

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BALANZAS ELECTRÓNICAS PORTÁTILES PARA VEHÍCULOS CUYO PESO NO EXCEDA LOS 800kg

Ing. Euro Mena / Ing. Wilson Trávez / Jonathan Cumba

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maenza s/n

Email: ermena@espe.edu.ec, wotravez@espe.edu.ec, j davidct04@hotmail.com

Latacunga – Ecuador

RESUMEN

El presente artículo muestra el diseño, y construcción de balanzas electrónicas portátiles para vehículos cuyo peso no exceda los 800kg. Se detalla los parámetros del diseño, análisis de resultados, finalmente la construcción y pruebas de pesaje.

ABSTRACT

This article shows the design, and construction of portable electronic scales for weighing vehicles not exceeding 800kg. Detailed design parameters, analysis of results, finally the construction and testing of weighing.

I. INTRODUCCIÓN

La afición por los automotores va en aumento, generando que los equipos de competición se perfeccionen al máximo y tengan en cuenta más parámetros para obtener un mejor rendimiento en los vehículos. Entre éstos se encuentra la distribución de los pesos, y para obtener un vehículo correctamente balanceado se requiere de básculas.

La Universidad de las Fuerzas Armadas cuenta con el equipo FESPE, un grupo de estudiantes dedicados a diseñar y construir vehículos monoplace para competir en la Formula Student Germany, evento internacional a nivel de universidades.

Debido a la carencia de un instrumento de pesaje en la universidad se desarrolló

el presente proyecto, que consta de las siguientes características:

- Balanzas individuales.
- Portátiles.
- Recargables.
- Transmisión de datos inalámbrica vía ZigBee.
- Peso máximo admisible 800kg.

Las balanzas electrónicas portátiles son usadas para determinar el peso del vehículo individualmente en cada neumático.

El principio de funcionamiento es el siguiente, habrá cuatro balanzas las mismas que poseen un sensor que recibe peso y envía un voltaje, este es interpretado mediante un indicador como peso.

Los valores que emiten cada una, se envían vía inalámbrica a un programa que es instalado en un computador, en este programa virtual se puede observar los pesos en las cuatro balanzas, independientemente, el peso total, por ejes, dependiendo de lo deseado por el o los usuarios, que hagan uso del equipo de pesaje.

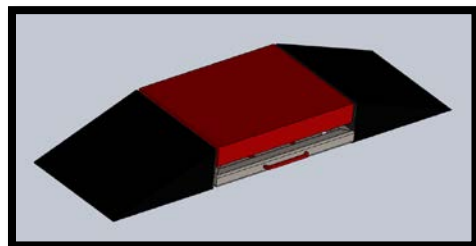


Figura 1. Diseño de las balanzas

II. DETERMINACIÓN DE CARGAS

El proyecto está enfocado principalmente en los vehículos monoplaza tipo fórmula que posee la universidad, por esta razón se procede a determinar las reacciones que ejercen, en cada uno de los neumáticos. Para posteriormente determinar el peso máximo con el que se diseñaron las balanzas. En la figura 2 se muestra el diagrama de cuerpo libre (D.C.L) del monoplaza FESPE.

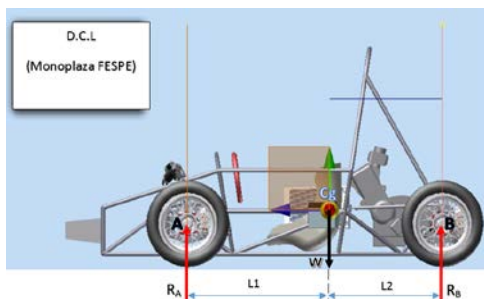


Figura 2. D.C.L (Monoplaza FESPE)

Siendo:

L_1 : Distancia del eje delantero al centro de gravedad

L_2 : Distancia del eje trasero al centro de gravedad

m : Masa total del vehículo

g : Gravedad

R_A : Reacción del eje delantero

R_B : Reacción del eje trasero

R_{NDel} : Reacción en cada neumático delantero

R_{NTras} : Reacción en cada neumático trasero

Datos:

$L_1 = 875,36 \text{ mm}$

$L_2 = 694,64 \text{ mm}$

$m = 340 \text{ kg}$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Procedimiento para determinar la Reacción en cada neumático trasero:

