



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

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

AUTOR: JONATHAN DAVID CUMBA TUTILLO

DIRECTOR: ING. EURO MENA

CODIRECTOR: ING. WILSON TRÁVEZ

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. MENA, EURO (DIRECTOR)
ING. TRÁVEZ, WILSON (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BALANZAS ELECTRÓNICAS PORTÁTILES PARA VEHÍCULOS CUYO PESO NO EXCEDA LOS 800 kg”. Realizado por JONATHAN DAVID CUMBA TUTILLO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan al señor: JONATHAN DAVID CUMBA TUTILLO, que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Mayo del 2015

Ing. Mena Euro
Director

Ing. Trávez Wilson
Codirector

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO: JONATHAN DAVID CUMBA TUTILLO

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BALANZAS ELECTRÓNICAS PORTÁTILES PARA VEHÍCULOS CUYO PESO NO EXCEDA LOS 800 kg**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de los párrafos correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Mayo del 2015

Jonathan Cumba Tutillo

C.C. 1722809306

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

YO: JONATHAN DAVID CUMBA TUTILLO

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BALANZAS ELECTRÓNICAS PORTÁTILES PARA VEHÍCULOS CUYO PESO NO EXCEDA LOS 800 kg”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Mayo del 2015

Jonathan Cumba Tutillo
C.C. 1722809306

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme salud y vida para poder culminar con esta meta.

A mi padre, que siempre ha estado pendiente en todo momento a pesar de la distancia, y que me ha enseñado que las cosas se logran a base de disciplina, esfuerzo constante y sacrificio.

A mi madre, que con su amor y cariño me ha sabido guiar por el buen camino para conseguir mis objetivos y no desmayar ni perder la fe, ante las adversidades que se presentan.

A mi papi Chalito, que siempre lo llevaré en mi corazón por todo lo que fue en mi vida.

A mi mami Totita, que con su ternura me cuida y se preocupa por mí en todo momento.

A mi esposa, por su apoyo incondicional desde que nos conocimos.

A mi hijo Ariel, pilar fundamental para lograr este objetivo, que llegó en el momento perfecto a mi vida.

A mi hermana, por sus consejos y buenos deseos.

Jonathan David Cumba Tutillo

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por haberme inculcado valores y por enseñarme a trabajar, para comprender que no todo en la vida se consigue fácil. Y gracias a ellos que con todo su esfuerzo han permitido que yo culmine mis estudios.

A mis papis chalitos, por brindarme todo su cariño y por ayudarme en todo lo que necesitaba.

A mi esposa e hijo, por darme amor, fuerzas para seguir adelante y culminar mis objetivos.

A mi hermana, a Carlita y Andrés, por ese apoyo y cuidado en los momentos difíciles.

A todo el personal de docentes de la universidad, que con sus conocimientos y enseñanzas brindadas he podido desarrollar con éxito este proyecto.

Por último a mis amigos, que fueron parte de mi familia y me ayudaron durante todo este proceso universitario.

Jonathan David Cumba Tutillo

ÍNDICE

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE CUADRO	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I IMPORTANCIA DEL PROYECTO	1
1.1. ÁREA DE INFLUENCIA	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.4. DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
1.6. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS	4
1.6.1. Objetivo general:	4
1.6.2. Objetivos específicos:	4
1.7. METAS	5
1.8. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL PROYECTO	5
1.9. FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	6
CAPÍTULO II SENSORES DE PESO Y FORMAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS	7
2.1. SENSORES DE PESO	7
2.1.1. Celdas de carga	8
2.1.2. Strain gage	9
2.1.3. Parámetros del strain gage:	9
2.1.4. Características de un strain gage	10
a. Longitud de la galga	10
b. Concentración del esfuerzo:	10
2.1.5. Funcionamiento de los sensores de peso	11

2.1.6.	Tipos de sensores de peso	12
2.1.7.	Aplicaciones de los sensores de peso	15
2.1.8.	Tablas de confiabilidad de los sensores de peso	16
2.2.	FORMAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS	
	INALÁMBRICAMENTE	19
2.2.1.	Transmisión de datos vía infrarrojo	19
a.	Principio de funcionamiento	20
b.	Infrared Data Association	20
c.	Características	21
d.	Ventajas de los dispositivos infrarrojos.....	21
e.	Desventajas de los dispositivos infrarrojos	21
2.2.2.	Transmisión de datos vía Bluetooth	22
a.	Versiones de Bluetooth	22
b.	Funcionamiento del Bluetooth	23
c.	Principio de comunicación.....	23
d.	Establecimiento de las conexiones	25
e.	Lista de aplicaciones.....	27
f.	Ventajas de los enlaces Bluetooth	28
g.	Desventajas de los enlaces Bluetooth.....	28
2.2.3.	Transmisión de datos vía Wi-Fi.....	29
a.	Seguridad y fiabilidad.....	29
b.	Dispositivos.....	30
b.1.	Dispositivos de Distribución o Red	30
b.2.	Dispositivos Terminales	31
c.	Ventajas del WiFi	32
d.	Desventajas del WiFi	32
2.2.4.	Transmisión de datos vía Zigbee	33
a.	XBee	33
b.	Características del protocolo ZigBee.....	34
c.	Tipos de dispositivos.....	35
c.1.	Coordinador ZigBee (ZC)	36
c.2.	Router ZigBee (ZR)	36
c.3.	Dispositivo Final (ZED).....	36
d.	Funcionalidad del protocolo ZigBee	36
d.1.	Dispositivo de funcionalidad compleja (FFD)	36
d.2.	Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD).....	37
e.	Topología de redes ZigBee	37
f.	Aplicaciones.....	38
g.	Ventajas.....	38
h.	Desventajas	39
2.3.	REQUERIMIENTOS.....	39
2.3.1.	Peso a soportar por las balanzas	40
2.3.2.	Dimensiones del vehículo	42
2.3.3.	Conectividad	43
2.3.4.	Aplicación.....	43

CAPÍTULO III	DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	44
3.1.	DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS BALANZAS.....	44
3.1.1.	Determinación de cargas	46
3.1.2.	Análisis de estructuras	47
a.	Análisis de la estructura superior	47
b.	Resultados de estudio de la estructura superior.....	49
c.	Análisis de la estructura inferior o de base.....	51
d.	Resultados de estudio de la estructura inferior o de base	52
e.	Análisis de la rampa.....	54
f.	Resultados de estudio de la rampa.....	55
3.1.3.	Ensamblaje de las balanzas	57
3.2.	SELECCIÓN DE LOS MATERIALES PARA LOS SOPORTES DE LAS BALANZAS.....	58
3.3.	SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE PESO	60
3.4.	SELECCIÓN DE LA FORMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS	61
3.5.	CREACIÓN DE LA APLICACIÓN A UTILIZAR	62
CAPÍTULO IV	CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE LAS BALANZAS ELECTRÓNICAS	71
4.1.	CONSTRUCCIÓN DE LOS SOPORTES DE LAS BALANZAS	71
4.1.1.	Construcción de las estructuras	71
4.2.	CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA ELECTRÓNICA	76
4.2.1.	PIC 16F628A.....	77
4.2.2.	XBee Serie 1	78
4.2.3.	Placa electrónica.....	80
4.3.	ENSAMBLE DE LAS BALANZAS.....	83
4.4.	INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN EN UNA COMPUTADORA...89	
4.5.	PRUEBAS DE CONFIABILIDAD DE LAS BALANZAS.....	91
4.5.1.	Prueba de peso total.....	92
4.5.2.	Prueba de peso independiente en cada neumático	93
4.5.3.	Prueba de peso del eje delantero y trasero	94
4.5.4.	Prueba de peso del eje lateral derecho e izquierdo	94
4.5.5.	Prueba de peso del eje diagonal virtual 1 y 2	95
CAPÍTULO V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1.	CONCLUSIONES	97
5.2.	RECOMENDACIONES	98
5.3.	BIBLIOGRAFÍA	99
5.4.	NETGRAFÍA	100
5.5.	ANEXOS	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1.	Celdas de carga	8
Figura 2. 2.	Esquema de strain.....	9
Figura 2. 3.	Longitud de un strain gage	10
Figura 2. 4.	Sensor tipo GL 300/500.....	12
Figura 2. 5.	Cotas sensor tipo GL 300/500	13
Figura 2. 6.	Sensor tipo I	13
Figura 2. 7.	Cotas sensor tipo I.....	14
Figura 2. 8.	Sensor tipo Z	14
Figura 2. 9.	Cotas sensor tipo Z	15
Figura 2. 10.	Puerto infrarrojo IrDA de un celular	20
Figura 2.11.	Esquema de una piconet	24
Figura 2.12.	Esquema de una scatternet.....	25
Figura 2.13.	Manos libres para celular con tecnología Bluetooth	27
Figura 2. 14.	Router Wi-Fi	30
Figura 2. 15.	Chip XBee	34
Figura 2. 16.	Red de dispositivos ZigBee	35
Figura 2. 17.	Tipos de topologías de redes ZigBee	37
Figura 2. 18.	D.C.L (Monoplaza FESPE).....	40
Figura 2. 19.	Especificaciones del monoplaza FESPE	42
Figura 3. 1.	Análisis de tensiones – Estructura superior.....	49
Figura 3. 2.	Análisis de desplazamientos - Estructura superior	50
Figura 3. 3.	Análisis del factor de seguridad - Estructura superior	50
Figura 3. 4.	Análisis de tensiones – Estructura inferior.....	53
Figura 3. 5.	Análisis de desplazamientos – Estructura inferior	53
Figura 3. 6.	Análisis del factor de seguridad – Estructura inferior.....	54
Figura 3. 7.	Análisis de tensiones – Rampa	56
Figura 3. 8.	Análisis de desplazamientos – Rampa	56
Figura 3. 9.	Análisis del factor de seguridad – Rampa	57
Figura 3. 10.	Ensamblaje de la celda de carga y las estructuras.....	57

Figura 3. 11.	Ensamble de rampas.....	58
Figura 3. 12.	Balanza ensamblada	58
Figura 3. 13.	Celda de carga unicelda cap. 300kg	61
Figura 3. 14.	Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación.....	66
Figura 3. 15.	Aplicación – Inicio.....	67
Figura 3. 16.	Aplicación - Opciones de pesaje	67
Figura 3. 17.	Aplicación - Peso total	68
Figura 3. 18.	Aplicación - Peso individual.....	68
Figura 3. 19.	Aplicación - Peso de ejes	69
Figura 3. 20.	Aplicación - Peso de ejes laterales.....	69
Figura 3. 21.	Aplicación - Peso de ejes virtuales	70
Figura 4. 1.	Perfiles unidos con suelda TIG.....	72
Figura 4. 2.	Proceso de suelda de platinas de celdas de carga	73
Figura 4. 3.	Sellado de estructuras con suelda MIG.....	74
Figura 4. 4.	Sellado de bandejas cobertoras con suelda TIG.....	75
Figura 4. 5.	Implementación de rampas	75
Figura 4. 6.	Estructuras fondeadas.....	76
Figura 4. 7.	Aplicación de pintura - Bandejas cobertoras	76
Figura 4. 8.	Diagrama de flujo de la programación del PIC 16F628A.....	77
Figura 4. 9.	XBee explorer.....	78
Figura 4. 10.	Configuración de XBee.....	79
Figura 4. 11.	Diagrama de pines del módulo XBee	79
Figura 4. 12.	Diagrama de bloques del circuito eléctrico	80
Figura 4. 13.	Simulación del circuito.....	82
Figura 4. 14.	Simulación digital de la placa electrónica	82
Figura 4. 15.	Circuito impreso en las placas.....	83
Figura 4. 16.	Placa electrónica construida.....	83
Figura 4. 17.	Sujeción de transformador.....	84
Figura 4. 18.	Sujeción de celda de carga	84
Figura 4. 19.	Unión de los cables de la celda de carga al indicador.....	85
Figura 4. 20.	Unión de los cables de alimentación al indicador	85

Figura 4. 21.	Verificación del indicador.....	86
Figura 4. 22.	Calibración de báscula	86
Figura 4. 23.	Esquema del indicador de las balanzas	87
Figura 4. 24.	Esquema de calibración de las balanzas.....	87
Figura 4. 25.	Calibración de la báscula con un peso de 25 kg	88
Figura 4. 26.	Báscula calibrada	88
Figura 4. 27.	Básculas ensambladas.....	89
Figura 4. 28.	Balanza plegada.....	89
Figura 4. 29.	Aplicación instalada.....	91
Figura 4. 30.	Pruebas de pesaje con monoplaza FESPE	92
Figura 4. 31.	Peso total.....	93
Figura 4. 32.	Peso independiente en cada neumático.....	93
Figura 4. 33.	Eje delantero y trasero.....	94
Figura 4. 34.	Eje lateral derecho e izquierdo	95
Figura 4. 35.	Eje diagonal virtual 1 y 2.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1.	Características del sensor tipo GL 300/500.....	13
Tabla 2. 2.	Características sensor tipo I	14
Tabla 2. 3.	Características sensor tipo Z.....	15
Tabla 2. 4.	Especificaciones del sensor GL 300/500.....	17
Tabla 2. 5.	Especificaciones del sensor tipo I.....	18
Tabla 2. 6.	Especificaciones del sensor tipo Z	18
Tabla 3. 1.	Propiedades del material y puntos de sujeción - Estructura superior	48
Tabla 3. 2.	Carga aplicada y mallado – Estructura superior	48
Tabla 3. 3.	Propiedades del material y puntos de sujeción - Estructura inferior	51
Tabla 3. 4.	Carga aplicada y mallado – Estructura inferior	52
Tabla 3. 5.	Propiedades del material y puntos de sujeción – Rampa	54
Tabla 3. 6.	Carga aplicada y mallado – Rampa.....	55
Tabla 3. 7.	Características - Material de estructuras	59
Tabla 3. 8.	Composición química aceros AISI 1020 – AISI 304	59
Tabla 3. 9.	Características – Material de rampa.....	59
Tabla 3. 10.	Composición química acero ASTM A36	60
Tabla 3. 11.	Comparación entre los sensores de peso	60
Tabla 3. 12.	Comparación entre los sistemas de transmisión de datos inalámbricos	61
Tabla 4. 1.	Especificaciones para soldar con TIG	72
Tabla 4. 2.	Especificaciones para soldar con SMAW	73
Tabla 4. 3.	Especificaciones para soldar con MIG	74
Tabla 4. 4.	Datos técnicos de los componentes	80
Tabla 4. 5.	Pruebas de confiabilidad con peso certificado.....	91
Tabla 4. 6.	Valores de peso - Monoplaza FESPE	92

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 3. 1. Partes de las básculas.....	44
--	----

RESUMEN

En nuestro país cada vez el deporte tuerca como se le conoce a la afición por los automotores va en crecimiento, esto se debe a que con el tiempo todo ha ido evolucionando y los vehículos no son la excepción, los autos son más veloces, más estables y brindan un mejor espectáculo atrayendo más adeptos. En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, no ha pasado por alto esta disciplina de las competencias automovilísticas, con capacitación y dedicación se han logrado tres participaciones en la Formula Student Germany (FSG). Competencia en la que intervienen las mejores universidades del planeta, y es aquí donde ingresa el proyecto de las balanzas electrónicas portátiles, pues la Universidad no cuenta con un equipo de pesaje similar que permita que al momento de diseñar un nuevo vehículo sus pesos vayan correctamente distribuidos y ya cuando el monoplaza esté construido dependiendo del tipo de competencia en la que vaya a participar se tienen que redistribuir los pesos, haciéndose de suma importancia este proyecto que funciona con celdas de carga capaces de soportar 300 kg por cada balanza, las celdas de carga emiten una señal en voltios hacia un indicador interno, desde aquí esos valores pasan a un PIC que está programado para enviar los datos a un dispositivo XBee serie1 que se encarga de enviar los valores inalámbricamente a un XBee receptor. Logrando que se pueda pesar el vehículo y supervisar este proceso desde una PC a una distancia del sitio de pesaje de hasta 30 m aproximadamente.

Palabras clave:

- **Vehículo Monoplaza**
- **Formula Student Germany**
- **Balanzas electrónicas**
- **Celdas de carga**
- **Competencias automovilísticas**

ABSTRACT

In our country growing sports nut as it is known to the fans by motor is growing, this is because with time everything has evolved and vehicles are no exception, the cars are faster, more stable and provide a better show to attract more followers. At the University Armed Forces ESPE Latacunga, has not been overlooked is motor racing discipline, with training and dedication have made three appearances in the Formula Student Germany (FSG). Competition with the best universities involved in the world, and this is where you enter the draft portable electronic scales, because the university does not have a similar device that allows weighing when designing a new vehicle their weights will properly distributed and when the car is built depending on the type of competition that will participate have to redistribute the weights, becoming extremely important project that works with load cells capable of supporting 300 kg per scales, load cells emit a signal in volts into an internal flag from here those values passed to a PIC is programmed to send the data to a serie1 XBee device then sends the values wirelessly to a receiver XBee. Achieving that can weigh the vehicle and oversee this process from a PC to a remote site weighing up to 30 m approximately.

Keywords:

- **Single-seater**
- **Formula Student Germany**
- **Electronic Scales**
- **Strain gages**
- **Race cars**

CAPÍTULO I

IMPORTANCIA DEL PROYECTO

1.1. ÁREA DE INFLUENCIA

El desarrollo de éste proyecto tendrá impacto en el área de Mantenimiento Mecánico Automotriz, Diseño mecánico y Laboratorio de Prototipos, con la finalidad de calibrar la suspensión distribuyendo los pesos en un vehículo de forma apropiada. La idea se ve influenciada por la necesidad creciente de balanzas electrónicas para procesos de calibración de suspensión, previo a las competencias automotrices que van ganando terreno en nuestro país.

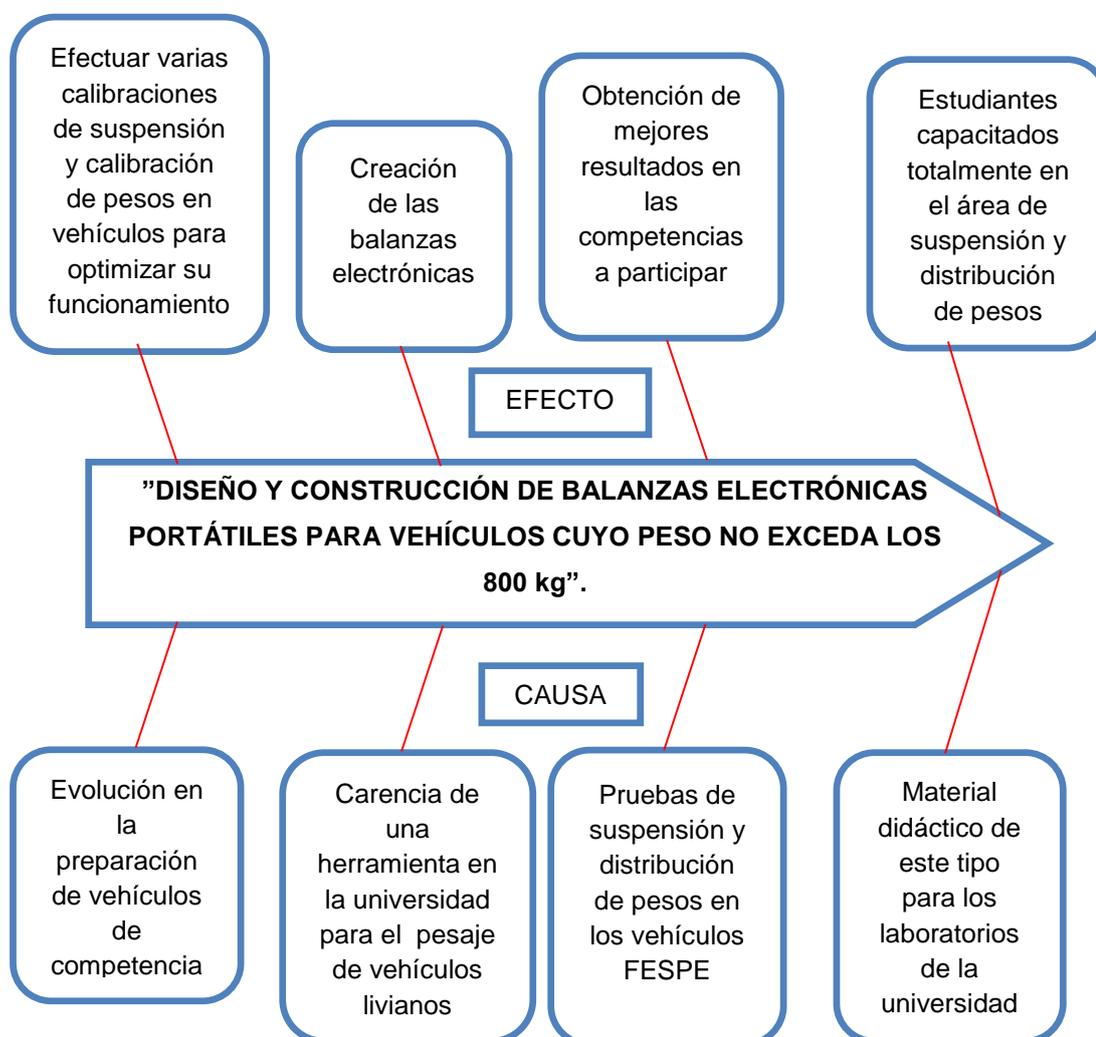
Este proyecto será de utilidad para los integrantes del equipo FESPE que podrán realizar pruebas de suspensión y distribución de pesos dependiendo del tipo de competencia en la que vayan a participar con el monoplaza, con la finalidad de obtener buenos resultados en dichas competencias, y también de ayuda didáctica para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de manera que podrán practicar en el área de la suspensión en un vehículo.

1.2. ANTECEDENTES

Debido a la modernización de los distintos equipos y herramientas de trabajo en las diferentes empresas, más en concreto en lo que se refiere al transporte de distintos productos, el control del peso ha ido evolucionando desde las básculas mecánicas (de aguja), hasta lo que se conoce en la actualidad, básculas electrónicas que usan sensores para medir la cantidad de peso de los vehículos de carga.

En lo referente al ámbito automotriz, la necesidad de pesaje de los vehículos livianos en nuestro país, nace por los autos de competencia, debido al incremento del nivel de preparación, en estos vehículos se ponen en consideración más parámetros, entre ellos la calibración de la suspensión y la distribución de los pesos, haciéndose indispensable las balanzas.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



La falta de una herramienta para realizar las respectivas prácticas de calibración de suspensión y distribución de pesos en los monoplazas del equipo FESPE de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Extensión Latacunga, crea la idea de este proyecto para su posterior desarrollo.

Debido al interés de la universidad en participar en la FSG (Formula Student Germany) competencia internacional que se desarrolla en varios países de todos los continentes, en donde participan las mejores universidades y entre las cuales ha participado nuestra prestigiosa institución por tres ocasiones, el equipo FESPE se ve en la necesidad de superar los resultados obtenidos en las anteriores intervenciones. Este proyecto formaría parte indispensable en la preparación del monoplaza tanto en el momento del diseño del vehículo y para su distribución de pesos, en la parte de calibración de la suspensión dependiendo de la modalidad de competencia en la cual vaya a participar. Las balanzas para hacer las pruebas en el monoplaza son portátiles por lo cual se podrán transportar fácilmente hasta donde se encuentren participando.

Por otra parte la carencia de balanzas electrónicas para el laboratorio de Prototipos para que los estudiantes tengan una amplia capacitación en esta área y se puedan desenvolver correctamente en lo que respecta a este ámbito, debido a que las competencias automovilísticas están teniendo cada vez más acogida en nuestro país y este deporte se está tornando más profesional.

1.4. DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

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 tablas de valores como peso.

El valor que emiten cada una de las balanzas respectivamente se enviarán mediante vía inalámbrica a un programa que será instalado en un computador, en este programa virtual se podrá observar los pesos en las cuatro balanzas, independientemente.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto de tesis contribuirá como herramienta para la facilidad de aprendizaje de los estudiantes y será de gran apoyo para los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, los mismos que tendrán las balanzas electrónicas para con su uso, enseñar la distribución de pesos en un vehículo de competencia mediante la calibración de la suspensión.

El desarrollo de este proyecto servirá como fuente de información para próximos proyectos de investigación relacionados con el área de Preparación de Vehículos de Competencia en la Carrera de Ingeniería Automotriz, para el diseño, y construcción de nuevos prototipos de vehículos livianos que se realicen en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

1.6. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.6.1. Objetivo general:

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

1.6.2. Objetivos 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.

1.7. METAS

- Recopilar información de los diferentes tipos de sensores de peso existentes en el mercado, en un lapso de 2 semanas.
- Determinar las características del diseño de los soportes de cada una de las balanzas electrónicas portátiles para vehículos que no excedan los 800kg de peso, en un lapso de 4 semanas.
- Establecer las características del diseño de la parte electrónica de las balanzas electrónicas portátiles para vehículos que no excedan los 800kg de peso para poder transferir los valores de peso inalámbricamente a un computador, en un lapso de 8 semanas.
- Considerar reglamentos y normas técnicas para la construcción de las balanzas electrónicas portátiles para vehículos que no excedan los 800kg de peso, en un lapso de 6 semanas.
- Realizar las pruebas de pesaje y calibración de suspensión para distribuir los pesos en un vehículo que no exceda los 800kg de peso, considerando normas de seguridad, en un lapso de 1 semana.

1.8. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el desarrollo de este proyecto se requerirá de recopilación de información mediante una investigación bibliográfica. El método que se utilizará en este proyecto es el Método Deductivo.

Método Deductivo.- Es aquel que parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular.

Para realizar este proyecto se analizará la información disponible a la cual pueda acceder para poder ejecutar el proyecto de diseño y construcción de las balanzas electrónicas portátiles.

Se diseñará los soportes de las balanzas para posteriormente, seleccionar el tipo de sensor más conveniente ya sea por su rango de tolerancia, facilidad de instalación o fiabilidad. Inmediatamente se construirá la placa electrónica, luego de esto se diseñará la aplicación visual para la transmisión inalámbrica de datos y consecutivamente, se ensamblará las cuatro balanzas e instalará el programa para la lectura de los pesos en un computador. Luego de esto procederá a realizar las pruebas de pesaje, primero con pesas de valores bajos (1kg, 2kg, 4kg), luego con valores medios (10kg, 25kg, 35kg), y finalmente con un vehículo que no sobrepase los 800kg de peso.

1.9. FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Las fuentes que se utilizarán para recopilar información serán:

- Libros.
- Manuales de diseño.
- Internet.
- Repositorios de Tesis.
- Bibliotecas virtuales.
- Asesoría de personas involucradas en el tema de diseño.

CAPÍTULO II

SENSORES DE PESO Y FORMAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS

2.1.SENSORES DE PESO

Un sensor es un artefacto electrónico que puede descubrir fuerza temperatura, distancia, movimiento, presión, etcétera. Al localizar estas magnitudes tiene la capacidad de transformarlas en magnitudes eléctricas.

En resumen se puede decir que un sensor convierte la energía de una forma a otra.

Características

- Rango de medida: Magnitud admitida por el sensor.
- Precisión: Máximo error de medida.
- Offset: Referencia que se le establece a la variable de salida cuando no existen valores en la variable de entrada.
- Sensibilidad de un sensor: Variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: Magnitud mínima variada que se muestra a la salida.
- Rapidez de respuesta: Depende del tiempo en el que varía la magnitud medida.
- Derivas: Son magnitudes distintas a la de entrada que intervienen también en la magnitud de salida, como por ejemplo, las condiciones ambientales, presión atmosférica, desgaste del sensor, etcétera.

2.1.1. Celdas de carga

Las celdas de carga son sensores de peso electrónicos cuya finalidad es recibir la excitación eléctrica provocada por un peso determinado aplicado a la báscula o balanza y transmitirlo hacia un indicador de peso. (WIM Systems, 2014)

Se aprecia en la figura 2.1 los distintos tipos de celdas de carga que existen en el mercado.



Figura 2. 1. Celdas de carga
Fuente: (Direct Industry, 2015)

La celda de carga es un aparato electromecánico que a través de la deformación que experimenta al aplicársele un determinado peso estrangula una resistencia conocida como galga, como resultado de la deformación mecánica de la celda, la galga entregará una variación en milivoltios dependiendo del voltaje y la carga aplicados.

Las formas y diseños que poseen las celdas de carga son varios, además que su capacidad de medida va desde pocos gramos hasta cientos de toneladas, esto depende del uso que se les va a otorgar, como por ejemplo para pesar camiones o pesar medicinas. El material del que están hechas por lo general es de aluminio o de acero. (CAÑAVERAL, 2014)

2.1.2. Strain gage

Medidor de deformación, galga extensiométrica o sensor de tensión es un dispositivo que nos permite medir magnitudes de presión, tensión, torsión, carga, etcétera. Matemáticamente el esfuerzo o strain (ϵ) se muestra como la división de cambio en longitud como apreciamos en la figura 2.2.

El esfuerzo puede ser positivo o negativo cuando se le aplica tensión o compresión respectivamente. (SOSA, 2014)

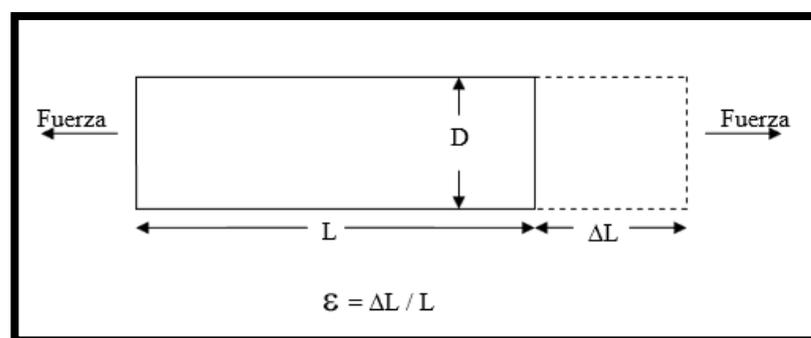


Figura 2. 2. Esquema de strain

Fuente: (SOSA, 2014)

2.1.3. Parámetros del strain gage:

El funcionamiento de las galgas extensiométricas va de acuerdo a varios parámetros, ya que los mismos pueden variar conllevando a lecturas erróneas de los strain gage.

Estos pueden ser:

- Material de recubrimiento
- Resistencia cíclica
- Temperatura del ambiente
- Presión atmosférica
- Humedad en el ambiente

2.1.4. Características de un strain gage

Las galgas extensiométricas poseen dos características que son:

- Longitud de la galga
- Concentración del esfuerzo

a. Longitud de la galga

Es la distancia perceptiva de la galga ante un esfuerzo aplicado, mostrada en la figura 2.3. Las esquinas de la galga no son perceptibles al esfuerzo ya que tienen una sección transversal amplia y además poseen una mínima resistencia. Existen varias necesidades de analizar los esfuerzos, por eso hay longitudes de galga desde 0.2mm a 100mm dependiendo del uso requerido.

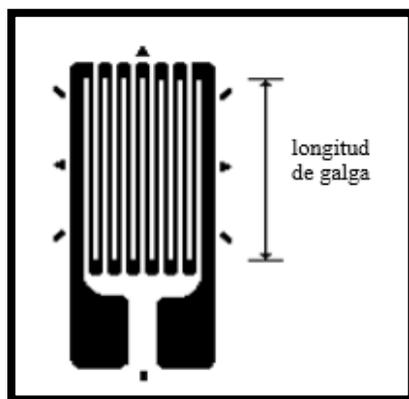


Figura 2. 3. Longitud de un Strain gage

Fuente: (SOSA, 2014)

b. Concentración del esfuerzo:

Esta característica del strain gage depende mucho de la longitud de la galga pues en general al pesar algún objeto, el esfuerzo se concentra en un solo punto de la galga, haciendo que el peso en ese lugar sea mayor, por esto los strain gages o galgas extensiométricas promedian el área de la grilla obteniendo así un valor más exacto. Por esta razón cuando la longitud de la

galga es más extensa que el área de esfuerzo brindará una magnitud de medida baja. (SOSA, 2014)

2.1.5. Funcionamiento de los sensores de peso

En una báscula electrónica el componente más importante es la celda de carga ya que esta es la encargada de convertir la fuerza que recibe a una señal en voltios por medio de la acción de las galgas extensiométricas.

Los sensores de peso o celdas de carga están contruidos de un metal que puede ser acero o aluminio generalmente, este material se puede deformar y volver a su forma original, siempre y cuando no se deforme más allá de su límite elástico pues esto ocasionaría el daño de la celda de carga al quedar deformada permanentemente, estas celdas de carga están diseñadas para soportar un rango de pesaje ya sea de tensión, compresión o los dos a la vez.

La celda de carga posee galgas extensiométricas las mismas que al experimentar una deformación en su cuerpo varia su resistencia y a su vez están conectadas en un puente de Wheatstone, son alimentadas con un voltaje y entregan una señal proporcional a la fuerza aplicada, esta señal se entrega en milivoltios.

Cuando a la celda de carga se le alimenta con 10VDC a plena carga esta entregara 20mV en un caso ideal, por ejemplo si se ejerce el 75% de la capacidad total esta nos entregara 15mV.

Posteriormente se realiza el proceso de estandarización de la señal o acondicionamiento. En conclusión las básculas electrónicas sirven para medir la fuerza que genera un objeto y como la fuerza es igual a la masa multiplicada por la aceleración y ésta es una constante, se puede concluir que la masa es directamente proporcional a la fuerza.

2.1.6. Tipos de sensores de peso

Hay una extensa variedad de sensores de peso los cuales son diseñados y fabricados para cumplir con diversas necesidades ya sean de fábricas o empresas que necesariamente y en todo momento requieren pesar sus productos, puede ser aplicando tracción, compresión, o las dos a la vez, también pueden requerir de basculas fijas o móviles según la necesidad de las empresas.

A continuación se muestran los tipos de sensores que se podrían utilizar en la construcción del presente proyecto:

- **Unicelda GL 300 /500**

El modelo de celda de carga unicelda que se muestra en la figura 2.4 es recomendada para el uso de balanzas tipo pedestal ya que posee 4 pernos que van a servir de apoyo fijo y no va a tener problemas de estabilidad en el momento de censar el peso.



Figura 2. 4. Sensor tipo GL 300/500

Fuente: (Automatización, 2015)

En la figura 2.5 se podrá observar la celda de carga con sus respectivas acotaciones en letras y en la tabla 2.1 se podrán verificar los valores reales en milímetros.

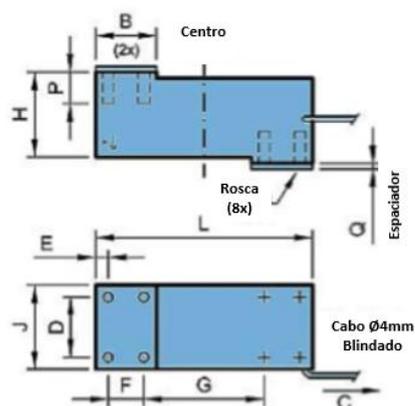


Figura 2. 5. Cotas sensor tipo GL 300/500

Fuente: (Automatización, 2015)

Tabla 2. 1.

Características del sensor tipo GL 300/500

Nota (1) Recomendado utilizar espaciadores (Espesor Q)

Nota (2) Cabo 9604 (Ø 4mm blindado)

Nota (3) Medidas en mm

Modelos	B	C	D	E	F	G	H	J	L	P	Q	Rosca	Torque
GL 300/500	42	2	30	7	19	122	64	60	174	20	5	M8x1	8,1kgf

Fuente: Celdas de carga Zener

- **I (Shear Beam)**

Estas celdas de carga que se muestran en la figura 2.6 son resistentes debido a que son construidas con materiales aislantes, son muy útiles para balanzas tipo plataforma.



Figura 2. 6. Sensor tipo I

Fuente: (Automatización, 2015)

En la figura 2.7 se puede apreciar a la celda de carga con sus respectivas cotas, y en la tabla 2.2 se muestran las medidas en milímetros.

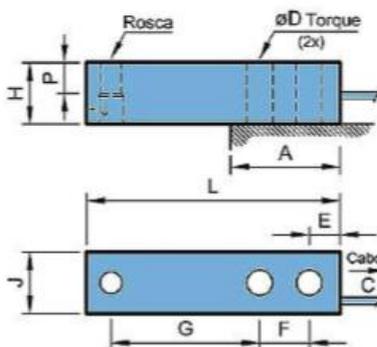


Figura 2. 7. Cotas sensor tipo I

Fuente: (Automatización, 2015)

Tabla 2. 2.

Características sensor tipo I

Nota (1)	Cabo 9619 (Ø7 mm BLINDADO)										
Nota (2)	Medidas en mm										
Modelos	A	C	D	E	F	G	H	J	L	P	Rosca / Torque
I 250/500/ 1T/2T	57	3	13	15,8	25,4	76,2	32	32	133	16	M12x1,75 / 14 kgf

Fuente: (Automatización, 2015)

- **Z (Tracción / compresión)**

Características Generales:

La celda de carga que aparece en la figura 2.8 modelo Z o también llamada modelo en S, es de tamaño compacto y altamente resistente, sirve para medir la fuerza de tracción o compresión, usada en básculas elevadas.



Figura 2. 8. Sensor tipo Z

Fuente: (Automatización, 2015)

A continuación se observa el grafico de la celda de carga tipo Z con sus respectivas cotas en la figura 2.9.

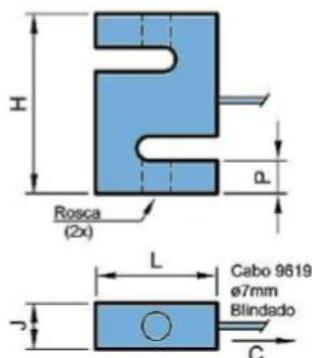


Figura 2. 9. Cotas sensor tipo Z

Fuente: (Automatización, 2015)

También se muestran los valores donde se pueden apreciar sus medidas en milímetros en la tabla 2.3. Y se puede constatar que se tratan de celdas de carga bastantes maniobrables por su tamaño.

Tabla 2. 3.

Características sensor tipo Z

Nota (1)	Cabo 9619 (Ø 7 mm blindado)					
Nota (2)	Medidas en mm					
Modelos	C	H	J	L	P	Rosca
Z-250/500	3	78	25	60	12	M12x1,75

Fuente: (Automatización, 2015)

2.1.7. Aplicaciones de los sensores de peso

El deseo por la perfección que existe a nivel mundial sigue aumentando día a día. Y para esto en la mayor cantidad de los casos en las industrias como en las empresas, han ido requiriendo de artefactos más precisos y sofisticados, en el caso de las básculas también han venido evolucionando.

Tiempo atrás se usaban básculas mecánicas que para medir la fuerza que se les aplicaba usaban un mecanismo de palancas mecánicas, pero esto fue progresando hasta llegar a las básculas electrónicas, que son sumamente precisas y más eficientes que las anteriores, puesto que otorgan el peso automáticamente al colocársele, sin la necesidad de colocar

contrapesos como era necesario en las balanzas mecánicas, razón por la cual forman una parte importante en las industrias de todo tipo.

Por ejemplo en la industria automotriz su uso es primordial al momento de diseñar un vehículo, para ubicar los materiales correctos en el lugar preciso de tal manera que el automotor sea lo menos pesado y mediante la ubicación correcta de su centro de gravedad, sea lo más aerodinámico posible. En la industria agrícola son imprescindibles al momento de pesar sus cultivos ya sean en camiones o tractocamiones, para pesar el ganado igualmente existen unas básculas adecuadas.

También son útiles en la industria química farmacéutica claro que en esta área se utilizan unas básculas mucho más de precisión que de fuerza. Y así también son usadas para pesar camiones, tolvas, tanques, etcétera.

En general las aplicaciones que tienen los sensores de peso o celdas de carga son extensas pero esto varía según la necesidad, pueden ser básculas pequeñas pero muy precisas, hasta básculas gigantes con rangos de pesaje en toneladas.

2.1.8. Tablas de confiabilidad de los sensores de peso

Los sensores de peso poseen varias características que influyen en su funcionamiento tales como su rango de operación, resolución, sensibilidad entre otras que se especificaran a continuación:

- Capacidad nominal: Magnitud admitida por la celda de carga.
- Material: Elemento del cual están compuestas las celdas de carga.
- Sensibilidad de mV/V: Variación de la magnitud de entrada.
- Error combinado - % salida nominal: Magnitud mínima variada que se muestra a la salida.
- Cero inicial: Referencia que se le establece a la variable de salida cuando no existen valores en la variable de entrada.

- Temperatura de trabajo útil: Es el rango de temperatura óptima de trabajo.
- Máxima sobrecarga: Fuerza máxima soportada por la celda de carga.
- Excitación VDC: Voltaje de excitación de la celda.
- Resistencia eléctrica entrada: Rango de funcionamiento a la entrada de la señal.
- Resistencia eléctrica salida: Rango de funcionamiento a la salida de la señal.
- Resistencia de aislación: Máxima resistencia de la celda.
- Plataforma máxima: Área máxima de diseño de plataforma.

Con todas las especificaciones de las tablas aclaradas, se procede a detallar las características de cada una de las celdas de carga:

- **Unicelda GL 300 /500**

A continuación en la tabla 2.4 se muestran las especificaciones de la celda de carga tipo viga de cuatro pernos de sujeción.

Tabla 2. 4.
Especificaciones del sensor GL 300/500

Capacidad nominal – kg	300
Material	Aluminio Anozidado
Sensibilidad de mV/V	2.023 +/-10%
Error combinado - % Salida nominal	<0,03
Cero inicial - % Salida nominal	+/-1
Temperatura de trabajo util - °C	-10 a +60
Máx. Sobrecarga s/alteraciones - % cap. Nominal	150
Excitación VDC	Máxima: 15 Recomendada: 10
Resistencia eléctrica entrada – ohms	406 +/-6
Resistencia eléctrica salida – ohms	350 +/-3.5
Resistencia de aislación (50 VDC máx.) – megaohms	≥5000
Plataforma máxima – mm	600 x 500

Fuente: (Automatización, 2015)

- **I (Shear Beam)**

En la tabla 2.5 se pueden observar las características que posee este tipo de celda de carga.

Tabla 2. 5.
Especificaciones del sensor tipo I

Capacidad nominal – kg	250, 500, 1000, 2000, 5000, 10000
Material	Acero Cr/Ni/Mo, Niquel quimico, Acero inox.
Sensibilidad de mv/v	2+/-0,1%
Error combinado - % Salida nominal	<0,03
Cero inicial - % Salida nominal	+/-1
Temperatura de trabajo util - °C	-5 a +60
Máx. Sobrecarga s/alteraciones - % cap. Nominal	150
Excitación VDC	Máxima: 15 Recomendada: 10
Resistencia eléctrica entrada – ohms	400 +/-10
Resistencia eléctrica salida – ohms	350 +/-1
Resistencia de aislación (50 VDC max.) – megaohms	>5000
Plataforma máxima – mm	Depende de la capacidad del sensor

Fuente: (Automatización, 2015)

- **Z (Tracción / compresión)**

En la tabla 2.6 se puede constatar algunas de sus características de pesaje.

Tabla 2. 6.
Especificaciones del sensor tipo Z

Capacidad nominal – kg	250, 500, 1000, 2000, 5000
Material	Acero Cr/Ni/Mo/Niquel quimico/Acero inoxidable
Sensibilidad de mv/v	2+/-0,1%
Error combinado - % Salida nominal	<0,03
Cero inicial - % Salida nominal	+/-1
Temperatura de trabajo util - °C	-5 a +60
Máx. Sobrecarga s/alteraciones - % cap. Nominal	150
Excitación VDC	Máxima: 15 Recomendada: 10
Resistencia eléctrica entrada – ohms	400 +/-10
Resistencia eléctrica salida - ohms	350 +/-1
Resistencia de aislación (50 VDC max.) – megaohms	>5000
Plataforma máxima – mm	Se utiliza más en básculas elevadas

Fuente: (Automatización, 2015)

2.2. FORMAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS INALÁMBRICAMENTE

En la actualidad la tecnología inalámbrica a avanzado de manera impresionante, está al alcance de todos, presente en Smartphones, computadoras, Smart tv, entre otros artefactos.

Las comunicaciones inalámbricas se han vuelto necesarias y más prácticas que las transmisiones de datos vía cable puesto que con las inalámbricas se ahorra el cableado necesario para interconectar dos puntos ya sean cercanos o distantes y que haya que pasar por montañas ríos, autopistas, etcétera. (ARENAS, PALACIO, & MARIN, 2014)

En tiempos pasados no se hubiera pensado estar en contacto ya sea vía mensajes de texto, vía mail, o contactarse con una video llamada pero hoy todo esto es posible gracias a la tecnología inalámbrica.

Para la interconexión de datos inalámbrica existen varias opciones las mismas que dependen del tipo y la distancia a la cual se quieren transferir los datos, se tienen las siguientes:

- Transmisión de datos vía Infrarrojo.
- Transmisión de datos vía Bluetooth.
- Transmisión de datos vía Wi-Fi.
- Transmisión de datos vía ZigBee.

2.2.1. Transmisión de datos vía infrarrojo

Se le llama infrarrojo a un tipo de luz que no es perceptible para el ojo humano puesto que solo se puede observar la llamada luz visible. La luz infrarroja muestra información detallada de los cuerpos que a simple vista no se puede apreciar, y como todos los cuerpos emiten calor por muy fríos que estos sean como por ejemplo el hielo aunque en una baja cantidad pero

posee algo de calor y este a su vez irradia luz infrarroja. (SPITZER Space Telescope, 2014)

Las ondas infrarrojas no pueden atravesar objetos sólidos y son estrictamente direccionales, y como no pueden cruzar objetos sólidos es una ventaja ya que no se van a interferir con otras señales análogas.

a. Principio de funcionamiento

Se codifica una señal y es transportada por una onda portadora, posteriormente se le aplica un voltaje y emite una luz. Esta luz que se emite es similar a un tren de pulsos. Esta señal viaja muy direccionalmente, hasta un foto-diodo receptor que con las ondas infrarrojas recibidas genera voltajes, los cuales luego se filtran para desmontar la información de la portadora, para finalmente realizar una decodificación digital de la señal. (B & C, 2007)

b. Infrared Data Association

Asociación de Datos Infrarrojos (IrDA) por sus siglas en inglés, especifica un estándar fijo para la transmisión y admisión de los datos vía infrarrojo, esta asociación se crea en 1993 por varias compañías como HP, IBM y otras. En la figura 2.10 se puede apreciar el puerto IrDa en un teléfono celular. (MOSQUERA, 2010)

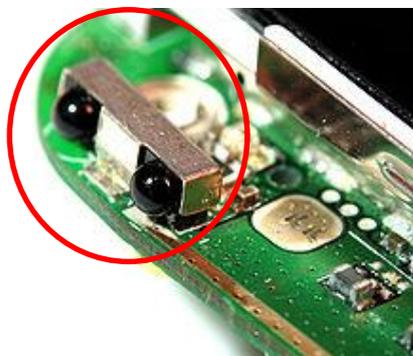


Figura 2. 10. Puerto infrarrojo IrDA de un celular

Fuente: (Wikimedia Commons, 2015)

La transmisión de datos por infrarrojo se basa en rayos luminosos que se desplazan en el espectro infrarrojo. Estos dispositivos con el estándar IrDA se pueden intercomunicar con una velocidad de entre 9600bit/s y 4Mbit/s, y pueden ser usados desde celulares y otros artefactos electrónicos pero este tipo de transmisión de datos fue desplazada rápidamente por tecnologías más eficientes como el bluetooth y wifi.

c. Características

Las características del dispositivo infrarrojo son las siguientes:

- Ángulo de intercomunicación de 30°.
- Compatible con nuevos estándares.
- Transmisión inalámbrica de datos.
- Intercomunicación punto a punto.

d. Ventajas de los dispositivos infrarrojos

A continuación se muestran las ventajas de la transmisión de datos vía infrarrojo:

- Resistente ante interferencias electromagnéticas
- Consumo mínimo de energía.
- Inmune a la luz ambiental.
- Alta perceptibilidad.
- Tamaño pequeño del dispositivo.

e. Desventajas de los dispositivos infrarrojos

La transmisión de datos vía infrarrojo también posee algunas desventajas como son:

- Distancia de enlace de transmisión muy reducida.
- Lente elíptico de transmisión demasiado expuesto.
- Baja velocidad de transmisión de datos con respecto a otros dispositivos.

2.2.2. Transmisión de datos vía Bluetooth

El bluetooth se basa en una Red Inalámbrica de Área Personal (WPAN) la misma que permite la conexión de uno o varios dispositivos para la transferencia de datos en un área de pocos metros, para esto utiliza una frecuencia libre para instrumentación, ciencia y medicina (ISM) en su banda de frecuencia de 2.4GHz.

En si lo que se busca con el bluetooth es simplificar las interconexiones entre uno o más dispositivos móviles y fijos sin que existan cables de por medio para una mejor funcionalidad y comodidad de las personas.

Los artefactos que más están apegados al uso del bluetooth pertenecen al área de la informática y de las telecomunicaciones como son los teléfonos celulares, PC, laptops, cámaras digitales, teclados, impresoras, etcétera.

a. Versiones de Bluetooth

Existen algunas versiones las cuales han ido mejorándose una tras otra con la finalidad de ser más eficaces, para esto todas las versiones son compatibles, es decir que la última versión cubre todos los estándares anteriores.

Entre las versiones de bluetooth están las siguientes:

- Bluetooth v1.0 y v1.0b
- Bluetooth v1.1 (2002)
- Bluetooth v1.2 (2005)

- Bluetooth v2.0 + EDR (2004)
- Bluetooth v2.1 + EDR (2007)
- Bluetooth v3.0 + HS (2009)
- Bluetooth v4.0 (2010)

La última versión es la 4.0 la misma que fue desarrollada por SIG (Grupo con Especial Interés), esta es una asociación de miles de empresas que ponen pequeños grupos de personas a seguir desarrollando la tecnología bluetooth, de esta manera ellos mismos implementan estas mejoras en sus productos.

La versión 4.0 contiene el sistema clásico que es compatible con la versión 1.0, nos permite economizar al máximo la energía utilizada al momento de la transferencia de datos. Las mejoras van creciendo y estas se refieren a la adquisición de mayor velocidad de transmisión de datos, rapidez de emparejamiento y seguridad de la información transmitida.

b. Funcionamiento del Bluetooth

Utiliza la técnica del Espectro ensanchado por saltos de frecuencia, que consiste en dividir la banda de frecuencia de 2.402 - 2.480 GHz en 79 canales (denominados saltos) de 1 MHz de ancho cada uno y, después, transmitir la señal utilizando una secuencia de canales que sea conocida tanto para la estación emisora como para la receptora. (Kioskea, 2015)

c. Principio de comunicación

El dispositivo bluetooth para su comunicación se fundamenta en la ejecución maestro esclavo. Y para esto siempre va a existir un maestro al mismo que se le conectarán uno o hasta siete dispositivos activos, a este grupo se le llama piconet, y aunque puede haber muchos más dispositivos en espera estos se sincronizarán pero no tendrán una dirección real en la piconet. El dispositivo maestro les asigna un código específico a cada uno

de los dispositivos (activos) que se quieran emparejar, también pueden haber hasta 10 piconets agrupadas en una sola área específica. En la figura 2.11 se muestra el esquema del que forman parte los enlaces bluetooth con un dispositivo maestro y 7 esclavos, la llamada piconet.

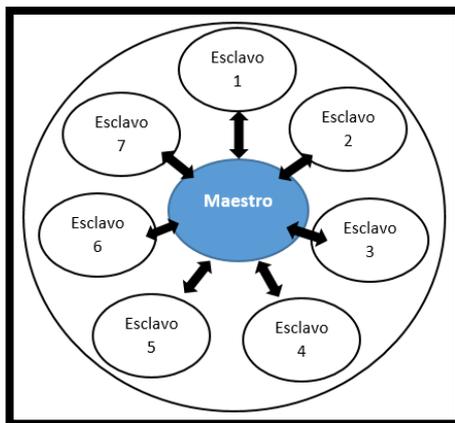


Figura 2.11. Esquema de una piconet

En la operación maestro esclavo, el dispositivo maestro en realidad solo se puede enlazar con un solo esclavo a la vez, pero velozmente cambia de esclavos para que pareciera que se está comunicando con todos los dispositivos esclavos al mismo tiempo.

También el sistema bluetooth permite entrelazar dos piconets para crear una red más amplia la misma que se le denomina scatternet, para ello se utilizan como puentes algunos dispositivos para establecer la conexión. En este esquema de la figura 2.12 se observa una red llamada scatternet formada por dos redes piconets.

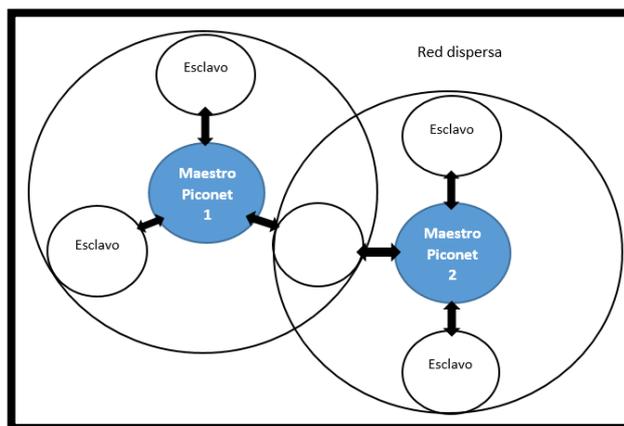


Figura 2.12. Esquema de una Scatternet

d. Establecimiento de las conexiones

Para establecer una conexión entre dos o más dispositivos bluetooth se deben cumplir una serie rigurosa de procedimientos, todo esto por la seguridad en la transferencia de datos, a continuación se muestran los pasos para el establecimiento de la conexión:

- Modalidad pasiva
- Modo de exploración (solicitud)
- Sincronización con los posibles dispositivos a conectarse (paginación)
- Localización del punto de acceso deseado (descubrimiento)
- Generación de un canal con el punto de acceso
- Emparejamiento de los dispositivos mediante el PIN
- Uso de la conexión para la transferencia de datos.

Cuando en un artefacto electrónico el Bluetooth está encendido quiere decir que está en la modalidad pasiva ya que está disponible para una conexión.

Para empezar a establecer una conexión el dispositivo maestro explora todos los puntos de acceso disponibles en esa área y envía una solicitud, a su vez los dispositivos contestan con su dirección al dispositivo maestro.

Posteriormente el dispositivo maestro opta por una dirección y procede a la sincronización con dicho punto de acceso por medio de la paginación, esta es una técnica que sincroniza la frecuencia y su reloj con el dispositivo a conectarse.

Una vez que están sincronizados, por medio del Protocolo de Descubrimiento de Servicios (SDP) se genera un enlace del punto de acceso con el dispositivo maestro y este puede continuar con una fase de descubrimiento del dispositivo de acceso.

Al finalizar la etapa de descubrimiento del punto de acceso, el dispositivo maestro está listo para generar un canal de comunicación de datos mediante el Protocolo de Control y Adaptación del Enlace Lógico (L2CAP).

Dependiendo de las necesidades se pueden crear un canal adicional mediante el protocolo de Comunicación por Radio Frecuencia (RFCOMM) el mismo que es un conjunto de protocolos de transporte y que emula varios puertos de serie RS-232.

Para mayor privacidad de la piconet el punto de acceso puede agregar un sistema de seguridad llamado emparejamiento, el cual permitirá el acceso solo a los usuarios autorizados mediante una clave denominada Número de Identificación Personal (PIN), esto consiste en que el punto de acceso le manda una solicitud de emparejamiento al usuario maestro y se solicitara que ingrese el PIN recibido y si este es correcto se empezará de inmediato la conexión.

Al momento de activarse el emparejamiento el dispositivo maestro podrá hacer uso del canal de comunicación elegido.

e. Lista de aplicaciones

El Bluetooth tiene un sinnúmero de aplicaciones en la actualidad por su facilidad de transferencia de datos y por hacer a los artefactos más prácticos. En la figura 2.13 se puede apreciar un dispositivo manos libres con tecnología bluetooth que permite contestar llamadas o escuchar música sin el uso de ningún tipo de cables.



Figura 2.13. Manos libres para celular con tecnología Bluetooth

Fuente: (Bluetooth, 2015)

- Conexión inalámbrica vía OBEX)
- Controles remotos
- Equipo médico
- Consolas de entretenimiento como Play Station de Sony, Xbox360 de Microsoft, y el Wii utilizan Bluetooth para la manipulación de los mandos inalámbricos.
- Interconexión entre los equipos de audio y sus parlantes.
- Enlace inalámbrico entre la PC con el teclado e impresora.

f. Ventajas de los enlaces Bluetooth

La tecnología Bluetooth ha ganado un amplio terreno en el área de la transmisión de datos debido a su funcionalidad y eficacia, sus ventajas son las siguientes:

- Para la transmisión de datos usa un sistema inalámbrico.
- Es una tecnología de bajo costo.
- Los dispositivos Bluetooth poseen una tecnología estandarizada lo que significa una amplia compatibilidad entre otros dispositivos aun si estos no son de la misma marca o modelo.
- Se pueden compartir datos, imágenes, videos, audios.
- Permite la conexión de hasta siete dispositivos formando una piconet.
- Bluetooth utiliza una técnica en la transmisión de datos que se conoce como saltos de frecuencia lo que impide las interferencias.

g. Desventajas de los enlaces Bluetooth

También existen desventajas pero estas pueden disminuir dependiendo de los requerimientos, y son las siguientes:

- Distancia de conexión limitada (30 metros).
- Baja velocidad de transmisión (1MB/s)
- Posibilidad de que se transfieran virus entre los datos de transferencia.
- Limitado número de periféricos para la conexión (7 dispositivos apareados).
- Consumo regular de energía cuando el dispositivo está en el modo visible.

2.2.3. Transmisión de datos vía Wi-Fi

Denominado como Wireless Fidelity (Wi-Fi) o en español Fidelidad inalámbrica, es una serie de redes inalámbricas que actúa en función de algunos protocolos. En primera instancia fue creada para el acceso a redes locales inalámbricas pero hoy el mayor uso que se le da es para acceder al internet. (Definición de WIFI, 2014)

La creación del Wi-Fi partió en base a la necesidad de establecer conexiones entre distintos dispositivos pero sin recurrir al uso de cables, es por eso que en el año 1999 conformaron la Wireless Ethernet Compatibility Alliance hoy llamada Wi-Fi Alliance las empresas Nokia, 3com, entre otras.

Esta tecnología permite a los usuarios conectarse al internet sin el uso de cables siempre y cuando este en el radio de acción de un Hotspot llamada comúnmente zona Wi-Fi.

a. Seguridad y fiabilidad

En ciertos casos debido a la aglomeración de usuarios la red se satura y vamos a tener problemas de conexión y mucho más si se está conectado a una distancia considerable (100m). Es por esta razón que el sistema Wi-Fi fue creado para la interconexión inalámbrica en distancias reducidas para que no existan riesgos de comunicación ni de posibles interferencias.

Existen un sinnúmero de usuarios que instalan sus redes Wi-Fi sin ningún tipo de seguridad pasando a formar parte de una red abierta y el peligro que esto conlleva es muy alto ya que son redes altamente vulnerables para terceras personas, quedando expuesta toda la información que se transmite.

En si el principal problema para el dueño de la red es que usuarios ajenos hagan uso de su red Wi-Fi, pero a más de eso también pueden supervisar toda la información que circula incluyendo cuentas personales,

contraseñas, información personal, etcétera. Por esto al montar una red Wi-Fi se debe hacerlo poniendo las seguridades necesarias.

b. Dispositivos

Existen diferentes dispositivos Wi-Fi los mismos que se distribuyen en dos grupos que son los dispositivos de red y los dispositivos terminales. En la figura 2.14 se aprecia un router, Wi-Fi el que proporciona la señal para móviles, laptops y demás dispositivos que tengan sistema de conexión Wi-Fi.

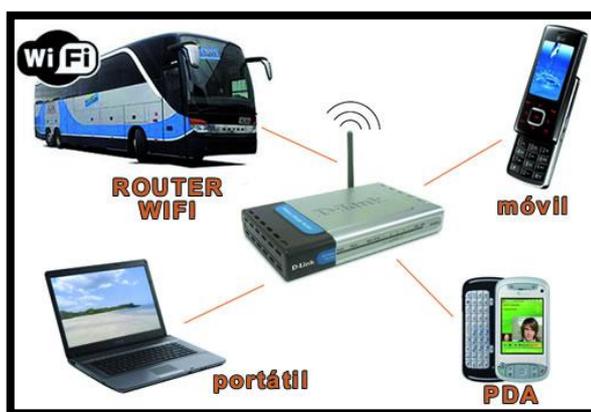


Figura 2. 14. Router Wi-Fi

Fuente: (WiFi, 2015)

b.1. Dispositivos de Distribución o Red

Los dispositivos de distribución o de red son los que tienen la función de propagar o repetir la señal para los dispositivos a conectarse.

- Los puntos de acceso, son los encargados de producir una “base Wi-Fi” para la conexión inalámbrica de distintos dispositivos en un área establecida, los dispositivos pueden ser teléfonos móviles, computadores de escritorio, tablets, etcétera. También se pueden conectar mediante cables para una conexión más rápida. Se pueden usar antenas más grandes para que el radio de acción sea más amplio.

- Los repetidores de señal Wi-Fi son dispositivos que permiten ampliar la señal de conexión para llegar a otros lugares donde la red inalámbrica se debilita. Estos repetidores se conectan mediante cable a una red ya existente y algunos también funcionan como punto de acceso.
- Existen también los Router inalámbricos que no son otra cosa que dispositivos compuestos pues aparte de crear una red local permite conectar esta red local a una red externa, por lo general los Router también funcionan como puntos de acceso y se usan en redes pequeñas.

b.2. Dispositivos Terminales

Los dispositivos terminales son aquellos que permiten capturar las señales de la red Wi-Fi para su conexión.

- Las tarjetas PCI para Wi-Fi que anteriormente había que adaptarlas pero que en la actualidad vienen de fábrica en casi todos los computadores sirven para crear el enlace inalámbrico haciendo posible la captación de la señal Wi-Fi.
- Las tarjetas PCMCIA son dispositivos que se utilizaron en gran cantidad en computadores personales permitiendo la compatibilidad entre ellos, el problema de estas tarjetas es que no permiten llegar más allá de la tecnología b de Wi-Fi que es una tecnología bastante lenta para la transmisión de datos.
- Las tarjetas USB para Wi-Fi permiten la conexión inalámbrica de un equipo que no posea la función Wi-Fi con alguna red disponible, las tarjetas USB son las más usadas por distintos motivos ya que son portátiles y fáciles de instalar.
- Hoy en día ya los diferentes equipos como impresoras, smartphones, cámaras, computadoras, tablets, etcétera ya tienen incluido el

dispositivo para la captación de señal Wi-Fi, permitiendo así mayor movilidad en su uso ya que no requieren de cables.

c. Ventajas del WiFi

Entre las ventajas que poseen las conexiones por Wi-Fi se enumeran las siguientes:

- Es un tipo de conexión inalámbrica por lo que permite una mayor movilidad de los usuarios.
- Conexión compatible para muchos dispositivos como teléfonos, consolas de video juego, televisores entre otros.
- En varios lugares existen puntos de acceso gratuitos como en parques, centros comerciales, autobuses, etcétera.
- Altas velocidades de transmisión de datos.

d. Desventajas del WiFi

Como desventajas de este sistema se muestran las siguientes:

- El radio de acción no cubre distancias largas máximo entre 10 y 100 metros dependiendo del router.
- Se pueden producir errores de transmisión por radiación electromagnética generada por dispositivos bluetooth, hornos microondas y otros electrodomésticos.
- La proximidad entre dos puntos de acceso pueden producir interferencias en la comunicación, generalmente esto ocurre en lugares donde varias personas utilizan estos dispositivos simultáneamente como en los edificios.

2.2.4. Transmisión de datos vía Zigbee

ZigBee se trata de una nueva tecnología que apareció en el año 2002 conformada por varias compañías como Motorola, Mitsubishi, Philips, entre otras. Y acogieron el nombre de ZigBee Alliance, esta alianza adoptó el estándar IEEE 802.15.4 de redes WPAN, para crear un sistema de transmisión inalámbrico de datos con un consumo energético bajo.

La tecnología zigbee es primordialmente usada por la domótica, que es la técnica que permite la automatización de una vivienda, aunque también es usada en otras áreas por su facilidad de baja transmisión de datos. Esta tecnología se la compara con bluetooth y tiene sus ventajas, puede contener teóricamente hasta 65535 nodos o esclavos repartidos en subredes de 255 esclavos, lo contrario del bluetooth que tan solo puede tener 7 esclavos, pero respecto a la velocidad de datos puede llegar hasta 250kbps, mientras que en el bluetooth es de 3Mbps por lo que resulta inservible para transferir información “pesada” como imágenes, música, videos, etcétera, por esta razón no se puede aplicar a dispositivos como los teléfonos celulares. Más bien es usada para transferir información entre sensores o actuadores.

a. XBee

Los XBee como se muestra en la figura 2.15 son chips pequeños que utilizan el estándar IEEE 802.15.4 mejor conocido como ZigBee para poderse comunicar con otros dispositivos inalámbricamente. (XBee. cl, 2015)

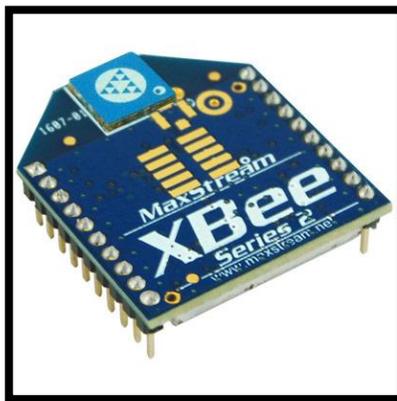


Figura 2. 15. Chip XBee

Fuente: (XBee. cl, 2015)

b. Características del protocolo ZigBee

ZigBee es una tecnología definida de un grupo de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica y posee varias características a diferencia de otros sistemas de transmisión de datos como son las siguientes:

- Velocidad de transmisión de datos entre 20kbps y 250kbps.
- Radio de acción entre 10m y 75m, dependiendo del medio en el que se encuentre.
- Usa bandas de frecuencia libres ISM de 2.4MHz a nivel mundial, 868MHz en Europa y 915MHz en EEUU.
- En cada red ZigBee existe un identificador de red exclusivo y pueden coexistir algunas redes en un solo canal sin problemas.
- Un dispositivo transceiver ZigBee puede funcionar desde 6 meses hasta 2 años tan solo con dos pilas AA.
- Pueden haber hasta 255 nodos en una red y la mayor parte del tiempo tienen el transceiver “dormido” para ahorrar energía.
- Posee distintas topologías de redes.

- Las redes cambian los canales de comunicación en caso de interferencias.
- Baja interferencia de señal con sistemas Bluetooth o Wi-Fi a pesar de trabajar en la misma frecuencia gracias al estándar IEEE 802.15.4.
- Es un protocolo que brinda seguridad de transmisión de datos ya que se pueden poner encriptaciones.

c. Tipos de dispositivos

En el funcionamiento de esta red de transmisión de datos como se observa, intervienen tres dispositivos que son:

- Coordinador
- Router
- Dispositivo Final

En la figura 2.16 se muestra gráficamente el esquema de una red ZigBee conformada por dispositivos como lámparas, interruptores, cámaras de vigilancia y equipos estéreo. A los cuales se puede controlar inalámbricamente y desde un solo punto mediante el protocolo ZigBee.

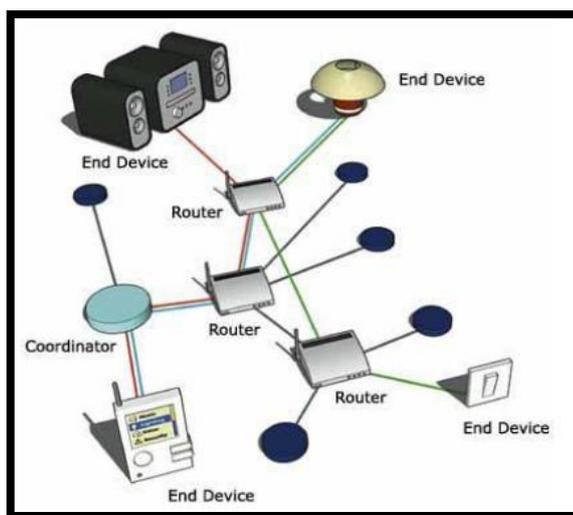


Figura 2. 16. Red de dispositivos ZigBee
Fuente: (Vidri, 2015)

c.1. Coordinador ZigBee (ZC)

El coordinador es el dispositivo más importante y puntualmente debe existir uno por red, puesto que es el encargado de guiar a los demás dispositivos por donde deben seguir para conectarse entre ellos, y se encarga de controlar permanentemente el funcionamiento de la red, puede servir de enlace para contactarse con otras redes. Debe poseer amplia capacidad de memoria.

c.2. Router ZigBee (ZR)

La función que cumple el dispositivo router de ZigBee es la de interconectar dos dispositivos que se encuentren incomunicados en la topología de la red.

c.3 Dispositivo Final (ZED)

Es al último dispositivo que se le otorga la señal, y tiene la capacidad de transferir información a su nodo maestro el coordinador o al router, pero no puede enviar información a otros dispositivos, debido a esto pasa la mayor cantidad del tiempo inactivo o “dormido”, lo que le permite economizar al máximo su batería. No posee demasiada memoria.

d. Funcionalidad del protocolo ZigBee

Según la funcionalidad, existe otra clasificación de los dispositivos a emplearse en la transferencia de datos por medio de ZigBee estos son:

- Dispositivo de funcionalidad completa (FFD)
- Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD)

d.1. Dispositivo de funcionalidad compleja (FFD)

Este dispositivo es conocido como nodo activo, pues tiene la capacidad de actuar como coordinador de una red, o como router ZigBee, otra

característica que posee y por su capacidad de memoria puede recibir mensajes en formato 802.15.4, y también actuar como interfaz con los usuarios en los dispositivos de red.

d.2. Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD)

El dispositivo RFD es conocido como nodo pasivo, pues tiene capacidades de funcionamiento más reducidas, generalmente en la red ZigBee son los que actúan como sensores y actuadores. Por sus características son más simples y menos costosos.

Los nodos ZigBee activos y pasivos, ahorran la mayor cantidad de energía debido a que casi todo el tiempo permanecen dormidos, hasta que se requiera su uso y cuando esto sucede los nodos responden en un mínimo tiempo de 15 ms y luego de esto vuelven a estar en reposo.

e. Topología de redes ZigBee

Las redes ZigBee tienen la propiedad de adoptar diferentes tipos de configuraciones como se aprecia en la figura 2.17, esto dependiendo de sus necesidades, existen las siguientes:

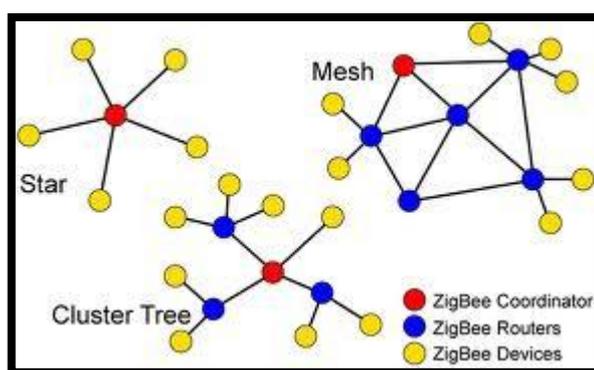


Figura 2. 17. Tipos de topologías de redes ZigBee

Fuente: (Duarte, 2015)

- Topología en estrella: El dispositivo coordinador se sitúa en el centro y los dispositivos finales hablan directamente con el coordinador.

- Topología en árbol: El dispositivo coordinador será la base de la comunicación entre los routers o los dispositivos finales.
- Topología en malla: El dispositivo coordinador empieza una red que es ampliada por los routers donde mínimo uno de los nodos va a tener más de dos conexiones.

Entre estas topologías la que más llama la atención es la de tipo malla, pues si en un caso algún enlace o un nodo falla, la señal puede buscar otro camino para su comunicación.

f. Aplicaciones

La tecnología ZigBee tiene en la domótica su campo de aplicaciones más usual, aunque se le puede usar para un sinnúmero de tareas que se pueden automatizar en distintas áreas, a continuación se detallan las diferentes aplicaciones:

- Automatización del climatizador de una vivienda.
- Encendido y apagado automático de luces.
- Regulación de la iluminación.
- Desconexión de equipos que no se están usando.
- Simulación de presencia en un domicilio.
- Supervisión de salud de un paciente según sus pulsaciones, presión, etcétera.
- Sistema de riego automático.

g. Ventajas

Las ventajas de usar ZigBee como tecnología inalámbrica son varias entre la que resalta el poco consumo energético, a continuación se muestran las ventajas de este sistema:

- Es una tecnología que usa la banda libre ISM 2.4MHz.
- No se requiere de una línea de visión entre los dispositivos.
- Recomendada para conexiones punto a punto y punto a multipunto.
- En una red pueden coexistir teóricamente más de 65000 nodos.
- Ideal para transferencias de baja tasas de datos.
- Rápida disponibilidad entre nodos.
- Bajo consumo de batería de los dispositivos.
- Rango de cobertura 30m en interiores y 100m en campo abierto.

h. Desventajas

A pesar de ser una tecnología muy útil tiene también varias desventajas que se muestran a continuación:

- No puede transmitir datos extensos.
- No puede ser compatible con Bluetooth por su tasa de transferencia.
- Distancia de cobertura reducida ya que pertenece a redes WPAN
- En comparación con otras tecnologías manipula textos más pequeños.

2.3. REQUERIMIENTOS

Para la ejecución de este proyecto se deben analizar otros factores además de los que se van a utilizar para su construcción, y estos parámetros son igual de importantes como sus materiales, estos parámetros son:

- Peso a soportar por las balanzas

- Dimensiones del vehículo
- Conectividad
- Aplicación

2.3.1. Peso a soportar por las balanzas

El proyecto está enfocado principalmente en los vehículos monoplace tipo fórmula que posee la universidad, y debido a que estos vehículos no sobrepasan los 800kg, las balanzas requerirán sensores de peso que puedan censar esa capacidad sin problemas, por esta razón se procede a determinar las reacciones que ejerce en cada uno de los neumáticos. En la figura 2.18 se muestra el diagrama de cuerpo libre (D.C.L) del monoplace FESPE

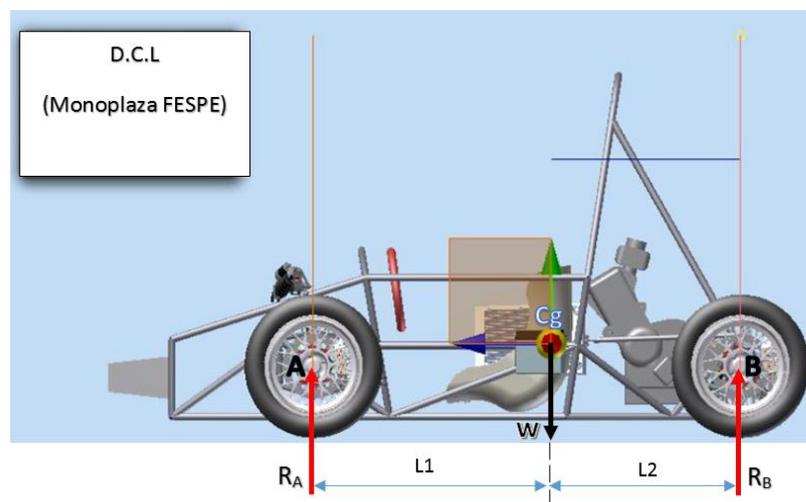


Figura 2. 18. D.C.L (Monoplaza FESPE)
Fuente: (CRUZ & MESIAS, 2013)

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

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

$$R_B(L_1 + L_2) - w(L_1) = 0 \text{ Ecuación [1]}$$

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

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

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

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

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

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

Procedimiento para determinar la Reacción en cada neumático Delantero:

Para la reacción en el punto A, se realiza sumatoria de fuerzas en el eje "y"

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

$$R_A + R_B - w = 0 \text{Ecuación [2]}$$

$$R_A = mg - R_B$$

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

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

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

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

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

2.3.2. Dimensiones del vehículo

Las dimensiones que tengan estos automotores son de suma importancia para el diseño de las balanzas, pues nos darán la pauta para diseñar la altura de las balanzas, sensor de peso a utilizar, altura de las ranflas, distancia de las ranflas y tamaño de la bandeja soporte. En la figura 2.19 se muestran algunas de las especificaciones del monoplaza FESPE.

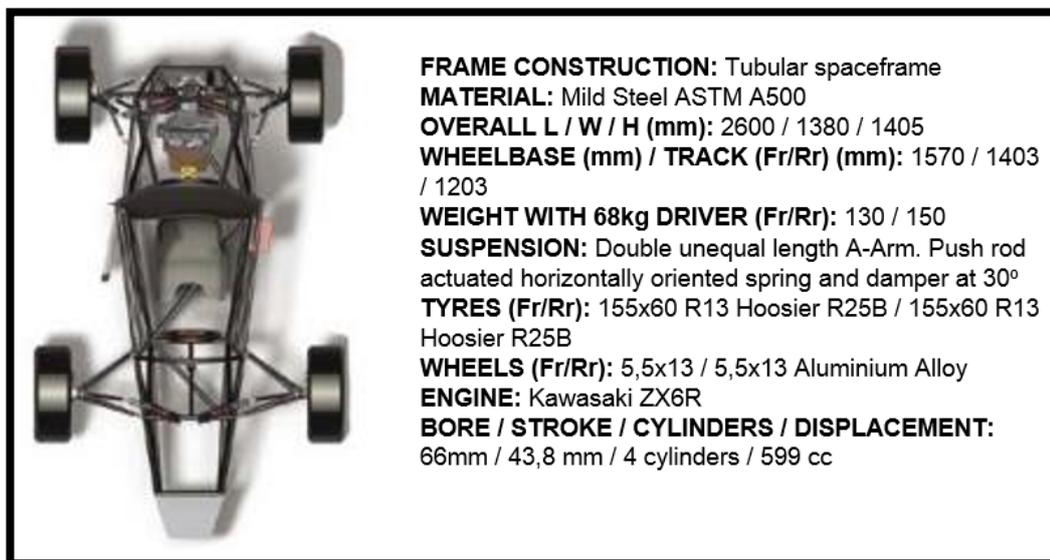


Figura 2. 19. Especificaciones del monoplaza FESPE

Fuente: FESPE Team

2.3.3. Conectividad

El sistema de transmisión de datos de este proyecto es de forma inalámbrica para lo que se debe analizar cual tipo de sistema de transferencia de datos usar, basándose en la facilidad de adquisición, facilidad de instalación y tiempo de espera en la transferencia de los datos de pesaje.

2.3.4. Aplicación

Como la transmisión de los valores de pesaje es inalámbrica, obviamente se necesitará de una aplicación de visualización o HMI, para que se recepen los datos mediante una PC, la ventana que se despliegue será amigable para cualquier usuario, aunque se manipule por primera vez, las opciones de pesaje se mostrarán en la pantalla y se podrá optar fácilmente por cualquiera de dichas opciones, que son las siguientes:

- Peso total del vehículo.
- Peso individual en cada balanza.
- Peso por ejes, tanto delantero como posterior.
- Peso por ejes, derecho e izquierdo.
- Peso de ejes diagonales virtuales.

En cualquier momento que se esté realizando el pesaje de un vehículo se podrá presionar el botón que brinda la opción de guardar los valores de peso, estos valores se exportarán a Excel.

CAPÍTULO III

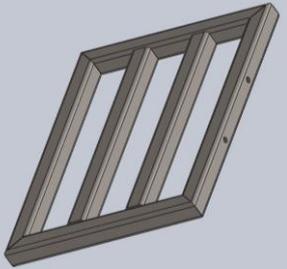
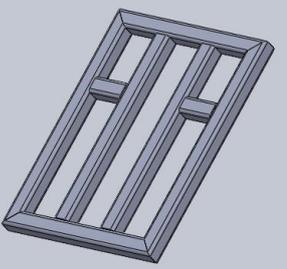
DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

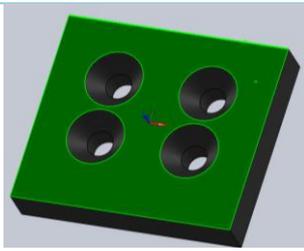
3.1. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS BALANZAS

Se comenzará por dibujar las estructuras que sirven de base, debido a que son parte primordial en las balanzas, porque en ellas recaerá el peso que se aplique, en medio de éstas se va a alojar la celda de carga, que es el sensor encargado de captar la magnitud del peso, posteriormente se crearán las platinas que van a ser la base de las celdas de carga, luego se dibujarán las bandejas cobertoras y las rampas de acceso a la balanza.

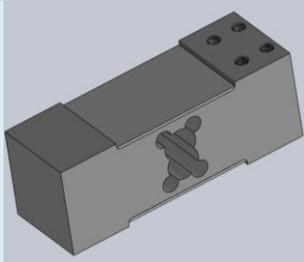
Una vez que estén diseñados todos los componentes de las básculas como se observa en el cuadro 3.1. Se pasa a realizar la simulación de esfuerzos.

Cuadro 3. 1.
Partes de las básculas

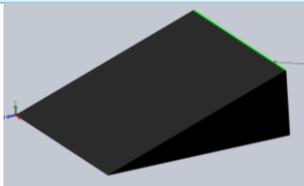
Componente	Descripción
	<p>Estructura inferior de las básculas, la cual servirá de base para los demás componentes.</p>
	<p>Estructura superior de las básculas, en la mitad de éstas se alojará la celda de carga.</p>
<p>Continúa </p>	



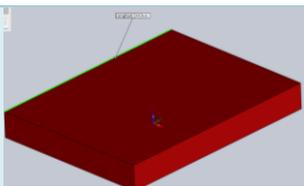
Platina base en la que se asentará la celda de carga.



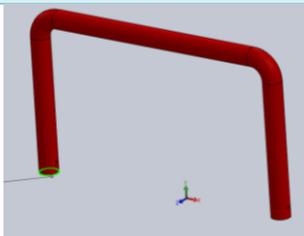
Celda de carga.



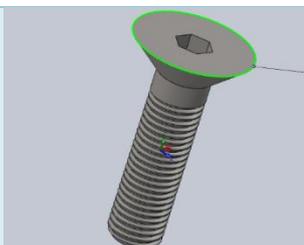
Rampa de acceso a la báscula.



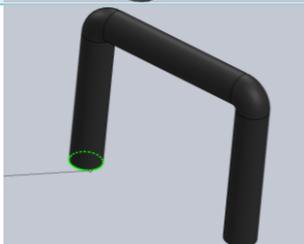
Bandeja cobertora de la báscula.



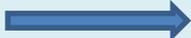
Agarradera de la báscula.

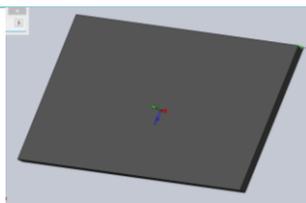


Perno avellanado para sujeción de la celda de carga.

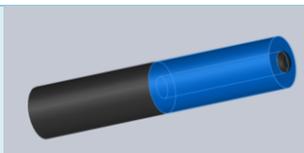


Seguro de agarradera.

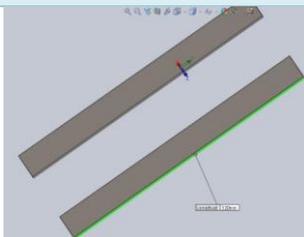
Continúa 



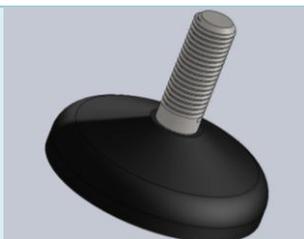
Platina base de la rampa.



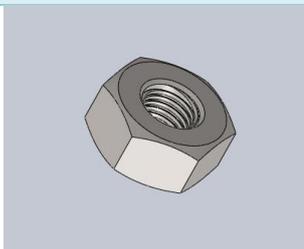
Bisagra, útil para cuando se quieran recoger las rampas.



Platinas protectoras de elementos electrónicos.



Soportes de báscula.



Tuerca para soporte de báscula.

3.1.1. Determinación de cargas

Anteriormente se determinó las reacciones ejercidas por el monoplaza FESPE. Pero 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 en el capítulo 2.3.1.

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

$$R_{\text{Máx}} \quad \rightarrow \quad \text{Vehículo de } 800 \text{ kg}$$

$$R_{M\acute{a}x} = \frac{800(928,89)}{340} \quad \text{Ecuación [3]}$$

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

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. (MOTT, 2006)

Por lo tanto:

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

Por tanto el peso máximo que soportará cada una de las básculas será de **2940 N**.

3.1.2. Análisis de estructuras

En el estudio de esfuerzos de los elementos de las básculas se determinarán algunos factores de diseño que nos permitirán al momento de utilizar las básculas, hacerlo de una manera muy confiable y segura.

a. Análisis de la estructura superior

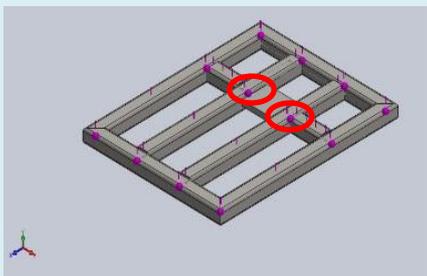
La estructura superior será diseñada con tubo cuadrado AISI 1020 de $30 \times 30 \times 2 \text{ mm}$ posee un tamaño de ($L = 40 \text{ cm}$; $A = 30 \text{ cm}$), va a soportar más esfuerzo que la inferior debido a que sus puntos de apoyo van a ser únicamente en la platina de la celda de carga.

A continuación se definen los parámetros para el estudio:

- a) El tipo de análisis al que va a estar sometido es a análisis estático, porque el vehículo estará en reposo al momento del pesaje.

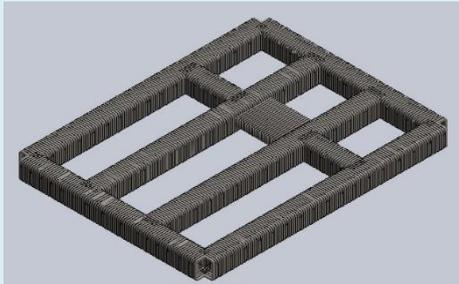
- b) Las características de la estructura y la ubicación de los puntos de sujeción para el análisis se ilustran en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1.
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

- c) La carga aplicada a la estructura superior va a ser la fuerza máxima especificada anteriormente $F = 2940N$, la fuerza será aplicada en toda la estructura, puesto que el neumático del vehículo se apoyará en esta zona. También se realiza un mallado medio de la estructura, debido a que sus elementos no presentan una elevada complejidad (SHIGLEY, 2008). En la tabla 3.2 se visualiza este proceso.

Tabla 3. 2.
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

Continúa 

	Número total de 715 nodos:
	Número total de 711 elementos:

b. Resultados de estudio de la estructura superior

Los análisis realizados a la estructura superior se muestran a continuación:

- a) Según los estudios de tensión del elemento a plena carga mediante la imagen mostrada en la figura 3.1, 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 $199,30\text{ MPa}$, 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. (MOTT, 2006)

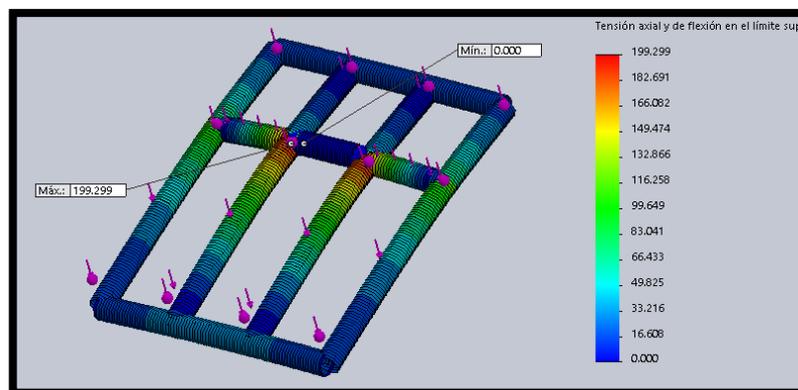


Figura 3. 1. Análisis de tensiones – Estructura superior

- b) En los estudios de desplazamientos que se pueden observar en la figura 3.2, se determina que con la estructura sometida a plena carga, el máximo desplazamiento será de $1,47\text{ mm}$. Ese desplazamiento se experimentará en las esquinas inferiores de la estructura.

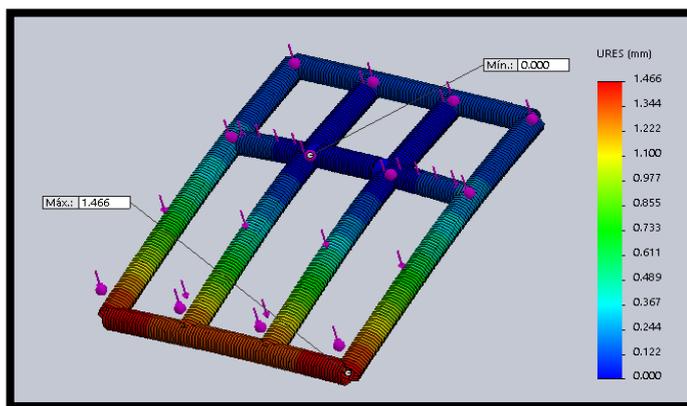


Figura 3. 2. Análisis de desplazamientos - Estructura superior

- c) En el análisis del factor de seguridad de este elemento según se muestra en la figura 3.3. Se puede concluir que el FDS mínimo que presenta la estructura a plena carga es de 1,76 y se sitúa en la zona adyacente a la platina base de la celda de carga. Por lo tanto si el FDS es mayor que 1,25 en materiales dúctiles y con carga estática, el elemento diseñado es seguro. (MOTT, 2006)

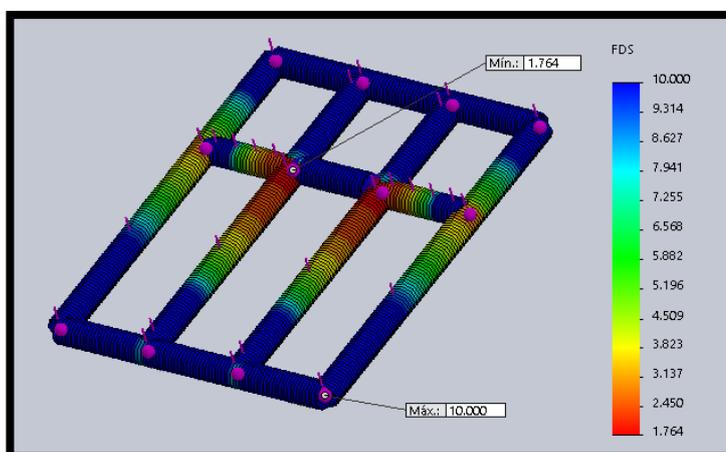


Figura 3. 3. Análisis del factor de seguridad - Estructura superior

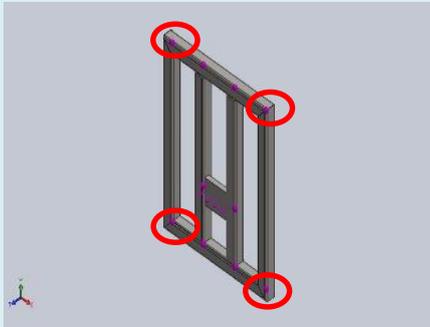
c. Análisis de la estructura inferior o de base

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 ($L = 42 \text{ cm}$; $A = 32,5 \text{ cm}$).

A continuación se definen los parámetros para el estudio:

- El tipo de análisis al que va a estar sometido es a análisis estático porque el vehículo estará en reposo al momento del pesaje.
- Las características de la estructura y los puntos de sujeción que van a estar localizados en las esquinas de la estructura, se ilustran en la tabla 3.3.

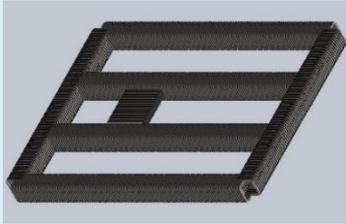
Tabla 3. 3.
Propiedades del material y puntos de sujeción - Estructura inferior

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

- La carga que se le aplique a la estructura inferior será la fuerza máxima establecida para el diseño $F = 2940 \text{ N}$, esta fuerza será aplicada en la parte de la platina base de la celda de carga. Posterior a este proceso se efectúa el mallado de la estructura, por la forma de la estructura se realiza un mallado medio, debido que su diseño no

posee alta complejidad (SHIGLEY, 2008). En la tabla 3.4 se ilustra este proceso.

Tabla 3. 4.
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

d. Resultados de estudio de la estructura inferior o de base

Los análisis de los estudios realizados se muestran a continuación:

- a) 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 3.4 con color rojo, va a estar situada en los costados de la platina. Y es inferior al límite elástico que es de $206,81 \text{ MPa}$ por lo que es un diseño seguro. (MOTT, 2006)

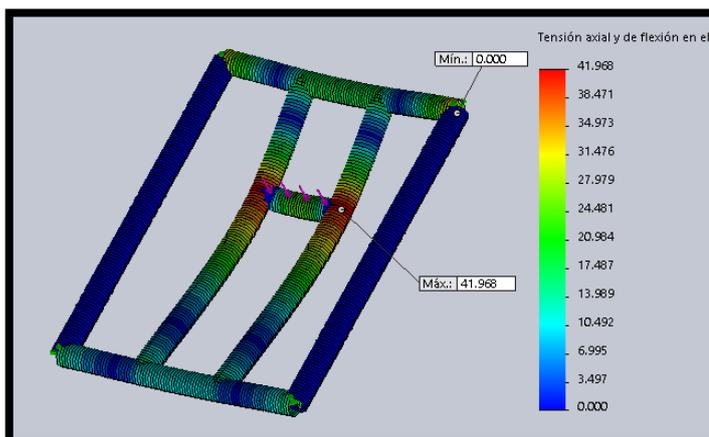


Figura 3. 4. Análisis de tensiones – Estructura inferior

- b) Para el análisis de desplazamientos determinamos que la estructura a plena carga, se va a desplazar únicamente $0,19 \text{ mm}$ en la zona de la platina de la celda de carga, así se aprecia en la figura 3.5.

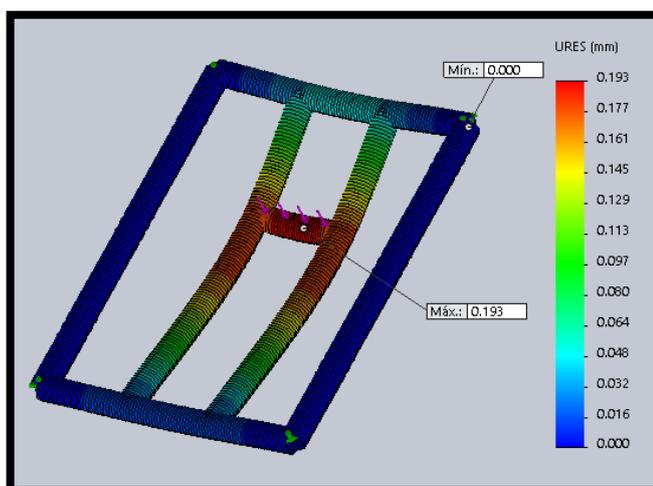


Figura 3. 5. Análisis de desplazamientos – Estructura inferior

- c) En el estudio del factor de seguridad cuando la estructura recibe una fuerza $F = 2940 \text{ N}$, el FDS mínimo que posee el elemento analizado es de 4,93 en la parte aleadaña a la platina de la celda de carga como se muestra en la figura 3.6, por lo tanto la estructura es totalmente confiable. (MOTT, 2006)

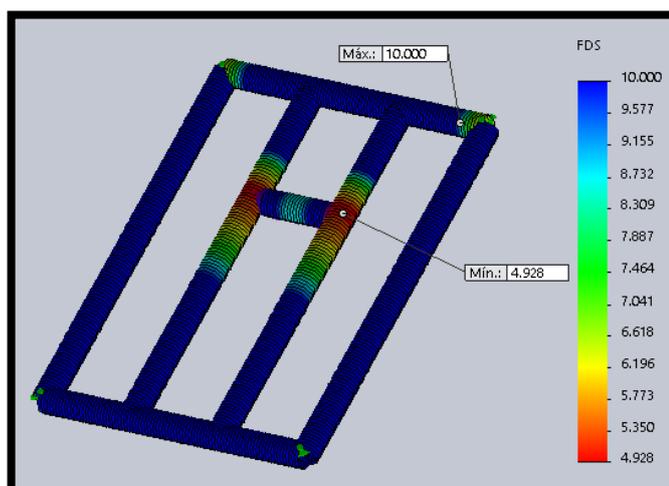


Figura 3. 6. Análisis del factor de seguridad – Estructura Inferior

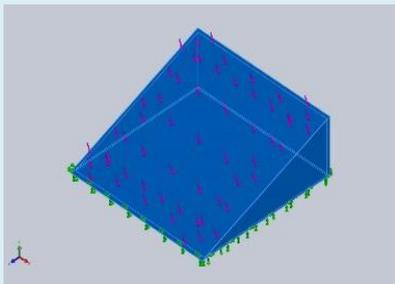
e. Análisis de la rampa

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

A continuación se definen los parámetros para el estudio:

- El tipo de análisis al que se va a someter es a un análisis estático.
- Las características de la rampa y los puntos de sujeción que se ubicarán en la base de la estructura, se aprecian en la tabla 3.5.

Tabla 3. 5. Propiedades del material y puntos de sujeción – Rampa

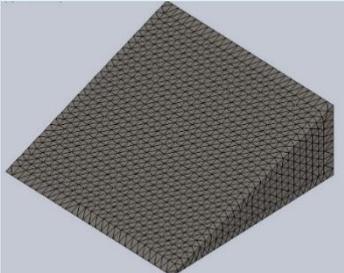
Elemento	Propiedades del material
	Material: ASTM A36
	Espesor: 3 mm
	Masa: 3,675 kg
	Peso: 36,01 N
	Límite elástico: 250 N/mm ²
	Límite de tracción: 400 N/mm ²

Continúa 

Densidad:	7850 kg/m ³
Descripción de los puntos de sujeción	
Tipo:	Geometría fija
Entidades:	1 en la cara inferior de la estructura

- c) La carga aplicada será $F = 2940 \text{ N}$. Estará ubicada en la parte de acceso de la rampa. Se va a utilizar un proceso de mallado más exhaustivo que para las estructuras anteriores, debido a que por su diseño está más expuesto a sufrir algún tipo de deformación (SHIGLEY, 2008). En la tabla 3.6 se aprecian sus características.

Tabla 3. 6.
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	

f. Resultados de estudio de la rampa

Los análisis de los estudios realizados se muestran a continuación:

- a) La tensión máxima que experimentará la rampa será 63,09 MPa en la parte central baja de la rampa, y una tensión mínima de 0,15 MPa en las esquinas, siendo el límite elástico 250 MPa es un elemento totalmente seguro, como se puede ver en la figura 3.7. (MOTT, 2006)

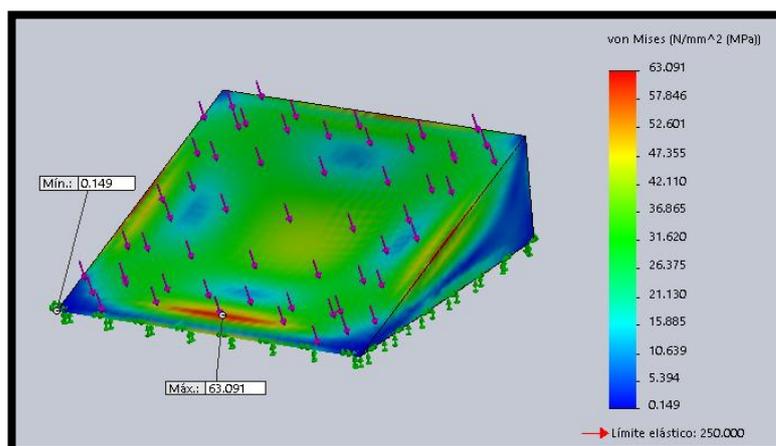


Figura 3. 7. Análisis de tensiones – Rampa

- b) En el estudio del desplazamiento, se observa que se desplaza $0,74 \text{ mm}$ en la parte central de la rampa que se muestra con color rojo en la figura 3.8.

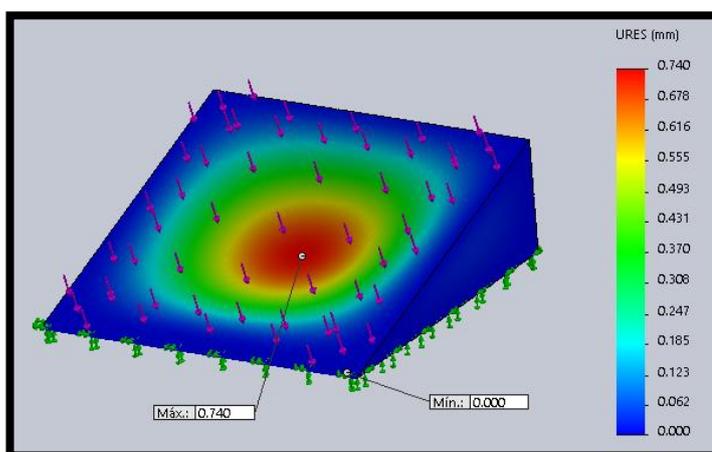


Figura 3. 8. Análisis de desplazamientos – Rampa

- c) Ejecutando el estudio se determina que la rampa presenta un coeficiente de seguridad mínimo de 3,96. Por lo tanto como es mayor que 1,25 es un elemento seguro. (MOTT, 2006) Así se visualiza en la figura 3.9.

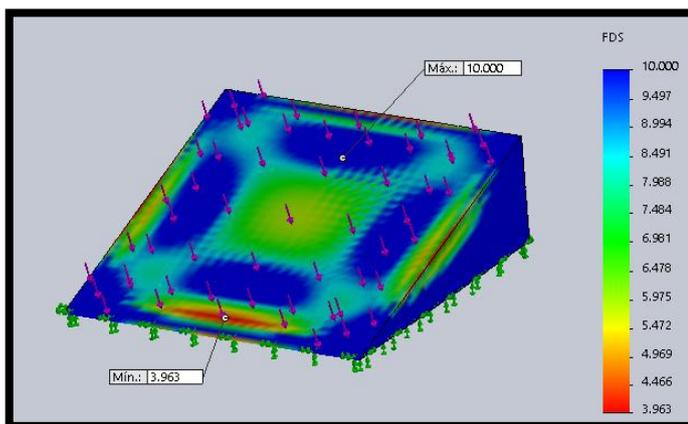


Figura 3. 9. Análisis del factor de seguridad – Rampa

3.1.3. Ensamblaje de las balanzas

Lo más importante de esta parte es la celda de carga, pues ésta debe quedar en el centro de toda la balanza, para que los valores que emita al momento de ser sometida a carga sean reales. En la figura 3.10 se puede visualizar el lugar donde va ubicada la celda de carga entre las estructuras.

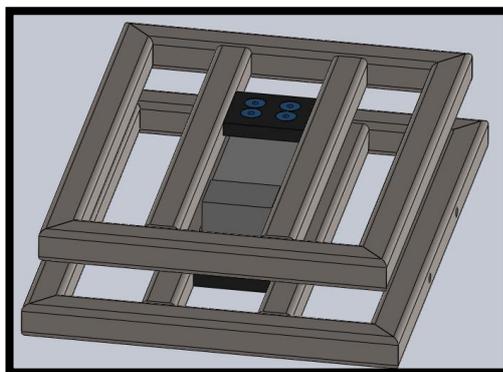


Figura 3. 10. Ensamblaje de la celda de carga y las estructuras

Luego se ensamblan las rampas de entrada y salida del vehículo, y se observa en la figura 3.11 las básculas descubiertas.

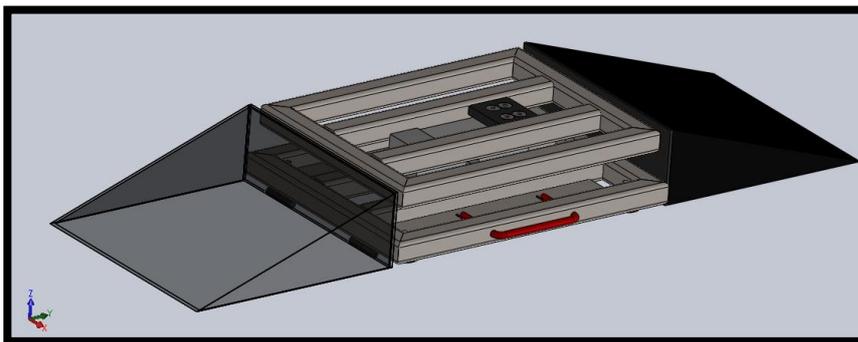


Figura 3. 11. Ensamble de rampas

Finalmente la estructura de las balanzas queda terminada con las bandejas que se ubican en la parte superior y sirven de protección de todos los componentes internos, así se aprecia en la figura 3.12.

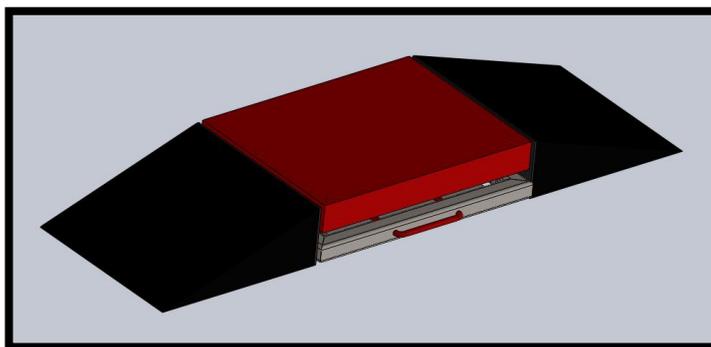


Figura 3. 12. Balanza ensamblada

3.2. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES PARA LOS SOPORTES DE LAS BALANZAS

El material con el que se efectuaron los diseños y análisis, permitieron determinar que las estructuras serán totalmente seguras y confiables.

Por lo tanto para la construcción de las estructuras se elige el perfil de Acero AISI 1020 para la superior y para la de base AISI 304 debido a que recibe menos esfuerzos, las medidas de los perfiles son (30 x 30 x 2 mm). A continuación en las tablas 3.7 y 3.8 están las características de los materiales.

Tabla 3. 7.
Características - Material de 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		

Tabla 3. 8.
Composición química aceros AISI 1020 – AISI 304

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

Fuente: (FERROCORTES S.A., 2013)

Para las rampas se elige el material Acero ASTM A36 antideslizante de 3 mm de espesor. Este material también se aplicará en las bandejas cobertoras pues al ser una plancha corrugada es perfecta para evitar deslizamientos del vehículo. En las tablas 3.9 y 3.10 están las características del material.

Tabla 3. 9.
Características – Material de rampa

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

Tabla 3. 10.
Composición química 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

Fuente: (FERROCORTES S.A., 2013)

3.3. SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE PESO

Para elegir el sensor de peso o celda de carga correcta se debe tener en consideración varios parámetros, como son el diseño, las medidas que posea, la capacidad de medida tolerable, y facilidad de adquisición.

En la tabla 3.11 se analizarán los tipos de sensores de peso para implementar en las básculas.

Tabla 3. 11.
Comparación entre 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

Por lo tanto, la celda de carga para básculas de pedestal tipo unicelda con cuatro pernos de apoyo que se muestra en la figura 3.13, es la más indicada para este proyecto, puesto que sus dimensiones son de 60mm de ancho, 174mm de largo y 64mm de alto, medidas muy tolerables para las balanzas que se van a construir, otro aspecto fundamental es que en cada balanza se puede trabajar con una sola celda de carga, debido a la estabilidad que le otorgan los cuatro pernos de apoyo que posee en cada

lado, hay celdas para pesar desde 100kg y otras para más de 2000kg, también son muy comerciales por lo que fácilmente se pueden adquirir, todos estos motivos nos hacen elegir a ésta como nuestra celda de carga ideal.



Figura 3. 13. Celda de carga unicelda cap. 300kg

3.4. SELECCIÓN DE LA FORMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Para la transmisión de los datos que va a arrojar la celda de carga, según el peso que recepte, se tiene que utilizar un sistema que sea de fácil instalación y programación, además que no se vea afectado por interferencias. En la tabla 3.12 se analizará cuál es el dispositivo de transmisión de datos más adecuado para instalarlo en las básculas.

**Tabla 3. 12.
Comparación entre los sistemas de transmisión de datos inalámbricos**

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.

Continúa



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.

Se concluye que la tecnología de transmisión de datos ZigBee presenta mínimas interferencias con otros dispositivos, también es una tecnología que usa una banda libre de transmisión de datos, su programación no es muy compleja, el radio de acción es de 30 m en interiores y hasta 75 m en exteriores, consume poca energía, es óptima para una baja tasa de transmisión de datos, no se requiere una línea de visión entre sus dispositivos, y su transmisión de datos se aproxima bastante al tiempo real debido a su rápida disponibilidad entre nodos. Por lo tanto la tecnología ZigBee es la apropiada para usar en las básculas.

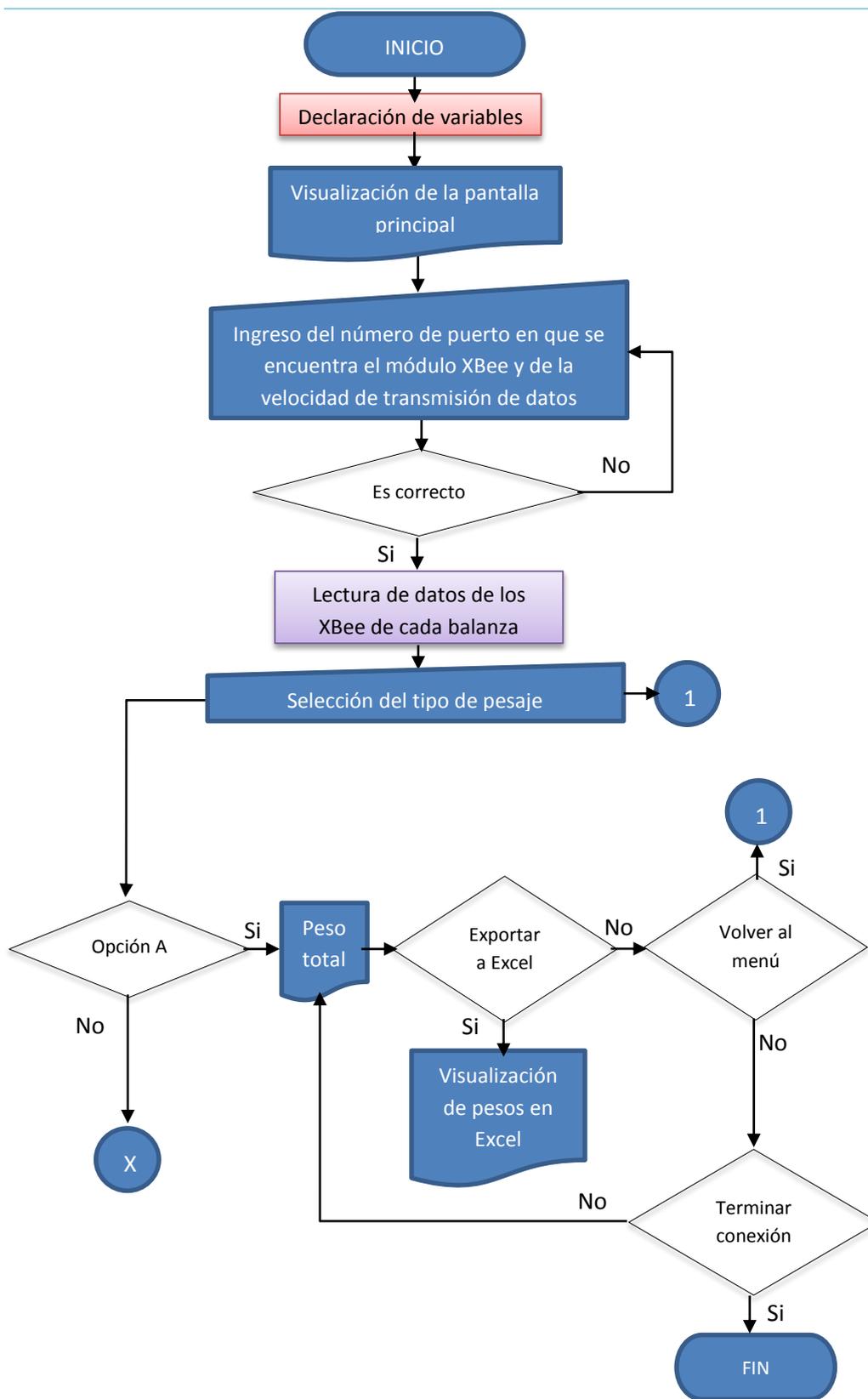
3.5. CREACIÓN DE LA APLICACIÓN A UTILIZAR

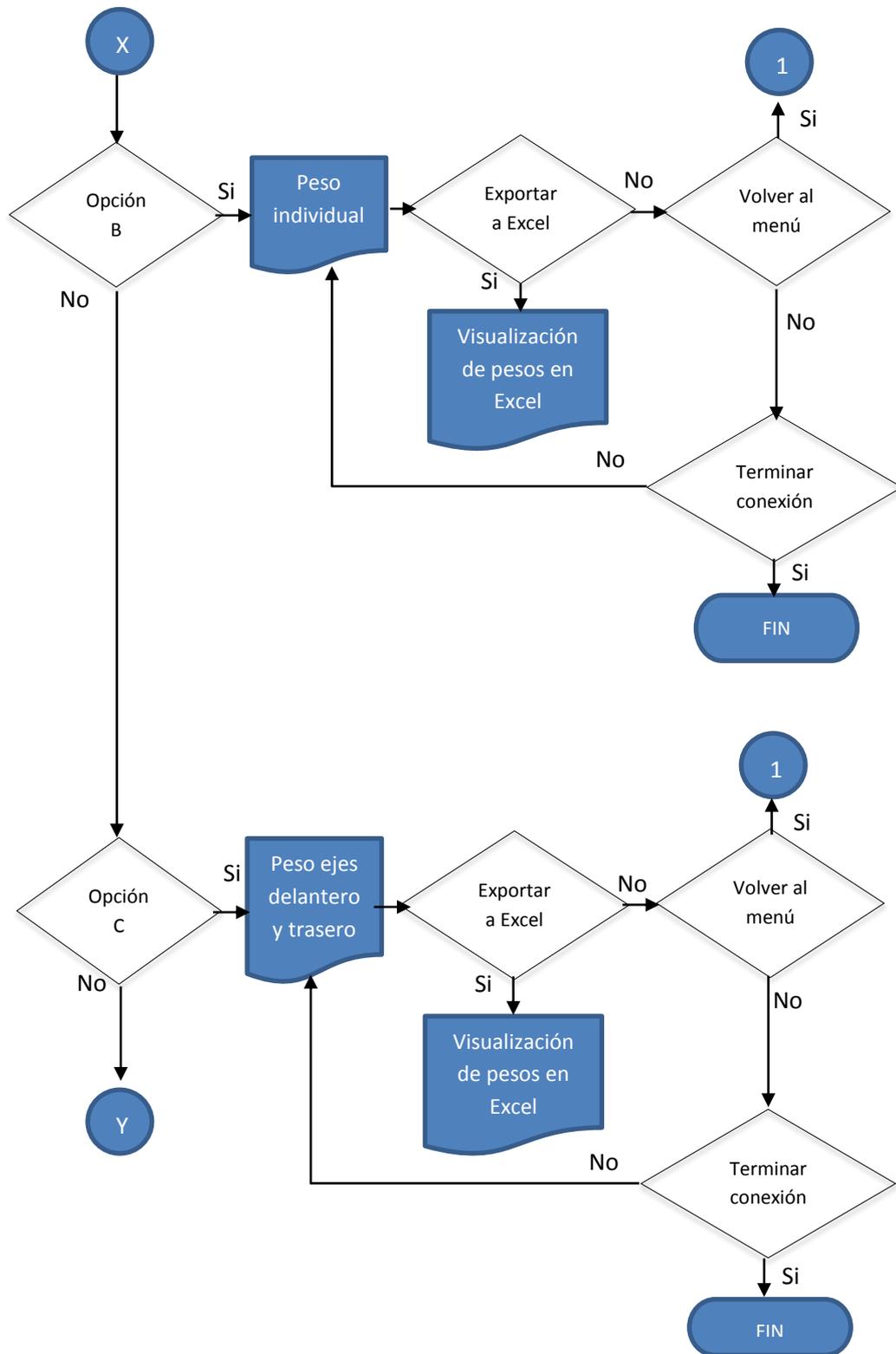
La aplicación que se va a requerir para el uso de las básculas tiene que ser de fácil y rápido funcionamiento, para mostrar mediante la interfaz inalámbrica los datos reales que se muestran en las básculas el momento de pesar un vehículo. La programación se realizó en Visual Studio y se encuentra en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

El programa virtual constará 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.

El funcionamiento de la aplicación visual se explica mediante un diagrama de flujo que se encuentra en la figura 3.14. El programa tendrá 4 casilleros que mostrarán los valores preliminares de las balanzas y un botón para exportar los valores del peso a Excel, como se aprecia en la figura 3.15.

Continúa 



Continúa 

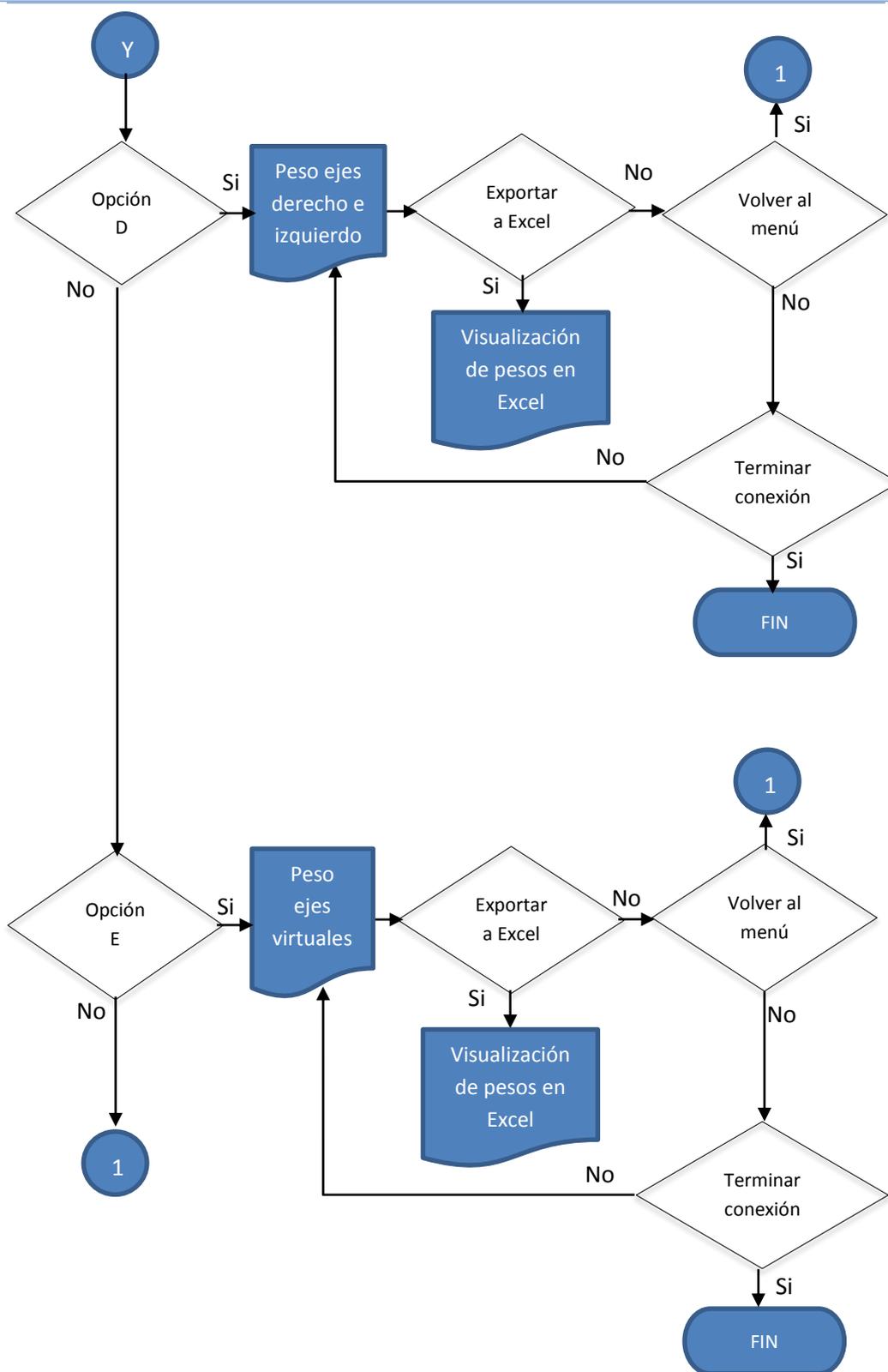


Figura 3. 14. Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación



Figura 3. 15. Aplicación – Inicio

Posteriormente se visualizará una pantalla en la cual constarán las opciones de pesaje. Se tendrán 5 opciones para censar el peso, y los botones de elección se encuentran en la imagen 3.16.

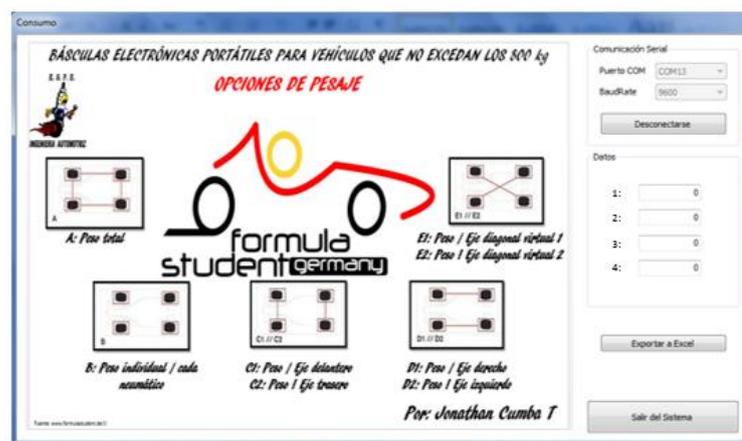


Figura 3. 16. Aplicación - Opciones de pesaje

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

- Al presionar el botón A se ilustra en la pantalla el peso total del vehículo pesado, figura 3.17.

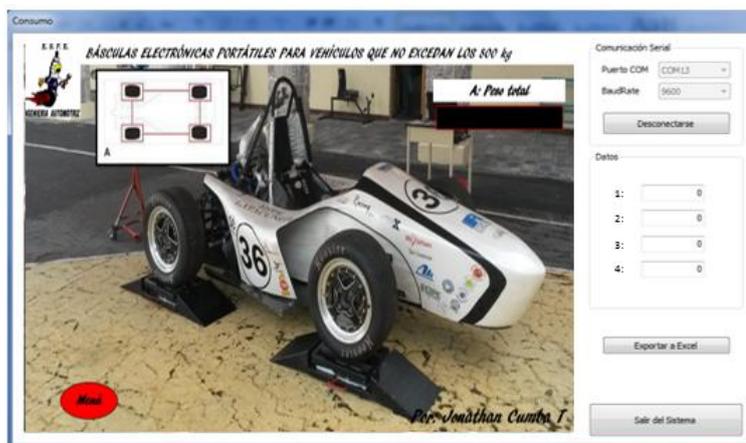


Figura 3. 17. Aplicación - Peso total

- Cuando se elige la opción B, se visualiza en la figura 3.18, el peso individual en cada balanza.



Figura 3. 18. 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 3.19.



Figura 3. 19. Aplicación - Peso de ejes

- Con el botón D, como se observa en la figura 3.20, se obtienen los pesos de los ejes laterales, lateral derecho D1 y lateral izquierdo D2.



Figura 3. 20. 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 3.21.

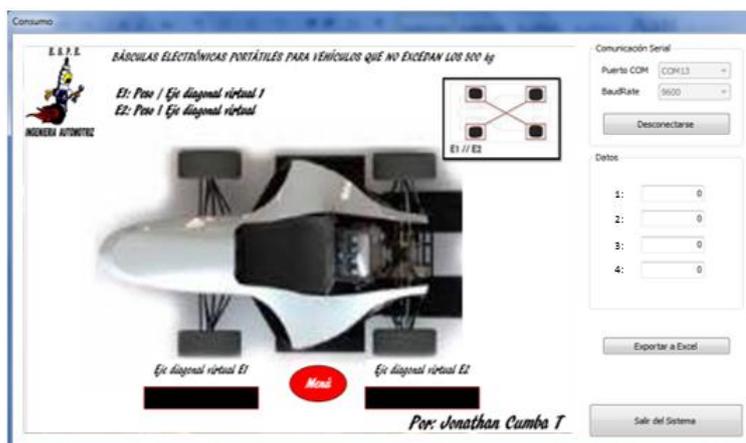


Figura 3. 21. Aplicación - Peso de ejes virtuales

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE LAS BALANZAS ELECTRÓNICAS

En el presente capítulo se concluirá la construcción de las básculas tanto la parte mecánica como la electrónica, además que se efectuarán las pruebas correspondientes para sacar conclusiones del presente proyecto.

4.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS SOPORTES DE LAS BALANZAS

Una vez ya elegido los materiales apropiados y con el diseño realizado, se empieza a llevar a cabo la construcción de las cuatro balanzas.

4.1.1. Construcción de las estructuras

Para la construcción de las estructuras se considerarán algunas normas técnicas, que servirán de guía en los procesos de construcción, principalmente resguardando la 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.

Teniendo el material, diseños y estudios de esfuerzos ya especificados, se adquieren los materiales necesarios para la construcción de las básculas.

Se empieza por crear la estructura base y la superior. Se utilizará la máquina soldadora TIG, con esta máquina se procede solamente a puntear las estructuras, y a sellar las bandejas protectoras y las rampas.

En la tabla 4.1 se encuentran las especificaciones a utilizar como amperaje, gas protector, etcétera. Estos parámetros dependen del espesor del material a soldar.

Tabla 4. 1.
Especificaciones para soldar con TIG

Espesor 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, 2014)

En el proceso de soldadura se aplicó un electrodo de Tungsteno no consumible, argón como gas protector, y se soldó con una intensidad de corriente de 100 A. En la figura 4.1 se muestran dos perfiles punteados. (OXGASA, 2014)



Figura 4. 1. Perfiles unidos con suelda TIG

En la tabla 4.2 se ilustran las características para el uso de la suelda SMAW, debido a que para soldar las platinas se empleó ésta máquina.

Tabla 4. 2.
Especificaciones para soldar con SMAW

Espesor del material	Diámetro del electrodo	Amperaje Apróx
3/16"	5/32" – 1/8"	120 – 175 A
1/4"	3/16" – 5/32"	140 – 200 A
5/16"	3/16" – 5/32"	200 – 275 A
3/8"	1/4" – 3/16"	200 – 275 A
1/2"	1/4" – 3/16"	250 – 350 A
3/4"	1/4"	250 – 350 A
1"	1/4"	325 – 400 A

Fuente: (OXGASA, 2014)

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 suelda SMAW con una intensidad de corriente de 150 A, con un electrodo 6011. (OXGASA, 2014) Así se aprecia en la figura 4.2.



Figura 4. 2. Proceso de suelda de platinas de celdas de carga

Para terminar el proceso de suelda de las estructuras se utilizará la soldadora MIG, debido a que con este tipo de soldadora se agilitará el proceso de construcción de las balanzas.

En la tabla 4.3 se indican las especificaciones para soldar con la máquina MIG.

Tabla 4. 3.
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., 2002)

Para el proceso de sellado de las estructuras que se aprecia en la imagen 4.3, se utiliza suelda MIG con una intensidad de corriente de 90 A, con un alambre E70S-3 de 0.8 mm de diámetro y gas protector AG Mix. (AGA S.A., 2002)



Figura 4. 3. Sellado de estructuras con suelda MIG

Para la construcción de las rampas y las bandejas cobertoras, el material usado es una plancha de acero ASTM A36 corrugado que ya se especificó anteriormente.

Para sellar estos elementos se soldó con la máquina TIG, debido a que se puede tener una mayor comodidad al acceder a los puntos para soldar, en la imagen 4.4 se puede apreciar este procedimiento.



Figura 4. 4. Sellado de bandejas cobertoras con suelda TIG

Posteriormente se sueldan las rampas de entrada y salida de las balanzas como se puede observar en la figura 4.5.



Figura 4. 5. Implementación de rampas

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. (VALAREZO, 2008)
- Perfil de competencia laboral en pintura metalmecánica de la República del Ecuador. (PAREDES, 2012)
- 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.

En la figura 4.6 se observan las estructuras con su respectiva capa de fondo, para posteriormente recibir su color final.



Figura 4. 6. Estructuras fondeadas

En la figura 4.7 se aprecia la aplicación de la capa final de pintura en las bandejas protectoras.



Figura 4. 7. Aplicación de pintura - Bandejas cobertoras

4.2. CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA 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.

4.2.1. PIC 16F628A

El PIC es un microcontrolador de 18 pines con oscilador interno de 4 MHz, memoria SRAM de 224 bytes y memoria EEPROM de 128 bytes.

En el siguiente diagrama de flujo de la figura 4.8. Se indica su funcionamiento.

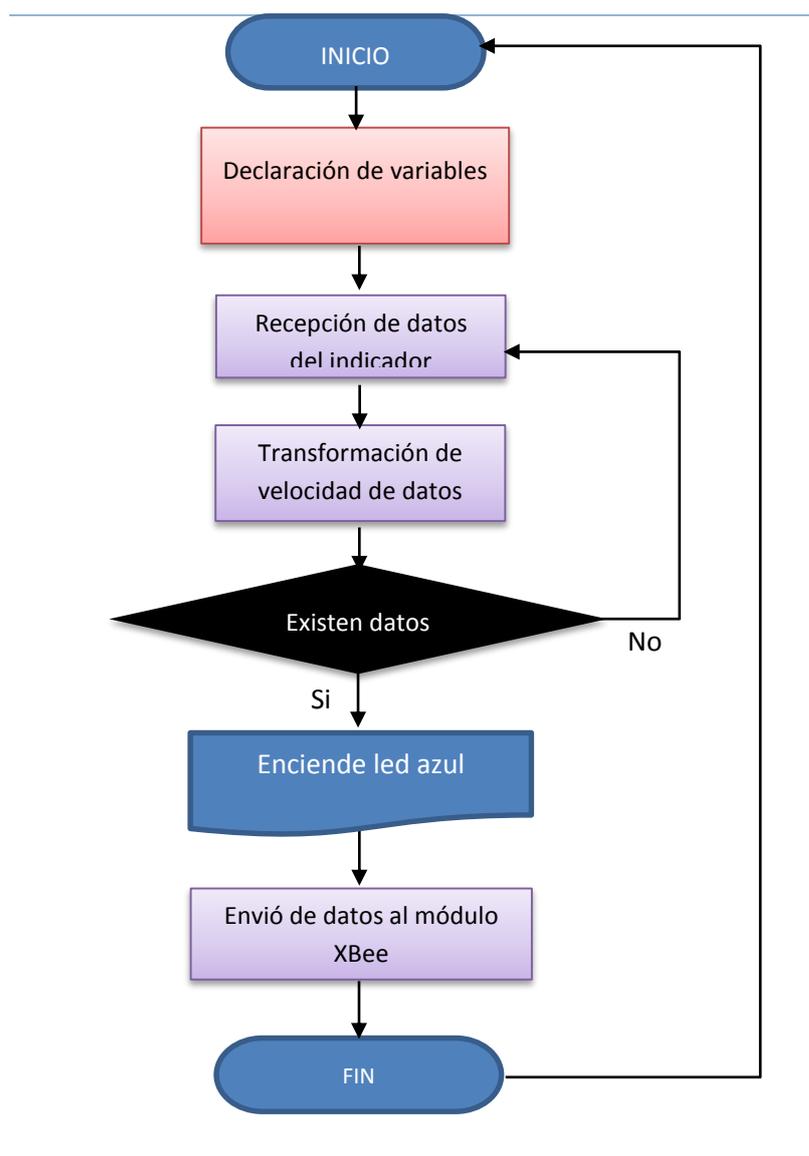


Figura 4. 8. Diagrama de flujo de la programación del PIC16F628A

4.2.2. XBee Serie 1

Cada tarjeta electrónica de una balanza tendrá un módulo XBee, y los cuatro módulos de las balanzas enviarán los datos a un XBee receptor que estará conectado a la PC por medio de un adaptador llamado XBee explorer.

La programación de los módulos se realiza a través del software X-CTU, para esto se requiere un XBee explorer el mismo que se conecta mediante un cable USB al computador y funciona como adaptador como se aprecia en la figura 4.9.



Figura 4. 9. XBee explorer

Una vez que la PC reconoce en que puerto está conectado se puede proceder a configurar el XBee que recibirá los valores. Primero se debe colocar el DL, aquí se introduce la dirección de los dispositivos XBee con los que se va a comunicar, en este caso 1111 porque así están configurados los cuatro módulos de las balanzas, después se coloca el MY que es el nombre que se le asignará al módulo en este caso 2222, como se aprecia en la figura 4.10. Además de esto también se programa la velocidad de transmisión a 9600 baudios.

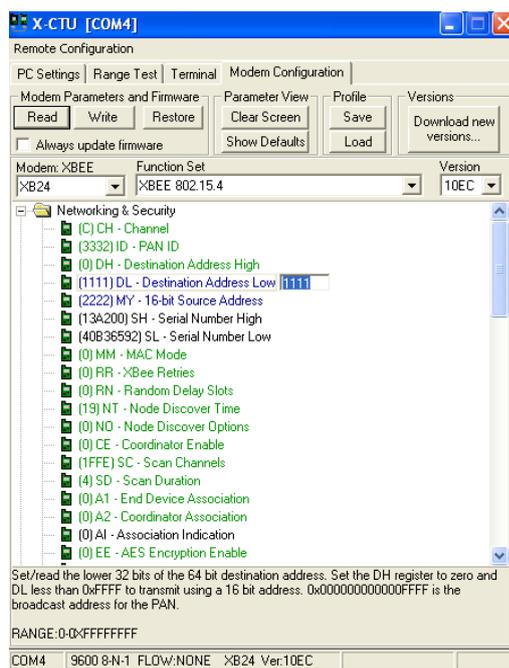


Figura 4. 10. Configuración de XBee

Este dispositivo es alimentado con 3.3 V a través del pin1, recibe la información que le envía el PIC por medio del pin 3, y por el pin 2 envía los datos a el módulo XBee receptor. El pin 10 es tierra, en la figura 4.11 está la numeración de los pines.



Figura 4. 11. Diagrama de pines del módulo XBee
Fuente: (Ingeniería MCI Ltda, 2015)

4.2.3. Placa electrónica

Mediante un diagrama de bloques que se indica en la figura 4.12 se expresa la forma de cómo va a trabajar el circuito eléctrico.

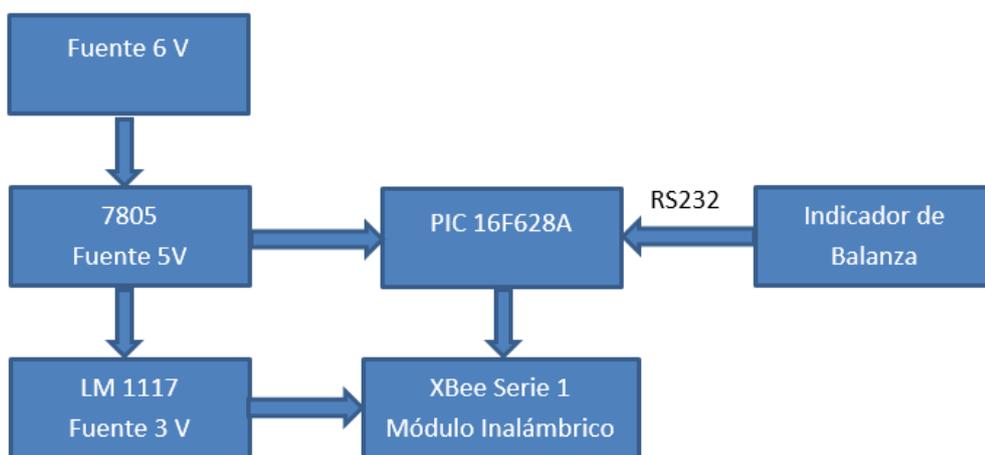


Figura 4. 12. Diagrama de bloques del circuito eléctrico

Se procede a verificar las características de cada componente, tabla 4.4 para pasar a realizar el diseño de la placa electrónica.

Tabla 4. 4.
Datos técnicos de los componentes

Elementos	Voltaje	Corriente
PIC 16F628A	5 V	200 mA
XBee S1	3 V	50 mA
Semiconductores	5 V	50 mA

Fuentes: (Microchip Technology, 2015) (DIGI International Inc, 2015)

Con los datos de las magnitudes de corriente que requieren los componentes, se verifica que con la fuente usada en las balanzas (6V) es apta para alimentar el circuito, debido a que posee 1,2 A.

Con respecto al PIC, para alimentarlo se utilizará un regulador de tensión 7805, que le otorgará los 5V que requiere para su funcionamiento. Para el regulador 7805, es recomendable utilizar capacitores en el circuito como

filtros, para eliminar el “rizado o ruido”, por tanto se ocupan en el circuito un capacitor cerámico y un dieléctrico. (Fairchild Semiconductor Corporation, 2015)

Para alimentar al XBee S1, se empleará un LM 1117, que brindará los 3V necesarios para los dispositivos XBee y al igual que en el regulador 7805, también se aplican capacitores. (National Semiconductor Corporation, 2015)

En el caso de las dos resistencias que se utilizan para proteger los led, tanto el led que indica que la tarjeta electrónica está energizada, como el led que indica que el PIC está transmitiendo los valores, se calculan con la fórmula que se muestra a continuación:

$$R = \frac{V_F - V_{Led}}{I_{Led}} \quad \text{Ecuación [4]}$$

$$R = \frac{5V - 2,1V}{15mA}$$

$$R = 193,33\Omega$$

Por lo tanto se emplean resistencias de 220 Ω , para los led.

Además se emplea un diodo Zener 1N4728 para que mantenga la tensión específica del XBee y un diodo rectificador 1N4007 conectado en antiparalelo para protección del circuito.

Con los componentes analizados se emprende la construcción digital del circuito para verificar su funcionamiento, como se muestra en la figura 4.13.

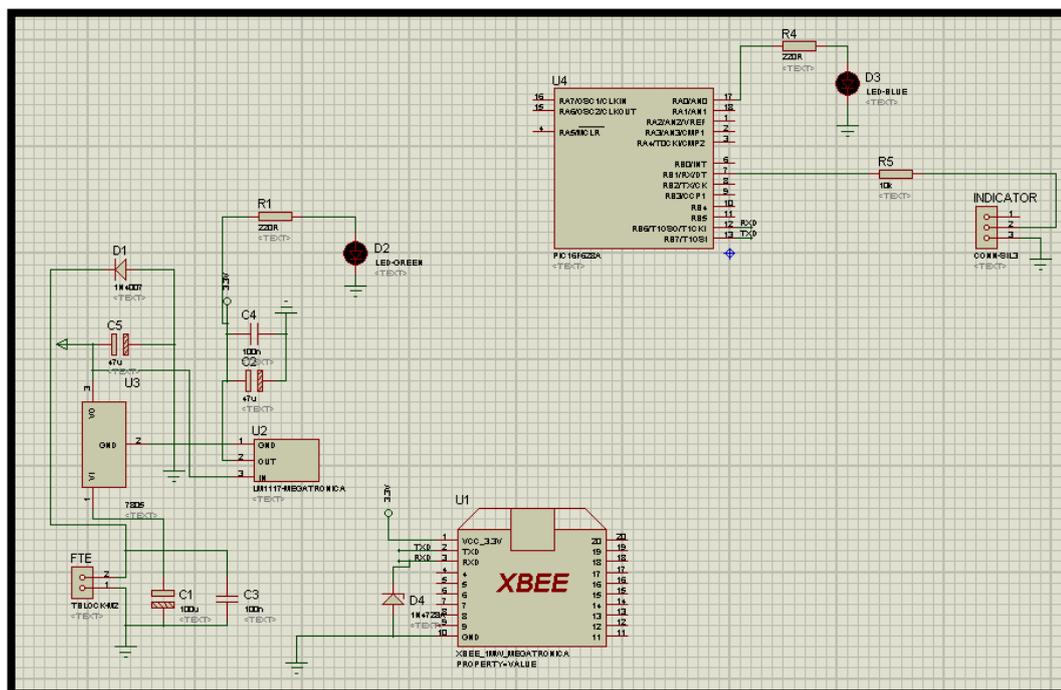


Figura 4. 13. Simulación del circuito

Cuando se terminan de programar todos los elementos, con la simulación del circuito realizada se puede tener una previa visualización de cómo quedará la placa electrónica, como se indica en la figura 4.14.

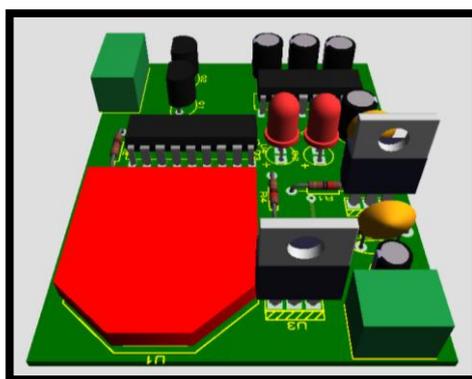


Figura 4. 14. Simulación digital de la placa electrónica

Entonces se procede a construir la placa electrónica en una baquelita y se sueldan todos los componentes en su sitio asignado como se aprecia en las figuras 4.15 y 4.16.

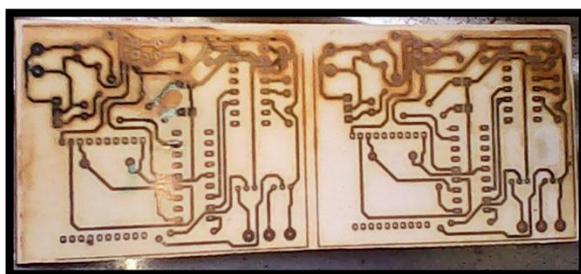


Figura 4. 15. Circuito impreso en las placas



Figura 4. 16. Placa electrónica construida

4.3. ENSAMBLE DE LAS BALANZAS

Para el proceso de ensamblado se coloca en un costado de las estructuras los componentes de alimentación de energía que es una batería de 10 V, y el transformador de corriente, estos elementos van sujetos con remaches como se aprecia en la figura 4.17.

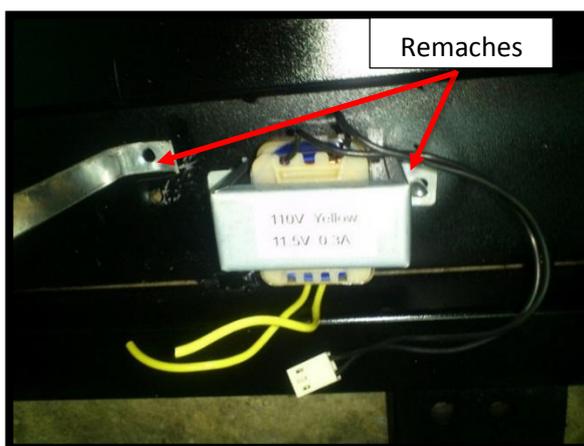


Figura 4. 17. Sujeción de transformador

Posteriormente se sujeta la celda de carga a la estructura base de las básculas, como se observa en la figura 4.18.



Figura 4. 18. Sujeción de celda de carga

Luego se sueldan los cables de las señales de la celda de carga al indicador como se muestra en la figura 4.19.



Figura 4. 19. Unión de los cables de la celda de carga al indicador

Se realiza el mismo procedimiento para los cables de alimentación, como se aprecia en la figura 4.20.



Figura 4. 20. Unión de los cables de alimentación al indicador

El momento que se concluya con todas las instalaciones eléctricas, se procede a encender el indicador para verificar que todo funcione correctamente, así se aprecia en la figura 4.21.

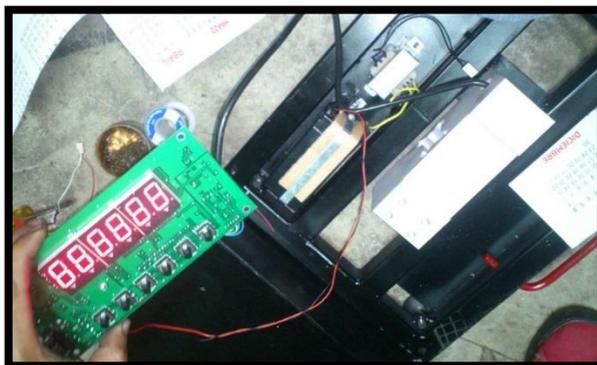


Figura 4. 21. Verificación del indicador

Con el proceso del ensamblado de las estructuras finalizado, se pasa a calibrar las básculas. Como se puede apreciar en la figura 4.22, la bandeja protectora se ubica en posición que se permita observar los parámetros en el indicador.



Figura 4. 22. Calibración de báscula

A continuación se muestra en las figuras 4.23 y 4.24, el indicador y posteriormente el diagrama en el que se indica el proceso de calibrado.

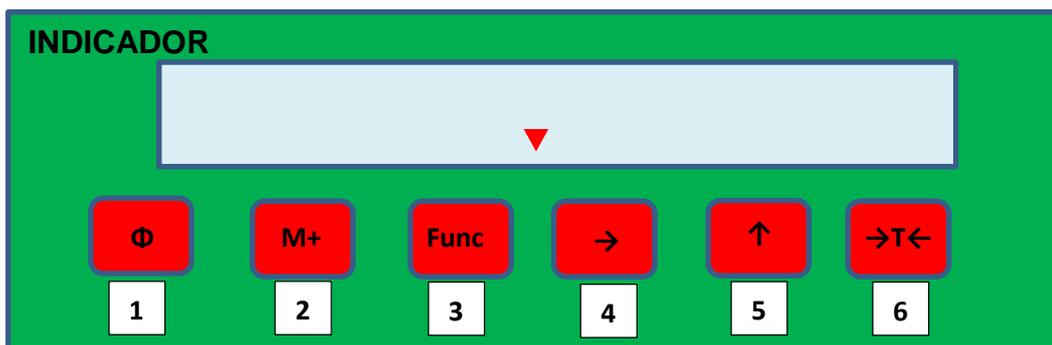


Figura 4. 23. Esquema del indicador de las balanzas

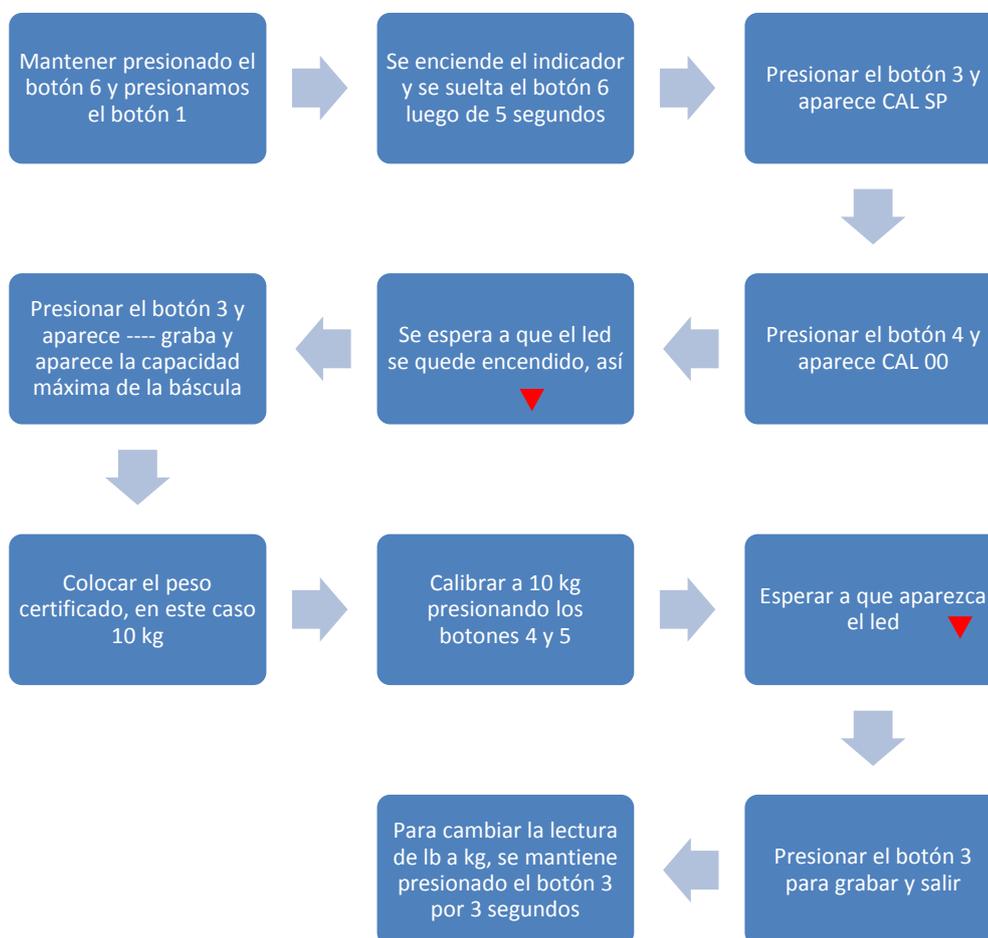


Figura 4. 24. Esquema de calibración de las balanzas

Una vez calibrada se efectúan pruebas de verificación, se le aplica un peso certificado de 25 kg, y se comprueba que aparezca el valor correcto en el indicador, como se aprecia en la figura 4.25.



Figura 4. 25. Calibración de la báscula con un peso de 25 kg

Finalmente se aplican 4 pesas de 25 kg, una pesa de 10 kg y una pesa de 2 kg, y se verifican esos valores en el indicador, así se observa en la figura 4.26 que el indicador marca 112,0 kg. Y concluimos que la báscula funciona correctamente.

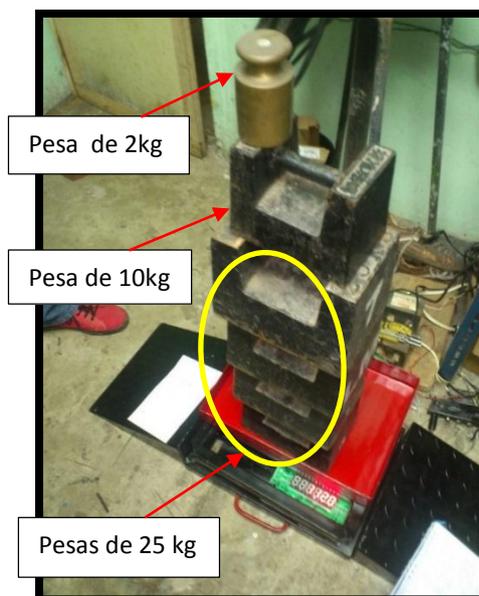


Figura 4. 26. Báscula calibrada

En la figura 4.27 se pueden observar tres balanzas totalmente ensambladas y una sin la bandeja protectora en donde se visualizan sus componentes interiores.

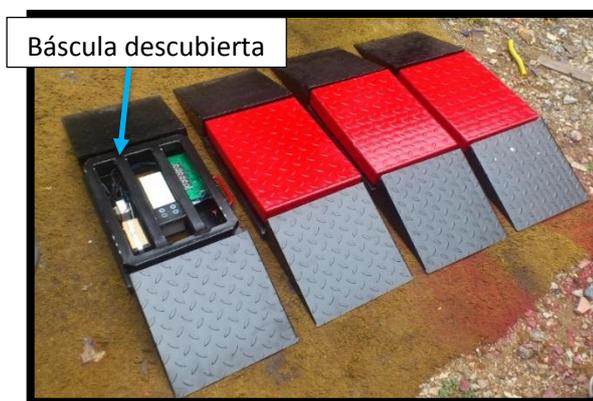


Figura 4. 27. Básculas ensambladas

En la figura 4.28 se aprecian todas las balanzas totalmente ensambladas, y una con las rampas plegadas, lista para ser transportada.



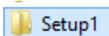
Figura 4. 28. Balanza plegada

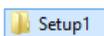
4.4. INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN EN UNA COMPUTADORA

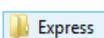
Para instalar el programa ejecutable de nombre “setup”, que nos permitirá abrir el programa deseado. También se deben instalar los drivers para reconocimiento de puertos COM.

- El instalador se encuentra dentro de la carpeta “Instalador software balanzas”.

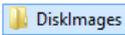


- Luego se ingresa a la carpeta “Setup1”. 

- Se vuelve a ingresar en la subcarpeta “Setup1.” 

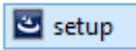
- Dar doble click en la carpeta “Express”. 

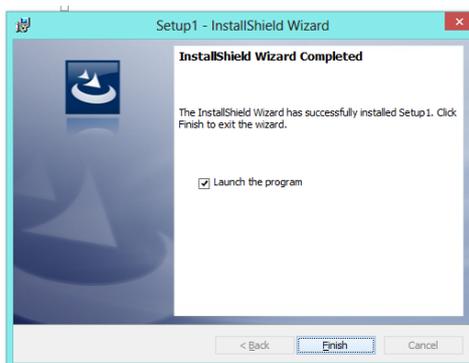
- Se selecciona la carpeta “DVD-5”. 

- Ingresar en la carpeta “DiskImages”. 

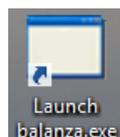
- Finalmente abrir la carpeta “DISK1”. 

- Dentro de la carpeta DISK1 dar doble click en la aplicación “setup”.

- Se procede a instalar el  software.



- Una vez ya finalizada la instalación se crea automáticamente un acceso directo para ingresar al programa cuando se desee.



Verificar que la PC reconoce el módulo XBee y en que puerto se encuentra, para proceder a dar inicio a la aplicación como se aprecia en la figura 4.29.



Figura 4. 29. Aplicación instalada

4.5. PRUEBAS DE CONFIABILIDAD DE LAS BALANZAS

Para verificar finalmente el funcionamiento óptimo de las básculas, se las somete a varias pruebas de pesaje reales, primero con pesos desde 2kg, 10kg y pesas de 25kg certificadas por el INEN, tabla 4.5 para corroborar con la fiabilidad de las balanzas y posteriormente a pruebas con el monoplaza FESPE que se muestra en la figura 4.30.

**Tabla 4. 5.
Pruebas de confiabilidad con peso certificado**

Valores de las pesas	Balanza 1	Balanza 2	Balanza 3	Balanza 4	Error
2 kg	2 kg	2 kg	2 kg	2 kg	S/N
10 kg	10 kg	10 kg	10 kg	10 kg	S/N
25 kg	25 kg	25 kg	25 kg	25 kg	S/N



Figura 4. 30. Pruebas de pesaje con Monoplaza FESPE

Preliminarmente al momento de subir al monoplaza en las balanzas ya se obtuvieron los siguientes valores mostrados en los recuadros de la tabla 4.6, que indican el peso en cada neumático, siendo:

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

Tabla 4. 6.
Valores de peso - Monoplaza FESPE

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

4.5.1. Prueba de peso total

Para el pesaje total del vehículo se suman los valores de todas las básculas y se muestra el peso general como se aprecia en la figura 4.31.



Figura 4. 31. Peso total

El peso total obtenido, fue de 311 kg.

4.5.2. Prueba de peso independiente en cada neumático

En el pesaje independiente se muestran en cuatro ventanillas el peso independiente en cada báscula, así se muestra en la figura 4.32.

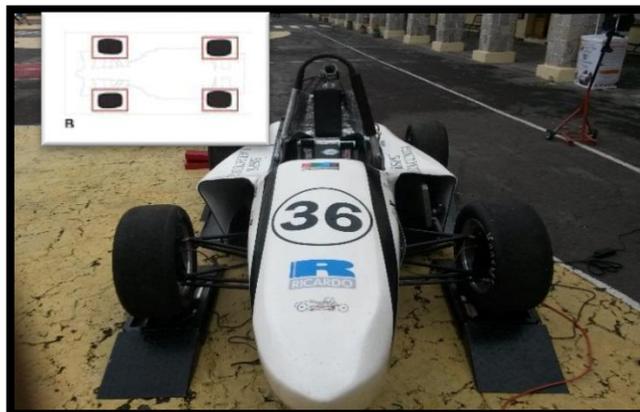


Figura 4. 32. Peso independiente en cada neumático

- 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.

4.5.3. 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. En la figura 4.33 se muestra este procedimiento. Siendo C1 el eje delantero y C2 el eje posterior.



Figura 4. 33. Eje delantero y trasero

Los resultados fueron los siguientes:

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

4.5.4. 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, así se aprecia en la figura 4.34.



Figura 4. 34. Eje lateral derecho e izquierdo

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

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

4.5.5. 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, como se muestra en la figura 4.35.

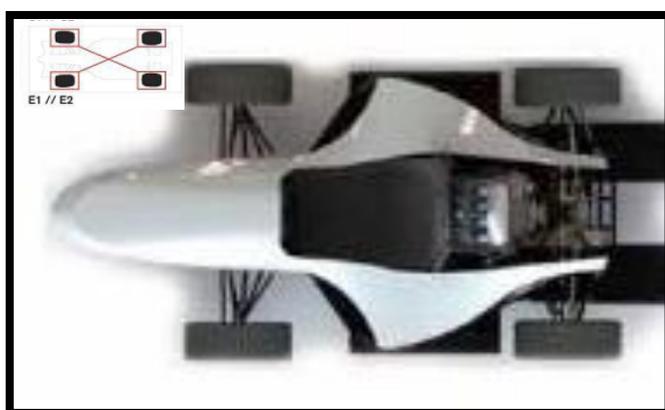


Figura 4. 35. Eje diagonal virtual 1 y 2

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.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. 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.

5.2. 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.

5.3. BIBLIOGRAFÍA

- AGA S.A. (2002). Proceso de soldadura MIG/MAG. Guayaquil.
- B, L. M., & C, D. M. (2007). Transmisión de datos infrarroja. Chile.
- CRUZ, G., & MESIAS, D. (2013). Diseño, construcción e implementación de sistemas de suspensión, dirección y frenos del vehículo de competencia Fórmula SAE 2012 (Vol. I). Latacunga.
- FERROCORTES S.A. (2013). Guía y tablas técnicas de los aceros. Medellín.
- MOSQUERA, N. (2010). Diseño e implementación de una red inalámbrica WLAN para la microempresa ETIEXPRESS. Quito.
- MOTT, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas (Cuarta 4ta Edición. ed.). México D.F.: PEARSON Educación.
- PAREDES, P. H. (2012). Competencia laboral en pintura metalmecánica. Quito: Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional.
- SHIGLEY, J. (2008). Diseño en ingeniería mecánica (Octava 8va Edición ed.). México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana.
- VALAREZO, A. A. (2008). REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA CONSTRUCCION. Quito.

5.4. NETGRAFÍA

- ARENAS, L., PALACIO, D., & MARIN, E. (31 de Julio de 2014). Medios inalámbricos. Obtenido de www.slideshare.net/venustas/medios-inalambricos
- Automatización, C. (12 de Enero de 2015). Caipe Automatización. Obtenido de caipe.com: <http://www.caipe.com/celdas.htm>
- Bluetooth. (18 de Marzo de 2015). Obtenido de www.pdatungsteno.com/wp-content/imagenes/manos-libres-bluetooth.jpg
- CAÑAVERAL, G. S. (25 de Noviembre de 2014). APINGER. Obtenido de Celdas de carga: <http://www.gerardocanaverall.com/productos/celdas-de-ca>
- Definición de WIFI. (31 de Julio de 2014). Obtenido de <http://redwifi.wordpress.com/definicion-de-wifi/>
- DIGI International Inc. (25 de 04 de 2015). XBee Mutipoint RF Modules. Obtenido de http://www.digi.com/pdf/ds_xbeemultipointmodules.pdf
- Direct Industry. (07 de Marzo de 2015). Obtenido de Celda de carga: <http://www.directindustry.es/prod/honeywell-sensing-and-control/celdas-carga-compresion-traccion-12365-118650.html>
- Duarte, A. (27 de Marzo de 2015). Obtenido de www.andresduarte.com/wp-content/uploads/2013/06/images.jpg
- Fairchild Semiconductor Corporation. (25 de 04 de 2015). Voltage Regulator. Obtenido de http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/228/390068_DS.pdf
- Ingeniería MCI Ltda. (28 de Marzo de 2015). Obtenido de XBee Series 1: www.olimex.cl
- Kioskea. (29 de Enero de 2015). Cómo funciona Bluetooth. Obtenido de Cómo funciona Bluetooth: <http://es.kioskea.net/contents/69-como-funciona-bluetooth>
- Microchip Technology. (25 de 04 de 2015). Data Sheet PIC 16f628A. Obtenido de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044F.pdf>

- National Semiconductor Corporation. (25 de 04 de 2015). Low-Dropout Linear Regulator LM 1117. Obtenido de <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/nationalsemiconductor/LM1117.pdf>
- OXGASA. (16 de Noviembre de 2014). Manual del soldador. Obtenido de <http://www.oxgasa.com/attachments/article/45/manual%20del%20soldador.pdf>
- SOSA, I. J. (27 de Julio de 2014). Galgas Extensiométricas. Obtenido de http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Strain_Gages_1.pdf
- SPITZER Space Telescope. (31 de Julio de 2014). Que es el infrarrojo. Obtenido de http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/learn_ir/
- Vidri, I. (26 de Marzo de 2015). ZigBee. España. Obtenido de ZigBee y sus aplicaciones: <http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/Zigbee%20y%20sus%20aplicaciones.pdf>
- WiFi. (23 de Marzo de 2015). Obtenido de [//www.infotrak.com.ar/images/autobus-wifi.jpg](http://www.infotrak.com.ar/images/autobus-wifi.jpg)
- Wikimedia Commons. (13 de Marzo de 2015). Obtenido de Irda port: commons.wikimedia.org/wiki/File:Irdaport.jpg
- WIM Systems. (27 de Julio de 2014). Celdas de Carga. Obtenido de <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga.html>
- XBee. cl. (15 de Febrero de 2015). ¿QUÉ ES XBEE? Obtenido de Xbee.cl: <http://xbee.cl/que-es-xbee/>

5.5. ANEXOS

ANEXO A	MANUAL DE OPERACIÓN
ANEXO B	CERTIFICADOS INEN DE LAS PESAS CALIBRADORAS
ANEXO C	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA
ANEXO D	PROGRAMACIÓN DE APLICACIÓN VISUAL
ANEXO E	PROGRAMACIÓN DEL PIC 16F628A
ANEXO F	ARTÍCULO BALANZAS

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Jonathan David Cumba Tutillo bajo mi supervisión.

**ING. EURO MENA
DIRECTOR**

**ING. WILSON TRÁVEZ
CODIRECTOR**

**ING. JUAN CASTRO
DIRECTOR DE LA CARRERA**

**DR. FREDDY JARAMILLO
SECRETARIO ACADÉMICO**