

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

AUTOR: CUMBA TUTILLO JONATHAN DAVID

**DIRECTOR: ING. MENA EURO
ING. TRÁVEZ WILSON**

LATACUNGA, MAYO 2015



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



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Efectuar varias calibraciones de suspensión y calibración de pesos en vehículos para optimizar su funcionamiento

Creación de las balanzas electrónicas

Obtención de mejores resultados en las competencias a participar

Estudiantes capacitados totalmente en el área de suspensión y distribución de pesos

EFEECTO

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

CAUSA

Evolución en la preparación de vehículos de competencia

Carencia de una herramienta en la universidad para el pesaje de vehículos livianos

Pruebas de suspensión y distribución de pesos en los vehículos FESPE

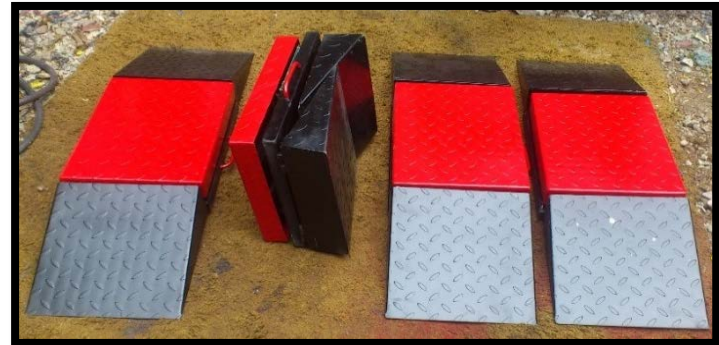
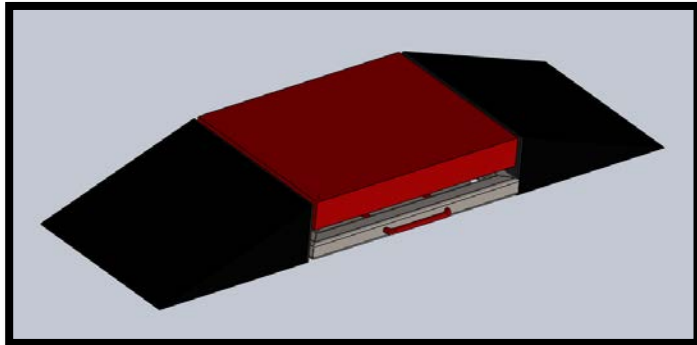
Material didáctico de este tipo para los laboratorios de la universidad



OBJETIVOS

GENERAL:

- ✓ Diseñar y construir balanzas electrónicas portátiles para vehículos que no excedan los 800kg de peso.



ESPECÍFICOS:

- ✓ Realizar el estudio de los diferentes tipos de sensores de peso existentes en el mercado.
- ✓ Diseñar los soportes de cada una de las balanzas electrónicas portátiles para vehículos que no excedan los 800kg de peso.
- ✓ Diseñar la parte electrónica de las balanzas portátiles para vehículos que no excedan los 800kg de peso para poder transferir los valores de peso inalámbricamente a un computador.
- ✓ Construir las balanzas electrónicas portátiles para vehículos que no excedan los 800kg de peso.
- ✓ Efectuar las pruebas de pesaje y calibración de suspensión para distribuir los pesos en un vehículo que no exceda los 800kg de peso.



REQUERIMIENTOS

- ✓ Peso a soportar por las balanzas
- ✓ Dimensiones del vehículo
- ✓ Conectividad
- ✓ Aplicación



FRAME CONSTRUCTION: Tubular spaceframe
MATERIAL: Mild Steel ASTM A500
OVERALL L / W / H (mm): 2600 / 1380 / 1405
WHEELBASE (mm) / TRACK (Fr/Rr) (mm): 1570 / 1403 / 1203
WEIGHT WITH 68kg DRIVER (Fr/Rr): 130 / 150
SUSPENSION: Double unequal length A-Arm. Push rod actuated horizontally oriented spring and damper at 30°
TYRES (Fr/Rr): 155x60 R13 Hoosier R25B / 155x60 R13 Hoosier R25B
WHEELS (Fr/Rr): 5,5x13 / 5,5x13 Aluminium Alloy
ENGINE: Kawasaki ZX6R
BORE / STROKE / CYLINDERS / DISPLACEMENT: 66mm / 43,8 mm / 4 cylinders / 599 cc



Determinación de cargas

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

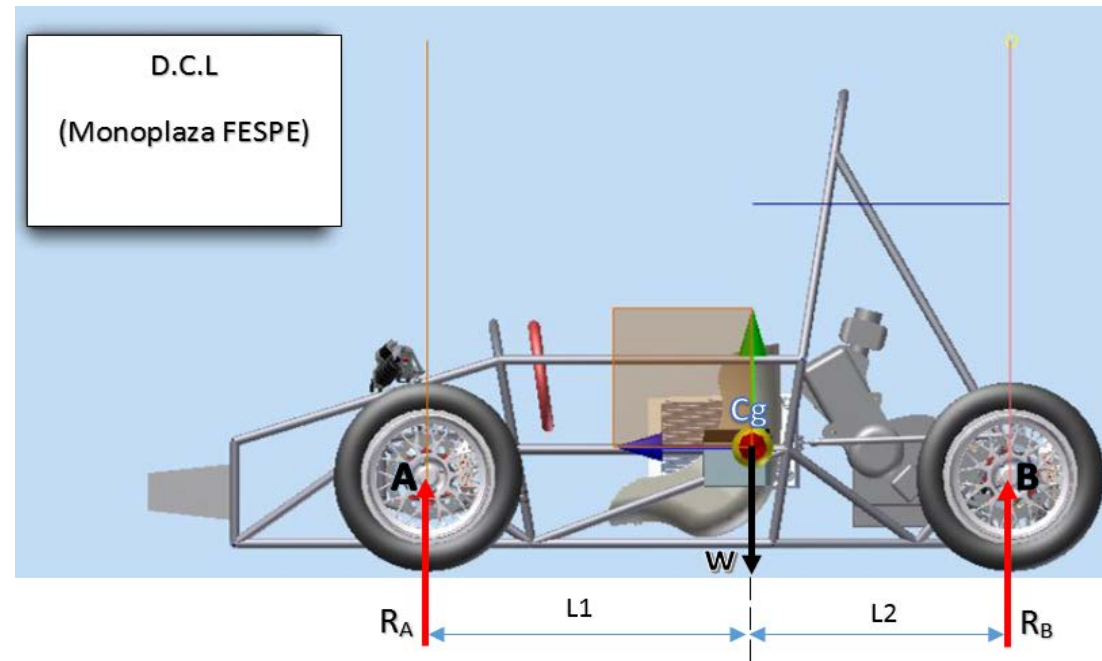
g : Gravedad

R_A : Reacción del eje delantero

R_B : Reacción del eje trasero

$R_{N\text{Del}}$: Reacción en cada neumático delantero

$R_{N\text{Tras}}$: Reacción en cada neumático trasero



Determinación de cargas

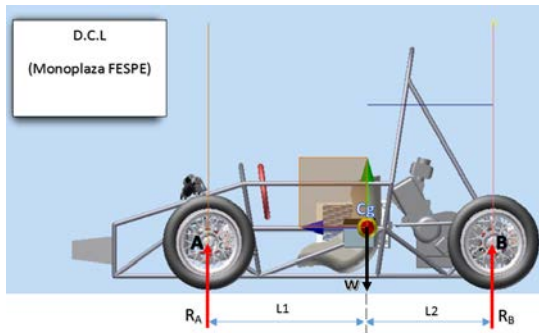
Datos:

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

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

$$m = 340 \text{ kg}$$

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



Procedimiento para determinar la Reacción en cada neumático trasero

$$+\curvearrowright \Sigma M_A = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

Procedimiento para determinar la Reacción en cada neumático delantero

$$+\uparrow \Sigma Fy = 0$$

$$R_A + R_B - w = 0$$

$$R_A = mg - R_B$$

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

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

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

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



Determinación de cargas

El presente proyecto está encaminado para vehículos que pesen 800 kg, por lo que se tiene que determinar las reacciones que provoque un vehículo de esta magnitud. Para lo cual se realiza una regla de tres con los resultados obtenidos (Peso monoplaça FESPE por balanza: **928,89 N**)

$$R: 928,89 \text{ N} \quad \rightarrow \quad \text{FESPE de } 340 \text{ kg}$$

$$R_{M\acute{a}x} \quad \rightarrow \quad \text{Vehículo de } 800 \text{ kg}$$

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

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

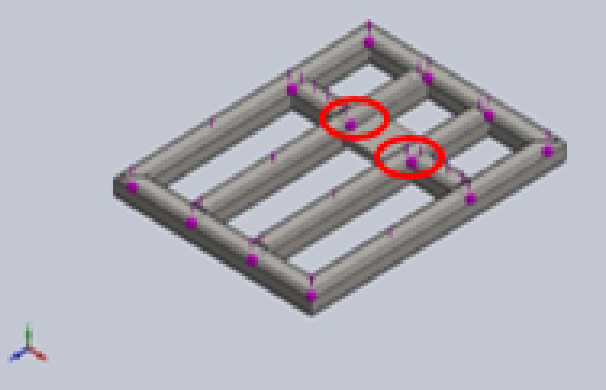
Como el esfuerzo al que estarán sometidas las balanzas, será estático por parámetros de seguridad, se considerará un Factor de seguridad mínimo de 1,25 para determinar el peso máximo con el que se efectuaran los análisis.