Mediante el D.C.L se procede a realizar la sumatoria de momentos en el punto A

$$+\curvearrowleft \Sigma M_A = 0$$

$$R_B(L_1 + L_2) - w(L_1) = 0$$

$$R_B(L_1 + L_2) - mg(L_1) = 0$$

$$R_B = \frac{mg(L_1)}{L_1 + L_2}$$

$$R_B = \frac{340(9,8)(0,87536)}{0,87536 + 0,69464}$$

$$R_B = 1857,77 \text{ N}$$

$$R_{NTras} = \frac{1857,77 \text{ N}}{2}$$

$$R_{NTras} = \mathbf{928,89 \text{ N}}$$

Procedimiento para determinar la Reacción en cada neumático Delantero, se realiza sumatoria de fuerzas en el eje y:

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$R_A + R_B - w = 0$$

$$R_A = mg - R_B$$

$$R_A = 340(9,8) - 1857,77$$

$$R_A = 1474,23 \text{ N}$$

$$R_{NDel} = \frac{1474,23 \text{ N}}{2}$$

$$R_{NDel} = \mathbf{737,12 \text{ N}}$$

Por lo tanto con el monoplaza FESPE cada báscula soporta un peso de **928,89 N**.

Pero las balanzas están diseñadas para vehículos que pesen 800 kg, por lo que se pasó a determinar las reacciones que provoque un vehículo de esta magnitud. Para lo cual se realizó una regla de tres con los resultados obtenidos.

$$\begin{array}{l} R: 928,89 \text{ N} \rightarrow \text{FESPE de } 340 \text{ kg} \\ R_{M\acute{a}x} \rightarrow \text{Vehículo de } 800 \text{ kg} \end{array}$$

$$R_{M\acute{a}x} = \frac{800(928,89)}{340}$$

$$R_{M\acute{a}x} = 2185,62 \text{ N}$$

Como el esfuerzo al que estarán sometidas las balanzas, será estático por

parámetros de seguridad, se consideró un Factor de seguridad mínimo de 1,25 para determinar el peso máximo con el que se efectuaron los análisis. [1]

Por lo tanto:

$$w_{M\acute{a}x} = 2940 \text{ N}$$

Entonces el peso máximo con el que se realizan los análisis es de **2940 N**.

III. ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA SUPERIOR DE LAS BALANZAS

La estructura superior está diseñada con tubo cuadrado AISI 1020 de $30 \times 30 \times 2 \text{ mm}$ posee un tamaño de ($L = 40 \text{ cm}$; $A = 30 \text{ cm}$), va a soportar más esfuerzo que la inferior debido a que sus puntos de apoyo van a ser únicamente en la platina de la celda de carga.

Según los estudios de tensión del elemento a plena carga, se puede determinar que la tensión cortante máxima se va a experimentar en las partes adyacentes a la platina, base de la celda de carga y tiene un valor de $199,30 \text{ MPa}$, como se aprecia en la figura 3, medida que está por debajo del límite elástico del material que es $351,57 \text{ MPa}$, por lo que está dentro de los parámetros de seguridad. [2]

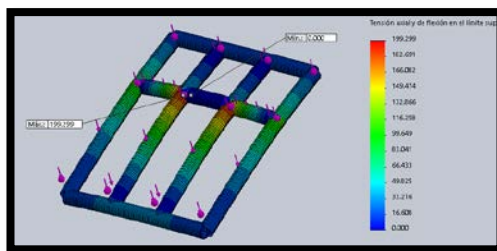


Figura 3. Análisis de tensiones – Estructura superior

IV. ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA INFERIOR DE LAS BALANZAS

La estructura inferior de las básculas tiene la misma forma que la superior,

aunque el material utilizado es tubo cuadrado AISI 304 de $30 \times 30 \times 2 \text{ mm}$ y en dimensiones es mayor ($L = 42 \text{ cm}$; $A = 32,5 \text{ cm}$).

Con el estudio realizado se puede definir que cuando se le aplique la fuerza máxima $F = 2940 \text{ N}$ la tensión cortante máxima a la que va a ser sometida la estructura inferior va a ser de $41,97 \text{ MPa}$, y como se aprecia en la figura con color rojo, va a estar situada en los costados de la platina. Y es inferior al límite elástico que es de por lo que es un diseño seguro. Así se muestra en la figura 4. [3]

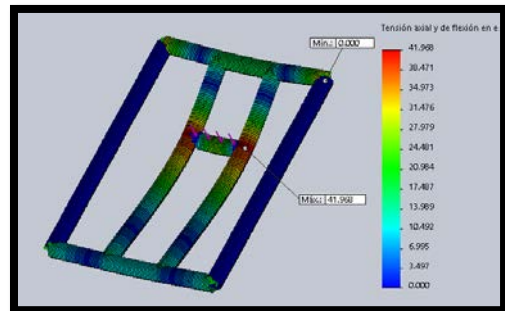


Figura 4. Análisis de tensiones – Estructura inferior

V. ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA RAMPA

Las rampas son las que permiten que el vehículo suba y baje sin problemas del equipo de pesaje, además de que son abatibles y se pueden recoger para reducir el tamaño y hacerlas más prácticas al momento de ser trasladadas, el material es de acero ASTM A36 y cuenta con las siguientes medidas ($L = 30 \text{ cm}$; $A = 31 \text{ cm}$; $h = 10,3 \text{ cm}$).

La tensión máxima que experimentará la rampa será $63,09 \text{ MPa}$ en la parte central baja de la rampa, y una tensión mínima de $0,15 \text{ MPa}$ en las esquinas, siendo el límite elástico 250 MPa es un elemento totalmente seguro, como se muestra en la figura 5. [4]

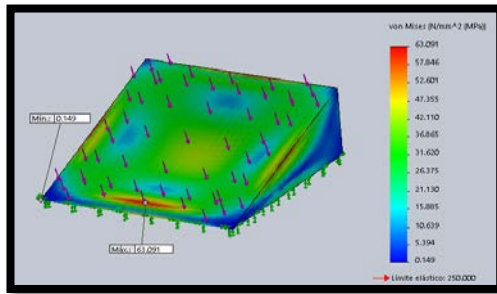


Figura 5. Análisis de tensiones – Rampa

VI. CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE LAS BALANZAS

Para la construcción de las estructuras se consideraron algunas normas técnicas, que sirvieron de guía en los procesos de construcción principalmente resguardando nuestra integridad física.

- Reglamento de la República del Ecuador de seguridad y salud para la construcción, Art 58 y Art 60 Lit c.
- UNE-EN ISO 6385:2004. Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo.
- UNE-EN 614-2:2001+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo.
- ISO 26800:2011. Ergonomics - General approach, principles and concepts.

En el proceso de soldadura se aplicó electrodo de Tungsteno no consumible, argón como gas protector, y se soldó con una intensidad de corriente de 100 A, como se especifica en el Manual del soldador OXGASA [5].

En la figura 6 se muestran dos perfiles punteados.



Figura 6. Perfiles unidos con solda TIG

Las platinas de las celdas de carga van a soportar todo el peso que se aplique a las básculas, por lo que requieren de robustez al momento de ser soldadas, por lo que se aplica solda SMAW con una intensidad de corriente de 150 A, con un electrodo 6011, según el manual del soldador OXGASA [6].



Figura 7. Proceso de solda de platinas de celdas de carga

Con las estructuras construidas, el proceso de pintado se realizó respetando los siguientes reglamentos y recomendaciones:

- Reglamento de la República del Ecuador de seguridad y salud para la construcción, Art 60 Lit c.

- Perfil de competencia laboral en pintura metalmecánica de la República del Ecuador.
- Ley Europea 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales y el R.D. 374/2001 (98/24/CE y 2000/39/CE) sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.



Figura 8. Estructuras con la capa de pintura de fondo

VII. CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA ELECTRÓNICA

Se empieza por la simulación del circuito en el software ISIS Proteus, ahí seleccionamos los elementos electrónicos, entre los que más resaltan y necesitarán programación son el PIC 16F628A y el módulo XBee Serie 1. Así se aprecia en la figura 9 y en la figura 10 se muestra la simulación digital de la placa electrónica.

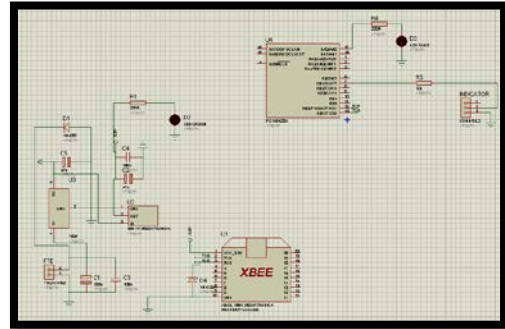


Figura 9. Diseño del circuito electrónico

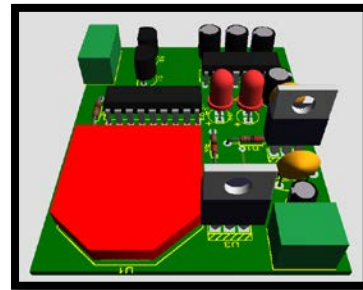


Figura 10. Simulación digital de la placa electrónica

Entonces se procedió a construir la placa electrónica en una baquelita y se soldaron todos los componentes en su sitio asignado, en la figura 11 se encuentra la placa electrónica construida.



Figura 11. Placa electrónica

VIII. CREACIÓN DE LA APLICACIÓN A UTILIZAR

La aplicación que vamos a requerir para el uso de las básculas, es de fácil y rápido funcionamiento, para mostrar mediante la interfaz inalámbrica los datos reales que se muestran en las básculas el momento de pesar un vehículo. La programación se realizó en Visual Studio.

El programa virtual consta de una pantalla de inicio en la que se deberán elegir el puerto de conexión en la que se encuentra el módulo XBee explorer, también se debe elegir la velocidad de transmisión que se establecerá a 9600 baudios. Además tiene 4 casilleros que muestran los valores preliminares de las balanzas y un botón para exportar los valores del peso a Excel. En la figura 12 se ilustra la pantalla de inicio.



Figura 12. Aplicación – Pantalla de inicio

Posteriormente tenemos una pantalla en la cual constarán las 5 opciones de pesaje. Como se visualiza en la figura 13.

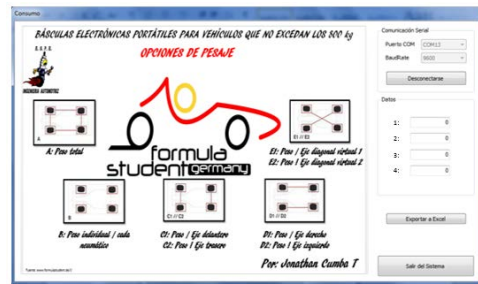


Figura 13. Aplicación – Opciones de pesaje

Al presionar el botón requerido se mostrará en otra pantalla la ilustración de cómo se realizará el pesaje:

- Al presionar el botón A se ilustra en la pantalla el peso total del vehículo, figura 14.



Figura 14. Aplicación – Peso total

- En la opción B, se visualiza el peso individual en cada balanza, como se aprecia en la figura 15.



Figura 15. Aplicación – Peso individual

- En la opción C se muestra el peso de los ejes, delantero C1 y

posterior C2, como se aprecia en la figura 16.



Figura 16. Aplicación – Peso de ejes

- Con el botón D, aparecen los pesos de los ejes laterales, lateral derecho D1 y lateral izquierdo D2, en la figura 17 se ilustra este procedimiento.



Figura 17. Aplicación – Peso de ejes laterales

- La última opción de pesaje es la E, y visualiza el pesaje de los ejes virtuales, como se indica en la figura 18.

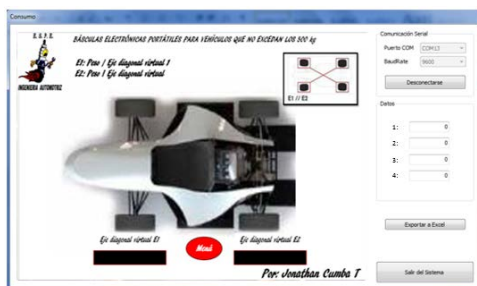


Figura 18. Aplicación – Peso de ejes virtuales

IX. ENSAMBLAJE DE LAS BALANZAS

Se ubicaron los componentes en su lugar, la batería, transformador, celda de carga y demás elementos, para posteriormente calibrar cada balanza con pesos certificados. En la figura 19 se muestra la báscula calibrada.

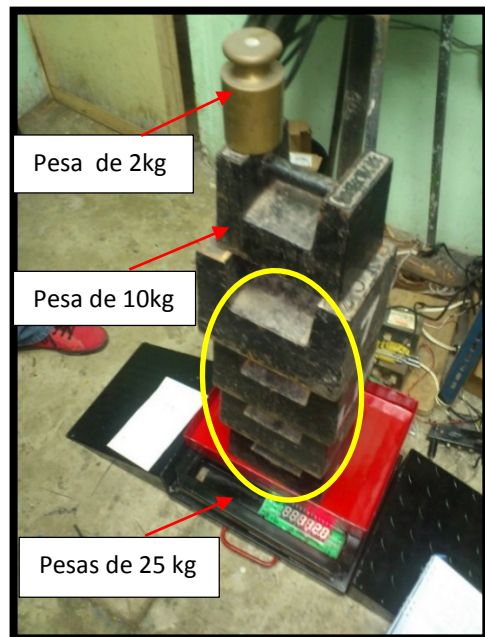


Figura 19. Báscula calibrada

X. PRUEBAS DE CONFIABILIDAD DE LAS BALANZAS

Para verificar finalmente el funcionamiento óptimo de las básculas, se las somete a cinco pruebas de pesaje

reales, con el monoplaza FESPE, como se aprecia en la figura 20.



Figura 20. Pruebas de pesaje – Monoplaza FESPE

Obteniendo los siguientes valores en kg, siendo:

- Neumático 1, el delantero derecho.
- Neumático 2, el posterior derecho.
- Neumático 3, el posterior izquierdo.
- Neumático 4, el delantero izquierdo.

Tabla 1.

Valores de peso – Monoplaza FESPE

Datos	
1:	0052.5
2:	0102.0
3:	0075.5
4:	081.00

En las cinco opciones de pesaje se obtuvieron los siguientes resultados:

- a) El peso total obtenido, fue de 311 kg.

- b) Los pesos individuales por cada neumático:

- En el neumático 1: 52,5 kg.
- En el neumático 2: 102 kg.
- En el neumático 3: 75,5 kg.
- En el neumático 4: 81 kg.

- c) Los pesos por ejes fueron los siguientes:

- Eje delantero: 133,5 kg.
- Eje posterior: 177,5 kg.

- d) Los valores de esta opción de pesaje se muestran a continuación:

- Eje lateral derecho: 154,5 kg.
- Eje lateral izquierdo: 156,5 kg.

- e) Los pesos según la opción de pesaje de ejes virtuales, fueron los siguientes:

- Eje diagonal virtual 1, comprendido entre los neumáticos 2 y 4: 183 kg.
- Eje diagonal virtual 2, comprendido entre los neumáticos 1 y 3: 128 kg.

XI. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó cuatro básculas electrónicas portátiles para vehículos cuyo peso no exceda los 800 kg, bajo estrictas normas de calidad y respetando los parámetros de diseño.
- Se hizo el estudio de los diferentes tipos de sensores de peso, optando por el sensor de 300kg con cuatro pernos de apoyo a cada lado, por ser el más adecuado para el presente

proyecto, tomando en cuenta varios aspectos como la capacidad máxima tolerable, fiabilidad, precisión y facilidad de adquisición.

- Mediante los análisis de esfuerzos, desplazamientos y factor de seguridad, a los que fueron sometidas las estructuras se concluye que son elementos bien diseñados y totalmente confiables.
- El diseño de la parte electrónica se concluyó utilizando, Visual Studio para la aplicación visual, Microcode para la programación del PIC, X-CTU para programar los XBee e ISIS Proteus para el circuito electrónico, además para la transmisión de datos se aplicó la tecnología inalámbrica ZigBee, debido a que es más eficiente que otras tecnologías similares.
- Se efectuaron las pruebas de pesaje correspondientes y se calibró la suspensión del vehículo FESPE, verificando que se puede distribuir su peso con total precisión y fiabilidad.

XII. RECOMENDACIONES

- Es primordial que antes de utilizar el equipo de pesaje se lea detalladamente el manual de uso que se encuentra en los anexos, para obtener en las pruebas de pesaje datos exactos.
- Verificar el área en la que se llevarán a cabo las pruebas de pesaje, el lugar en donde se asienten las básculas debe ser plano y sin imperfecciones, para que el balanceo del vehículo sea preciso.

- Utilizar las básculas para pesar vehículos que pesen como máximo 800 kg, pues si se pesan automotores que excedan este parámetro las básculas pueden sufrir averías y mostrar lecturas erróneas.
- Al realizar las pruebas de pesaje, en el software se muestran distintas opciones de pesaje, se debe elegir la más adecuada según los requerimientos de las pruebas.
- Verificar que los cuatro neumáticos de los vehículos a pesar tengan la misma presión de aire.
- No alterar los parámetros de calibración, debido a que las básculas están calibradas con pesos certificados.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1]Pág.185 [2]Pág.33 [3]Pág.33 [4]Pág.33 MOTT, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (Cuarta 4ta Edición. ed.). México D.F.: PEARSON Educación.
- [5][6] OXGASA. (16 de Noviembre de 2014). *Manual del soldador*. Obtenido de <http://www.oxgasa.com/attachments/article/45/manual%20del%20soldador.pdf>

XIV. BIOGRAFÍA



Euro Mena, nació en Quevedo – Los Ríos – Ecuador. Es Ingeniero Automotriz en la Escuela Politécnica del Ejército, Docente de la ESPE desde 1997. Coordinador de investigación del

Departamento de Energía y
Mecánica.



Wilson Trávez: nació en la ciudad de Latacunga, Ecuador. Es Ingeniero Electrónico de la Universidad Nacional, Es docente tiempo parcial del Departamento de Ciencias Exactas de la Universidad.



Jonathan David Cumba Tutillo, nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz.