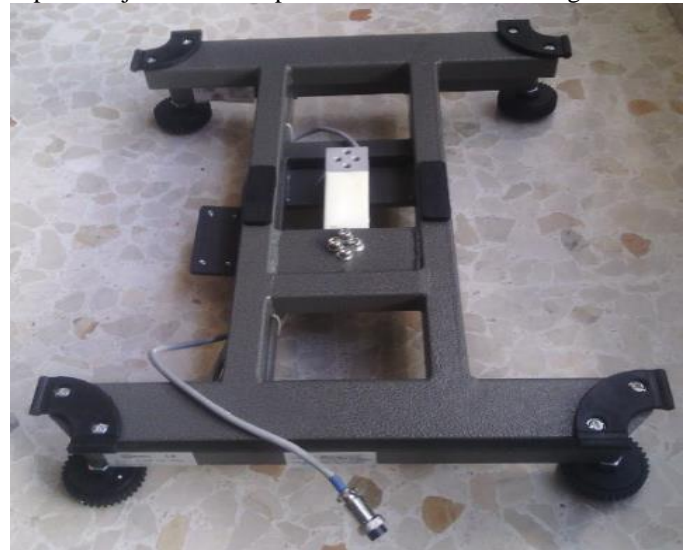


Fig. 2. Celda de carga con plataforma.

Como la señal de voltaje de salida de la celda carga es muy pequeña (del orden de  $\mu V$ ), y ésta genera un ruido eléctrico debido a su vibración mecánica, se debe pasar por un filtro paso bajo, con el propósito de eliminar estas señales no deseadas, antes de amplificar dicha señal. Si no se utiliza este filtro, parte del ruido proveniente de la celda carga será amplificado por el amplificador, provocando un error DC a la salida. Para filtrar este ruido, se utiliza un filtro pasa bajo pasivo para el modo común, que es el recomendado utilizar para diseños de balanzas con el microcontrolador MSC1210. En Fig.3 se muestra su

esquema eléctrico.

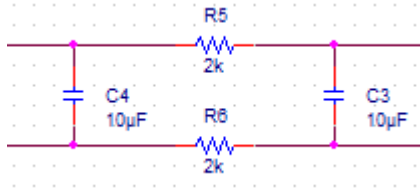


Fig. 3. Filtro paso bajo para eliminar ruido proveniente de la celda de carga.

Con este filtro obtenemos la siguiente frecuencia de corte:

$$f_c = \frac{1}{4\pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{4\pi \cdot 2000 \cdot 0.00001} = 3.98\text{Hz} \quad (1)$$

Para obtener una mayor resolución es necesario amplificar la señal proveniente de la celda de carga; para ello se ha optado por amplificar de forma externa al microcontrolador y utilizar también la ganancia interna programable del microcontrolador MSC1210. No se ha usado solamente la ganancia interna programable, porque a medida que se utiliza un mayor valor de la ganancia interna, aumenta el ruido en la señal del convertidor analógico digital, haciendo que haya menos bits libres de ruido en la conversión.

Para realizar la amplificación externa se ha utilizado un amplificador de instrumentación debido a su alta impedancia de entrada, su elevada relación de rechazo en modo común y, sobre todo, a su capacidad de tener una ganancia en voltaje dependiente de una sola resistencia. Para este trabajo usamos el amplificador de instrumentación de precisión INA133, que resulta ideal para la adquisición de señales diferenciales de bajo ruido, por sus excelentes características, entre las que están:

- 1) Baja corriente de reposo: 50μA.
- 2) Alimentación con una única tensión: 1.8V a 5.5V.
- 3) Oscilación de salida *rail-to-rail*.
- 4) Bajo voltaje de *offset*: máximo de 25μV.
- 5) Bajo *offset drift*: máximo de 0.1μV/°C.

#### B. Microcontrolador MSC1210

Para este trabajo decidimos utilizar el microcontrolador MSC1210, basado en el 8051 y desarrollado por *Texas Instruments*. Está diseñado para mediciones de alta resolución, aplicaciones en transmisores inteligentes, control de procesos industriales, básculas de pesaje (como es nuestro caso) e instrumentación portátil. Se ha empleado en aplicaciones de oceanografía, como por ejemplo en [16] y [17], y también para controlar la humedad [18], presión [19] o la temperatura [20].

Este microcontrolador, cuyo diagrama de bloques vemos en Fig. 4, incorpora un convertidor analógico-digital Sigma-Delta ( $\Delta\Sigma$ ) con 8 canales de entrada, y 24 bits de resolución cada uno. Además, tiene dos UART y un SPI, para la comunicación serie; una memoria Flash interna de capacidad variable (entre 4k y 32kB, dependiendo del modelo), que se utiliza como memoria de programa o de datos; un módulo de memoria RAM adicional; funciones analógicas y periféricos de alto rendimiento. Dispone de alimentación analógica y digital

separadas, las cuales pueden ser independientemente alimentadas con tensiones que van desde +2.7V a +5.5V.

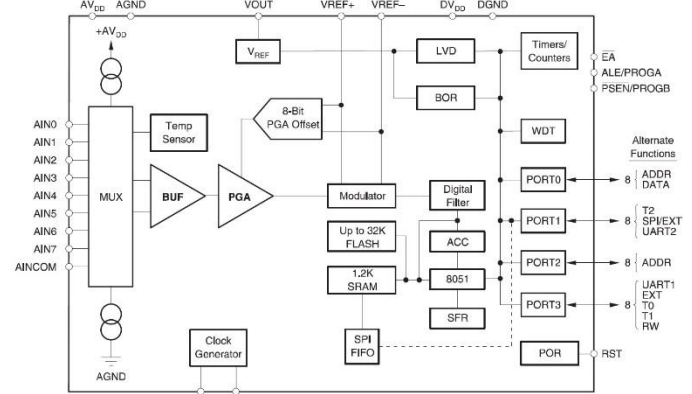


Fig. 4. Diagrama de bloques del MSC1210.

El MSC1210 es compatible con el conjunto de instrucciones del 8051. El núcleo de este microcontrolador es un núcleo 8051 optimizado con el que se consigue que las instrucciones se ejecuten 3 veces más rápido que con un núcleo del 8051 estándar (4 ciclos de reloj por ciclo máquina en vez de 12), lo que hace posible ejecutar un programa logrando el mismo rendimiento, que un núcleo del 8051 estándar con una frecuencia de reloj externa menor. Hemos seleccionado el MSC1210 porque cuenta con un convertidor analógico digital de gran resolución, además de tener un amplificador de ganancia programable, gracias al cual se puede mejorar la resolución de la medida. Por otra parte, permite enviar los datos por el puerto serie, y una velocidad de ejecución relativamente elevada, aunque esto no es determinante para una balanza, ya que las mediciones se realizan cada muy poco tiempo.

### III. IMPLEMENTACIÓN DEL INTERFAZ

Para comprobar el funcionamiento del interfaz de la balanza, se ha utilizado un *datalogger* portátil, desarrollado por nuestro grupo de investigación, denominado UCOADP. Las características de este *datalogger* se describen en [21]. Esta placa consiste en un registrador de datos que es un tipo especial de adquirente de datos que los almacena según transcurre el tiempo o según la localización del dispositivo, mediante el uso de instrumentos y sensores propios o externos.

El bloque de control de dicha placa cuenta con dos circuitos VLSI; por un lado, está el microcontrolador MSC1210, cuya operación es variable dependiendo de variables externas y de un programa cargado en memoria, por otro lado, está un circuito CPLD. La programación del CPLD queda definida antes de la operación del módulo UCOADP, con el objetivo de descargar al microcontrolador de operaciones que puedan realizarse con lógica secuencial o combinatorial sencilla.

Entre otras muchas características con las que cuenta la placa UCOADP, las que nos sirven para este trabajo son los conectores de los que dispone para conectar un visualizador LCD alfanumérico de 2 filas con 16 caracteres cada una, y un teclado matricial de cuatro filas y cuatro columnas, ambos controlados a través del CPLD, simplificando así la

programación de ambos.

También la placa cuenta con un circuito USB-UART que permite utilizar el USB del dispositivo como un puerto COM virtual, permitiendo la comunicación con el dispositivo mediante programas tipo *HyperTerminal*. Por lo tanto, se puede programar el microcontrolador a través del puerto serie; para ello será necesario entrar en el modo programación, al que se entra cuando se produce un *reset* y la patilla PSEN está a nivel lógico bajo.

También cabe mencionar que la placa UCOADP sólo se piensa utilizar para realizar la prueba de la balanza, la idea sería sustituirla por un microcontrolador MSC1210 cuando se monte de forma definitiva. En el montaje definitivo el visualizador LCD y el teclado pueden ser controlados a través de los puertos del microcontrolador, ya que en un principio no se prevén otro uso para ellos.

#### IV. AJUSTES DE LA BALANZA: OFFSET Y CALIBRACIÓN

El puente de la celda de carga, cuando no tiene ningún peso sobre ella, tiene en su salida una determinada diferencia de potencial, cuando teóricamente debería ser nula. A esta diferencia de potencial es a lo que denominamos tensión inicial de *offset*. Este problema es debido a las ligeras variaciones en las resistencias entre las ramas del puente y la resistencia de los cables. Durante las pruebas realizadas a la balanza, se observó que el *offset* de la celda de carga utilizada en este proyecto es de unos 0.152mV. Para compensar esta tensión inicial de *offset* existen diferentes alternativas:

- 1) Compensación por software a través del programa de la aplicación. Consiste en pesar con la balanza vacía y guardar el dato en la memoria para que el resto de medidas se comparen con este peso inicial. A este método también se le denomina auto-cero, es un método simple, rápido y que no requiere de ajustes manuales. La desventaja es que la tensión inicial de *offset* sigue estando a la salida de la celda de carga; si esta tensión es lo suficientemente grande, limitará la ganancia que el amplificador puede aplicar a la tensión de salida, limitando por tanto el rango dinámico de la medida y con ello la resolución de la balanza.
- 2) Circuito de anulación de *offset*. Consiste en utilizar un potenciómetro a la salida del puente de la celda carga, para poder ajustar manualmente la tensión inicial de *offset* a 0V.
- 3) Anulación del *offset* mediante un *buffer*. Consiste en un circuito de anulación que añade una tensión ajustable a la salida del amplificador de instrumentación. Este método tiene la ventaja de que no afecta al puente directamente.

La solución adoptada ha sido la compensación por software, ya que disponemos de un microcontrolador para el tratamiento de los datos. Al arrancar el programa se toma una medida, que será almacenada en una variable; posteriormente a las demás medidas se les restará el valor que tenga dicha variable. Además, la balanza dispone de una tecla, para que se vuelva a realizar una medición y volver a cargar la variable con un determinado valor, por si la balanza se desajusta durante su uso por motivos como pueden ser que la balanza se haya iniciado con algún peso sobre ella, un aumento de la temperatura, variación de resistencia de los cables, etc.

La calibración es el conjunto de operaciones con las que se establece, en condiciones específicas, la correspondencia entre los valores indicados en un instrumento, equipo o sistema de medida, y los valores conocidos correspondientes a una magnitud de medida o patrón, asegurando así la trazabilidad de las medidas a las correspondientes unidades básicas y procediendo a su ajuste o expresando esta correspondencia por medio de tablas o curvas de corrección.

El envejecimiento de los componentes, los cambios de temperatura y el estrés mecánico que soportan los equipos deterioran poco a poco sus funciones. Cuando esto sucede, las medidas comienzan a perder precisión. Esta situación puede ser evitada, por medio del proceso de calibración.

La balanza está dentro de los sistemas de instrumentación que funcionan en régimen estático, dado que la masa del objeto pesado permanece constante o varía con una frecuencia no superior a 1 o 2Hz. Las características estáticas quedan determinadas por las características estáticas del sensor, es decir de la celda de carga.

Las características estáticas de la celda de carga se definen a través de una curva de calibración. Para construir esta curva hemos utilizado dos objetos de 24.3 kg y de 8.5 kg con una báscula con 100 gramos de resolución.

En la curva de calibración en Fig. 5, se observa como la celda de carga es completamente lineal como garantiza el fabricante. También podemos analizar si la sensibilidad es 2mV/V, la indicada por el fabricante. La sensibilidad en un punto de la curva de calibración es la pendiente en ese punto.

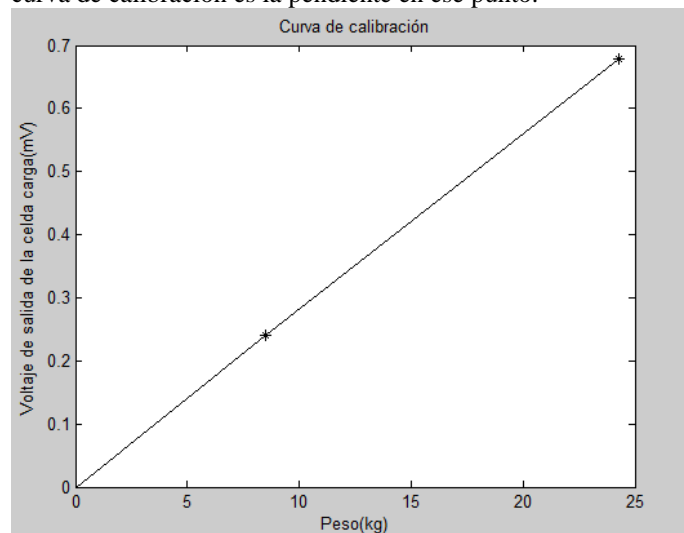


Fig. 5. Curva de calibración de la celda de carga.

La pendiente en el punto correspondiente al peso de 24.3kg sería:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{0.678\text{mV}}{24.3\text{kg}} = 0.0279\text{mV / kg} \quad (2)$$

Para pasar este valor a mV/V hay que multiplicarlo por el peso máximo de la celda de carga (300kg) y dividirlo entre la tensión de excitación (4.096V). Dicho valor quedaría:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{0.0279\text{mV/kg} \cdot 300\text{kg}}{4.096\text{V}} = 2.0435\text{mV/V} \quad (3)$$



Como se puede observar, la sensibilidad calculada es distinta de la indicada por el fabricante. Para calibrar la celda de carga se ha incluido el valor de la sensibilidad calculada, en el código diseñado, para realizar la conversión de voltios a kilogramos.

#### V. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN SOFTWARE

Para diseñar el programa de la aplicación, que ejecutará el microcontrolador para controlar la balanza, se ha utilizado el entorno de desarrollo Keil  $\mu$ Vision5. La programación del código de control de la balanza se ha realizado en el lenguaje de alto nivel CX-51.

Se ha llevado a cabo una programación modular para diseñar el código. Para probar la balanza se ha utilizado la placa UCOADP, que cuenta con un CPLD a través del que se realiza el control del visualizador LCD y del teclado.

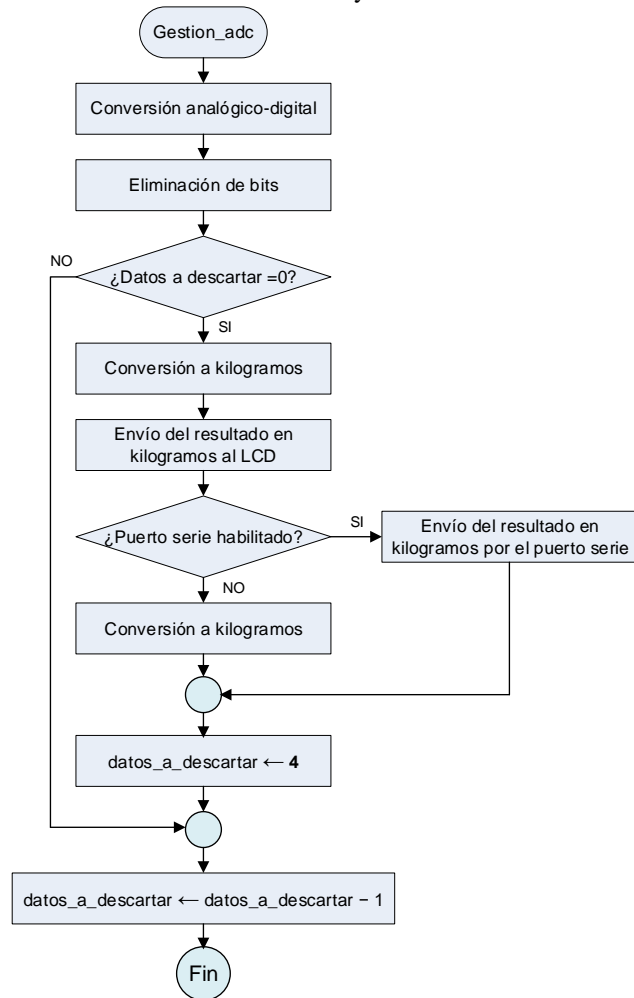


Fig. 6. Diagrama de flujo de la función para gestionar el ADC.

Cuando el programa empieza a ejecutarse, primero se realiza la configuración de la duración de las operaciones de transferencia externa, de los registros del contador de milisegundos, del puerto serie y del temporizador para generar la señal de reloj que usa el puerto serie, y de todos los registros de control del ADC. A continuación se habilitan las interrupciones del ADC, y, antes de entrar en un bucle infinito, se realiza una calibración de los parámetros internos del ADC,

se calcula el valor del *offset*, el cual se introduce en una variable que se restará a todas las conversiones que se realicen.

La función “gestión\_adc” realiza las gestiones de las conversiones del ADC. En ella, primero se leen los registros en los que aparece la conversión del ADC, ya que de lo contrario no empezaría una nueva conversión. A continuación, se eliminan los bits que hayamos determinado, redondeando el resultado con el último bit eliminado, se ve si se ha descartado ya tres muestras (para que el filtro se estabilice); en el caso de que no se haya descartado las tres muestras, se decrementa la variable que nos indica cuantas muestras quedan por descartar, la cual es “datos\_a\_descartar”, que se inicializa con el valor 3 al arrancar el programa, y salimos de la función. En el caso de que ya se haya descartado los datos necesarios, se convierte el valor digital de nuevo en voltios; a continuación se convierte el valor del voltaje en kilogramos. Por último, se envía el resultado al LCD y a través del puerto serie. El diagrama de flujo correspondiente a esta función se indica en Fig. 6.

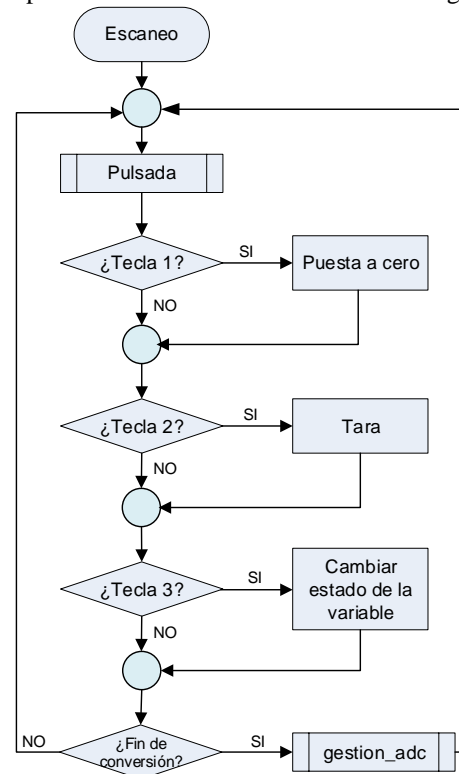


Fig. 7. Diagrama de flujo del bucle infinito de sondeo.

Una vez que el programa entra en el bucle infinito, se escanean las tres primeras columnas del teclado, y a continuación se comprueba si está lista una conversión del ADC. En tal caso se llama a la función “gestión\_adc”. Para escanear las columnas, mediante la función “pulsada” se guarda el valor de las columnas en la variable “col”, y a continuación se compara esta variable con el valor que debería tener si alguna tecla estuviese pulsada. Si se detecta que una tecla está pulsada, para que comience a realizarse la función correspondiente a la tecla pulsada, previamente se esperarán 10ms tras detectar que la tecla está pulsada y 10ms tras detectar la relajación de la tecla, para filtrar los rebotes mecánicos. El diagrama de flujo de

este bucle infinito de escaneo se indica en Fig. 7.

## VI. MONTAJE Y PRUEBAS REALIZADAS

Para programar el microcontrolador MSC1210, con la aplicación software diseñada, a través del puerto serie, mediante conexión USB con un ordenador, gracias al dispositivo FTDI 232 con el que cuenta la placa UCOADP, se ha usado el programa software *TI downloader*. El montaje definitivo de este prototipo se observa en Fig. 8.

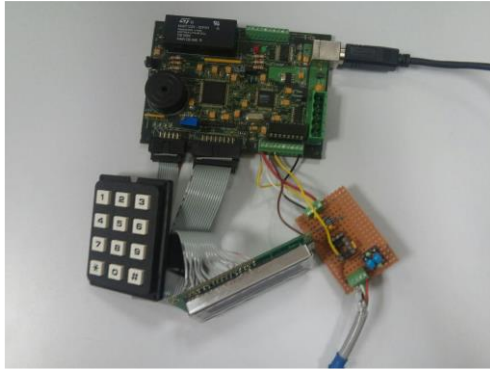


Fig. 8. Montaje del prototipo diseñado.

Finalmente, se comprobó que la balanza medía correctamente el peso de un objeto previamente pesado con una balanza patrón. En Fig. 9 se muestra como nuestra balanza nos proporciona el mismo valor, sin oscilar, que la báscula de calibración, y que en este caso es de 24.3 Kg.

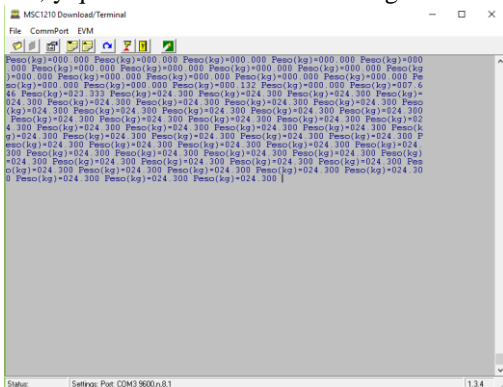


Fig. 9. Balanza calibrada.

## VII. CONCLUSIONES

Hemos desarrollado el interfaz de una balanza electrónica basada en una celda de carga con el objetivo de complementar la monitorización de las condiciones climáticas de las colmenas de abejas. Se ha diseñado tanto la parte hardware como la parte software. Como trabajo futuro quedaría la integración de este sistema dentro del sistema final de monitorización.

## REFERENCES

[1] Z. B. Tibor Szép, Zoltán Tóth and Zolt Sónvá, "Use of an Electronic Balance with Bank Swallow Nests: A New Field Technique," *Journal of Field Ornithology*, vol. 66, pp. 1-11, 1995 1995.

[2] S. Chang and C. Yang, "Circuit design of electronic weighing system," in *2010 2nd International Conference on Industrial and Information Systems*, 2010, pp. 185-187.

[3] B. Dai, R. C. Chen, and W. B. Yang, "Using Arduino to Develop a Bluetooth Electronic Scale for Water Intake," in *2016 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C)*, 2016, pp. 751-754.

[4] P. Zhu and C. Hu, "Design of Wireless Electronic Scale Based On MSP430 Microprocessor," *AASRI Aasri Conference on Computational Intelligence and Bioinformatics*, vol. 1, pp. 581-587, 2012/01/01/ 2012.

[5] R. Gu, X. Ge, and Y. Lang, "Design of Multifunctional Electronic Scale Based on Single Chip Microcomputer," in *2017 International Conference on Sensing, Diagnostics, Prognostics, and Control (SDPC)*, 2017, pp. 670-672.

[6] D. H. Wang, H. Liu, and J. T. Zhao, "Theory and System Implementation of the Electronic Scale Based on STC89C52," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 143-144, pp. 572-576, 2012.

[7] X. H. Kuang, Z. Y. Yao, Z. Y. Wang, and S. M. Wang, "High Precision Electronic Scale Design Based on MCU," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 427-429, pp. 616-619, 2013.

[8] R. X. Sun, X. W. Feng, X. Hao, Y. C. Zhou, and S. N. Wang, "The Design of Electronic Weighing Control System Based on Proteus," *Advanced Materials Research*, vol. 960-961, pp. 796-800, 2014.

[9] Q. Zhuang, "Weighing System Design Based on Single Chip Microcomputer," *Advanced Materials Research*, vol. 1070-1072, pp. 1572-1575, 2015.

[10] S. Gil-Lebrero, F. Quiles-Latorre, M. Ortiz-López, V. Sánchez-Ruiz, V. Gámiz-López, and J. Luna-Rodríguez, "Honey Bee Colonies Remote Monitoring System," *Sensors*, vol. 17, p. 55, Jan 2017.

[11] V. Sánchez, S. Gil, J. M. Flores, F. J. Quiles, M. A. Ortiz, and J. J. Luna, "Implementation of an electronic system to monitor the thermoregulatory capacity of honeybee colonies in hives with open-screened bottom boards," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 119, pp. 209-216, 2015/11/01/ 2015.

[12] F. J. Q.-L. Victor Sánchez Ruiz, Juan Luna-Rodríguez, Sergio Gil, Victoria Gámiz y José Manuel Flores, "Sistema de Monitorización de las Condiciones Climáticas de las Colmenas de Abejas utilizando Arduino," in *XXIII Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación SAAEI 2016*, Elche (Spain), 2016, p. 5.

[13] P. Neumann and N. Carreck, "Honey bee colony losses," *Journal of Apicultural Research*, vol. 49, pp. 1-6, January 2010 2010.

[14] W. G. Meikle, N. Holst, G. Mercadier, F. Derouané, and R. R. James, "Using balances linked to dataloggers to monitor honey bee colonies," *Journal of Apicultural Research*, vol. 45, pp. 39-41, 2006/01/01 2006.

[15] B. He, G. Lu, K. Chu, and G. Ma, "Developing of high accuracy and low capacity strain gage based load cell for electronic scale," in *2009 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments*, 2009, pp. 2-552-2-556.

[16] Z. Wenxiao, G. Guodong, and M. Guangyu, "Study on the salinity auto-monitoring system based on GPRS," in *2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*, 2011, pp. 8593-8595.

[17] W. Zilong, G. Lei, W. Yanhui, and L. Yuhong, "Data acquisition system design of shear probe for ocean turbulence measurement," in *2009 International Conference on Mechatronics and Automation*, 2009, pp. 3699-3703.

[18] X. Zhao, Y. Shi, and C. Feng, "The groundwater layered automatic monitoring system based on MSC1210," in *2010 International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering*, 2010, pp. 265-267.

[19] Y. Tiemei, "A High Precision Pressure Data Acquisition System Based on MSC1210," in *2011 First International Conference on Robot, Vision and Signal Processing*, 2011, pp. 170-173.

[20] L. Cai-hong, J. Jin-shui, and X. Ya-ting, "Design of remote control for multiple steps temperature system," in *2011 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering*, 2011, pp. 568-570.

[21] F. J. Quiles, M. Ortiz, A. Gersnoviez, M. Brox, A. Olivares, and P. Glosekotter, "Development of a Wireless Low Power Datalogger with High Performance Converter," *Elektronika Ir Elektrotehnika*, vol. 21, 2015.