Por lo tanto:

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

Análisis de estructuras

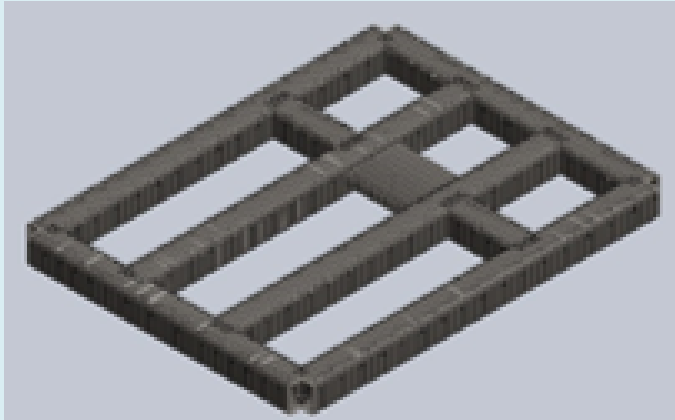
Propiedades del material y puntos de sujeción – Estructura superior

Elemento	Propiedades del material
	Material: AISI 1020
	Medidas: 30x30x2 mm
	Masa: 4,98 kg
	Peso: 48,83 N
	Límite elástico: 351,57 N/mm ²
	Límite de tracción: 420,51 N/mm ²
	Densidad: 7900 kg/m ³
	Descripción de puntos de sujeción
Tipo: Geometría fija	
Entidades: 2 puntos en la platina base	



Análisis de estructuras

Carga aplicada y mallado – Estructura superior

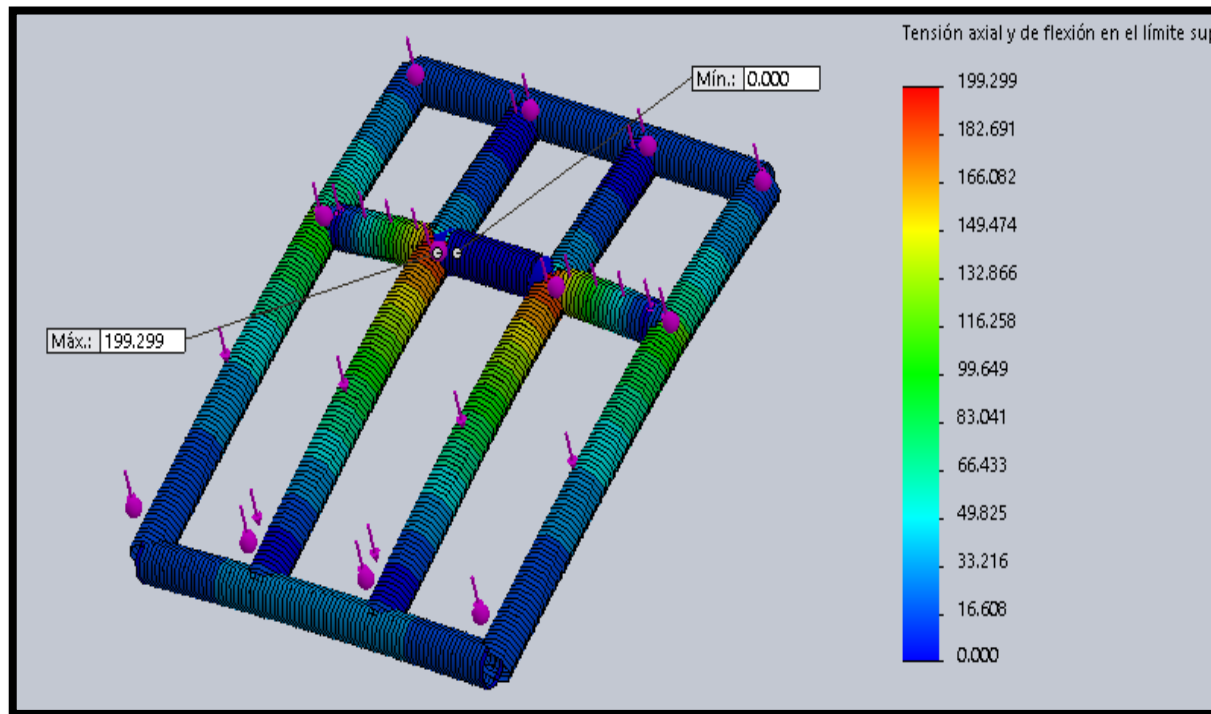
Elemento	Descripción de la fuerza aplicada
	Fuerza aplicada: 2940 N
	Entidades: 8 Vigas
	Dirección de la fuerza: Perpendicularmente a las caras de las vigas
	Descripción del mallado
	Tipo de mallado: Malla de viga
	Número total de nodos: 715
	Número total de elementos: 711



Análisis de estructuras

Resultados de estudio de la estructura superior

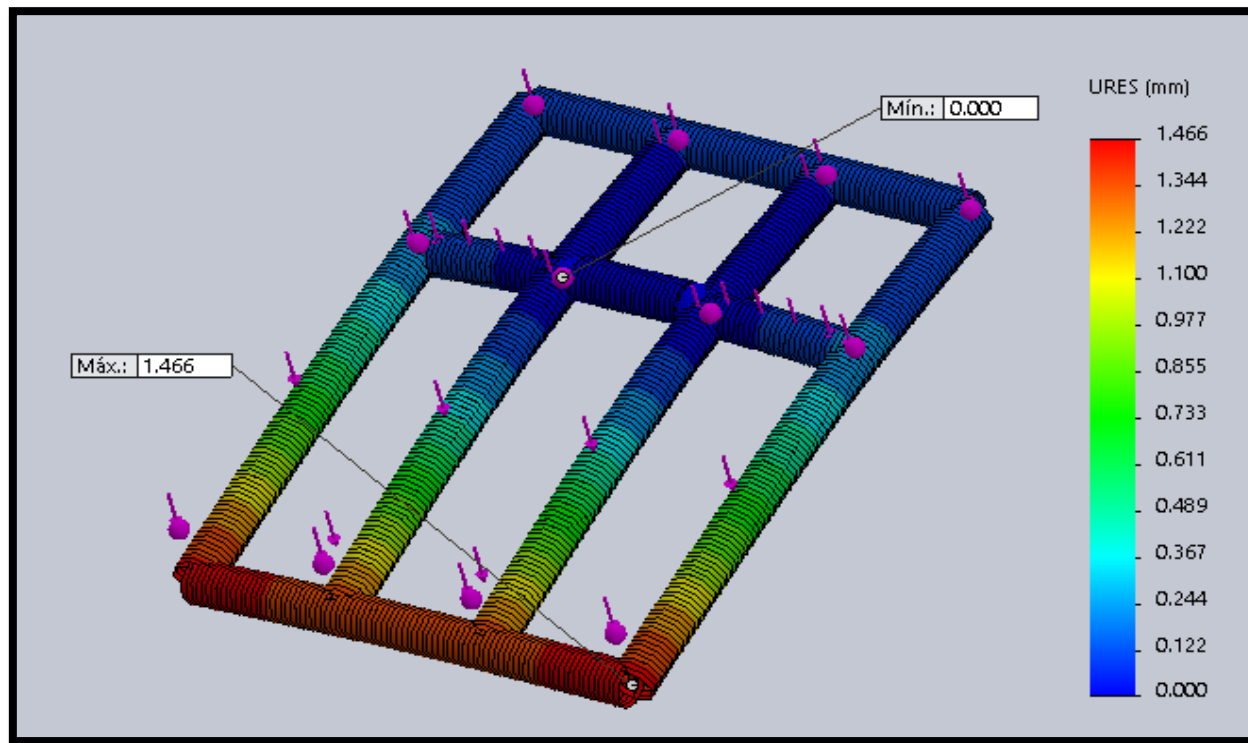
- ✓ Análisis de tensiones – Estructura superior
- ✓ Límite elástico del material 351,57 MPa
- ✓ La tensión cortante máxima se va a experimentar en las partes adyacentes a la platina base de la celda de carga y tiene un valor de 199,30 MPa.



Análisis de estructuras

Resultados de estudio de la estructura superior

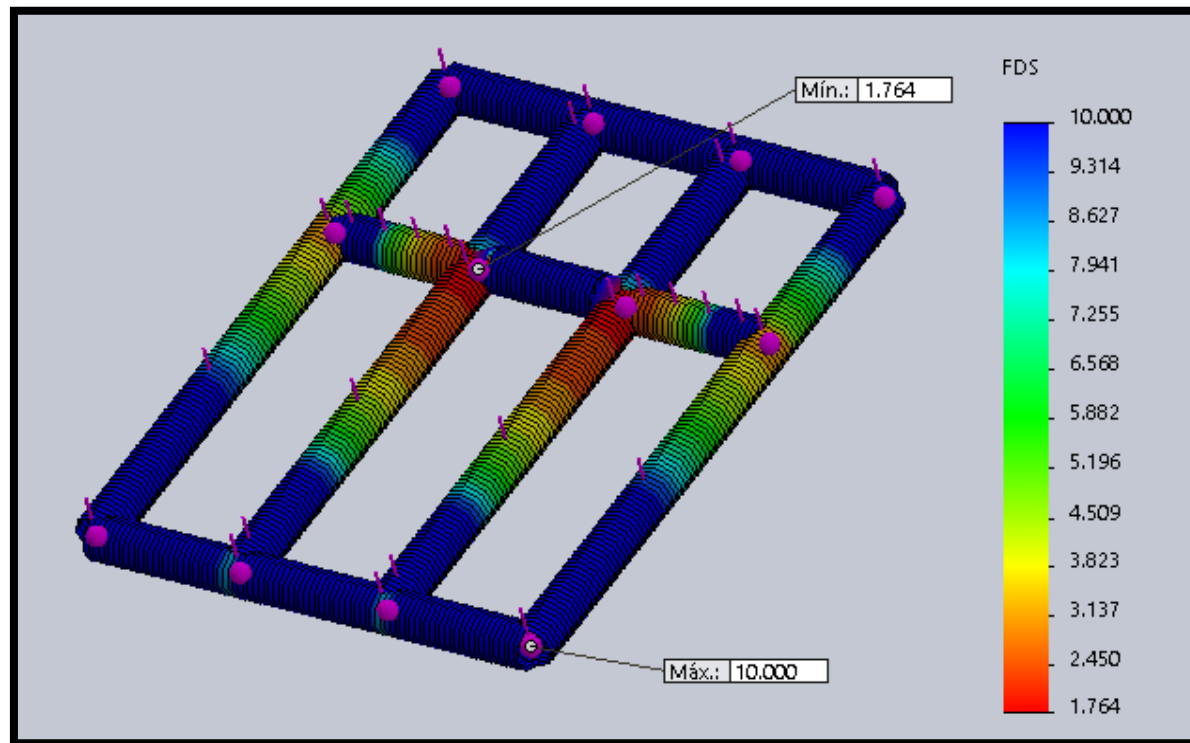
- ✓ Análisis de desplazamientos - Estructura superior
- ✓ El máximo desplazamiento será de 1,47 mm.



Análisis de estructuras

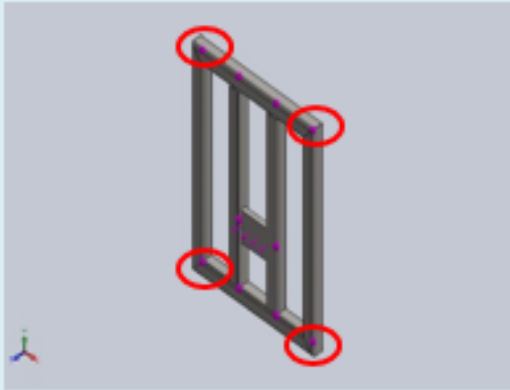
Resultados de estudio de la estructura superior

- ✓ Análisis del factor de seguridad - Estructura superior
- ✓ El FDS mínimo que presenta la estructura a plena carga es de 1,76



Análisis de estructuras

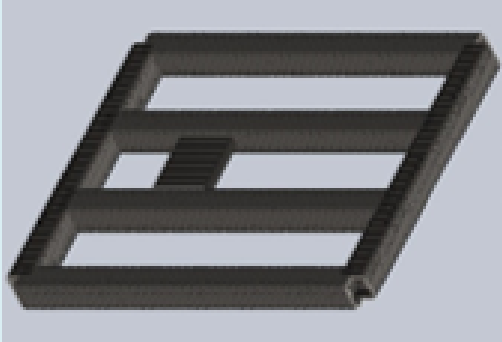
Propiedades del material y puntos de sujeción – Estructura inferior

Elemento	Propiedades del material
	Material: AISI 304
	Medidas: 30x30x2 mm
	Masa: 4,88 kg
	Peso: 47,79 N
	Límite elástico: 206,81 N/mm ²
	Límite de tracción: 517,02 N/mm ²
	Densidad: 8000 kg/m ³
	Descripción de puntos de sujeción
	Tipo: Geometría fija
	Entidades: 4 puntos en las esquinas de la estructura.



Análisis de estructuras

Carga aplicada y mallado – Estructura inferior

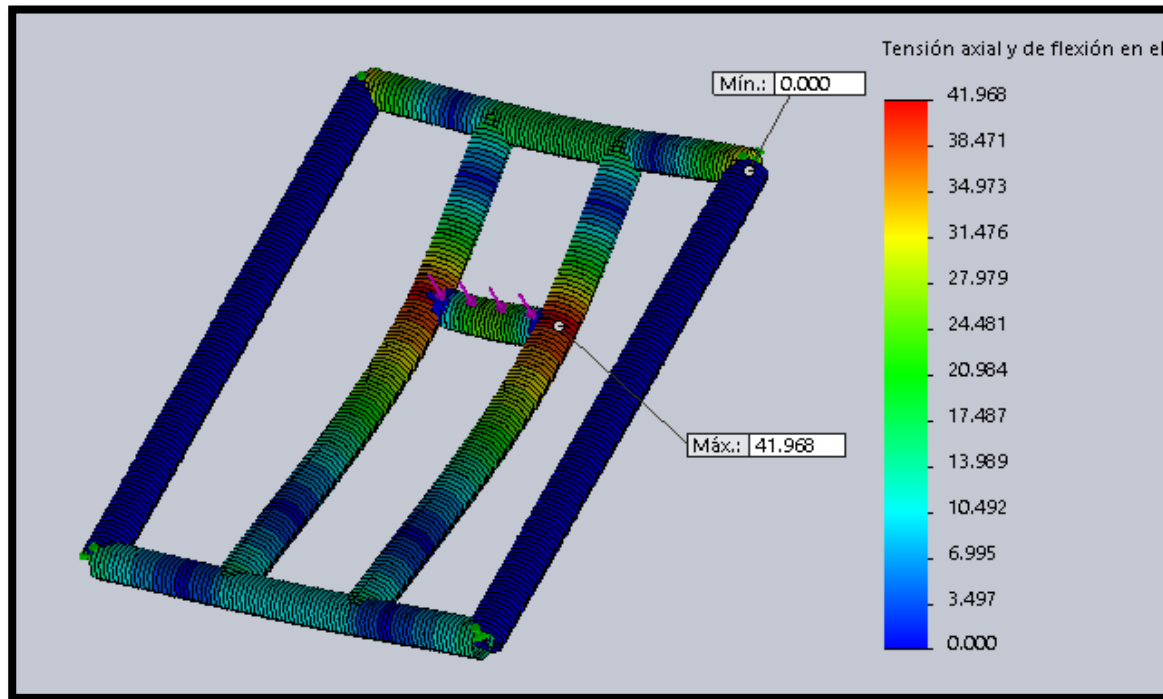
Elemento	Descripción de la carga aplicada	
	Fuerza aplicada: 2940 N	
	Entidades: Platina de celda de carga	
	Dirección de la fuerza: Perpendicularmente a la cara de la platina.	
	Descripción del mallado	
	Tipo de mallado: Malla de viga	
	Número total de nodos: 671	
Número total de elementos: 667		



Análisis de estructuras

Resultados de estudio de la estructura inferior

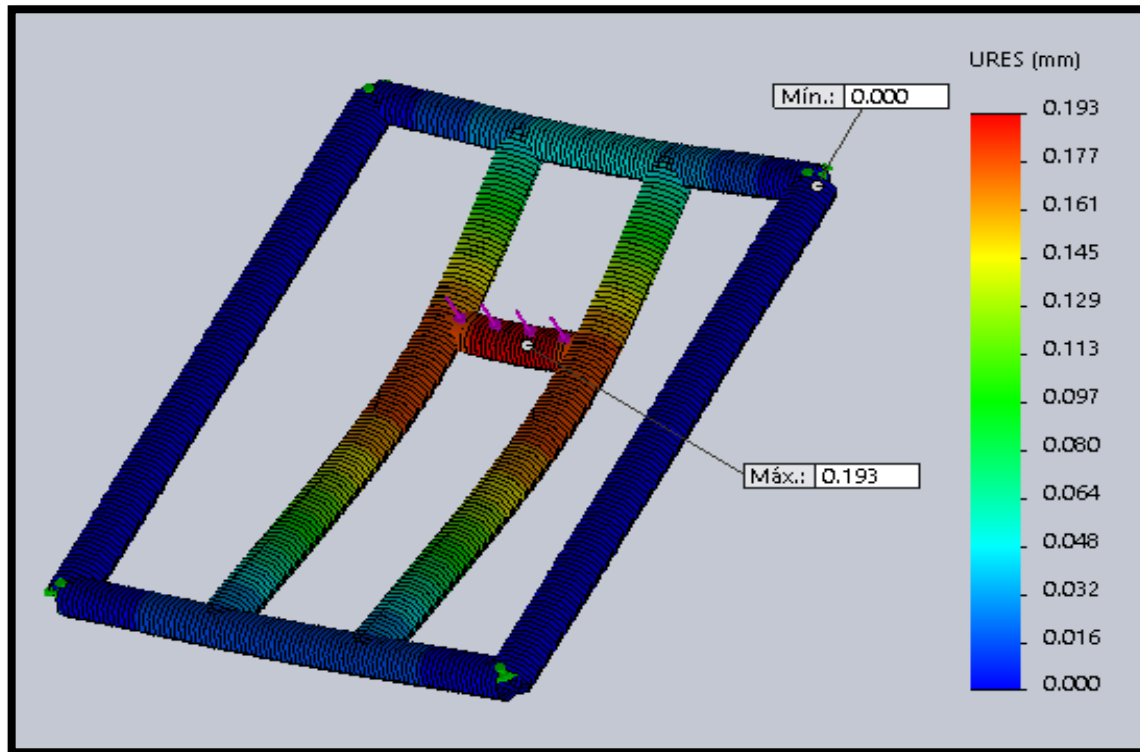
- ✓ Análisis de tensiones – Estructura inferior
- ✓ Límite elástico del material 206,81 MPa
- ✓ La tensión cortante máxima a la que va a ser sometida la estructura inferior va a ser de 41,97 MPa



Análisis de estructuras

Resultados de estudio de la estructura inferior

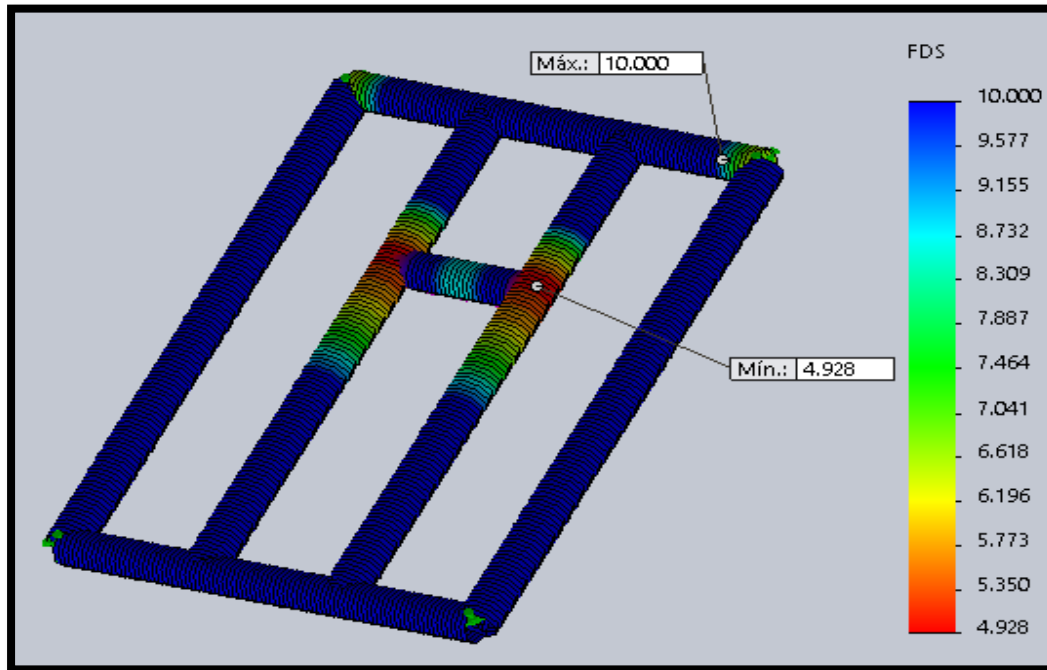
- ✓ Análisis de desplazamientos - Estructura inferior
- ✓ La estructura a plena carga, se va a desplazar únicamente 0,19 mm



Análisis de estructuras

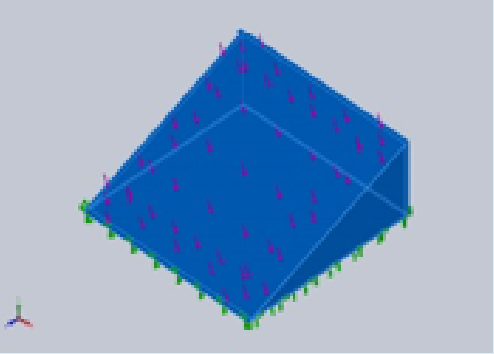
Resultados de estudio de la estructura inferior

- ✓ Análisis del factor de seguridad - Estructura inferior
- ✓ El FDS mínimo que presenta la estructura a plena carga es de 4,93



Análisis de estructuras

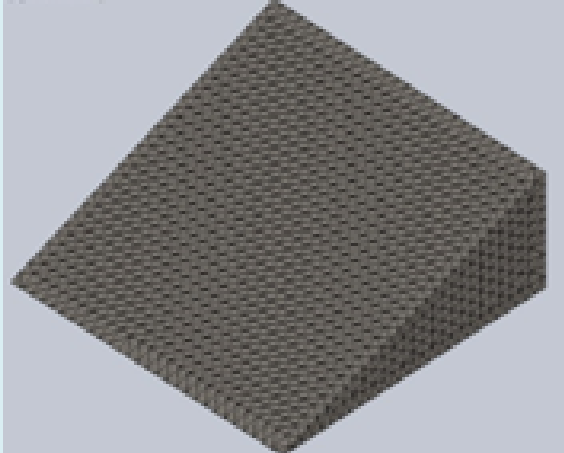
Propiedades del material y puntos de sujeción – Rampa

Elemento	Propiedades del material	
	Material: ASTM A36	
	Espesor: 3 mm	
	Masa: 3,675 kg	
	Peso: 36,01 N	
	Límite elástico: 250 N/mm ²	
	Límite de tracción: 400 N/mm ²	
	Densidad: 7850 kg/m ³	
	Descripción de los puntos de sujeción	
	Tipo: Geometría fija	
	Entidades: 1 en la cara inferior de la estructura	



Análisis de estructuras

Carga aplicada y mallado – Rampa

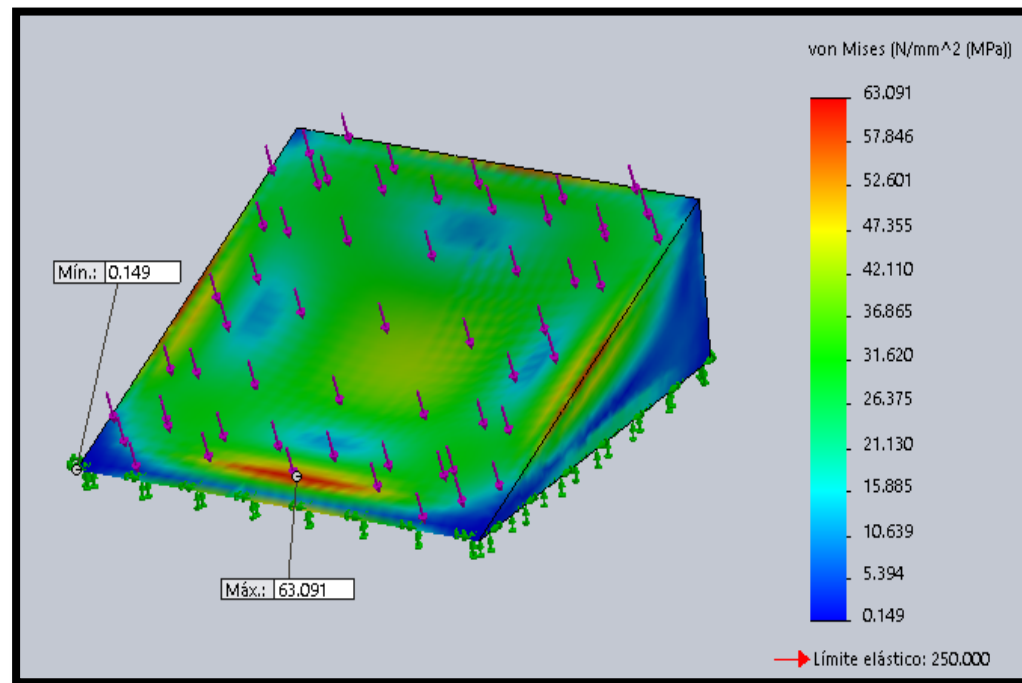
Elemento	Descripción de la carga aplicada
	Fuerza aplicada: 2940 N
	Entidades: Cara de acceso de la rampa.
	Descripción del mallado
	Tipo de mallado: Malla sólida
	Número total de nodos: 15029
Número total de elementos: 7354	



Análisis de estructuras

Resultados de estudio de la rampa

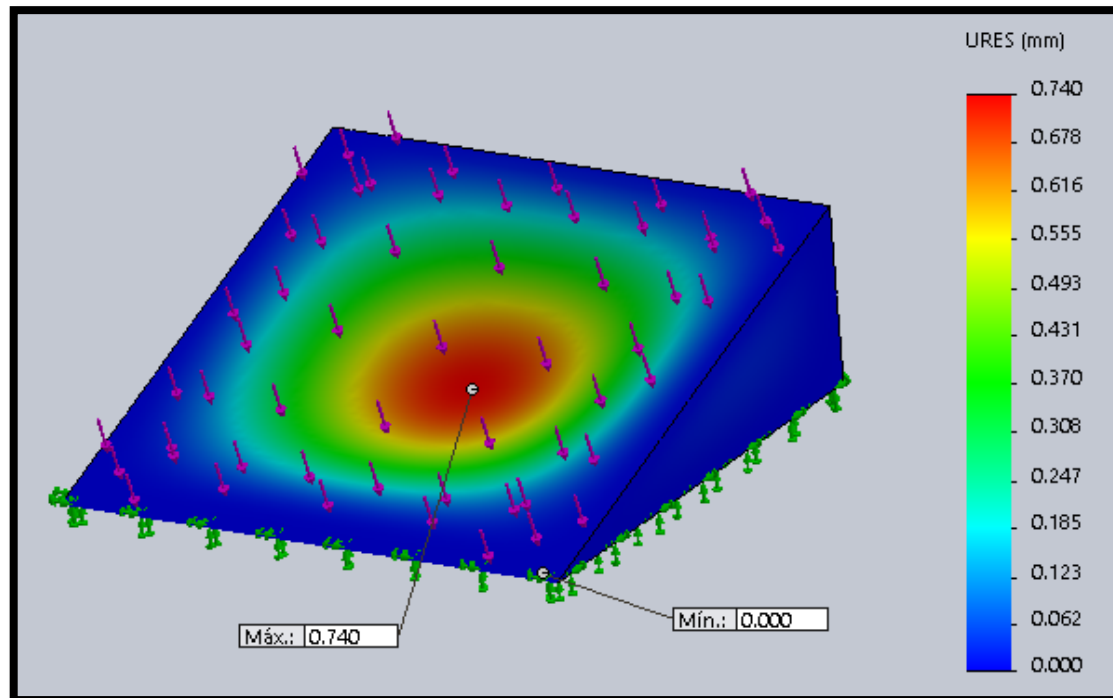
- ✓ Análisis de tensiones – Rampa
- ✓ Siendo el límite elástico 250 MPa
- ✓ La tensión máxima que experimentará la rampa será 63,09 MPa en la parte central baja
- ✓ La tensión mínima es de 0,15 MPa en las esquinas



Análisis de estructuras

Resultados de estudio de la rampa

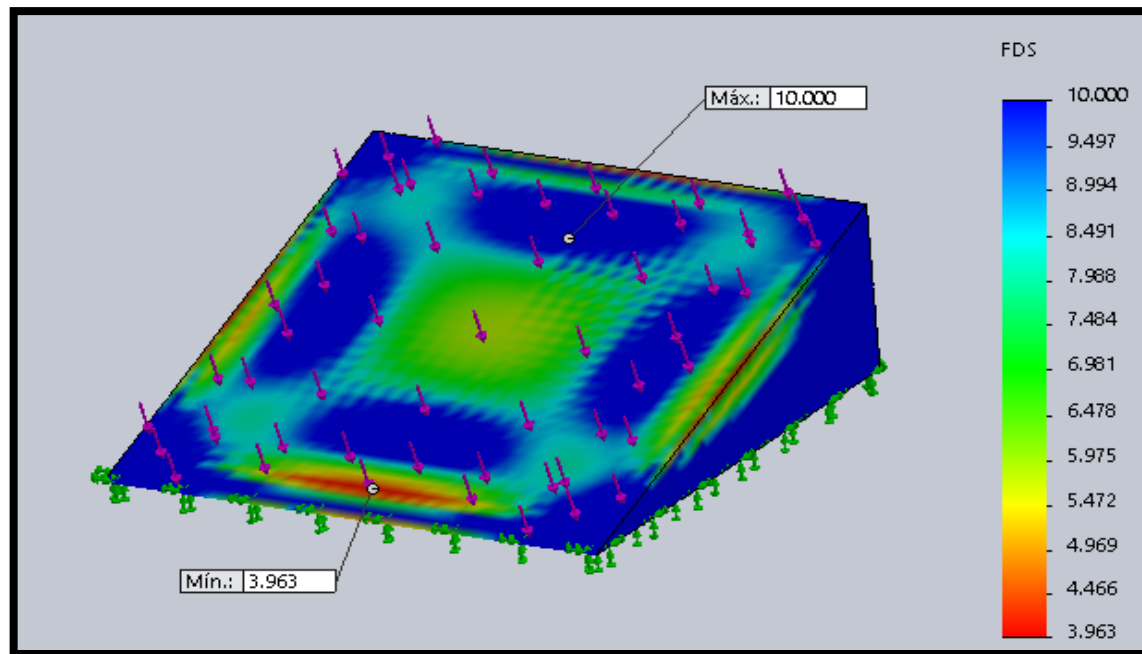
- ✓ Análisis de desplazamientos - Rampa
- ✓ La estructura a plena carga, se va a desplazar 0,74 mm en la parte central



Análisis de estructuras

Resultados de estudio de la rampa

- ✓ Análisis del factor de seguridad - Rampa
- ✓ El FDS mínimo que presenta la rampa es de 3,96



Selección de los materiales para los soportes de las balanzas

Características del material de las estructuras

Elemento	Propiedades Estructura Superior	
	Material:	AISI 1020
	Medidas:	30x30x2 mm
	Límite elástico:	351,57 N/mm ²
	Límite de tracción:	420,51 N/mm ²
	Densidad:	7900 kg/m ³
	Propiedades Estructura Inferior	
	Material:	AISI 304
	Medidas:	30x30x2 mm
	Límite elástico:	206,81 N/mm ²
	Límite de tracción:	517,02 N/mm ²
	Densidad:	8000 kg/m ³

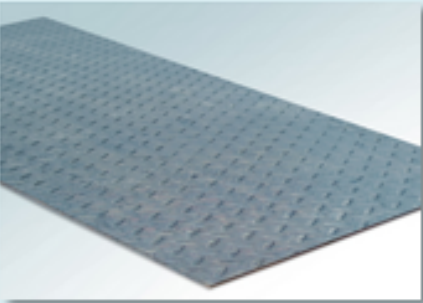
Composición química de los aceros

Acero	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Ni	%Cr
AISI 1020	0,20	0,90	0,04	0,50	0,35	-	-
AISI 304	0,08	2	0,045	0,03	-	8-10,5	18-20



Selección de los materiales para los soportes de las balanzas

Características del material de las rampas

Elemento	Propiedades
	Material: ASTM A36 Antideslizante
	Espesor: 3mm
	Límite elástico: 250 N/mm ²
	Límite de tracción: 400 N/mm ²
	Densidad: 7850 kg/m ³

Composición química del acero ASTM A36

Acero	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cu
ASTM A36	0,29	0,85 – 1,20	0,04	0,05	0,15 – 0,40	0,20



Selección de los sensores de peso

Tipo	Capacidad de pesaje	Estabilidad	Medidas	Usos
Unicelda	100-2000kg	4 puntos de apoyo	Largo: 174mm Alto: 64mm Ancho: 60mm	Se aplica en balanzas tipo pedestal
Viga	250-1000kg	1 punto de apoyo	Largo: 133mm Alto: 32mm Ancho: 32mm	Se utiliza en balanzas tipo plataforma
Z	250-5000kg	1 punto de apoyo	Largo: 60mm Alto: 78mm Ancho: 25mm	Se utiliza en balanzas elevadas



Selección de la forma de transmisión de datos

Tipos/Rango de cobertura	Capacidad de transmisión/Velocidad de transmisión	Interferencias	Usos
Infrarrojo/1m	1GHz/4Mbps	Resistente ante interferencias electromagnéticas.	Transmisión de datos, videos e imágenes.
Wi-Fi/100m	2.4GHz/54Mbps	Interferencias por radiación electromagnética con otros dispositivos como bluetooth, hornos microondas.	Establecer conexiones inalámbricas al internet.
Bluetooth/30m	2.4GHz/3Mbps	Interferencias con otros dispositivos electrónicos, Wi-Fi, hornos microondas.	Transmisión de datos, videos e imágenes.
ZigBee/75m	2.4GHz/250kbps	Resistente ante interferencias electromagnéticas.	Domótica.



Construcción de las estructuras de las balanzas

- 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.



Construcción de las estructuras de las balanzas

Se empieza por puntear las estructuras de base para las balanzas, para lo que se usa suelda TIG.

Especificaciones para soldar con TIG

Esesor metal	Diámetro electrodo Tungsteno	Diámetro de varilla de aporte	Amperaje	Gas protector
1/16"	1/16"	1/16"	60 – 90 A	Argón
1/8"	1/16" – 3/32"	3/32"	80 – 115 A	Argón
3/16"	3/32"	1/8"	115 – 170 A	Argón
1/4"	1/8"	5/32"	160 – 210 A	Argón

Fuente: OXGASA



Construcción de las estructuras de las balanzas

Para sellar las estructuras se utilizó la soldadora MIG



Especificaciones para soldar con MIG

Espesor del material	Diámetro del alambre	Amperaje
1,6 mm	0,6 – 0,8 mm	64 – 100 A
1,6 - 3,2 mm	0,8 – 0,9 mm	90 - 128 A
4 mm	0,9 – 1,2 mm	120 - 160 A

Fuente: AGA S.A



Construcción de las estructuras de las balanzas

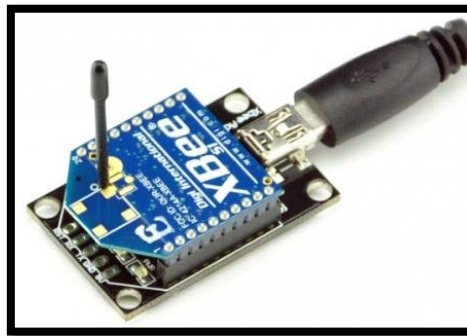
Las balanzas quedaron construidas en su totalidad para posteriormente ser ensambladas y calibradas con sus componentes electrónicos.



Tarjeta electrónica

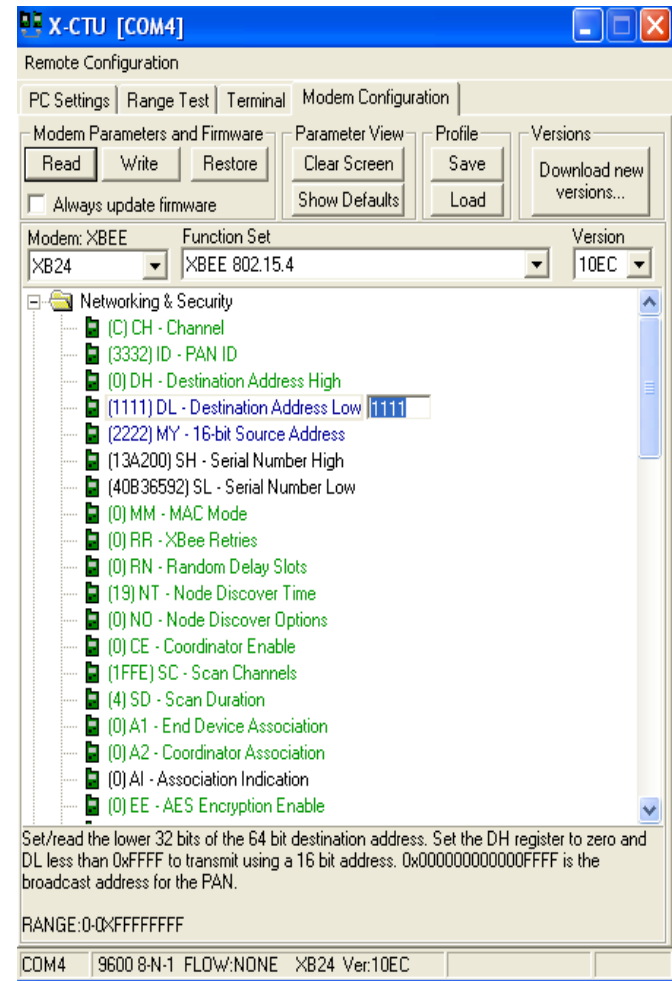
Se empieza por la simulación del circuito en el software ISIS Proteus, ahí se seleccionan los elementos electrónicos, entre los que más resaltan y necesitarán programación son el PIC 16F628A y el módulo XBee Serie 1.

- **PIC 16F628A:** Este PIC es un microcontrolador de 18 pines con oscilador interno de 4 MHz, memoria SRAM de 224 bytes y memoria EEPROM de 128 bytes.
- **XBee serie 1:** Chips que utilizan el estándar IEEE 802.15.4 mejor conocido como ZigBee para poderse comunicar con otros dispositivos inalámbricamente.



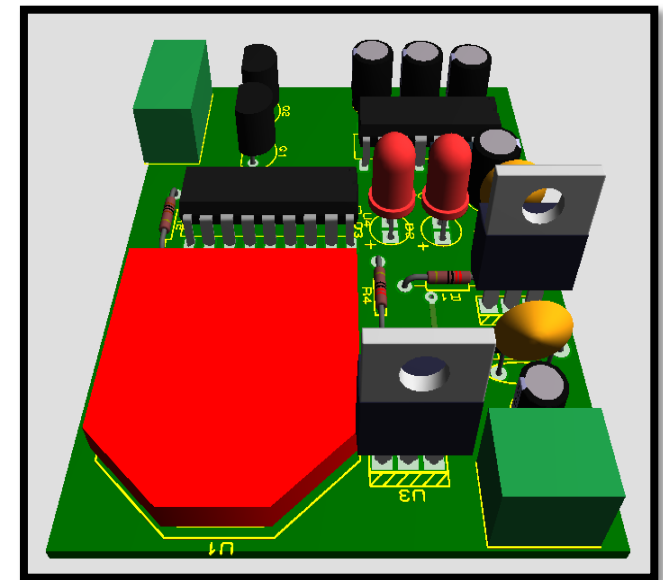
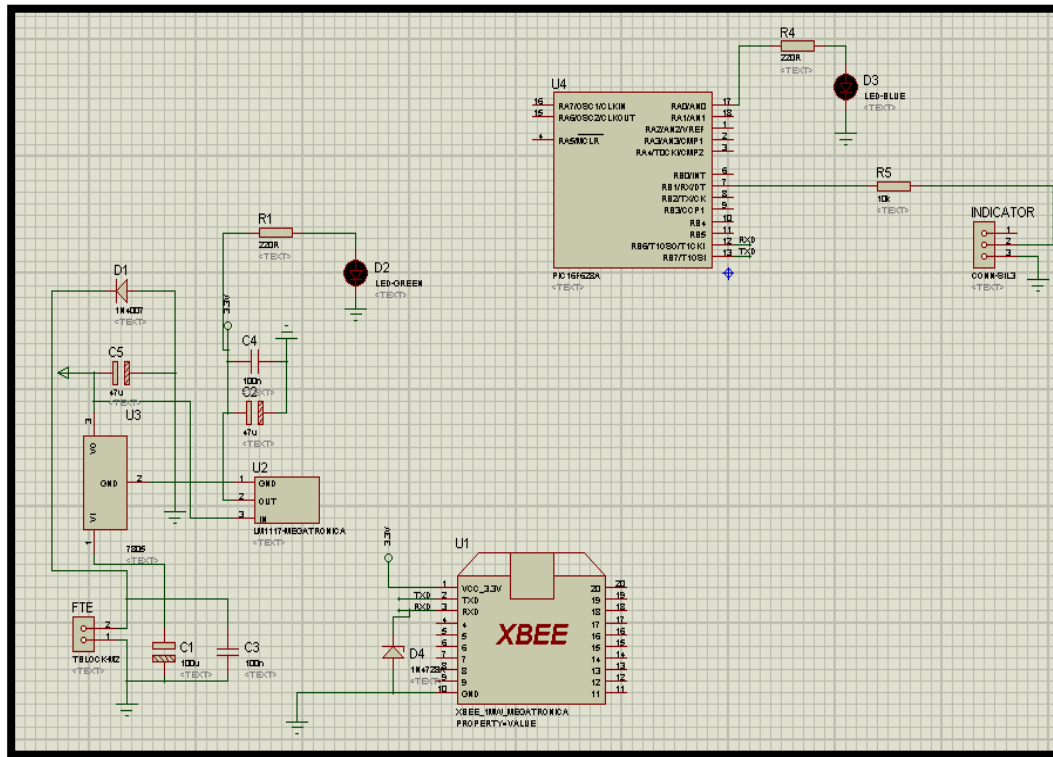
Tarjeta electrónica

- Se realiza la programación del PIC para que cumpla la función de receptor los valores de pesaje del indicador de la balanza a 2400 baudios y lo envíe al XBee a 9600 baudios.
- Los módulos XBee que se encuentran en cada balanza también requieren de programación que se realiza en el programa X-CTU, ahí se les configura su dirección propia y la dirección de destino, además de la velocidad de transmisión. Con estas configuraciones se puede establecer la comunicación inalámbrica con un XBee receptor que estará conectado a la PC.



Tarjeta electrónica

Con todos los materiales y dispositivos programados se procede a realizar la simulación del circuito, tanto eléctrica como también física, es decir una vista preliminar de como quedará el circuito electrónico construido.



Aplicación visual

El programa que se creó para este proyecto es versátil y de fácil manejo, con opción de exportar los pesos guardados al programa Excel para un estudio posterior con tablas comparativas, estadísticas, etcétera.

Consumo

 **ESPE**
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

EQUIPO ELECTRÓNICO PORTÁTIL DE PESAJE DE VEHÍCULOS DE HASTA 800 kg

JONATHAN DAVID CUMBA TUTILLO

Comunicación Serial

Puerto COM: COM13
BaudRate: 9600

Conectarse

Detos

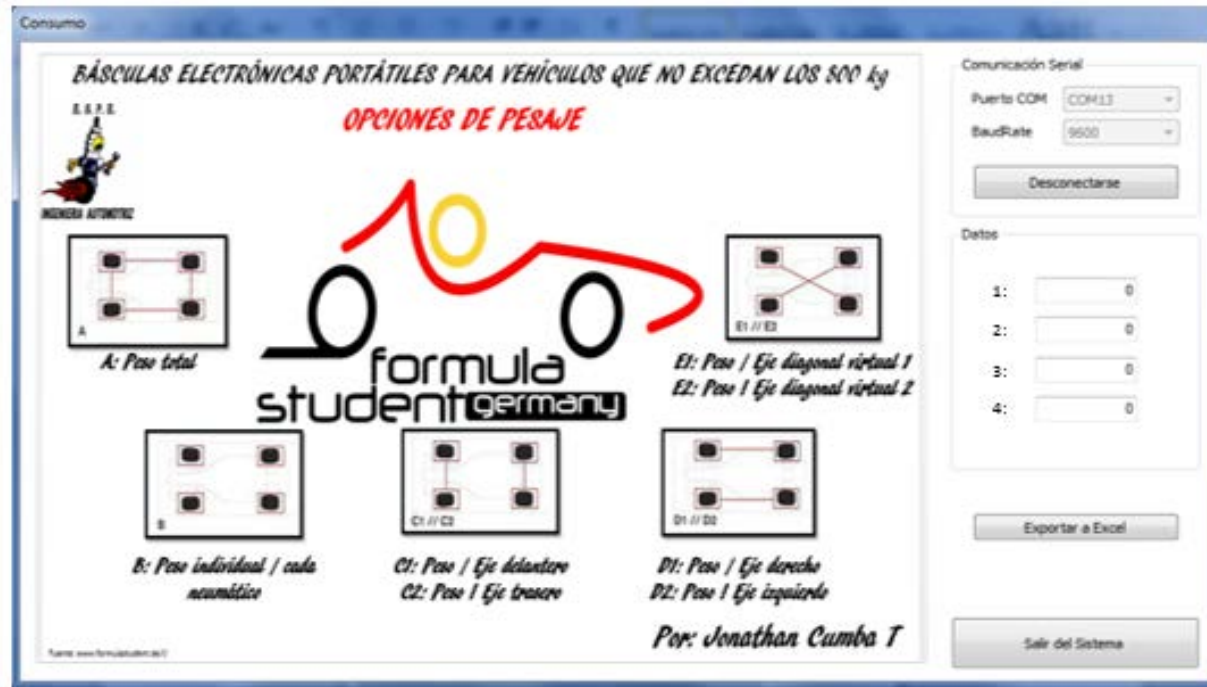
1: 0
2: 0
3: 0
4: 0

Exportar a Excel

Salir del Sistema

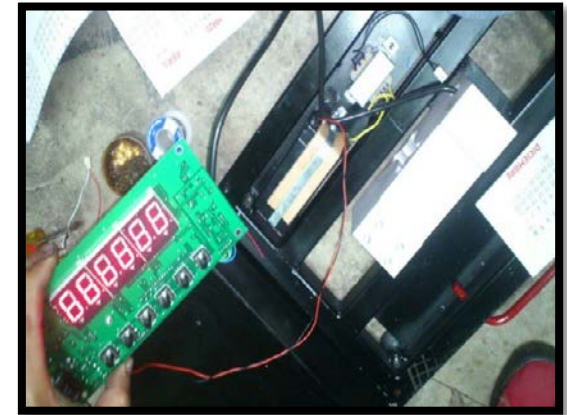
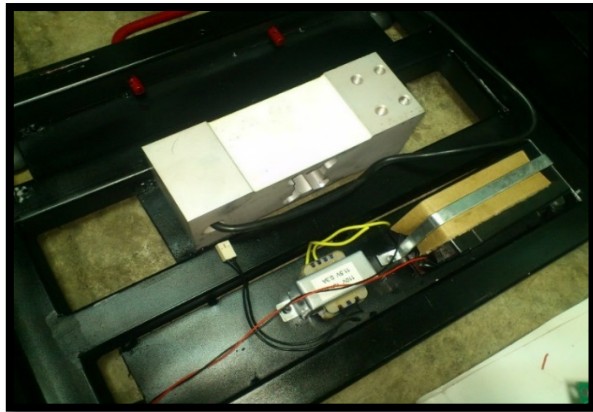
Aplicación visual

Tiene 5 opciones de pesaje dependiendo de las necesidades de los usuarios



Ensamblaje de las balanzas

Con todos los componentes tanto mecánicos como electrónicos completamente concluidos, se procede al ensamblaje de el equipo de pesaje.



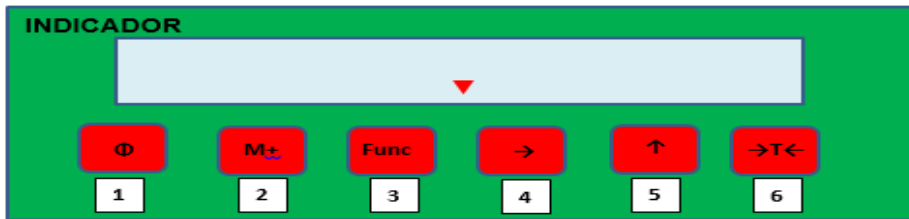
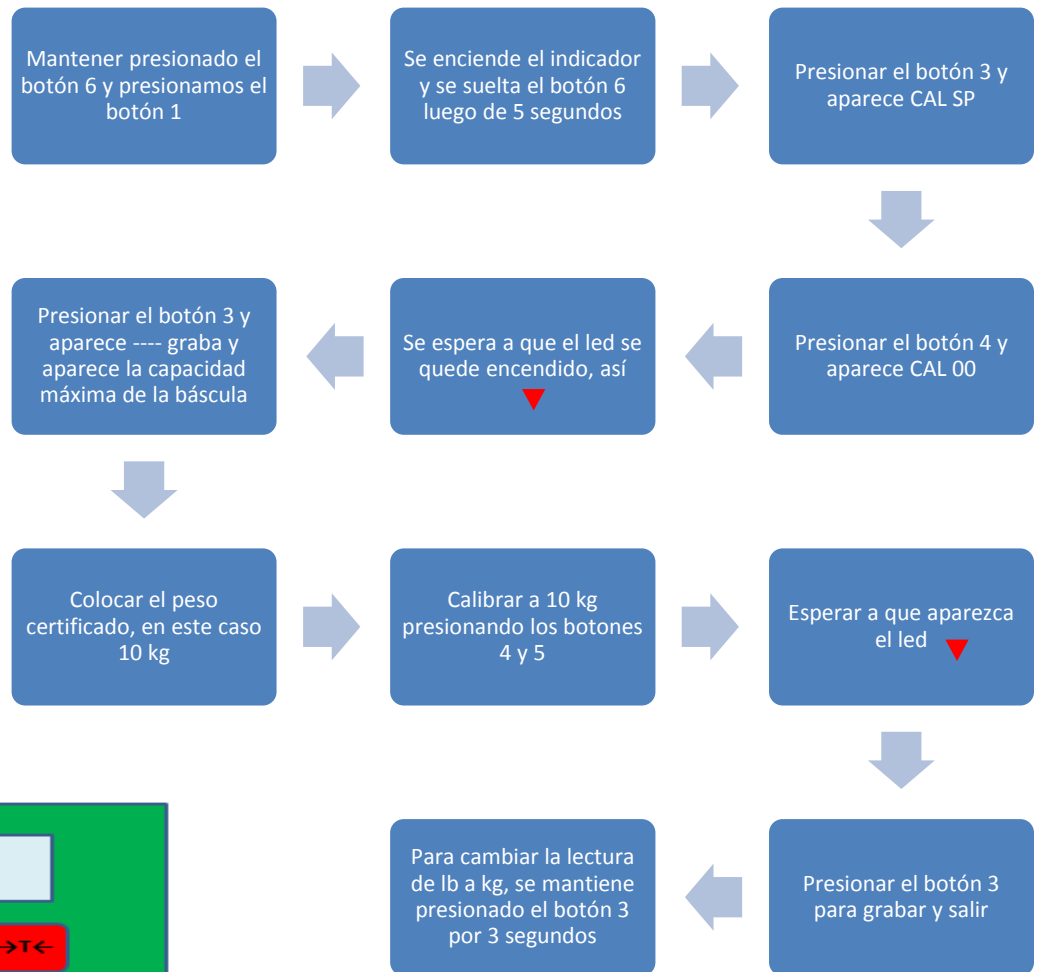
Ensamblaje de las balanzas

Se verifica que todo el cableado este en su posición correcta para colocar la estructura superior, y finalmente se encienden las balanzas para calibrarlas.



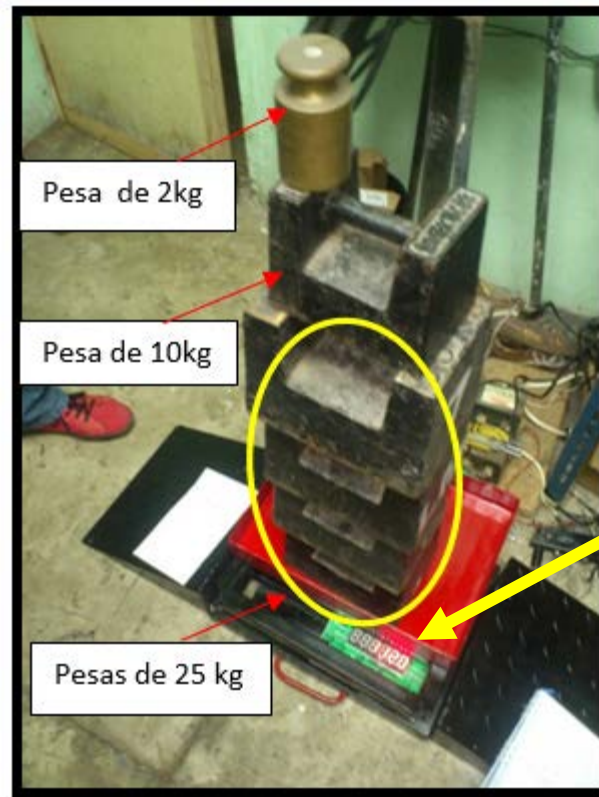
Calibración de las balanzas

Para este procedimiento se utilizan pesos certificados y se siguen los pasos especificados en el siguiente diagrama.



Calibración de las balanzas

Con la calibración de las cuatro balanzas concluida, se verifica el funcionamiento de las balanzas colocándole 4 pesos de 25 kg, 1 peso de 10 kg, y un peso de 2 kg. Visualizando en el indicador 112.0



Pruebas de confiabilidad de las balanzas

Para comprobar finalmente el funcionamiento óptimo de las básculas, se las somete a cinco pruebas de pesaje reales con el monoplaza FESPE.



Pruebas de confiabilidad de las balanzas

Prueba de peso total

Para el pesaje total del vehículo se suman los valores de todas las básculas y se muestra el peso general



El peso total obtenido, fue de
311 kg.

Pruebas de confiabilidad de las balanzas

Prueba de peso independiente en cada neumático

En el pesaje independiente se muestran en cuatro ventanillas el peso independiente en cada báscula:



- 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



Pruebas de confiabilidad de las balanzas

Prueba de peso del eje delantero y trasero

En las pruebas del pesaje del eje delantero, se suman los dos valores de las básculas delanteras y se muestra un solo valor. Lo mismo se realiza para el eje trasero con la diferencia que los valores que se suman son las dos básculas posteriores.



Los resultados fueron los siguientes:

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



Pruebas de confiabilidad de las balanzas

Prueba de peso del eje lateral derecho e izquierdo

El procedimiento que se lleva a cabo es la suma de los valores mostrados en las dos básculas derechas para el eje lateral derecho D1, y para el eje lateral izquierdo D2, se suman los dos pesos mostrados en las básculas izquierdas.



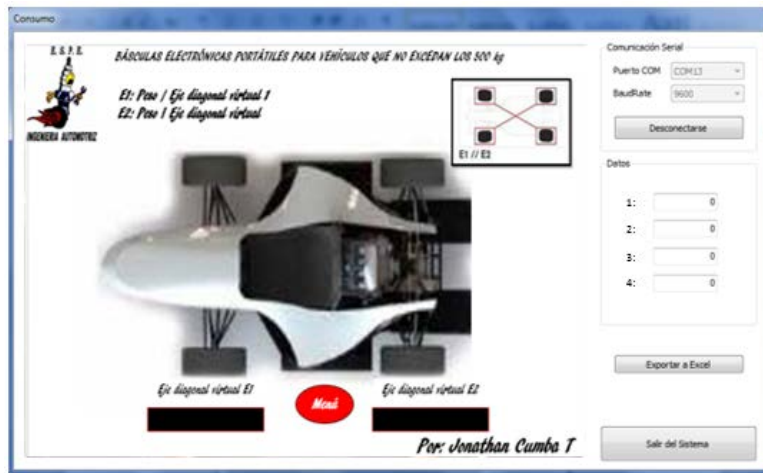
Los valores de esta opción de pesaje se muestran a continuación:

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

Pruebas de confiabilidad de las balanzas

Prueba de peso del eje diagonal virtual 1 y 2

Para realizar el proceso del pesaje en el eje diagonal virtual 1, se suman los valores de la báscula delantera izquierda con la posterior derecha, obteniendo así E1. Para el valor de E2 que es el eje diagonal virtual 2, se suman los pesos de la báscula delantera derecha con la posterior izquierda.



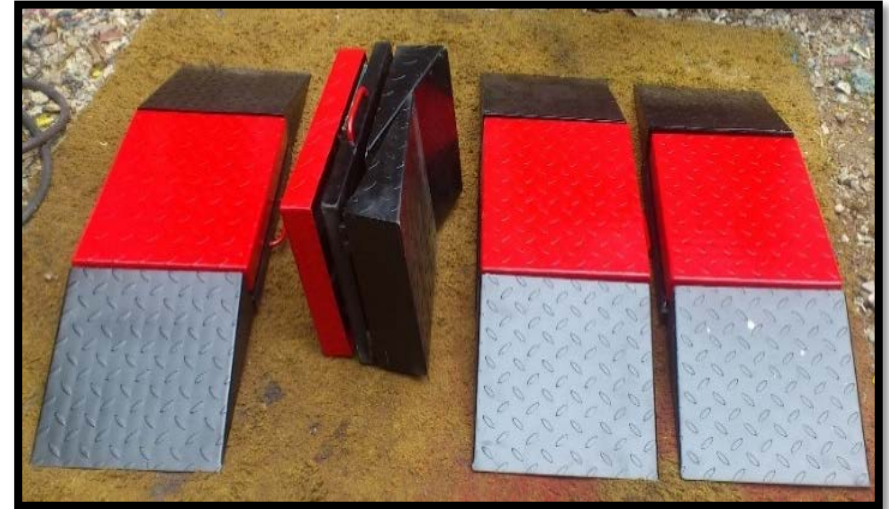
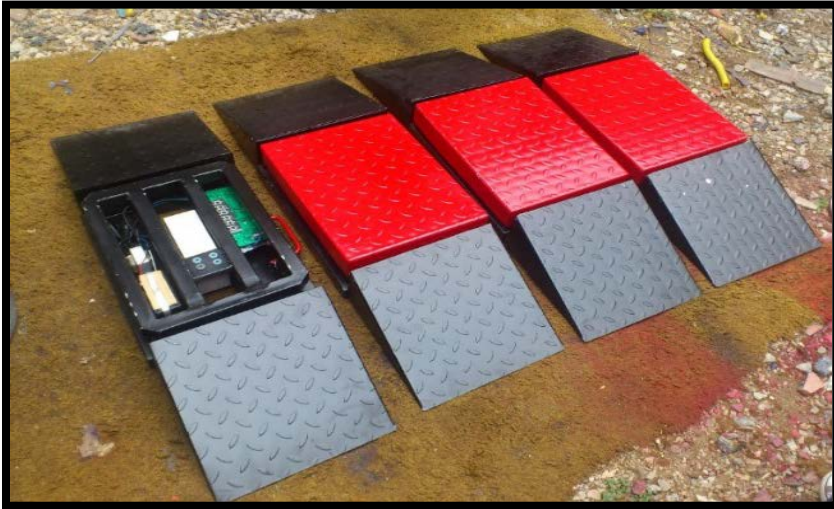
Los pesos según esta opción de pesaje fueron los siguientes:

- 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.



Balanzas electrónicas portátiles

Después de realizar todas estas comprobaciones, finalmente se da por concluido, con éxito el proyecto de “Diseño y construcción de Balanzas electrónicas portátiles para vehículos que no superen los 800 kg de peso”.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



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 sometidos 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.



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.



GRACIAS...



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA