



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE
PRUEBAS DE ATENUADOR DE IMPACTOS PARA UN
PROTOTIPO FÓRMULA STUDENT EN LA ESPE LATACUNGA”.

AUTORES: SIN HERRERA GABRIELA ESTEFANÍA
RÍOS FIALLOS CARLOS ANDRÉS

DIRECTOR: ING. IZA HENRY

CODIRECTOR: ING. TRÁVEZ WILSON

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICADO

DIRECTOR: ING. HENRY IZA

CODIRECTOR: ING. WILSON TRÁVEZ

CERTIFICAN:

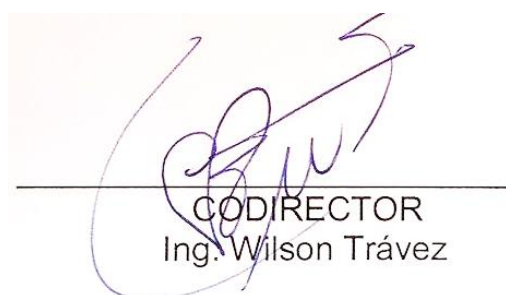
Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ATENUADOR DE IMPACTOS PARA UN PROTOTIPO FÓRMULA STUDENT EN LA ESPE LATACUNGA”, realizado por Gabriela Estefanía Sin Herrera y Carlos Andrés Ríos Fiallos, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE.

Debido a que constituye un trabajo con alto contenido científico, que aportará al desarrollo profesional y educativo si aprobamos su publicación.

Latacunga, Abril del 2015.



DIRECTOR
Ing. Henry Iza



CODIRECTOR
Ing. Wilson Trávez

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

NOSOTROS, SIN HERRERA GABRIELA ESTEFANÍA
RÍOS FIALLOS CARLOS ANDRÉS

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“Diseño y construcción de un banco de pruebas de atenuador de impactos para un prototipo Fórmula Student en la ESPE Latacunga”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Abril del 2015.



SIN HERRERA GABRIELA ESTEFANÍA

C.C.: 1723764450



RÍOS FIALLOS CARLOS ANDRÉS

C.C.: 1804080172

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA****AUTORIZACIÓN**

NOSOTROS, SIN HERRERA GABRIELA ESTEFANÍA

RÍOS FIALLOS CARLOS ANDRÉS

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMANDAS-ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo: **“Diseño y construcción de un banco de pruebas de atenuador de impactos para un prototipo Fórmula Student en la ESPE Latacunga”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril del 2015.

-----
SIN HERRERA GABRIELA ESTEFANÍA-----
RÍOS FIALLOS CARLOS ANDRÉS

C.C.:1723764450

C.C.: 1804080172

DEDICATORIA

A Dios, Creador de todas las cosas, por darme amor y fuerza en cada uno de los días de mi vida, por darme la oportunidad de vencer miedos y alcanzar metas, por hacerlo todo perfecto.

A mi madre Eugenia, por su apoyo incondicional, por ser mi amiga y compañera de vida.

A mi padre Keun Sin, por su amor, por enseñarme a ver las cosas más lindas de la vida.

A mi hermano David, por ser mi soporte siempre, mi mejor amigo, mi fuerza.

A mi novio, por su amor, por sus enseñanzas y por brindarme tanta felicidad en el camino.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud y conocimientos para llegar a cumplir una meta más en mi vida, guiándome siempre por el camino del bien.

A mis padres, Carlos y Gioconda por su incondicional apoyo, sus valiosos consejos en los momentos difíciles, por haber formado mi carácter para llegar a ser la persona que soy, juntos ayudándome a salir adelante no dejándome vencer por ninguna adversidad.

A mi hermano Paul, mis hermanas Karen y Doménica quienes alegran mis días dando ánimos para cumplir un sueño en mi vida.

A mi abuelita Carlota, quien siempre me ha apoyado en mi vida estudiantil, siendo mi segunda madre.

A mi novia Elizabeth, quien estuvo en los buenos y malos momentos sacándome una sonrisa para seguir en el camino correcto.

A mis familiares y amigos que estuvieron presentes en el transcurso de esta meta brindándome su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por mostrarme el camino que debía seguir y nunca dejarme sola, por tantas bendiciones.

A mi hermosa familia por haberme inculcado valores muy importantes y haberme dado la educación, con todos los sacrificios que conlleva, por ser mi soporte siempre.

A mi novio, por haber estado siempre conmigo, su ayuda ha sido parte fundamental en la culminación de esta etapa.

A mis tutores, Ing. Henry Iza e Ing. Wilson Través, por ser una guía durante todo el proceso, por ser personas

A mi compañero de tesis, Carlitos, por ser mi amigo y compañero en esta etapa, dando juntos cada paso.

A todas las personas que formaron parte de mi vida en estos años, gracias por sus enseñanzas de todos los días.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por cuidarme siempre en mi vida de estudiante, por escuchar mis oraciones haciéndome saber que siempre todo es posible.

A mis padres quienes me apoyaron incondicionalmente desde el inicio hasta el final de este sueño, brindándome fuerzas para levantarme después de cada caída.

A mis hermanos quienes son la razón para seguir saliendo adelante y cumpliendo mis sueños

A mis tutores, Ing. Henry Iza e Ing. Wilson Través, por el apoyo brindado en el proceso de culminación de mis estudios.

A mi compañera de tesis, Gaby con quien hemos salido siempre de las dificultades presentadas hasta lograr cumplir una meta profesional, sonriéndole siempre a la vida.

Mis familiares y amigos que siempre me ayudaron de manera incondicional en los momentos más difíciles.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
PRESENTACIÓN	xx
CAPÍTULO I	1
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1. <i>Formula SAE</i>	1
1.1.1. <i>Concepto de la competencia</i>	1
1.2. <i>Atenuadores de impacto</i>	3
1.2.1. <i>Requisitos para construcción de atenuadores de impactos</i>	4
1.3. <i>Bancos de pruebas</i>	5
1.3.1. <i>Tipos de bancos de pruebas</i>	6
1.4. <i>Teoría de choques</i>	12
1.4.1. <i>Tipos de choques</i>	13
1.4.2. <i>Efectos de choque</i>	18
1.4.3. <i>Consideraciones</i>	19
1.4.4. <i>Pruebas de choque en vehículos</i>	19
1.4.5. <i>Pruebas de seguridad realizadas</i>	21
1.5. <i>Dispositivos electrónicos</i>	23
1.5.1. <i>Acelerómetros</i>	23
1.5.2. <i>Sensores fotoeléctricos</i>	27
1.6. <i>Adquisición de datos</i>	30
1.6.1. <i>Proceso de adquisición de datos</i>	30

1.6.2.	<i>Fundamentos de procesamiento de señal</i>	32
1.7.	<i>Interfaz Hombre – Máquina</i>	36
1.7.1.	<i>Funciones de un HMI</i>	36
CAPÍTULO II		38
FASES DE DISEÑO		38
2.1	<i>Parámetros de diseño</i>	38
2.2	<i>Selección del tipo de banco de pruebas</i>	39
2.2.1.	<i>Alternativas de selección</i>	39
2.2.2	<i>Criterios de evaluación</i>	41
2.2.4.	<i>Evaluación de alternativas</i>	44
2.3.	<i>Descripción del banco de pruebas a diseñar</i>	44
2.4.	<i>Diseño de componentes mecánicos</i>	45
2.4.1.	<i>Diseño de ejes</i>	45
2.4.2.	<i>Diseño del trineo</i>	58
2.4.3.	<i>Selección de rodamientos lineales</i>	62
2.4.4.	<i>Selección de soportes para ejes</i>	65
2.5.	<i>Diseño de sistema de propulsión del trineo</i>	66
2.5.1.	<i>Selección de grúa</i>	67
2.5.2.	<i>Selección de bandas elásticas</i>	68
2.6.	<i>Diseño y selección de componentes electrónicos</i>	69
2.6.1.	<i>Sensor de aceleración</i>	69
2.6.2.	<i>Sensor de velocidad</i>	70
2.6.3.	<i>Sistema de adquisición de datos</i>	73
CAPÍTULO III		75
CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN		75
3.1.	<i>Adecuaciones del espacio físico</i>	75
3.1.1.	<i>Área de construcción</i>	75
3.1.2.	<i>Obra civil</i>	76
3.2.	<i>Construcción e implementación de componentes mecánicos</i>	78
3.2.1.	<i>Sistema de apoyo</i>	78
3.2.2.	<i>Sistema de desplazamiento</i>	80
3.2.3.	<i>Sistema de propulsión</i>	83

3.2.4.	<i>Sistema de sujeción</i>	86
3.3.	<i>Implementación de componentes eléctricos y electrónicos</i>	87
3.3.1.	<i>Sistema de alimentación de la grúa eléctrica</i>	87
3.3.2.	<i>Sensores de velocidad</i>	87
3.3.3.	<i>Acelerómetro</i>	88
3.3.4.	<i>Implementación del sistema de adquisición de datos</i>	89
3.3.5.	<i>Desarrollo del interfaz hombre máquina HMI</i>	90
3.4.	<i>Diagramas de flujos</i>	97
	CAPÍTULO IV	99
	ANÁLISIS DE RESULTADOS	99
4.1.	<i>Pruebas en el sistema mecánico</i>	99
4.1.1.	<i>Pruebas de soporte de bases y ejes</i>	99
4.1.2.	<i>Pruebas en la estructura del trineo móvil</i>	100
4.1.3.	<i>Pruebas de tensión en bandas elásticas</i>	100
4.2.	<i>Pruebas en el sistema electrónico</i>	101
4.2.1.	<i>Prueba de conectividad entre PC y SbRIO</i>	101
4.2.2.	<i>Pruebas de funcionamiento de los sensores</i>	103
4.2.3.	<i>Pruebas del Interfaz Hombre – Máquina HMI</i>	103
4.3.	<i>Resultados de pruebas realizadas</i>	105
	CAPÍTULO V	107
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
5.1.	<i>Conclusiones</i>	107
5.2.	<i>Recomendaciones</i>	108
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	GLOSARIO	111
	ANEXOS	113

Tabla 1.1	Tipos de acelerómetros	26
Tabla 1.2	Tipos de sensado fotoléctrico	28
Tabla 2.1	Matriz de alternativas.....	43
Tabla 2.2	Valoración global de la matriz de alternativas	44
Tabla 2.3	Criterios para esfuerzos de diseño-esfuerzos normales	45
Tabla 2.4	Criterios de esfuerzo de diseño a cortante	46
Tabla 2.5	Material seleccionado para ejes de transmisión.	49
Tabla 2.6	Flexiones de vigas, límites de flexión recomendados.....	56
Tabla 2.7	Distancia entre apoyos de cada sección	57
Tabla 2.8	Resultados obtenidos de deflexiones máximas.....	57
Tabla 2.9	Especificaciones técnicas de los rodamientos lineales.....	63
Tabla 2.10	Dimensiones del rodamiento SSUPBO24	64
Tabla 2.11	Especificaciones técnicas del soporte para ejes.	65
Tabla 2.12	Dimensiones del soporte para ejes THOMSON.	66
Tabla 2.13	Especificaciones técnicas grúa eléctrica	67
Tabla 2.14	Especificaciones técnicas bandas elásticas	68
Tabla 2.15	Especificaciones técnicas acelerómetro Wilcoxon 786f.....	70
Tabla 2.16	Especificaciones técnicas Focélulas FL130	71
Tabla 4.1	Resultados de las deformaciones en bases y ejes.	99
Tabla 4.2	Resultados de las deformaciones en el trineo móvil.....	100
Tabla 4.3	Resultados de las deformaciones en las bandas elásticas..	100
Tabla 4.4	Valores obtenidos en las pruebas realizadas	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Logotipo Fórmula SAE	1
Figura 1.2	Prototipo FESPE 2011	3
Figura 1.3	Atenuador de impacto según Norma FSAE	4
Figura 1.4	Interfaz para evaluación de atenuadores	5
Figura 1.5	Ejemplo de banco de pruebas.....	6
Figura 1.6	Torre de impacto vertical.....	7
Figura 1.7	Banco horizontal sobre rieles.....	8
Figura 1.8	Laboratorio para pruebas dinámicas.....	9
Figura 1.9	Elemento móvil del banco de pruebas	10
Figura 1.10	Estructura Mecánica del banco de pruebas	10
Figura 1.11	Sistema de propulsión del banco de prueba	11
Figura 1.12	Componentes electrónicos para análisis del vehículo.....	111
Figura 1.13	Sala de supervisión y control	12
Figura 1.14	Choque Elástico de velocidades de igual sentido	13
Figura 1.15	Choque Elástico de velocidades de diferente sentido.....	14
Figura 1.16	Velocidades de igual sentido y dirección	15
Figura 1.17	Velocidades de igual dirección y sentido contrario.....	16
Figura 1.18	Pruebas realizadas por la IIHS.....	20
Figura 1.19	Pruebas realizadas por la EuroNCAP	21
Figura 1.20	Pruebas realizadas por la NHTSA	21
Figura 1.21	Prueba de impacto frontal	22
Figura 1.22	Prueba de Impacto lateral	23

Figura 1.23	Acelerómetros	24
Figura 1.24	Acelerómetros capacitivos	25
Figura 1.25	Acelerómetros piezoeléctricos	25
Figura 1.26	Acelerómetros micro mecánicos	26
Figura 1.27	Sensores fotoeléctricos, modo opuesto o barrera.....	28
Figura 1.28	Esquema de Sistema de Adquisición de Datos	31
Figura 1.29	Teorema de Nyquist.....	33
Figura 1.30	Efecto Aliasing	33
Figura 1.31	Utilización de un filtro Anti-Aliasing	34
Figura 1.32	Filtro Sample and Hold.....	34
Figura 1.33	Proceso de Cuantificación	35
Figura 1.34	Error de cuantificación	35
Figura 1.35	Componentes de un HMI	36
Figura 1.36	HMI a nivel industrial.....	37
Figura 2.1	Esquema de una torre de impacto vertical.....	40
Figura 2.2	Esquema de un banco horizontal sobre rieles.	41
Figura 2.3	Banco de Pruebas a diseñar	45
Figura 2.4	Diagrama de cuerpo libre del trineo.	46
Figura 2.5	Diagrama de cuerpo libre del trineo en movimiento	47
Figura 2.6	Secciones según la longitud de separación.	50
Figura 2.7	Deflexión en vigas simplemente apoyadas	51
Figura 2.8	Diagrama de momentos - sección 1.....	52
Figura 2.9	Deflexión en vigas simplemente apoyadas	53
Figura 2.10	Diagrama de momentos – sección 2.....	54

Figura 2.11	Diagrama de momentos – sección 3.....	55
Figura 2.12	Análisis de desplazamiento en el eje de transmisión.....	58
Figura 2.13	Fuerzas que intervienen al momento del impacto.....	59
Figura 2.14	Diagrama del trineo: Desplazamiento - Impacto	59
Figura 2.15	Tensión de Von Mises.....	61
Figura 2.16	Desplazamiento	61
Figura 2.17	Factor de Seguridad.....	62
Figura 2.18	Rodamiento lineal Thomson SSUPBO24.....	62
Figura 2.19	Dimensionamiento de los rodamientos lineales	63
Figura 2.20	Soportes para ejes de transmisión.....	65
Figura 2.21	Soportes para ejes de transmisión.....	66
Figura 2.22	Grúa eléctrica 12V 2000 LBS.....	67
Figura 2.23	Estructura de las bandas elásticas.....	68
Figura 2.24	Acelerómetro Wilcoxon 786f	69
Figura 2.25	Fotocélulas FL130.....	71
Figura 2.26	Dimensiones de fotocélulas FL130	72
Figura 2.27	Fijación de fotocélulas FL130	72
Figura 2.28	Alineación de fotocélulas FL130	73
Figura 2.29	NI SBRIO 9631	74
Figura 3.1	Área para la construcción del banco de pruebas.	75
Figura 3.2	Dimensiones de las columnas implementadas.	76
Figura 3.3	Cimientos de apoyo para las columnas.	76
Figura 3.4	Vista real de las columnas.	77
Figura 3.5	Forma y dimensiones del muro frontal.	77
Figura 3.6	Ubicación de columnas y muro frontal.	78

Figura 3.7	Mecanizado de acoples tipo macho – hembra en ejes.	78
Figura 3.8	Uniones en ejes.	79
Figura 3.9	Esquema de las bases de apoyo.	79
Figura 3.10	Sujeción del eje de transmisión a la base de apoyo.	79
Figura 3.11	Anclaje de las bases y eje a la columna.	80
Figura 3.12	Esquema del trineo móvil.	80
Figura 3.13	Dimensiones del trineo móvil a construir.	81
Figura 3.14	Vista trasera del trineo móvil.	81
Figura 3.15	Vista frontal del trineo móvil.	82
Figura 3.16	Colocación de rodamientos al trineo.	82
Figura 3.17	Sujeción de rodamientos al trineo.	83
Figura 3.18	Elemento de agarre en el trineo móvil.	83
Figura 3.19	Grúa eléctrica.	84
Figura 3.20	Sujeción del trineo móvil mediante la grúa eléctrica.	84
Figura 3.21	Bandas elásticas tensionadas.	85
Figura 3.22	Sujeción de las bandas elásticas en el trineo móvil.	85
Figura 3.23	Sujeción de las bandas en la placa entre las columnas.	86
Figura 3.24	Sistema de sujeción del trineo móvil.	86
Figura 3.25	Convertor de voltaje 110v-12v.	87
Figura 3.26	Distribución de los sensores fotoeléctricos.	88
Figura 3.27	Separación de los sensores fotoeléctricos.	88
Figura 3.28	Ubicación del acelerómetro.	89
Figura 3.29	Conexiones a la tarjeta de adquisición de datos.	89
Figura 3.30	Ubicación de la tarjeta de adquisición de datos.	90
Figura 3.31	Programación en FPGA.	91
Figura 3.32	Entorno – Real Time.	91

Figura 3.33	Programación Real – Time	92
Figura 3.34	Programación Real – Time	93
Figura 3.35	Programación Real – Time	94
Figura 3.36	Programación HMI	95
Figura 3.37	Programación HMI	95
Figura 3.38	Programación HMI	96
Figura 3.39	Interfaz HMI.....	96
Figura 3.40	Diagrama de flujo del proceso.....	97
Figura 3.41	Diagrama de flujo del HMI.....	98
Figura 4.1	Comando CMD	10101
Figura 4.2	Aplicación NI MAX	102
Figura 4.3	Proyecto	102
Figura 4.4	Aplicación PFGA.....	103
Figura 4.5	HMI – Paso 1	104
Figura 4.6	HMI – Prueba final	105
Figura 4.7	Atenuador de Impactos	106

RESUMEN

El presente proyecto de tesis: “**Diseño y construcción de un banco de pruebas de atenuador de impactos para un prototipo Fórmula Student en la ESPE Latacunga**” consiste en la implementación de un banco de pruebas que permita establecer el correcto diseño de un atenuador de impactos dentro un prototipo Fórmula Student. El proyecto contempla el respectivo análisis de todas las reglas que impone la SAE para la elaboración de un atenuador de impactos, de esta forma la construcción del monoplaza se realizaría dentro de reglas y normas establecidas. El proyecto está constituido por un mecanismo sobre rieles propulsado mediante la tensión ejercida en bandas elásticas, dicho mecanismo es liberado por un sistema automático tipo grúa. Se implementará un sistema de sensores de velocidad y un acelerómetro, las señales serán enviadas a una tarjeta de adquisición de datos SBRIO, para su posterior registro y análisis. El control del sistema se lo realizara mediante una interfaz gráfica, la misma que permite brindar facilidades de manejo al operador. Las pruebas a realizar podrán ser efectuadas a diferentes velocidades, con una masa variable, que parte de los 300 kg., como norma establecida. Es importante señalar que el proyecto contará con estándares de seguridad necesarios para salvaguardar el factor humano como prioridad dentro del bando de pruebas.

Palabras Clave:

ATENUADOR DE IMPACTOS

INTERFAZ GRÁFICA

FORMULA STUDENT, SAE

VEHÍCULO MONOPLAZA

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

ABSTRACT

The thesis project: “**Design and construction of a test bench for impact attenuators for a Formula Student prototype in ESPE - Latacunga**” consist in the implementation of a test bench that lay down a correct design of an impact attenuators implemented in a prototype to participate in the FORMULA STUDENT. The project includes the respective analysis of all rules imposed by SAE for the construction of impact attenuator, and thus the construction of the car is within the established rules and standards. The project is constituted by a rail mechanism propelled by the tension in elastic bands, the mechanism is flied away by a crane automatic. In the body in motion will be implemented with a system of speed, distance sensors and accelerometers. The signals are sent to an acquisition card of data (sbRIO) for subsequent recording and analysis. The control system would be used by a computer which consists in a graphical interface, giving versatility to the project. The tests to be performed may be carried out at different speeds, with a mass of 300 kg., like one of the most important rule. Is important to show that the next project will have safety standards necessary to safeguard the human factor as a priority in a bench for impact

Keywords:

IMPACT ATTENUATOR

GUI

FORMULA STUDENT, SAE

SINGLE-SEATER VEHICLE

ACQUISITION CARD OF DATA

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se desarrolla el diseño y construcción de un banco de pruebas de atenuador de impactos para un prototipo Fórmula Student en la ESPE Latacunga.

En el Capítulo I se presenta toda la información necesaria sobre bancos de prueba para atenuadores de impacto, así como la descripción relevante sobre lo referente a sistemas mecánicos y componentes electrónicos.

En el Capítulo II se describe el diseño y selección de los determinados componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos a implementar en el banco de pruebas, además de comprobar su funcionamiento mediante un software especializado.

En el Capítulo III se detalla la implementación de los componentes eléctricos y electrónicos, además de la construcción de los sistemas mecánicos que constituyen el banco de pruebas.

En el Capítulo IV se presentan las pruebas realizadas, además de un análisis respectivo de los resultados obtenidos al momento de realizar las diferentes pruebas de impacto.

En el Capítulo V se presenta las conclusiones y recomendaciones una vez culminado el proyecto, las mismas que servirán para un correcto uso y posterior optimización del sistema.

Finalizando con las referencias bibliográficas citadas para la realización de este proyecto y los anexos necesarios para tener acceso a toda la información detallada requerida por el usuario.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Formula SAE

Fórmula SAE abarca todos los aspectos de un negocio, incluyendo la investigación, diseño, fabricación, pruebas, desarrollo, marketing, gestión y recaudación de fondos. Tomado y adaptado de (Wikimedia, 2013)

A pesar de que existen algunas restricciones en el reglamento de estas competencias, el diseño del vehículo permite explotar la máxima creatividad y capacidad de ingeniería de cada equipo.

Esta es esencialmente una competencia de ingeniería y cada equipo participante debe exponer todo su concepto de diseño, reporte intensivo de costos e inclusive un plan completo de negocios que respalde la venta de sus vehículos prototipo a nivel mundial, el logo se lo indica en la figura 1.1.



Figura 1.1: Logotipo Fórmula SAE

Fuente: (Fórmula_SAE, 1986)

1.1.1. Concepto de la competencia

El certamen desarrollado por la fórmula SAE es una competencia para estudiantes de ingeniería para concebir, diseñar, fabricar y competir en una

pequeña carrera de autos de tipo Fórmula. Tomado y adaptado de (Fórmula_SAE, 1986).

Las limitaciones en la estructura del coche y el motor son muy indulgentes para que el conocimiento, la creatividad y la imaginación de los estudiantes estén expuestos a su mayor rendimiento poniéndolos dentro del reto de desarrollar un monoplace tipo Fórmula.

Los monoplazas se construyen con un trabajo en equipo en un período de alrededor de un año y el prototipo será llevado a un centro de acogida para juzgar y comparar con varios automóviles de todo el mundo.

El propósito de la competencia es que una empresa de fabricación automotriz vea los equipos participantes, la creatividad, la innovación en los diferentes sistemas dentro del monoplace para producir un prototipo tipo Fórmula que cumpla con las demandas del mercado.

Por lo tanto, el vehículo desarrollado debe ser de muy alto rendimiento en términos de su aceleración, frenado y manejo del prototipo, además debe ser de bajo costo, fácil de mantener y fiable.

Además de estos factores obvios, la capacidad de venta del coche se verá reforzada por otros factores como la estética, la comodidad, el uso de partes comunes, etc.

El monoplace será juzgado en tres diferentes categorías:

- Inspección estática y diseño de ingeniería
- Pruebas de rendimiento independiente
- Competencia en pista de alto rendimiento

El Equipo FESPE de Ecuador fue el primer equipo Latinoamericano que ha logrado aprobar todas las etapas de clasificación y participar en el evento de Fórmula Student Germany 2011, logrando obtener el puesto 69 en el Rankin mundial de entre 283 equipos registrados de 47 países distintos. Tomado y adaptado de (Patio_Tuerca, 2011).

El primer prototipo de fórmula ecuatoriano aprobó todos los parámetros de seguridad, diseño y buenas prácticas de ingeniería establecidos a nivel

mundial y logro participar en las pruebas dinámicas de la competencia que pusieron al bólido junto a los mejores vehículos participantes en las pistas del Hockenheimring llevando la bandera de Ecuador al centro de la mira de las más grandes empresas automovilísticas. En la figura 1.2, se muestra el prototipo durante la competencia.



Figura 1.2: Prototipo FESPE 2011

Fuente: (Patio_Tuerca, 2011)

1.2. Atenuadores de impacto

Debido a la revolución de la industria del automóvil, las autoridades se han visto obligadas a mejorar paulatinamente las características de seguridad de cada vehículo, implementando sistemas que proporcionen más seguridad, posicionando a los atenuadores de impacto como un sistema seguro, los mismos que son encargados de absorber un impacto al momento de un choque. Tomado y adaptado de (Pérez, 1991).

La mayor importancia de una correcta implementación de un atenuador de impactos, es preservar la vida del conductor.

Dentro del diseño de los diferentes atenuadores de impacto se debe analizar diferentes aspectos que son necesarios para el correcto desempeño del vehículo dentro de una carrera, entre ellos se tiene: el peso, el material, la forma geométrica, sin que estas afecten a la seguridad del conductor. Tomado y adaptado de (FSAE_RULES, 2014)

El objetivo de un atenuador de impactos es absorber la mayor energía posible al momento de una colisión para salvaguardar la vida del conductor del vehículo, siendo este construido mediante las normativas impuestas por la FSAE, las mismas que son:

- El atenuador de impactos debe ser instalado en la parte delantera del chasis.
- Las dimensiones deben ser de por lo menos 200 mm (7,8 pulgadas) de largo, con su longitud orientada a lo largo del eje de la estructura del chasis.
- Por lo menos 100 mm (3,9 pulgadas) de alto y 200 mm (7,8 pulgadas) de ancho, a una distancia mínima de 200 mm (7,8 in) delante de la pared delantera del chasis.
- Debe estar sujeto directamente a la pared delantera y no ser parte de la estructura de la carrocería.

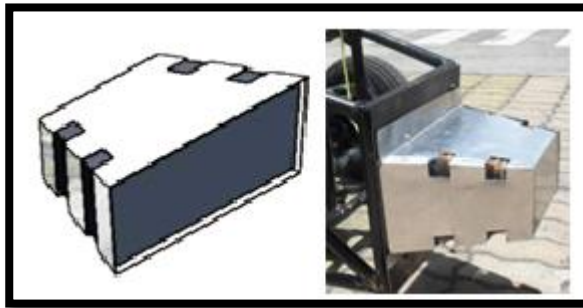


Figura 1.3: Atenuador de impacto según Norma FSAE

Fuente: (ESPEL, 2011)

La fijación del atenuador de impacto debe ser construida para proporcionar una trayectoria de carga adecuada tanto para cargas transversales y verticales en el caso de que la ubicación del mismo fuera en el centro del bulkhead como se indica en la figura 1.3.

1.2.1. Requisitos para construcción de atenuadores de impactos

Los atenuadores de impactos deben ser diseñados, construidos e implementados dentro de los vehículos. Tomado y adaptado de (FSAE_RULES, 2014)

Previo a la implementación de los mismos, se debe tomar en cuenta diferentes parámetros para la prueba de impacto, como son:

- Vehículos con una masa total de 300 kg (661 libras) y encontrarse con una barrera de impacto sólida.
- Velocidad de impacto de 7,0 metros/segundo (23,0 pies/seg)
- Desaceleración media que no exceda de 20 g.
- Desaceleración máxima inferior o igual a 40 g.
- La energía total absorbida debe cumplir o superar 7,350 Julios.

La Interfaz Hombre – Máquina en donde se muestran los datos obtenidos se muestra en la figura 1.4.

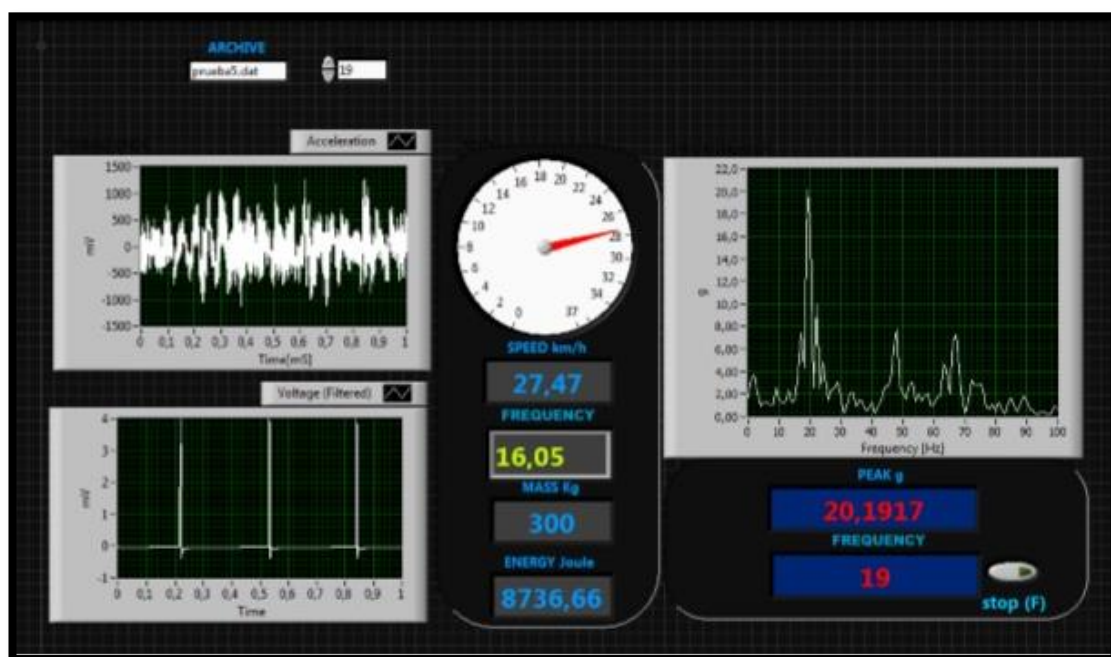


Figura 1.4: Interfaz para evaluación de atenuadores

Fuente: (ESPEL, 2011)

1.3. Bancos de pruebas

Son plataformas utilizadas en la experimentación de proyectos de gran desarrollo, brindando una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías. (Wikimedia I. , 2013)

La principal ventaja de un banco de pruebas es que puede ser usado en diferentes disciplinas para poder describir y analizar un ambiente de

desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción.

Es un método para probar un módulo particular en forma aislada, como se indica en la figura 1.5.



Figura 1.5: Ejemplo de banco de pruebas

Fuente: (Wikimedia I. , 2013)

El banco de pruebas se emplea tanto para la obtención de datos importantes sobre la puesta a punto de prototipos como para la determinación de datos fundamentales.

1.3.1. Tipos de bancos de pruebas

Torre de impacto vertical por caída libre

Se denomina como Torre de Impacto, al conjunto del equipo encargado de posicionar la cabeza en el espacio, de soltarla y de obtener la señal del impacto, como se muestra en la figura 1.6. Tomado y adaptado de (Universidad_Politécnica_Cataluña, 1998)



Figura 1.6: Torre de impacto vertical

Fuente: (Universidad_Politécnica_Cataluña, 1998)

Este conjunto se puede considerar que está formado por:

- **Equipo de captación:** Formado por 2 acelerómetros solidarios a la cabeza de impacto, capaces de captar la aceleración en la dirección de impacto.
- **Cabeza de impacto:** Peso requerido de impacto
- **Brazo de posición:** Brazo articulado encargado de posicionar la cabeza en el plano horizontal, para imponer el punto de impacto.
- **Mecanismo de altura:** Mecanismo con el que imponer la altura de caída de la cabeza de una manera fiable.

Descripción de la mecánica: El mecanismo de elevación está formado por un sistema motor - reductor - husillo que eleva el carro. Se decide adoptar este mecanismo ya que puede alcanzar un cierto grado de precisión en la altura deseada.

La estructura se encarga de soportar todas las cargas que suponen el peso del mecanismo de posición y el mecanismo de elevación, además debe garantizar una deformación mínima.

La torre está formada por dos vigas colocadas en vertical, una paralela a la otra, estas columnas se empotran en el suelo mediante ángulos reforzados con nervios, estos ángulos se sueldan a los perfiles y se unen al suelo cada uno por pernos gancho clavados en el hormigón.

Banco horizontal de impactos sobre rieles

El elemento clave del ensayo de impactos es gestionar y emprender el trabajo en un ambiente controlado y seguro, completando las pruebas estándar para los distintos tipos de vehículos. Tomado y adaptado de (CARS, 2003)

Este tipo de pruebas ofrece una manera de probar el producto en condiciones simuladas de choque, sin el costo de tener que estrellar un prototipo completo.

En la figura 1.7, se muestra un banco horizontal sobre rieles.

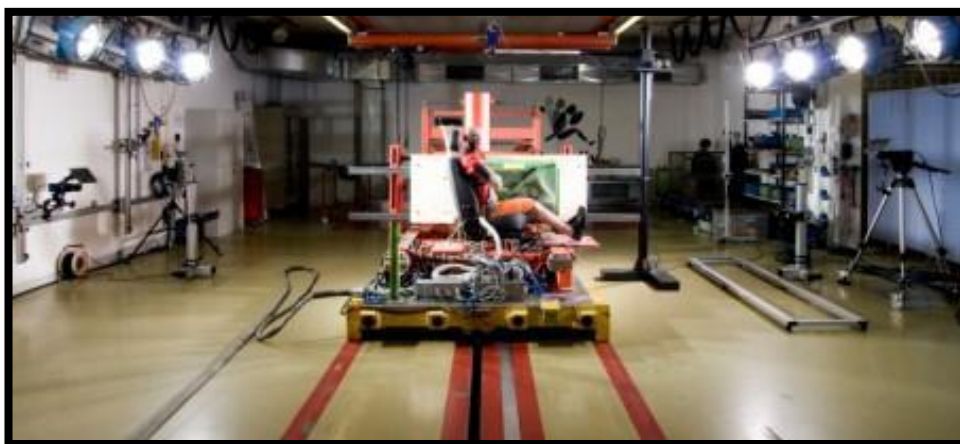


Figura 1.7: Banco horizontal sobre rieles.

Fuente: (CARS, 2003)

Además, entre sus ventajas se encuentra la reducción del número de pruebas necesarias, lo que supone menores costes, tiempo invertido y la posibilidad de obtener conclusiones precisas con menos experimentos, como se muestra en la figura 1.8.



Figura 1.8: Laboratorio para pruebas dinámicas

Fuente: (Transport_Research_Laboratory, 2013)

Las pruebas de choques o impactos se basan principalmente en el deslizamiento sobre correderas de diferentes tipos de trineos según la aplicación a analizar, dichas pruebas ofrecen resultados precisos, fiables y repetible en todas las escalas, así mismo se combinan tecnologías probadas con sensores y sistemas de control, su esquema se lo muestra en la figura 1.9. Tomado y adaptado de (Transport_Research_Laboratory, 2013)

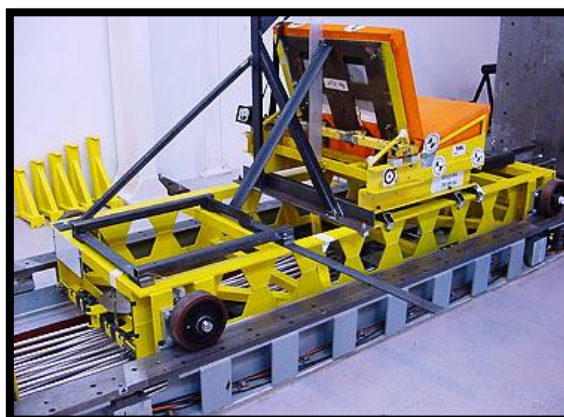


Figura 1.9: Elemento móvil del banco de pruebas

Fuente: (Transport_Research_Laboratory, 2013)

El diseño de la corredera permite un gran número de pruebas que se realizarán con mayor rapidez sin comprometer la precisión o consistencia, incorporando tecnología actualizada en el trineo elástico el cual se encuentra integrado con los más modernos sistemas de recolección de datos y control electrónico, un esquema del sistema se muestra en la figura 1.10.



Figura 1.10: Estructura Mecánica del banco de pruebas

Fuente: (Transport_Research_Laboratory, 2013)

El sistema se activa como una catapulta, impulsando el trineo por los carriles hacia la cara de impacto en el otro extremo, como se indica en la figura 1.11.



Figura 1.11: Sistema de propulsión del banco de prueba

Fuente: (Transport_Research_Laboratory, 2013)

En el trineo se realiza la instalación de diferentes tipos de componentes electrónicos, los cuales permiten la adquisición de las señales que son necesarias para el posterior análisis del comportamiento del vehículo después del impacto, varios de los componentes electrónicos a implementar se muestran en la figura 1.12.



Figura 1.12: Componentes electrónicos para análisis del vehículo.

Fuente: (Universidad_Sevilla, 2012)

Los datos adquiridos por los sensores, el sistema de propulsión, los resultados del impacto y otros factores relevantes, pueden ser supervisados desde una sala de control equipada adecuadamente en la cual el operador

analiza el registro de todos los datos obtenidos, como se indica en la figura 1.13.



Figura 1.13: Sala de supervisión y control

Fuente: (Transport_Research_Laboratory, 2013)

1.4. Teoría de choques

La ley de conservación del momento lineal se puede aplicar muy claramente en Física a lo que se conoce como choque o colisión. Se usa el término choque para representar, en escala macroscópica, un evento en el que dos partículas interactúan y permanecen juntas durante un intervalo de tiempo muy pequeño, produciendo fuerzas impulsivas entre sí. Tomado y adaptado de (Fisicanet, 2013)

Se supone que la fuerza impulsiva es mucho más grande que cualquier otra fuerza externa. En escala atómica tiene poco sentido hablar del contacto físico; cuando las partículas se aproximan entre sí, se repelen con fuerzas electrostáticas muy intensas sin que lleguen a tener contacto físico.

Cuando dos o más objetos chocan sin que actúen fuerzas externas, el momento lineal total del sistema se conserva. Pero la energía cinética en general no se conserva, ya que parte de esta se transforma en energía térmica y en energía potencial elástica interna de los cuerpos cuando se deforman durante el choque.

Si \vec{F} indica la fuerza de interacción que actúa sobre uno de los cuerpos, el impulso \vec{I} se define por:

$$\vec{I} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F} dt = \Delta\vec{p} \quad \text{EC. 1.1}$$

Para el intervalo de tiempo que dura la interacción. Como $\vec{F} = m\vec{a}$ podemos integrar la expresión anterior y escribir

$$\vec{I} = m(\vec{v}(t_2) - \vec{v}(t_1)) \quad \text{EC. 1.2}$$

Es decir el impulso que actúa sobre un cuerpo es igual al cambio de la cantidad de movimiento de él.

1.4.1. Tipos de choques

Mientras dure el choque se conserve la energía mecánica, los choques se clasifican en:

1. **Elásticos:** Son aquellos en los que además de conservarse el momento lineal se conserva la energía mecánica. Tomado y adaptado de (Fisicanet, 2013)

a) Velocidades de igual sentido

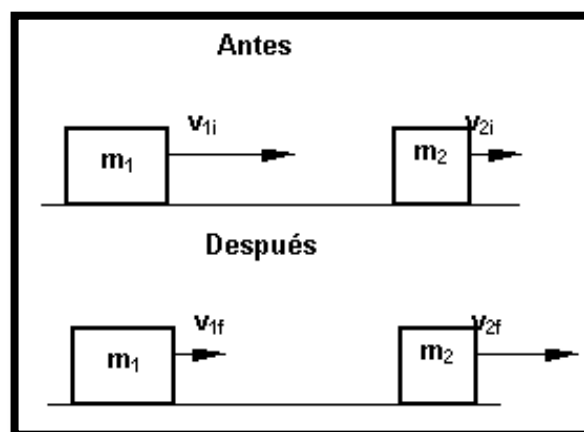


Figura 1.14: Choque Elástico de velocidades de igual sentido

Fuente: (Fisicanet, 2013)

Durante el choque, cada cuerpo recibe una cantidad de movimiento que es igual a la velocidad perdida por el otro. Tomado y adaptado de (Iliberis, 2013)

Un esquema se muestra en la figura 1.14.

Al recuperar su forma inicial, cada uno pierde o gana respectivamente, la cantidad de movimiento ganada o perdida en el momento del choque, la velocidad final de cada uno será:

$$v_{1f} = \frac{(v_{2f} + v_{2i})m_2}{(m_1 + v_{1i})} \quad \text{EC. 1.3}$$

$$v_{1f} = v_{2f} + v_{2i} - v_{1i} \quad \text{EC. 1.4}$$

b) Velocidades de distinto sentido

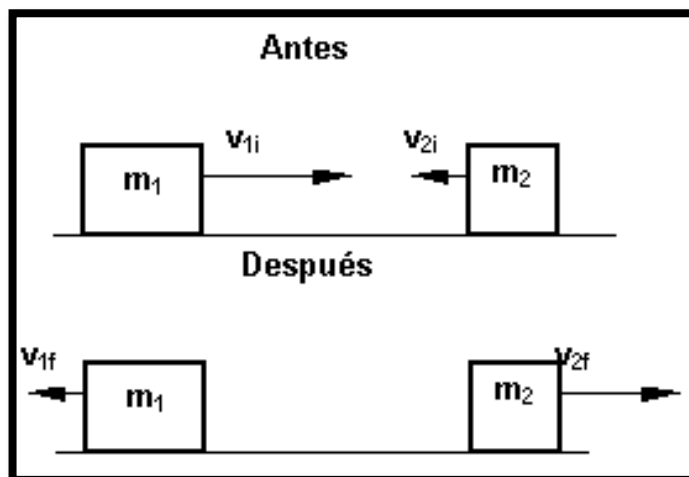


Figura 1.15: Choque Elástico de velocidades de diferente sentido

Fuente: (Fisicanet, 2013)

En la figura 1.15, se muestra el diagrama de un choque elástico de velocidades de diferente sentido.

En este caso los cuerpos literalmente rebotan, y la velocidad final de cada uno será:

$$\text{EC. 1.5}$$

$$v_{1f} = \frac{(v_{2f} - v_{2i})m_2}{(m_1 + v_{1i})}$$

2. **Inelásticos:** Son aquellos en los que solamente se conserva el momento lineal. Dentro de ellos podemos distinguir entre:

- **Choque parcialmente inelástico:** Son aquellos en los que se pierde parte de la energía mecánica, pero las partículas no se adhieren.
- **Choque inelástico total o plástico:** Es aquel en el que las partículas se adhieren durante el choque, marchando juntas después del mismo.

a) **Velocidades de igual sentido y dirección**

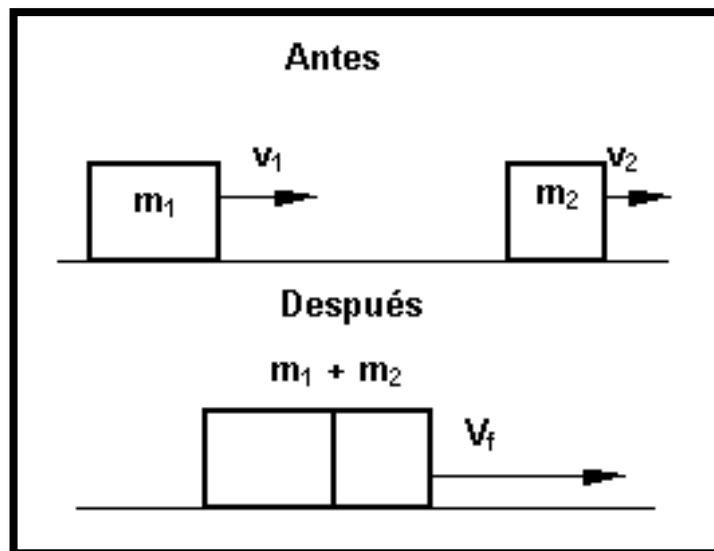


Figura 1.16: Velocidades de igual sentido y dirección

Fuente: (Fisicanet, 2013)

En la figura 1.16, se tiene el esquema de un choque con velocidades de igual sentido y dirección.

Supongamos un cuerpo 1 de masa m_1 y velocidad v_1 que se dirige hacia el cuerpo 2 de masa m_2 y velocidad v_2 , siendo ambas velocidades de igual dirección y sentido.

Sobre cada cuerpo actuó en el momento del choque, el impulso que le provocó el otro cuerpo, entonces hay dos acciones de igual intensidad y

sentido contrario, en consecuencia ambas cantidades de movimiento serán iguales y de sentido contrario.

Luego del choque ambos cuerpos continúan juntos con una velocidad final común a ambos.

La velocidad final será:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \quad \text{EC. 1.6}$$

como v_{1f} y v_{2f} son iguales porque ambos cuerpos siguen juntos

$$v_f = \frac{(m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i})}{(m_1 + m_2)} \quad \text{EC. 1.7}$$

b) Velocidades de igual dirección y sentido contrario.

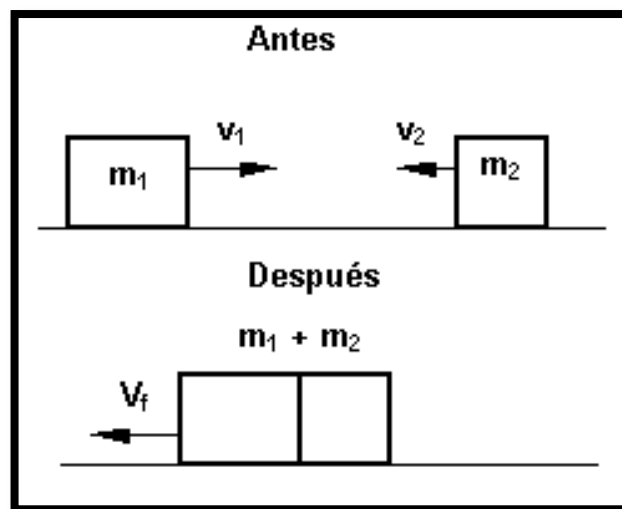


Figura 1.17: Velocidades de igual dirección y sentido contrario.

Fuente: (Fisicanet, 2013)

En este caso los cuerpos poseían velocidades de igual dirección pero de sentido contrario antes del choque, como en el caso anterior luego del impacto continúan juntos con una velocidad final que estará dada por la diferencia de las cantidades de movimiento. El esquema se muestra en la figura 1.17. La velocidad final será:

EC. 1.8

$$m_1 v_{1i} - m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

como v_{1f} y v_{2f} son iguales porque ambos cuerpos siguen juntos

$$v_f = \frac{(m_1 v_{1i} - m_2 v_{2i})}{(m_1 + m_2)} \quad \text{EC. 1.9}$$

La velocidad final mantendrá la misma dirección, pero tendrá el sentido de la velocidad del cuerpo que antes del choque tenga más cantidad de movimiento.

También puede distinguirse entre choque en una dimensión o choque frontal que es el que tiene lugar cuando las partículas chocan a lo largo de la línea que une sus centros. En este caso las partículas se mueven antes y después del choque sobre la recta que une sus centros.

3. Choques unidimensionales.- El teorema de la conservación de la cantidad de movimiento es otro de los pilares fundamentales de la física. La segunda ley de Newton puede escribirse como:

$$\vec{I} = \Delta\vec{p} \quad \text{EC. 1.10}$$

Donde \vec{I} es el impulso que recibe un cuerpo y $\Delta\vec{p}$ es el cambio en su cantidad de movimiento. Ahora que se cuenta con el concepto de energía, se estudia más apropiadamente las colisiones. La ecuación anterior implica que si no existen fuerzas externas, no existe cambio en la cantidad de movimiento del sistema. En otras palabras, puede cambiar la cantidad de movimiento de cada uno de los cuerpos presentes, pero su suma se mantiene inalterable en el tiempo. Tomado y adaptado de (Universidad_de_Santiago_de_Chile, 2003)

Se sabe que una colisión no implica un cambio en la cantidad de movimiento del sistema (siempre y cuando no exista intercambio de materia entre el sistema y el ambiente), bien puede ser que en el proceso se obtenga una pérdida de energía si existen fuerzas no conservativas, en consecuencia, se puede dividir a los choques entre aquellos que son perfectamente elásticos (conservan su energía) y perfectamente inelásticos (no conservan su energía). Ambos choques son ideales y no se observan entre cuerpos macroscópicos (choques perfectamente elásticos se observan entre átomos

y partículas subatómicas), aunque existen numerosos ejemplos que se pueden considerar como tales. Los choques reales pueden dividirse en elásticos e inelásticos, en ninguno de los cuales se conserva la energía. Como una forma de diferenciarlos, se harán observaciones teóricas y experimentales, si los cuerpos resultan separados después de la colisión, el choque se llama elástico; si además el sistema conserva su energía, se llama perfectamente elástico. En ellos no existe deformación residual en los cuerpos. Si los cuerpos resultan unidos se llama inelástico, si la deformación resultante es igual que la máxima obtenida en el proceso, se denomina perfectamente elástica

Coefficiente de restitución.- Se define como coeficiente de restitución (e) al cociente entre las velocidades relativas antes y después del choque. Para choques en una dimensión:

$$e = -\frac{u_1 - u_2}{v_1 - v_2} \quad \text{EC. 1.11}$$

Este coeficiente da el porcentaje de deformación permanente de los cuerpos a causa del evento. En el caso de los choques perfectamente elásticos este cociente tiene módulo 1

Note que si los choques son perfectamente inelásticos (también denominados plásticos) siguen juntos y las velocidades después del choque son iguales ($u_1 = u_2$), por lo que $e = 0$; es decir, la deformación máxima que experimentan en el evento, es la definitiva; se recuperan 0%.

1.4.2. Efectos de choque

- La mecánica de choque tiene el potencial de dañar y deformar.
- Un cuerpo frágil se puede fracturar.
- Un objeto dúctil se puede doblar por una conmoción (deformar).
- Algunos objetos no se dañan por un único choque, pero sí se produce fatiga en el material con numerosas repeticiones de choques de bajo nivel.

- Un efecto de choque puede resultar solo daños menores, que pueden no ser críticos para su uso. Sin embargo, daños menores acumulados de varios efectos de choques, eventualmente resultarán en que el objeto sea inutilizable. Tomado y adaptado de (Wikimedia F. , 2013)
- Un choque puede no producir daño aparente de inmediato, pero podría reducir la vida útil del producto: la fiabilidad se reduce.

1.4.3. Consideraciones

Cuando las pruebas de laboratorio, la experiencia sobre un terreno o de ingeniería indican que un objeto puede ser dañado por un choque, debería considerarse tener algunas precauciones:

- Reducir y controlar la fuente de entrada del choque (origen).
- Modificar el objeto para mejorar su resistencia o mejorar el control del choque.
- Usar amortiguadores o algún material que absorba el golpe (como materiales muy deformables) a fin de controlar la transmisión del choque sobre el objeto, esto reduce el tipo de aceleración y amplía la duración del choque.
- Plan de fracasos: Aceptar algunas pérdidas, tener sistemas redundantes; utilizar los más seguros; etc.

1.4.4. Pruebas de choque en vehículos

Existen diferentes entidades enfocadas al desarrollo de pruebas para la seguridad de los conductores de vehículos, siendo estas:

INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY

(IIHS, *Instituto de Seguros para la Seguridad en las Carreteras*) es una organización científica y educacional independiente, sin fines de lucro dedicada a disminuir las pérdidas en términos de: muertes, heridas y daños materiales en accidentes. Tomado y adaptado de (Wikimedia F. , Fundación Wikimedia, 2013)

IIHS realiza sus mediciones a través de datos estadísticos y de pruebas de seguridad pasiva en autos nuevos entregando una clasificación (buena;

aceptable; marginal; pobre) en sus mediciones, como se indica en la figura 1.18.

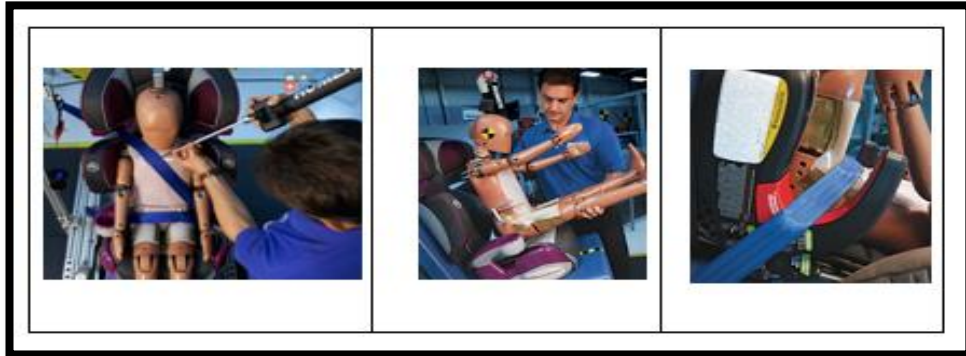


Figura 1.18: Pruebas realizadas por la IIHS

Fuente: (EuroNCAP, 2013)

EURONCAP

EuroNCAP (European New Car Assessment Programme, "Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos") es un programa de seguridad para automóviles apoyado por varios gobiernos europeos, muchos fabricantes importantes y organizaciones relacionadas con el sector automotriz de todo el mundo. Tomado y adaptado de (Wikimedia F. , 2013)

EuroNCAP realiza pruebas de seguridad pasiva en automóviles nuevos entregando una clasificación en estrellas basada en el comportamiento del automóvil en pruebas de impacto frontal y lateral, como se muestra en la figura 1.19.

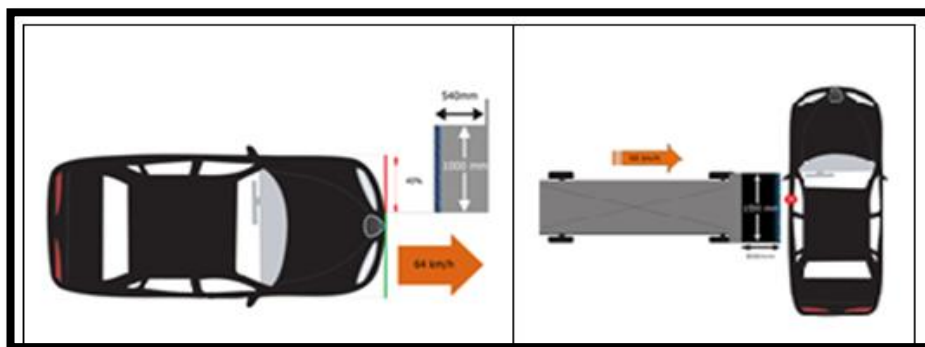


Figura 1.19: Pruebas realizadas por la EuroNCAP

Fuente: (EuroNCAP, 2013)

NHTSA

La National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) es una agencia dependiente del gobierno de los Estados Unidos, y forma parte del Departamento de Transporte. Su misión es "Salvar vidas, prevenir heridas y reducir los accidentes de vehículos".

La NHTSA realiza pruebas de seguridad pasiva en autos nuevos entregando una clasificación en estrellas basada en el comportamiento del vehículo en pruebas de impacto frontal y lateral, el esquema se indica en la figura 1.20.

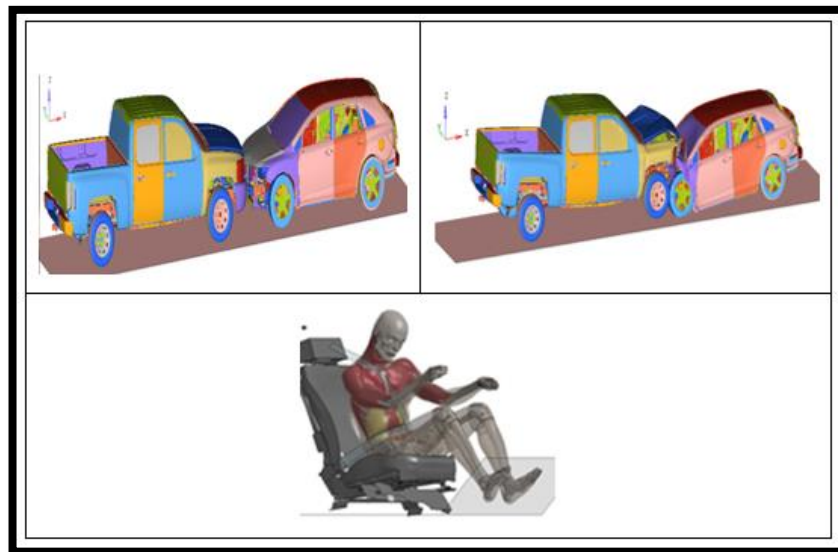


Figura 1.20: Pruebas realizadas por la NHTSA

Fuente: (EuroNCAP, 2013)

1.4.5. Pruebas de seguridad realizadas

IMPACTO FRONTAL

El ensayo de impacto frontal se basa en el desarrollado por el Comité europeo para el incremento de la seguridad en los vehículos como base para la legislación, aunque la velocidad de impacto se ha aumentado en 8 km/h. Tomado y adaptado de (EuroNCAP, 2013)

La prueba de impacto frontal se muestra en la figura 1.21.

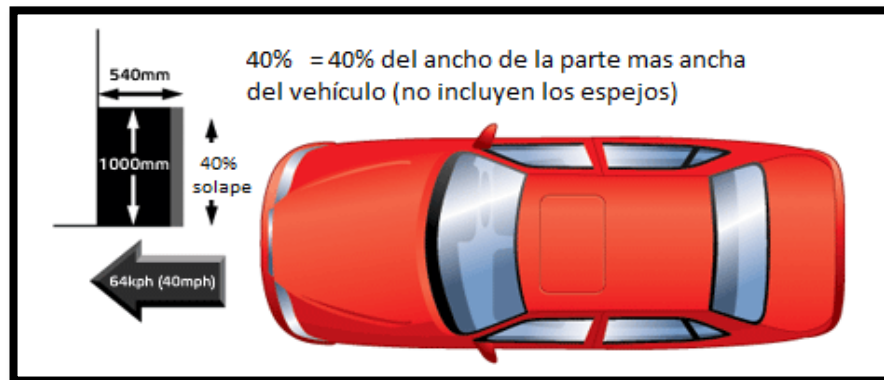


Figura 1.21: Prueba de impacto frontal

Fuente: (EuroNCAP, 2013)

Cada vehículo probado se somete a un impacto con solape parcial contra un bloque inamovible con una estructura de panel de abeja deformable en una de sus superficies. Este impacto está destinado a representar los accidentes de tránsito más frecuentes, que tienen como resultado lesiones graves o mortales. Tomado y adaptado de (EuroNCAP, 2013).

IMPACTO LATERAL

La segunda configuración de choque más importante es la del impacto lateral del vehículo contra otro vehículo, como se indica en la figura 1.22. Se simula este tipo de impacto con una barrera deformable móvil (MDB) que impacta contra la puerta del conductor a 50 km/h.

La protección ante lesiones se evalúa mediante la colocación de un dummy en el lado de ensayo del impacto, en el asiento del conductor. Tomado y adaptado de (EuroNCAP, 2013).

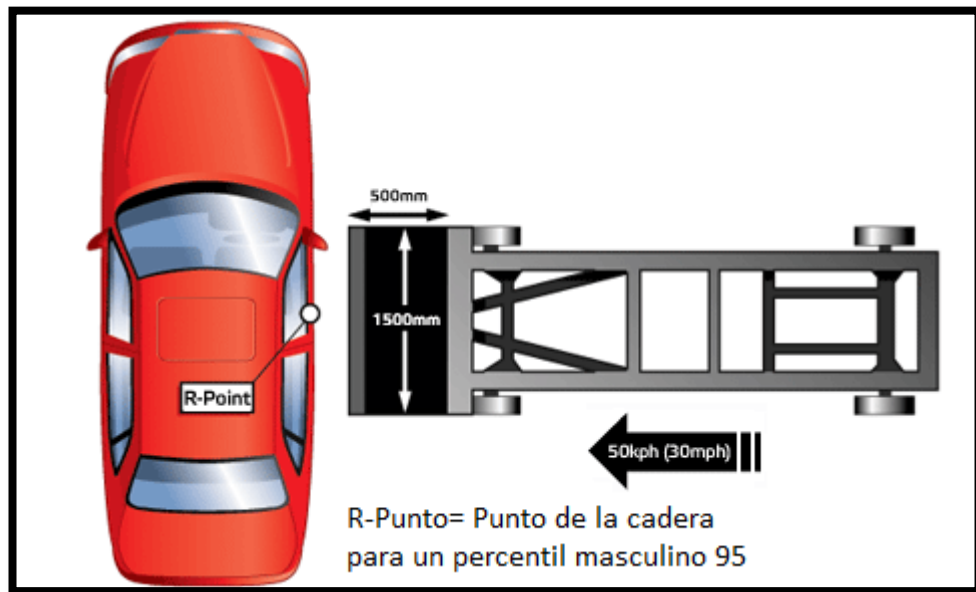


Figura 1.22: Prueba de Impacto lateral

Fuente: (EuroNCAP, 2013)

Aunque resulta difícil juzgar el nivel de protección procedente de la extensión de la intrusión de espacio, el control de cómo se produce esta intrusión es importante.

1.5. Dispositivos electrónicos

1.5.1. Acelerómetros

Son elementos que se encargan de transformar la magnitud física de aceleración en otra magnitud eléctrica que será captada por los diferentes sistemas de adquisición de datos.

Son empleados para medir vibraciones y oscilaciones en muchas máquinas e instalaciones, así como para el desarrollo de diferentes tipos de componentes o herramientas, como se muestra en la figura 1.23.

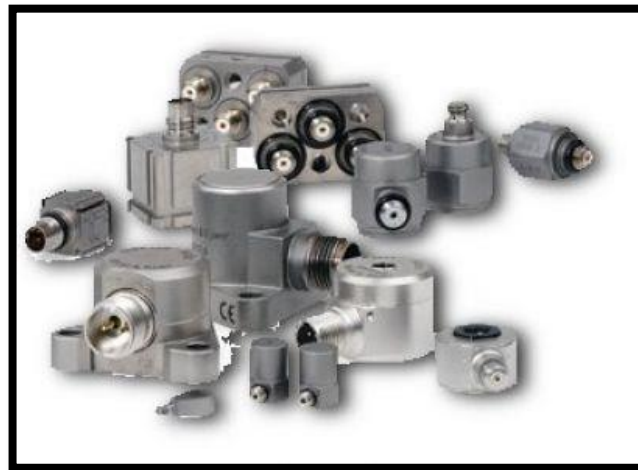


Figura 1.23: Acelerómetros

Fuente: (Universidad_Sevilla, 2012)

Los rangos de medida van desde las décimas de g, hasta los miles de g.

TIPOS DE ACELERÓMETROS.

Los métodos para medir la aceleración son muy variados por lo que sólo se van a destacar los más comunes:

- Acelerómetros mecánicos: emplean una masa inerte y resortes elásticos.

En este tipo de acelerómetro los cambios se miden con galgas extensiométricos, incluyendo sistemas de amortiguación que evitan la propia oscilación. Otros sistemas emplean sistemas rotativos desequilibrados que originan movimientos oscilatorios cuando están sometidos a aceleración (servo acelerómetros) o detectan el desplazamiento de una masa inerte mediante cambios en la transferencia de calor (acelerómetros térmicos). Tomado y adaptado de (Centeno, 2010)

- *Acelerómetros capacitivos*: modifican la posición relativa de las placas de un micro condensador cuando está sometido a aceleración, como se muestra en la figura 1.24.



Figura 1.24: Acelerómetros capacitivos

Fuente: (Centeno, 2010)

- *Acelerómetros piezoeléctricos*: su funcionamiento se basa en el efecto piezoeléctrico y son, probablemente, de los más usados en la medida de vibraciones. Su principal inconveniente radica en su frecuencia máxima de trabajo y en la incapacidad de mantener un nivel permanente de salida ante una entrada continua. Los acelerómetros se muestran en la figura 1.25.



Figura 1.25: Acelerómetros piezoeléctricos

Fuente: (Centeno, 2010)

- *Acelerómetros micromecánicos* (MEMS Micro-Electro-Mechanical-System): este tipo de dispositivos ha sido desarrollado para su empleo como sensor de impacto en los sistemas de airbag, en sistemas antibloqueo de frenos o en cualquier otro proceso en que se pretenda medir impacto. En la figura 1.26 se muestra un modelo de acelerómetro micro mecánico.



Figura 1.26: Acelerómetros micro mecánicos

Fuente: (DIRECT_INDUSTRY, 2012)

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ACELERÓMETROS

En la siguiente tabla se resumen algunas de las principales características de los acelerómetros y sus aplicaciones más típicas teniendo en cuenta que el margen de medida se expresa en unidades de g (aceleración de la gravedad terrestre cuyo valor es aproximadamente de 9,81 m/s²):

Tabla 1.1: Tipos de acelerómetros

Tipo de acelerómetro	Margen de medida	Ancho de Banda (Hz)	Ventajas e inconvenientes	Aplicación
Micromecánico	De 1,5 a 250 g	De 0,1 a 1500	Alta sensibilidad Coste medio Uso sencillo Bajas temperaturas	Impacto ABS Airbag Automoción
Piezo-eléctricos	De 0 a 2000 g	De 10 a 20000	Sensibilidad media Uso complejo Bajas temperaturas	CONTINÚA → Impacto Uso industrial

CONTINÚA →

			No funcionan en continua	
Piezo-resistivos	De 0 a 2000 g	De 0 a 10000	Respuesta en continua y alterna Prestaciones medias Bajo coste	Vibración Impacto Automoción
Capacitivos	De 0 a 1000 g	De 0 a 2000	Funciona en continua Bajo ruido Baja potencia Excelentes características	Uso general Uso industrial
Mecánicos	De 0 a 200 g	De 0 a 1000	Alta precisión en continua Lentos Alto coste	Navegación inercial Guía de misiles Herramientas Nivelación

Fuente: (Universidad_Sevilla, 2012)

En cualquier caso, la selección del acelerómetro para una aplicación concreta se hará en función de una serie de criterios:

- a. Frecuencia de trabajo o margen de frecuencias de uso, tanto los valores mínimos como los máximos que determinan la velocidad de respuesta que precisamos.
- b. Los valores máximos y mínimos del nivel de la señal que esperamos. El valor mínimo de señal no suele ser muy importante excepto para algunas aplicaciones en concreto en que se precisan medidas de vibraciones muy débiles.
- c. Consideraciones acerca de la forma de montaje, el espacio disponible, la forma de salida de los cables, etc. pueden parecer triviales al usuario, pero pueden hacer que una selección quede invalidada.

1.5.2. Sensores fotoeléctricos

Principio de funcionamiento: Son dispositivos electrónicos que responden al cambio en la intensidad de luz.

Estos sensores requieren de un componente emisor que genera luz, y un componente receptor que “ve” la luz generada por el emisor. Tomado y adaptado de (ELECTROMÁTICA, 2012)

Su funcionamiento se indica en la figura 1.27.

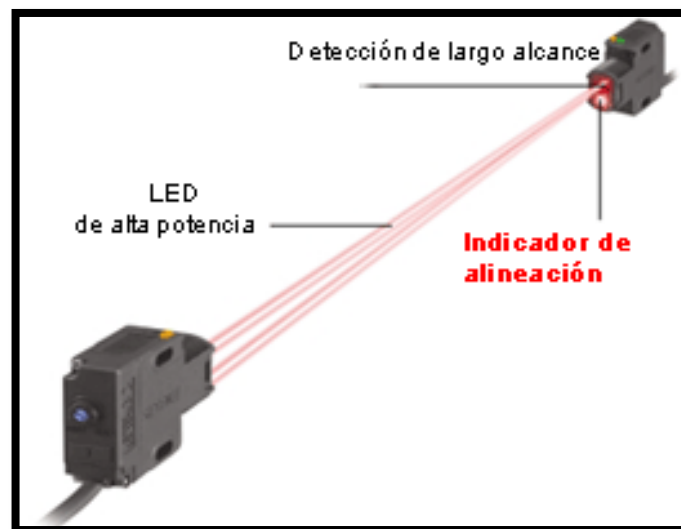









Figura 1.27: Sensores fotoeléctricos, modo opuesto o barrera.

Fuente: (GUINDO, 2012)

Tabla 1.2: Tipos de sensado fotoléctrico

TIPO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS

<p>MODO OPUESTO</p> 	<p>Consta de dos aparatos, emisor y receptor posicionados en forma opuesta. El objeto es detectado cuando interrumpe la barrera luminosa.</p>	<p>Permite grandes alcances, esta disposición en gran medida está exenta de perturbaciones provocadas por objetos reflectantes situados en el recorrido de la luz.</p>
<p>MODO REFLECTIVO</p> 	<p>La luz emitida se refleja por medio de un reflector a la distancia indicada como alcance máximo y es evaluada por el aparato.</p>	<p>Permite instalación en espacio restringido.</p>
<p>MODO REFLECTIVO POLARIZADO</p> 	<p>Principio similar a modo reflectivo.</p>	<p>Se usa cuando el objeto a sensar es altamente reflectante.</p>
<p>MODO DIFUSO</p> 	<p>Lleva el emisor y receptor de luz incorporados en una misma caja. Refleja de vuelta la luz del propio objeto detectado.</p>	<p>No necesita ajuste del eje óptico.</p>
<p>MODO CONVERGENTE</p> 	<p>Es similar al modo difuso, su diferencia es que utiliza una óptica adicional para producir una pequeña y bien definida área de sensado.</p>	<p>Detecta CONTINÚA → pequeños.</p>

<p>MODO DE CAMPO FIJO Y AJUSTABLE</p> 	<p>Usan dos receptores y un circuito comparador para cancelar la respuesta del sensor cuando la intensidad de la luz reflejada alcanzada en el rango largo del receptor excede la intensidad de la luz reflejada localizada en el rango cerrado del receptor.</p>	<p>No es afectado por un objeto de fondo con gran reflexión, permite la detección estable de objetos de distintos colores y materiales de distinta reflexión.</p>
<p>MODO DE SENSADO CON FIBRA ÓPTICA</p> 	<p>El campo de aplicación se desplaza del aparato hacia el campo de creación por medio de fibras ópticas flexibles de plástico o fibra de vidrio que conducen y guían la señal luminosa de sensado.</p>	<p>Aplicado en sitios inaccesibles para los otros modos de sensado, además que pueden utilizarse bajo condiciones desfavorables, fuertes vibraciones o medios agresivos.</p>

Fuente: (ELECTROMÁTICA, ELECTROMÁTICA, 2012)

1.6. Adquisición de datos

1.6.1. Proceso de adquisición de datos

Tomado y adaptado de (RUA, 2012). El proceso a seguir con las señales desde la adquisición de las mismas, por medio del sensor adecuado, hasta la digitalización consta de tres etapas:

1. Conversión de la magnitud a una señal eléctrica
2. Adaptación de la señal eléctrica para su lectura digital
3. Sistema hardware de adquisición de datos, generalmente a través de un computador.

El esquema del sistema de adquisición de datos se muestra en la figura 1.28.

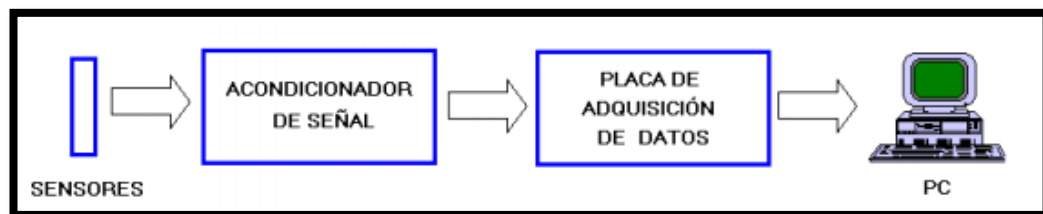


Figura 1.28: Esquema de Sistema de Adquisición de Datos

Fuente: (RUA, 2012)

Acondicionador de señal

El objetivo del acondicionador de señal es generar, a partir de los obtenidos por los sensores, una señal que sea aceptable por las tarjetas de adquisición de datos.

Las funciones principales son:

Transformación: Los sensores pueden proporcionar una diferencia de potencial, o una variable de intensidad. Normalmente las tarjetas de adquisición de datos admiten diferencias de potencial, por lo que si el sensor proporciona una variación de intensidad, esta debe ser convertida en una diferencia de potencial proporcional.

Amplificación: La señal proporcionada por los sensores suele ser de un valor muy pequeño, por lo que debe ser amplificada con el fin de que pueda ser detectada correctamente por la tarjeta de adquisición de datos. La

amplificación de las señales, en su origen, reduce el ruido que les puede afectar en su transmisión hasta el computador.

Conversión por medio de opto acopladores: Consiste en la conversión de una señal eléctrica en una señal óptica, de luz. El principal objetivo de esta conversión consiste en aislar los sistemas eléctricos de los sensores de los sistemas eléctricos de la tarjeta de adquisición para que de esta forma, se evite tener que usar masas comunes, que en algunos casos producen problemas de derivación de corrientes.

Filtrado: Con el filtrado se pretende eliminar ruidos de alta frecuencia que pueden hacer perder exactitud al sistema de adquisición de datos. Lo ideal es transportar la señal del sensor lo más limpia posible a la tarjeta de adquisición.

Excitación: Hay muchos sensores que necesitan de una excitación, en corriente, o en tensión, para producir la variación proporcional a la magnitud a medir.

1.6.2. Fundamentos de procesamiento de señal

1. Muestreo de señales Analógicas

Para obtener datos digitales a partir de señales analógicas, la señal debe ser muestreada: Esto significa tomar el valor instantáneo de la señal en un momento determinado. Para una señal continua, las muestras se toman a intervalos regulares, generalmente con un periodo de muestreo fijo entre medidas.

Para recoger información útil, un factor clave es el ritmo o frecuencia con la que se toman las medidas.

Teorema de Nyquist

El Teorema de Nyquist indica que la frecuencia de muestreo mínima que se debe utilizar debe ser mayor que $2 \cdot f_{\max}$, donde f_{\max} es la frecuencia

máxima de la señal. Si se utiliza esa frecuencia de muestreo, se puede reproducir posteriormente la señal a partir de las muestras tomadas, como se muestra en la figura 1.29.

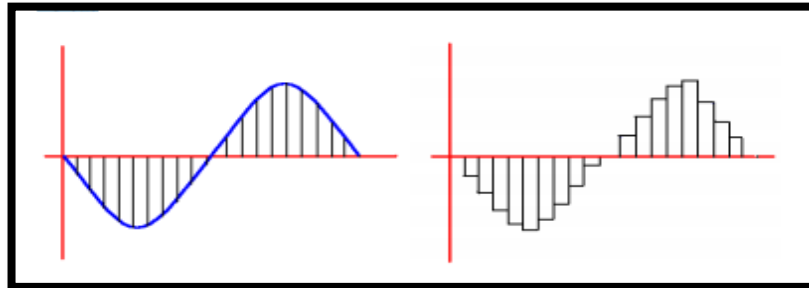


Figura 1.29: Teorema de Nyquist

Fuente: (RUA, 2012)

Si se utiliza una frecuencia por debajo de la especificada por el Teorema de Nyquist, aparece un fenómeno llamado Aliasing, eso es cuando al tratar de reconstruir la señal aparece una onda senoidal de frecuencia más baja.

Este fenómeno se presenta por el hecho de que las muestras se pueden unir para crear una forma de onda de frecuencia más baja que es totalmente diferente de la onda original, el efecto Aliasing se indica en la figura 1.30.

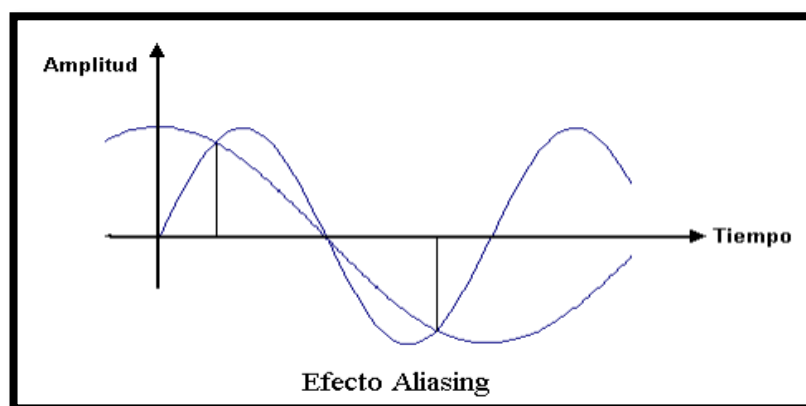


Figura 1.30: Efecto Aliasing

Fuente: (RUA, 2012)

2. Proceso de obtención de la Señal Digital

El proceso de muestreo convierte una señal digital continua en una serie de valores digitales discretos.

Esto se consigue usando un usando un filtro anti-aliasing. El filtro anti-aliasing no es más que un filtro pasa bajo analógico, como se indica en la figura 1.31.



Figura 1.31: Utilización de un filtro Anti-Aliasing

Fuente: (RUA, 2012)

La señal de entrada continua se pasa entonces a un circuito sample and hold. Este circuito toma muestras a un ritmo fijo y mantiene el valor hasta que se toma la muestra siguiente, dando como resultado una forma de onda escalonada, el filtro se muestra en la figura 1.32.

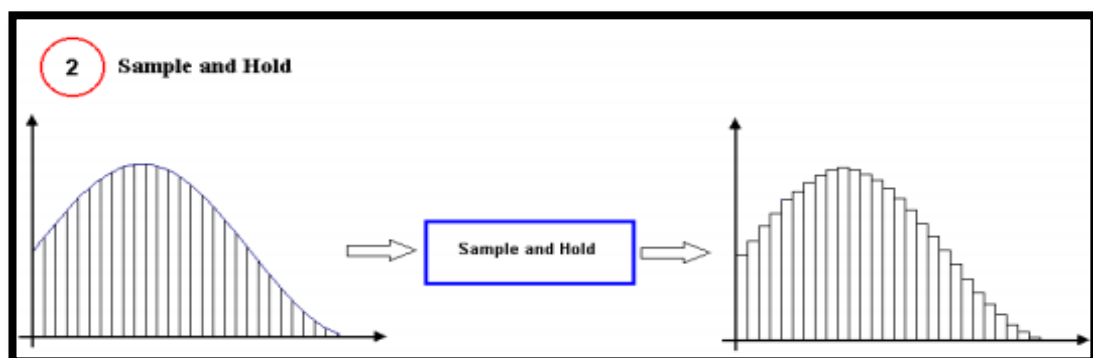


Figura 1.32: Filtro Sample and Hold

Fuente: (RUA, 2012)

Los valores muestreados se deben convertir ahora en números que ya están listos para ser procesados. Este proceso se denomina cuantificación, y se

realiza mediante un conversor analógico/digital (ADC), el proceso de cuantificación se indica en la figura 1.33.

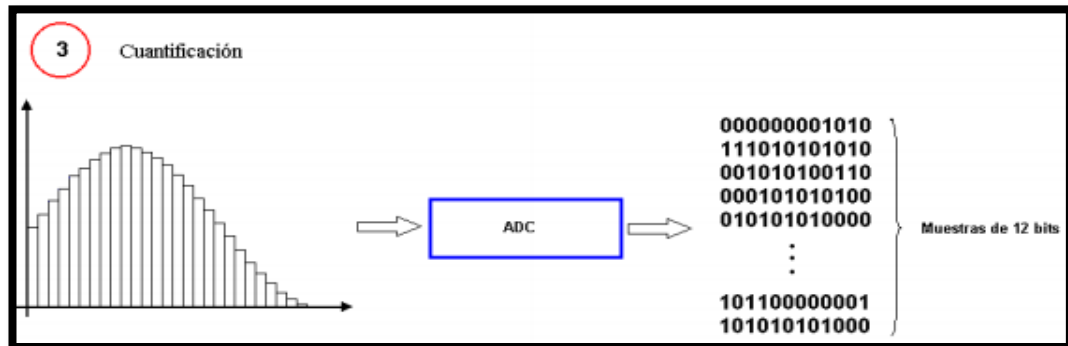


Figura 1.33: Proceso de Cuantificación

Fuente: (RUA, 2012)

Para cuantificar la señal, se utiliza un número de niveles que representan escalones de amplitud de entrada; para cada muestra ADC devuelve un valor que representa el nivel más cercano al valor de la muestra, como se indica en la figura 1.34.

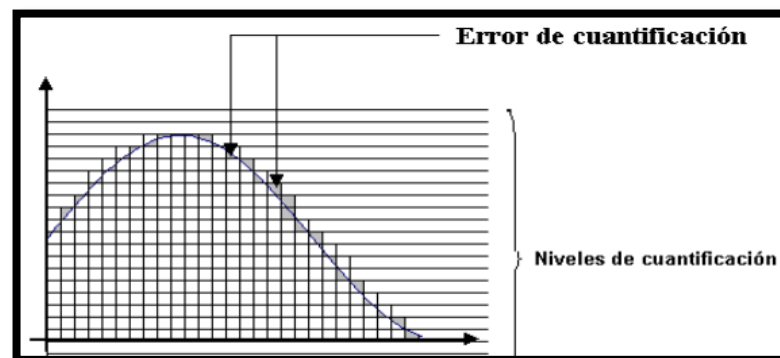


Figura 1.34: Error de cuantificación

Fuente: (RUA, 2012)

Cuanto más niveles de cuantificación se utilicen, se puede representar la señal analógica de una manera más exacta.

Componentes:

DAQ hardware: Son las interfaces entre la señal y un PC.

Driver software: Viene con el hardware, y permite que el sistema operativo pueda reconocer el hardware.

1.7. Interfaz Hombre – Máquina

Los sistemas HMI son considerados como una ventana de un proceso, que puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Tomado y adaptado de (Universidad_Nacional_Quilmes, 2009).

Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC (Controladores Lógicos Programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Es esquema de los componentes se muestra en la figura 1.35.

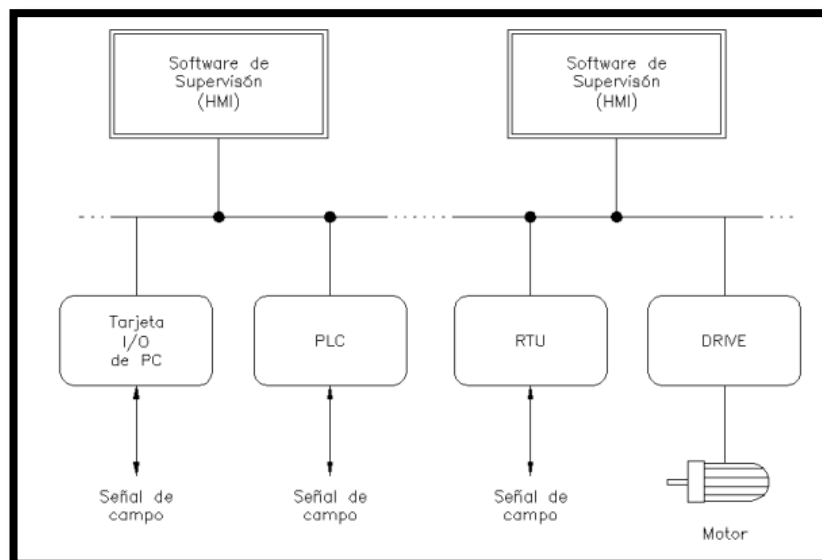


Figura 1.35: Componentes de un HMI

Fuente: (Universidad_Nacional_Quilmes, 2009)

1.7.1. Funciones de un HMI

- Monitoreo: Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, textos o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- Supervisión: Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora. Un ejemplo del HMI se indica en la figura 1.36.

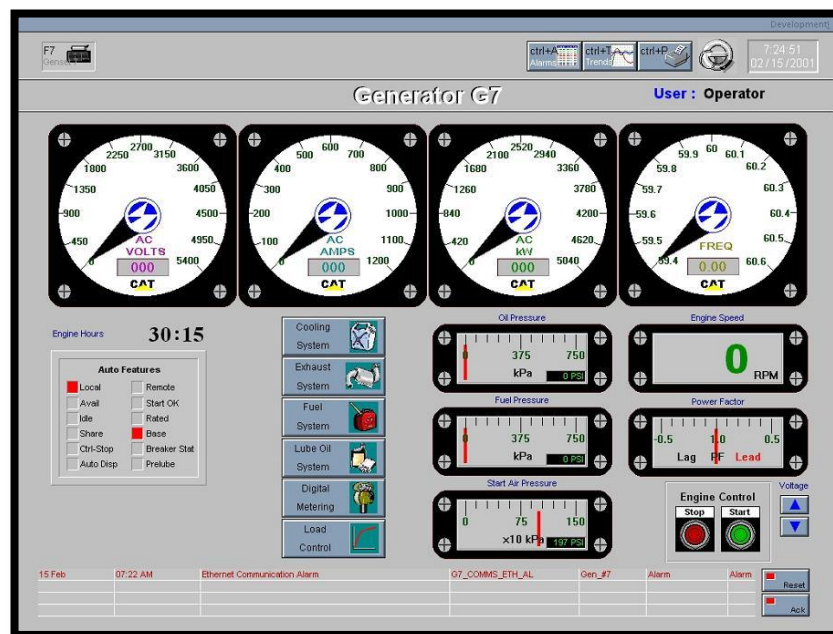


Figura 1.36: HMI a nivel industrial

Fuente: (Universidad_Nacional_Quilmes, 2009)

- Alarmas: Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar los eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos.
- Control: Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites.

CAPÍTULO II

FASES DE DISEÑO

El proyecto va dirigido a diseñar, construir e instalar un banco de pruebas para atenuadores de impacto, bajo normas, conceptos y recomendaciones de organismos reguladores.

En este capítulo se realizará el diseño de los diferentes elementos que conforman el banco de pruebas, la selección de materiales y componentes, levantamiento de planos y el mecanismo de propulsión, que permitan la construcción y puesta a punto del banco de pruebas para atenuador de impactos.

2.1 Parámetros de diseño

Para iniciar el diseño del banco de pruebas, es de suma importancia considerar ciertos parámetros establecidos que permitan la selección del banco de pruebas adecuado. Tomado y adaptado de (FSAE_RULES, 2014).

Las consideraciones técnicas establecen los requisitos para el diseño, fabricación y montaje del banco de pruebas para atenuadores de impacto, entre las principales consideraciones técnicas se tiene:

- a. El banco de pruebas deberá ser lo más rígido posible, con esto se busca que se produzca la menor deflexión posible en la estructura, y que el banco se desplace lo menos posible.
- b. El mecanismo de propulsión debe permitir que el trineo se impacte a una velocidad aproximada de 7 m/s, para que se cumpla con la normativa impuesta por la fórmula SAE.
- c. La masa del trineo a impactar debe ser 300 kg.

- d. Se debe obtener una desaceleración que no exceda 20 g's, con un pico de desaceleración menor o igual de 40 g's.
- e. En función a la velocidad alcanzada, la energía total absorbida debe exceder los 7350 Joules, impuesto por la FSAE en el Artículo 3 (célula del conductor) tomo 22 (datos requeridos del atenuador de impactos).
- f. El banco de pruebas debe simular un impacto real del prototipo; es decir, debe ser diseñado de tal manera que se cumpla con la teoría de choques, con el respectivo rebote después del impacto.
- g. El sistema de desplazamiento debe proporcionar el menor rozamiento posible para evitar fricción y desgaste de los componentes.
- h. Se debe buscar un banco de pruebas que proporcione una operación de control aceptable, es decir que cualquier operario pueda manejar el mismo.

2.2 Selección del tipo de banco de pruebas

La elección adecuada de la forma y funcionalidad del banco de pruebas de atenuador de impactos se basa en criterios de evaluación que permitan determinar principales características, ventajas y desventajas de cada tipo de banco.

Se recomienda tener en cuenta la forma constructiva del mecanismo para asegurar que sea funcional, puedan acoplarse fácilmente los elementos diseñados, además de esto debe brindar todas las facilidades necesarias al momento de su construcción e implementación, y de esta manera no presente complicaciones al momento el su funcionamiento.

2.2.1. Alternativas de selección

TORRE DE IMPACTO VERTICAL

Como su nombre lo indica, el desplazamiento del dispositivo a impactar se lo realiza en forma vertical, mediante un sistema de compresión determinada, obteniendo la señal del impacto necesaria para su respectivo análisis, de los parámetros establecidos, el esquema se indica en la figura 2.1.

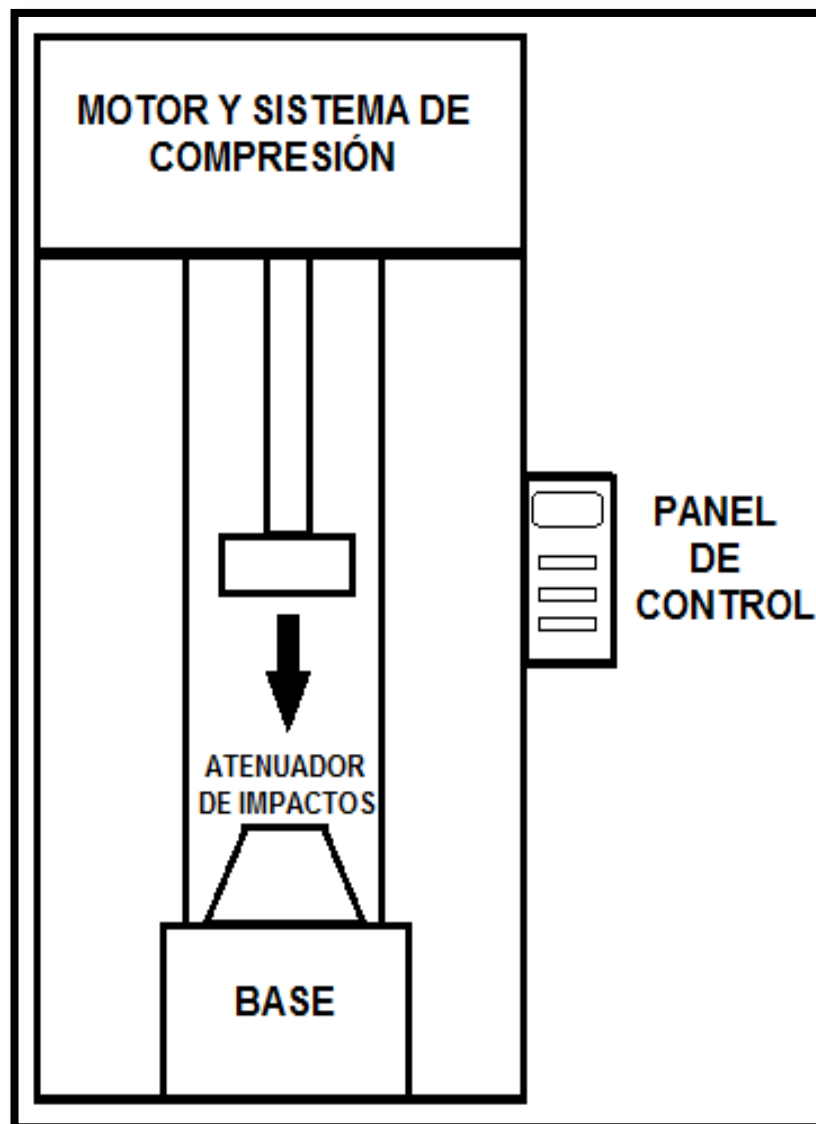


Figura 2.1: Esquema de una torre de impacto vertical.

El banco de pruebas vertical está conformado por una base en la que se apoyará la estructura, un panel de control, el mismo que permitirá la activación del sistema de compresión momento antes del impacto.

BANCO HORIZONTAL SOBRE RIELES

Las pruebas de impactos se basan principalmente en el deslizamiento sobre correderas de diferentes tipos de trineos según la aplicación a analizar, dichas pruebas ofrecen resultados precisos, fiables y repetible en todas las escalas, así mismo se combinan tecnologías probadas con sensores y sistemas de control. Tomado y adaptado de (Transport_Research_Laboratory, 2013).

El sistema simula un impacto real, al deslizarse por correderas horizontales, sin ninguna inclinación, el esquema se indica en la figura 2.2.

Es importante mencionar que este tipo de bancos de prueba simula un impacto real debido al efecto rebote que produce al momento de llevarse a cabo el impacto.

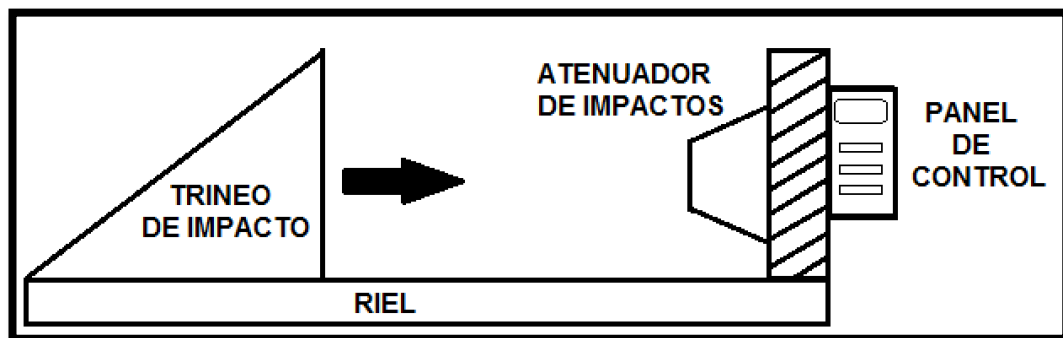


Figura 2.2. : Esquema de un banco horizontal sobre rieles.

2.2.2 Criterios de evaluación

Para realizar un análisis funcional de las alternativas propuestas, se consideraron diferentes criterios de evaluación, los mismos que permiten establecer ventajas y desventajas concretas para la elección de los diferentes sistemas.

Los diferentes criterios de evaluación, así como la descripción de cada uno de ellos se muestran a continuación:

- a) **Rendimiento:** Dentro de este parámetro se toma en cuenta el cumplimiento de los diferentes parámetros de diseño impuestos por organismos de regulación.

- b) **Mantenimiento:** Es necesario seleccionar elementos de fácil mantenimiento y cuyos repuestos sean de fácil adquisición.

- c) **Fiabilidad:** Se refiere al funcionamiento satisfactorio del prototipo en cualquier condición de trabajo, así como el cumplimiento de las teorías de choque en las que se basa el funcionamiento del mismo.

- d) **Operación de Control:** Es necesario un funcionamiento simple y de igual manera su operación, para que pueda ser maniobrado por cualquier persona.

- e) **Materiales:** Un diseño económico funcional requiere de una selección de materiales de fácil adquisición y de buenas propiedades mecánicas.

- f) **Proceso de Fabricación:** Es necesario evitar procesos complicados o que requieran de maquinaria sofisticada, de esta manera se economiza tiempo y dinero, que es uno de los fines del proyecto.

- g) **Espacio de Instalación:** Es importante que el espacio de instalación no sea de gran tamaño, así se evitan complicaciones al momento de la adecuación del espacio disponible.

MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

ANÁLISIS CUANTITATIVO

Bajo (1): Si la alternativa no cumple el criterio; **Medio (2):** Si la alternativa cumple medianamente el criterio;

Alto (3): Si la alternativa cumple totalmente el criterio

Tabla 2.1: Matriz de alternativas

ALTERNATIVAS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN																																							
	Rendimiento					Mantenimiento					Fiabilidad					Operación de control					Materiales					Proceso de fabricación					Espacio de instalación									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Torre de impacto vertical		x					x					x					x					x					x											x		
Banco horizontal sobre rieles			x				x						x				x					x					x										x			

Tabla 2.2: Valoración global de la matriz de alternativas

ALTERNATIVA	VALORACIÓN GLOBAL
<i>Torre de impacto vertical</i>	14
<i>Banco horizontal sobre rieles</i>	15

2.2.4. Evaluación de alternativas

Al analizar los resultados obtenidos de la matriz de selección de alternativas, se determinó que, según los determinados criterios de evaluación impuestos y analizados previamente, el BANCO HORIZONTAL SOBRE RIELES, es la opción adecuada; además que en los parámetros en los que cumple un mayor puntaje son criterios de evaluación de suma importancia para el correcto funcionamiento de un banco de ensayos para pruebas de atenuadores de impacto, razón por la cual es la opción adecuada para el inicio de la construcción.

2.3. Descripción del banco de pruebas a diseñar

Tomando en cuenta la evaluación de alternativas, se realizará el diseño de un banco de pruebas horizontal sobre rieles, el mismo que contará con un sistema de propulsión encargado de tensionar las bandas hasta lograr el impulso adecuado del trineo, el mismo se deslizará a través de las rieles con la ayuda de rodamientos lineales.

Al momento del impacto, mediante el Interfaz Hombre Máquina (HMI), se visualizará los datos obtenidos de velocidad y desaceleración, señales que fueron obtenidas a través de sensores ubicados en el banco de pruebas, el esquema se indica en la figura 2.3.

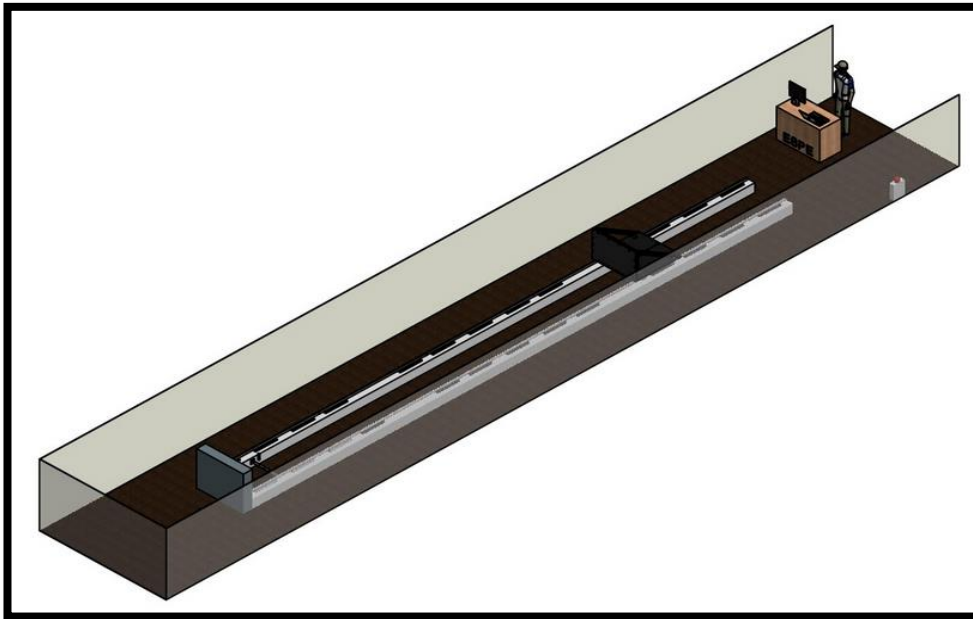


Figura 2.3: Banco de Pruebas a diseñar

2.4. Diseño de componentes mecánicos

2.4.1. Diseño de ejes

Los ejes forman parte del mecanismo de riel, su función es permitir el deslizamiento de los rodamientos lineales que son los encargados del desplazamiento del trineo, garantizando el mínimo rozamiento posible

Tabla 2.3: Criterios para esfuerzos de diseño-esfuerzos normales directos

FORMA DE LA CARGA	MATERIAL DÚCTIL	MATERIAL FRÁGIL
ESTÁTICA	$\sigma_d = \frac{S_y}{2}$	$\sigma_d = \frac{S_u}{6}$
REPETIDA	$\sigma_d = \frac{S_u}{8}$	$\sigma_d = \frac{S_u}{10}$
IMPACTO O CHOQUE	$\sigma_d = \frac{S_u}{12}$	$\sigma_d = \frac{S_u}{15}$

Fuente: (Mott, Sexta_Edicion)

Tabla 2.4: Criterios de esfuerzo de diseño a cortante

FORMA DE LA CARGA	ESFUERZO DE DISEÑO, MATERIALES DÚCTILES	
	$\tau_d = \frac{S_{ys}}{N} = \frac{0.5S_y}{N} = \frac{S_y}{2N}$	
ESTÁTICA	USE N=2	$\tau_d = \frac{S_y}{4}$
REPETIDA	USE N=4	$\tau_d = \frac{S_y}{8}$
IMPACTO	USE N=6	$\tau_d = \frac{S_y}{12}$

Fuente: (Mott, Sexta_Edicion)

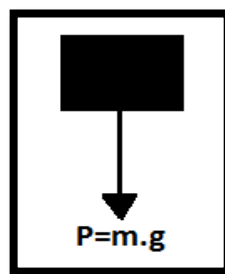
DETERMINACIÓN DE LA FORMA Y DIMENSIONES

Figura 2.4.: Diagrama de cuerpo libre del trineo

DATOS:

$$m = 300\text{Kg}$$

$$P = m \times g \tag{EC. 2.1}$$

$$P = 300\text{Kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 2940\text{N}$$

$$v_f^2 = v_o^2 + 2ad \tag{EC. 2.2}$$

$$v_o = 0$$

Despejando: $a = \frac{v_f^2}{2d}$

$$a = \frac{\left(7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 15\text{m}}$$

$$a = \frac{49 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{30\text{m}}$$

$$a = 1.633 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

FUERZA MÍNIMA

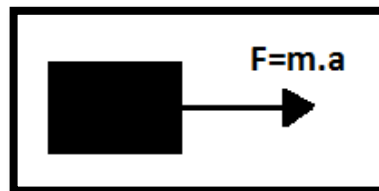


Figura 2.5. : Diagrama de cuerpo libre del trineo en movimiento

$$F = m \cdot a$$

EC. 2.3

$$F = 300\text{Kg} \times 1,63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 489 \text{ N}$$

FUERZA MÁXIMA (Al momento del impacto)

$$F = m \cdot a$$

$$a = 40g$$

$$a = 40 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a = 392,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 300\text{Kg} \times 392,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\boxed{F = 117020 \text{ N}}$$

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL SAE 1018

$$\boxed{S_y = 220 \text{ MPa}}$$

$$\boxed{S_u = 400 \text{ MPa}}$$

porcentaje de alargamiento = 33% → MATERIAL DUCTIL

$$\sigma = \sigma_d = \frac{S_y}{2} \rightarrow \text{MATERIAL DUCTIL CARGA ESTÁTICA} \quad \text{EC. 2.4}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{EC. 2.5}$$

$$A = \frac{F}{\sigma_d}$$

$$\text{PERO } A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{EC. 2.6}$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{2} = \frac{220000000 \text{ Pa}}{2}$$

$$\boxed{\sigma_d = 110000000 \text{ Pa}}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{F}{\sigma_d}$$

$$D^2 = \frac{F \times 4}{\sigma_d \times \pi}$$

$$D = \sqrt{\frac{F \times 4}{\sigma_d \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{489\text{N} \times 4}{110000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \pi}}$$

$$D = 0.00237 \text{ m}$$

$$\boxed{D = 2,38 \text{ mm}}$$

DIÁMETRO PARA a= 40g

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{F}{\sigma_d}$$

$$D^2 = \frac{F \times 4}{\sigma_d \times \pi}$$

$$D = \sqrt{\frac{F \times 4}{\sigma_d \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{117020\text{N} \times 4}{110000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{0.00135 \text{ m}^2}$$

$$D = 0.0368 \text{ m}$$

$$\boxed{D = 36.8 \text{ mm} \approx 1.44\text{in}}$$

EL DIÁMETRO SELECCIONADO ES DE 38,1mm ≈ 1,5 in

Tabla 2.5: Material seleccionado para ejes de transmisión.

MATERIAL SELECCIONADO PARA GUÍAS	
MATERIAL	SAE 1018
DIAMETRO	1.5in

CÁLCULOS PARA LA DEFLEXIÓN EN LAS GUÍAS

Momento de Inercia

$$D_{\text{eje}} = 0,0381 \text{ m}$$

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64} \quad \text{EC. 2.7}$$

$$I = 1,87 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

DEFLEXIÓN EN LAS VIGAS

CONSIDERACIÓN:

Se realizó una distribución de trece soportes para ejes, en cada guía de 15 m, con un total de 26 bases.

La separación de los apoyos no es la misma entre cada soporte, razón por la cual el análisis de deflexión en las vigas se lo realizó por secciones de las únicas tres medidas de separación existentes a lo largo de cada eje, dividiéndose en tres secciones distintas, como se indica en la figura 2.6.

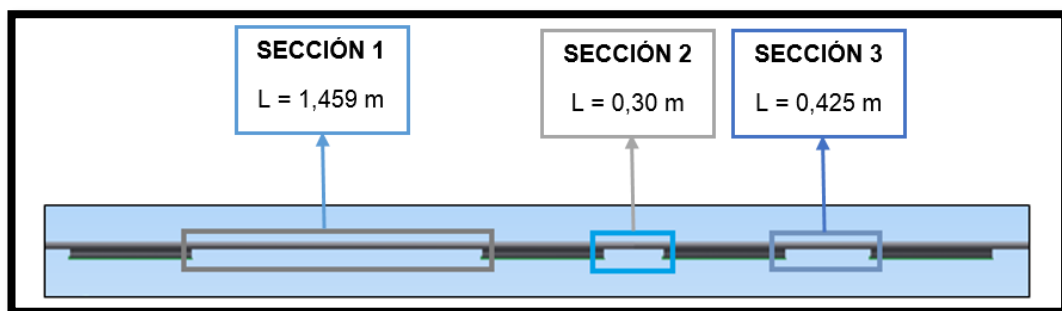


Figura 2.6. : Secciones según la longitud de separación entre cada soporte.

Caso 1:

En la figura 2.7 se muestra un esquema de la deflexión en vigas simplemente apoyadas.

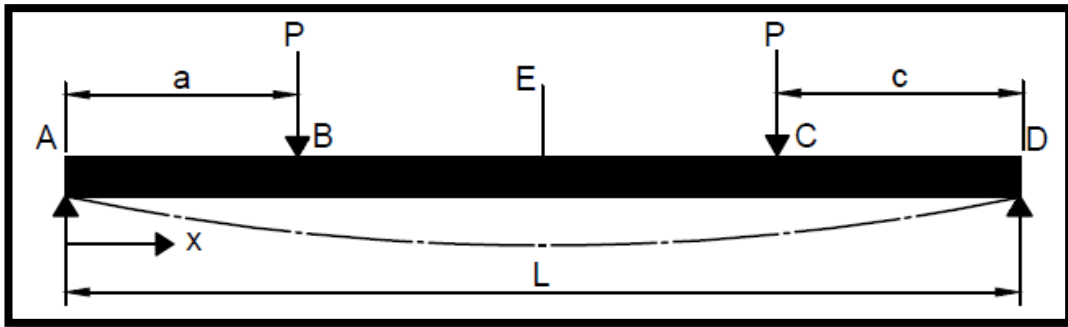


Figura 2.7. : Deflexión en vigas simplemente apoyadas

Fuente: (Mott, Sexta_Edicion)

$$y_E = Y_{\text{máx}} = \frac{-Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2) \text{ en el centro} \quad \text{EC. 2.8}$$

Sección 1:

En la figura 2.8 se tiene el diagrama de momentos respectivo para la sección 1.

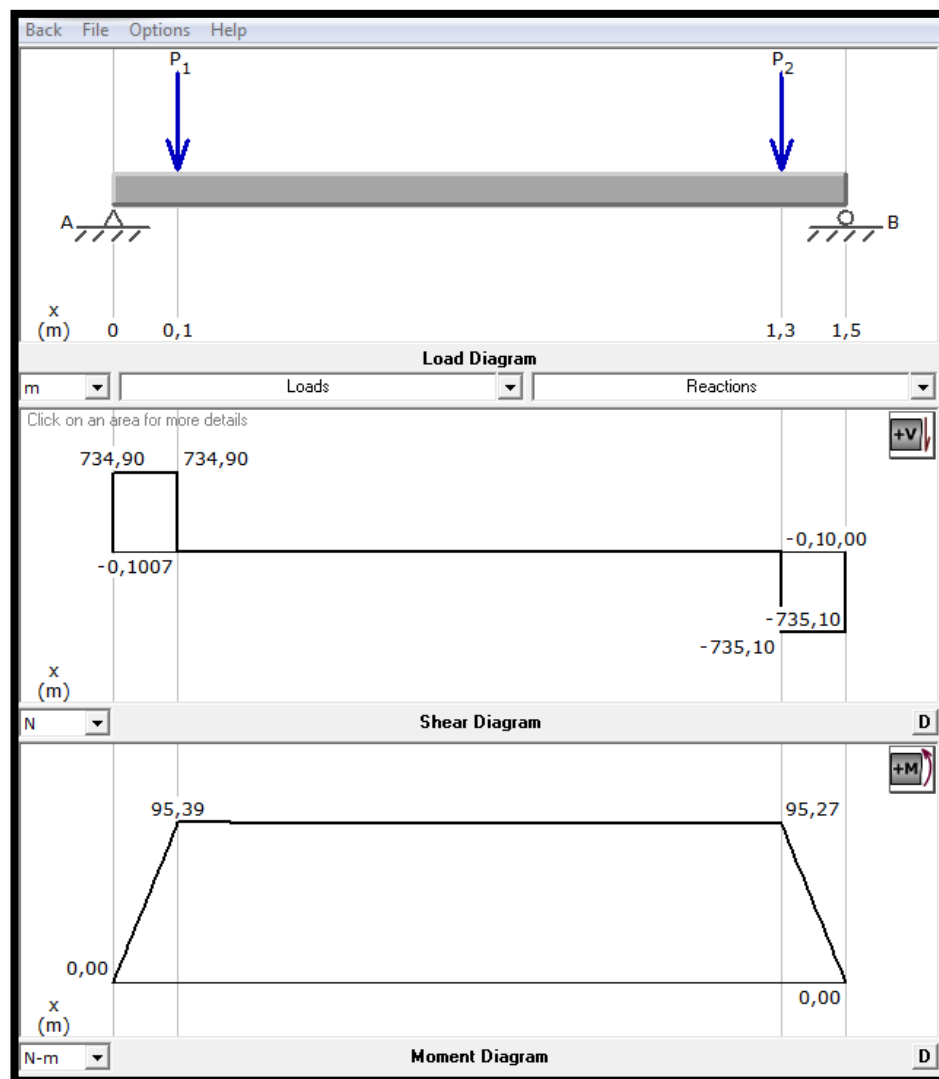


Figura 2.8. : Diagrama de momentos - sección 1

Datos:

$$a = c = 0,1298 \text{ m}$$

$$L = 1,4596 \text{ m}$$

$$E = 207 \text{ GPa}$$

$$P = 735 \text{ N}$$

$$I = 1,87 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$y_E = Y_{\text{máx}} = \frac{-735\text{N} \times 0,1298\text{m}}{24 \times \left(207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \times (1,87 \times 10^{-3}\text{m}^4) - 4(0,1298\text{m})^2} [3(1,4596\text{m})^2$$

$$y_E = Y_{\text{máx}} = \frac{-95,403\text{Nm}}{9290160000 \text{ m}^2} (6,3912\text{m}^2 - 0,06739\text{m}^2)$$

$$y_E = Y_{\text{máx}} = -1,02 \times 10^{-8} \frac{1}{\text{m}} \times 6,32381\text{m}^2$$

$$y_E = Y_{\text{máx}} = -0,0000000645\text{m}$$

CASO 2:

En la figura 2.9 se muestra un esquema de la deflexión en vigas simplemente apoyadas.

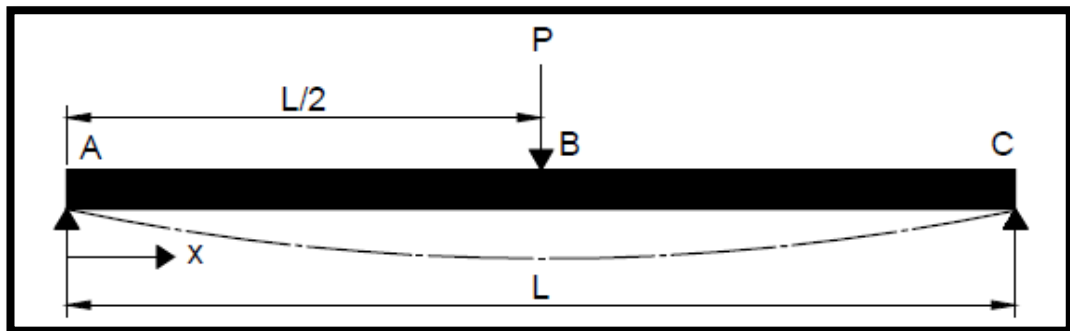


Figura 2.9. : Deflexión en vigas simplemente apoyadas

Fuente: (Mott, Sexta_Edicion)

$$y_B = Y_{\text{máx}} = \frac{-PL^3}{48EI} \text{ en el centro}$$

EC. 2.9

Sección 2:

En la figura 2.10 se tiene el diagrama de momentos respectivo para la sección 2.

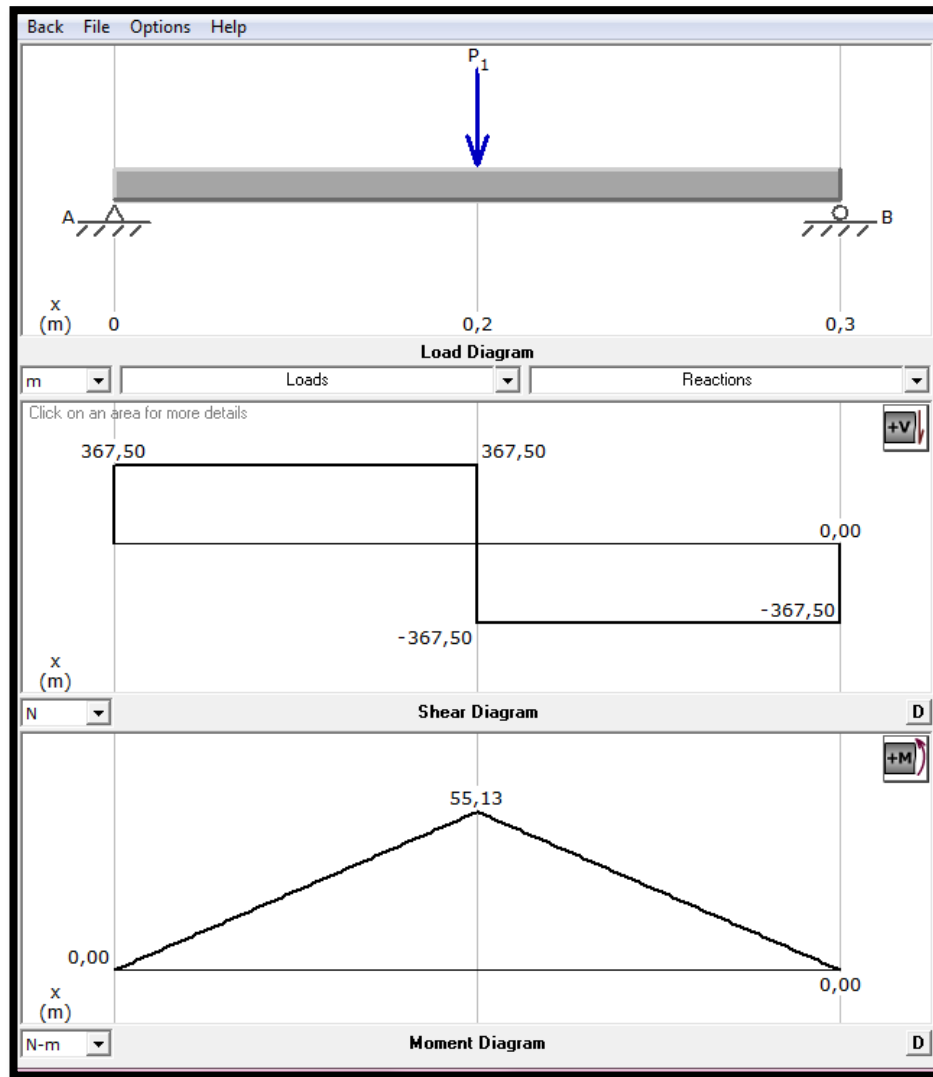


Figura 2.10: Diagrama de momentos – sección 2

Datos:

$$L = 0,3 \text{ m} \quad E = 207 \text{ GPa}$$

$$P = 735 \text{ N}$$

$$I = 1,87 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$y_B = Y_{\text{máx}} = \frac{-735\text{N} \times (0,3\text{m})^3}{48 \times \left(207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \times (1,87 * 10^{-3}\text{m}^4)}$$

$$y_B = Y_{\text{máx}} = \frac{-19,845 \text{ Nm}^3}{1,85 \times 10^{10} \text{ Nm}^2}$$

$$y_B = Y_{\text{máx}} = -0,00000000106 \text{ m}$$

SECCIÓN 3:

En la figura 2.11 se tiene el diagrama de momentos respectivo para la sección 3.

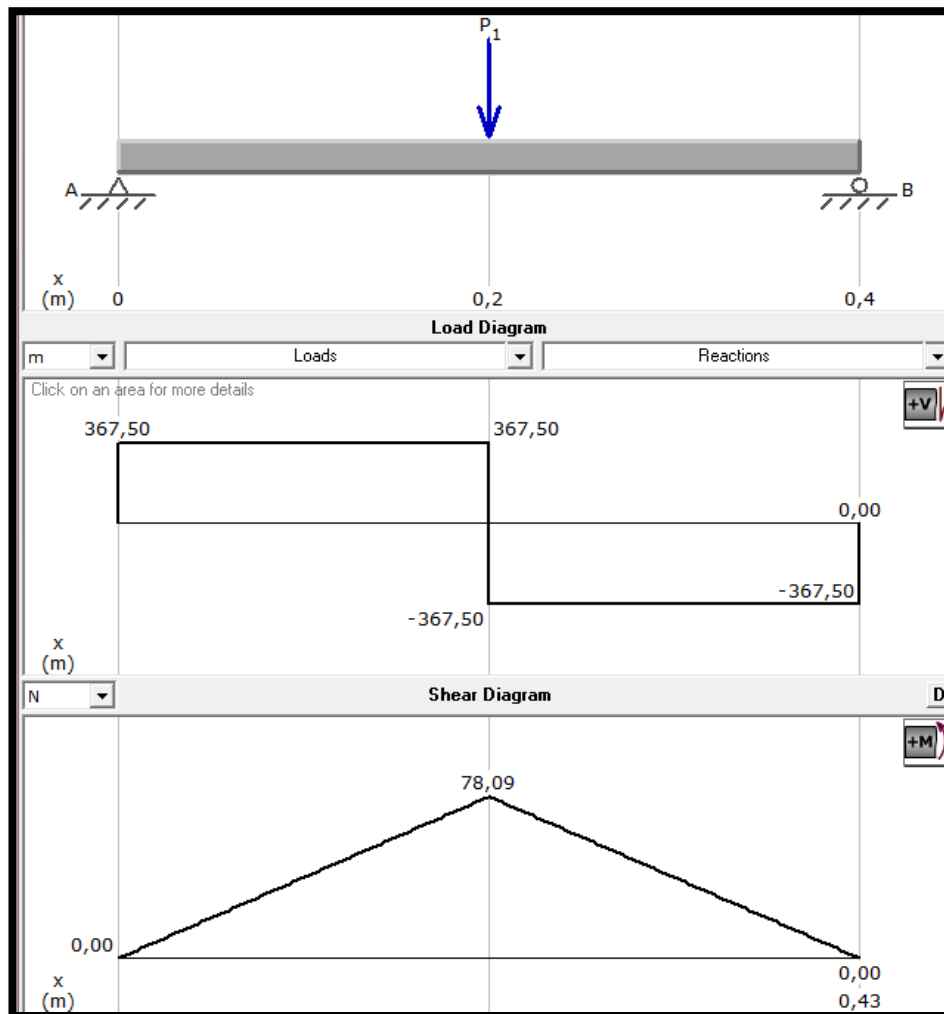


Figura 2.11: Diagrama de momentos – sección 3

Datos:

$$L = 0,425 \text{ m}$$

$$E = 207 \text{ GPa}$$

$$P = 735 \text{ N}$$

$$I = 1,87 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$y_B = Y_{\text{máx}} = \frac{-735 \text{ N} \times (0,425 \text{ m})^3}{48 \times \left(207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \times (1,87 \times 10^{-3} \text{ m}^4)}$$

$$y_B = Y_{\text{máx}} = \frac{-56,422 \text{ Nm}^3}{1,85 \times 10^{10} \text{ Nm}^2}$$

$$y_B = Y_{\text{máx}} = -0,00000000304 \text{ m}$$

LÍMITES DE FLEXIÓN RECOMENDADOS

Se consideran los límites de flexión recomendados. Tomado y adaptado de (Mott, Sexta_Edicion)

Tabla 2.6: Flexiones de vigas, límites de flexión recomendados.

Parte general de una máquina	$Y_{\text{max}} = 0,0005 \text{ a } 0,003 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga
Precisión moderada	$Y_{\text{max}} = 0,00001 \text{ a } 0,0005 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga
Alta precisión	$Y_{\text{max}} = 0,000001 \text{ a } 0,00001 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga

Fuente: (Mott, Sexta_Edicion)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla 2.6 se muestran los límites permitidos de flexión en vigas según la precisión de la maquinaria a analizar.

Se tomará en cuenta que el banco de pruebas para atenuador de impactos se encuentra en el rango de “precisión moderada”.

A continuación, en la tabla 2.8 se muestran los valores obtenidos en los cálculos realizados para determinar las deflexiones máximas en las respectivas secciones del eje de transmisión, cuya distancia entre apoyos se muestran en la tabla 2.7.

Tabla 2.7: Distancia entre apoyos de cada sección

Sección 1	<i>Distancia entre apoyos = 1,45 m</i>
Sección 2	<i>Distancia entre apoyos = 0,30 m</i>
Sección 3	<i>Distancia entre apoyos = 0,425 m</i>

Tabla 2.8: Resultados obtenidos de deflexiones máximas.

Sección 1	$Y_{\text{máx}} = -0,0000000645\text{m}$
Sección 2	$Y_{\text{máx}} = -0,00000000106\text{ m}$
Sección 3	$Y_{\text{máx}} = -0,000000003036\text{ m}$

Al comparar los valores obtenidos con los límites recomendados, se determina que la deflexión obtenida en el eje de transmisión es mínima, por lo que la selección del eje es la adecuada, ya que con la aplicación de la carga no produce una mayor deflexión.

ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO

Mediante un análisis de deformación se obtiene un desplazamiento máximo de 0,552 mm, como se indica en la figura 2.12.

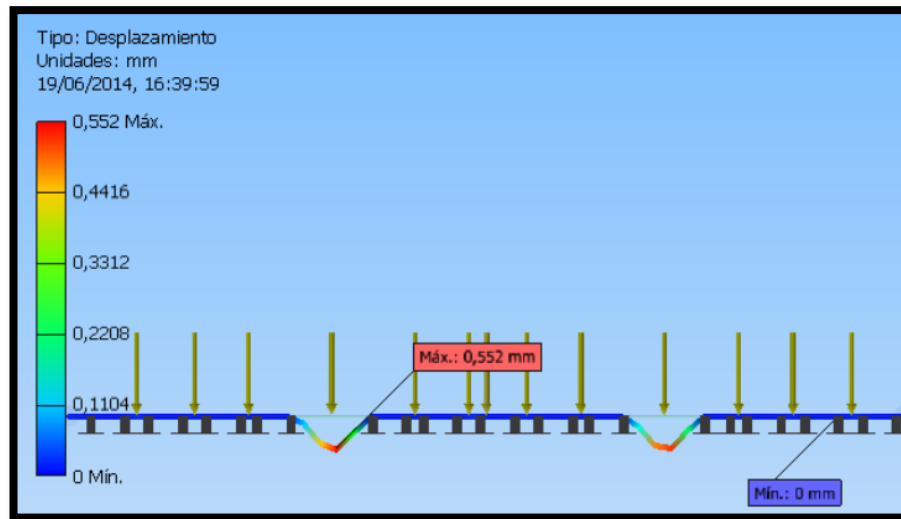


Figura 2.12: Análisis de desplazamiento en el eje de transmisión.

2.4.2. Diseño del trineo

Es el elemento móvil del banco de pruebas, el mismo que tiene la función de deslizarse horizontalmente sobre las correderas hasta impactarse a una velocidad aproximada de 7 m/s, produciendo una desaceleración de 20 a 40g, posee una masa de aproximadamente 300 kg, la energía absorbida por el atenuador de impactos debe ser igual a 7350 J o más, de esta manera se cumple con los parámetros impuestos por el reglamento Formula SAE Internacional.

CALCULO DE LA ESTRUCTURA

En la figura 2.13 se muestran las fuerzas que intervienen sobre el trineo móvil al momento del impacto.

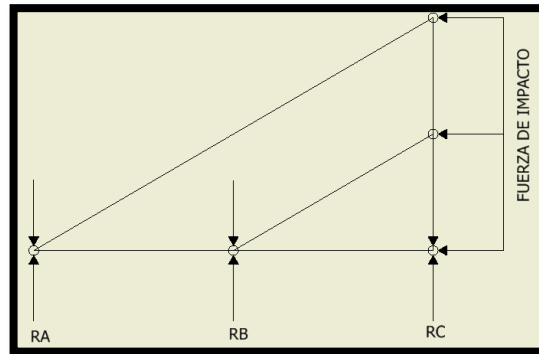


Figura 2.13: Fuerzas que intervienen al momento del impacto

FUERZA DE IMPACTO = FUERZA REQUERIDA PARA DETENER EL TRINEO

En la figura 2.14 se muestran el desplazamiento del trineo además del impacto del mismo.

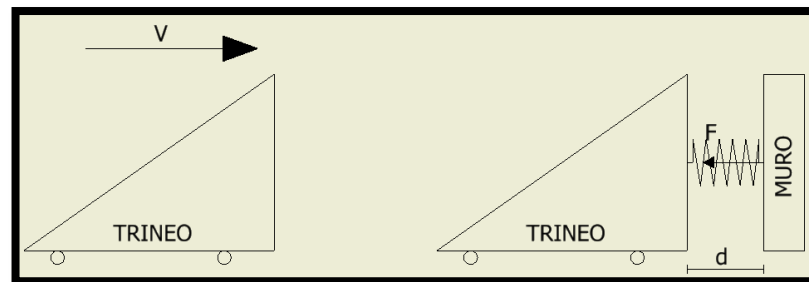


Figura 2.14: Diagrama del trineo: Desplazamiento - Impacto

$$E_{ci} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$F_r d = -\frac{1}{2}mv^2$$

EC. 2.10

Datos:

$$m = 300Kg$$

$$v = 7 \frac{m}{s}$$

$$d = 0.2m$$

$$E_{ci} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_{ci} = \frac{1}{2}(300Kg) \left(7 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$\boxed{E_{ci} = 7350 J}$$

$$F_r d = -\frac{1}{2}mv^2$$

$$F_r = \frac{-\frac{1}{2}mv^2}{d}$$

$$F_r = \frac{-7350 J}{0.2 m}$$

$$\boxed{F_r = -36750 N}$$

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En la figura 2.15 se indica el análisis de tensión de Von Mises para el trineo.

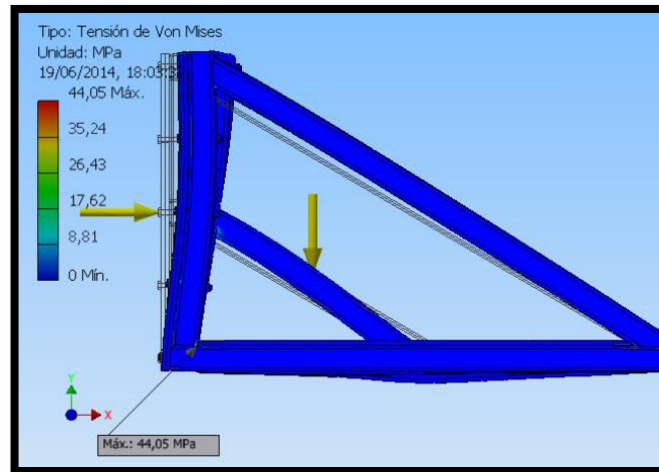


Figura 2.15: Tensión de Von Mises

Al realizar un análisis del desplazamiento obtenido en el software de simulación, se determina que el trineo después de ser sometido a una fuerza de impacto, existe un desplazamiento máximo de 0,08871 mm, como se indica en la figura 2.16, el cual es un valor mínimo, el mismo que no afecta a la estructura posterior al impacto; con el valor de deformación obtenida se verifica la correcta geometría diseñada para el trineo móvil.

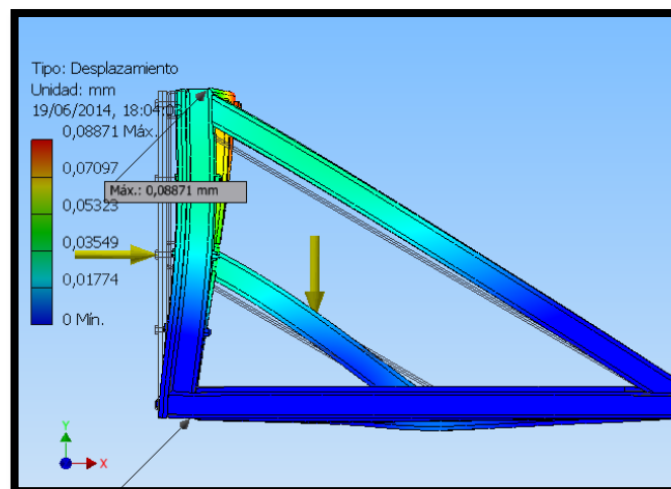


Figura 2.16: Desplazamiento

Se determina que el coeficiente de seguridad indica la capacidad máxima de un sistema, en general dependen de parámetros importantes como la resistencia del material y las cargas aplicadas, el valor mínimo de factor de seguridad admisible varía entre 1,5 y 2, sin embargo mientras más alto es su valor, se tiene mayor confiabilidad en el diseño de la estructura, figura 2.17.

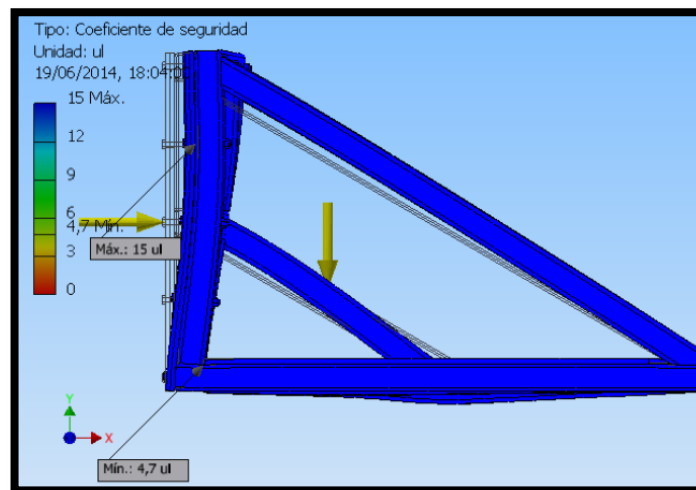


Figura 2.17: Factor de Seguridad

2.4.3. Selección de rodamientos lineales

Son elementos que van acoplados al trineo y permite el movimiento del mismo a través del eje, con el menor rozamiento posible, figura 2.18.



Figura 2.18: Rodamiento lineal Thomson SSUPBO24

Fuente: (THOMSON, 2013)

Tabla 2.9: Especificaciones técnicas de los rodamientos lineales

ESPECIFICACIONES	
Diámetro Nominal (in)	1.5
Capacidad de carga dinámica (lbf)	3880
Masa (lb)	3.29

Fuente: (THOMSON, 2013)

En la figura 2.19 se tiene las especificaciones para las dimensiones de los rodamientos lineales.

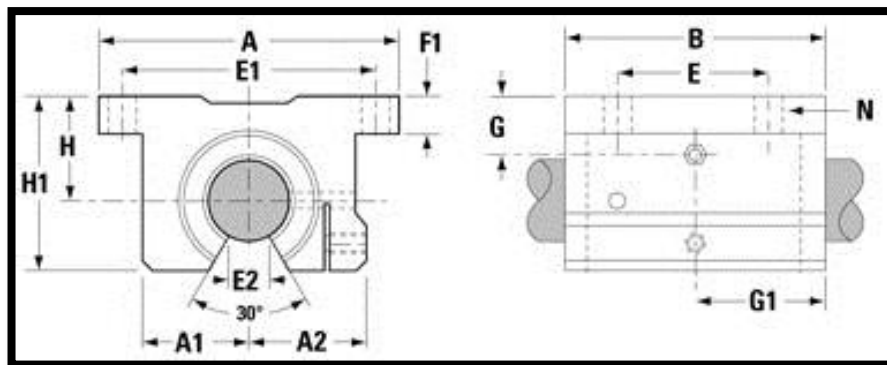


Figura 2.19: Dimensionamiento de los rodamientos lineales

Fuente: (THOMSON, 2013)

Tabla 2.10: Dimensiones del rodamiento SSUPBO24

DIMENSIONES	
[A] (in)	4.75
[A1] (in)	1.75
[A2] (in)	1.88
[B] (in)	3.75
[d] (in)	1.4994
[E] +/- 0.010 (in)	2.5
[E1] +/- 0.010 (in)	4.125
[E2] (in)	0.74
[F1] (in)	0.5
[G] (in)	1.75
[G1] (in)	2.94
[H] +/- 0.003 (in)	1.75
[H1] (in)	2.94
[N] (in)	0.28

Fuente: (THOMSON, 2013)

CRITERIO DE SELECCIÓN DEL RODAMIENTO

Datos del rodamiento:

Capacidad de carga dinámica: 3880 lbf (*Cada rodamiento*)

Peso del trineo móvil:

$$P_{TOTAL} = 300 \text{ Kgf} \times \frac{2,2 \text{ lbf}}{1 \text{ kgf}} = 660 \text{ lbf} \quad \text{EC. 2.11}$$

El peso del trineo móvil es de 660 lbf., por lo que los rodamientos seleccionados soportan aproximadamente tres veces más que la carga del trineo, según la distribución del peso.

Se hizo la selección de los rodamientos debido a su diámetro nominal de 3,81 cm, para un eje de transmisión del mismo diámetro.

2.4.4. Selección de soportes para ejes

Los rieles de soporte se utilizan para soporte de ejes continuos y se pueden usar en sentido horizontal o vertical, figura 2.20.

Para el banco de pruebas de atenuadores de impacto, se utilizó un total de 26 bases, 6 de ellas de aleación de aluminio y el resto de hierro fundido. La longitud de cada riel es de 15 metros, con un total de 13 bases distribuidas.



Figura 2.20: Soportes para ejes de transmisión

Fuente: (THOMSON, 2013)

Tabla 2.11: Especificaciones técnicas del soporte para ejes.

ESPECIFICACIONES	
Diámetro Nominal (in)	1.5
Material	Aleación de Aluminio (6) Hierro Fundido (20)
Masa (lb)	5.4 (Aleación de Aluminio) 14.1 (Hierro Fundido)

Fuente: (THOMSON, 2013)

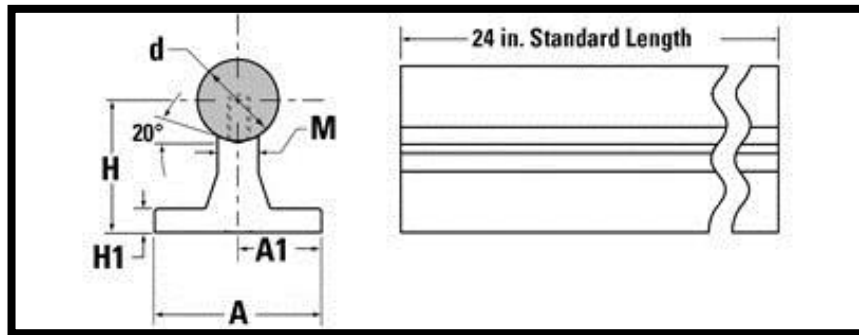


Figura 2.21: Soportes para ejes de transmisión

Fuente: (THOMSON, 2013)

Tabla 2.12: Dimensiones del soporte para ejes THOMSON.

DIMENSIONES	
[A] (in)	3
[A1] (in)	1.5
[H] +/- 0.002 (in)	2.5
[H1] (in)	0.38
[M] (in)	0.69

Fuente: (THOMSON, 2013)

2.5. Diseño de sistema de propulsión del trineo

El sistema de propulsión es el encargado de dar el impulso necesario para que el trineo se desplace por las rieles hasta alcanzar una velocidad de aproximadamente 27 km/h momentos antes del impacto, la velocidad se obtiene al instante en que la grúa tensiona las bandas elásticas y lo suelta, asemejándose a un sistema de catapulta.

2.5.1. Selección de grúa

La función principal de la grúa es tensionar las bandas elásticas al momento de ser enganchada al trineo móvil. La selección se realiza tomando en cuenta la capacidad de carga que posee la grúa, además del espacio que ocupa, su manejo y su conexión.

El peso total que debe ser soportado es de aproximadamente 700 lb., la grúa tiene capacidad mínima de 2000 lb., además de que sus dimensiones son adecuadas para la instalación, como se indica en la figura 2.22.



Figura 2.22: Grúa eléctrica 12V 2000 LBS.

Fuente: (ALIBABA, 2012)

Tabla 2.13: Especificaciones técnicas grúa eléctrica

Capacidad (lb)	2000
Velocidad lineal (pies/s)	6
Longitud del cable (pies)	30
Fuente de poder (V)	12

Fuente: (ALIBABA, 2012)

2.5.2. Selección de bandas elásticas

Las bandas elásticas son construidas con caucho en un 80% con un sistema paralelo de 20% de polipropileno, resistente a rayos UV, químicos, cemento y aceites, figura 2.23.



Figura 2.23: Estructura de las bandas elásticas.

Fuente: (ALIBABA, 2012)

En la siguiente tabla se muestran las principales características técnicas de las bandas elásticas seleccionadas, las mismas que serán las encargadas de someter a tensión el trineo móvil para alcanzar la velocidad deseada momento antes del impacto.

Tabla 2.14: Especificaciones técnicas bandas elásticas

DIÁMETRO CUERDA	CARGA DE ROTURA	NUMERO DE HILOS	PESO	% ELONGACIÓN
12 mm	224 kg	16	95 g/m	100%

Fuente: (ALIBABA, 2012)

2.6. Diseño y selección de componentes electrónicos

El sistema requiere de dispositivos sensoriales para determinar la desaceleración y la velocidad que se obtiene al momento que se produce el impacto.

2.6.1. Sensor de aceleración

Se utilizará un sensor de aceleración en la parte posterior del atenuador de impactos, se colocará en la parte central debido la distribución de esfuerzos al momento en que el trineo choca directamente con el atenuador.

Los criterios de selección se basan en rangos de aceleración permitidos, resistencia a la corrosión, robustez, entre otros. El acelerómetro se muestra en la figura 2.24.



Figura 2.24: Acelerómetro Wilcoxon 786f

Fuente: (SYSTEMS_MEGGIT_SENSING, 2012)

Las características técnicas del acelerómetro se muestran en la tabla:

Tabla 2.15: Especificaciones técnicas acelerómetro Wilcoxon 786f

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Marca	Wilcoxon 786f
Rango de aceleración	80 g.
Suministro de energía	18 – 30 VDC
Rango de temperatura	-50 a 120 °C
Límite de vibración	500 g

Fuente: (SYSTEMS_MEGGIT_SENSING, 2012)

Principales características del acelerómetro Wilcoxon 786f:

- Diseño robusto
- Sello hermético
- Recubrimiento aislado
- Protección de cableado inversa
- Cable de teflón

2.6.2. Sensor de velocidad

Para determinar la velocidad se usarán dos sensores fotoeléctricos, los mismos que tienen la capacidad de captar luz y activar o desactivar una señal en función de los valores de esa luz. Se tomara el tiempo entre la activación del primer par emisor-receptor, con respecto al otro y se lo relaciona con la distancia para obtener la velocidad al momento del impacto.

Los criterios de selección se basan en valores de alimentación, alcance máximo, modo de fijación, entre otros.

Las fotocélulas FL130 se muestran en la figura 2.25.



Figura 2.25: Fotocélulas FL130

Fuente: (GATE_MOTORS, 2013)

Tabla 2.16: Especificaciones técnicas Fotocélulas FL130

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Marca	BFT
Modelo	FL130
Alimentación	20 – 31 Vca
Absorción par	70 mA
Alcance máximo	30 m (Reducido en niebla-lluvia)
Temperatura func.	-15° a 70°C
Grado de protección	IP54

Fuente: (GATE_MOTORS, 2013)

DIMENSIONES (mm)

Las especificaciones de las dimensiones se muestran en la figura 2.26.

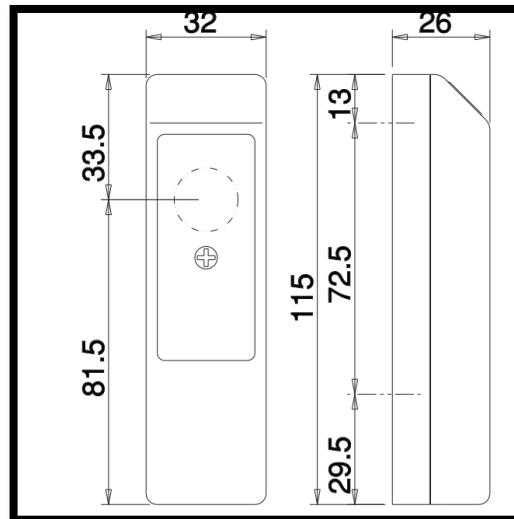


Figura 2.26: Dimensiones de fotocélulas FL130

Fuente: (GATE_MOTORS, 2013)

FIJACIÓN

Deben estar alineados a una altura comprendida entre los 40 y los 60 cm del suelo. Las superficies de fijación tienen que ser planas y paralelas entre sí, como se muestra en la figura 2.27

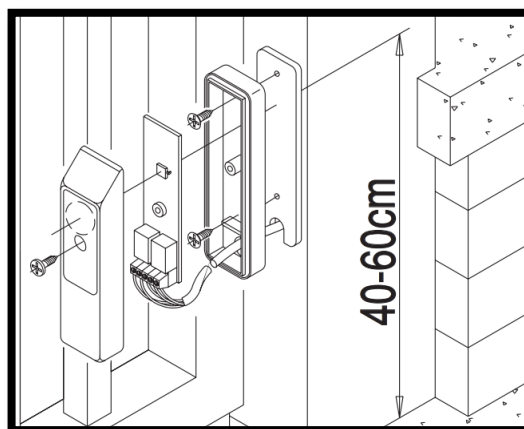


Figura 2.27: Fijación de fotocélulas FL130

Fuente: (GATE_MOTORS, 2013)

ALINEACIÓN

La alineación correcta de las fotocélulas se obtiene cuando, con la tapa montada, se vislumbra el LED del receptor RX encendido, como se muestra en la figura 2.28. Al momento de encontrar la existencia de algún obstáculo entre el receptor RX y el transmisor TX, el LED se apaga y el relé abre el contacto. De la correcta alineación de los sensores depende directamente el correcto funcionamiento de los mismos.

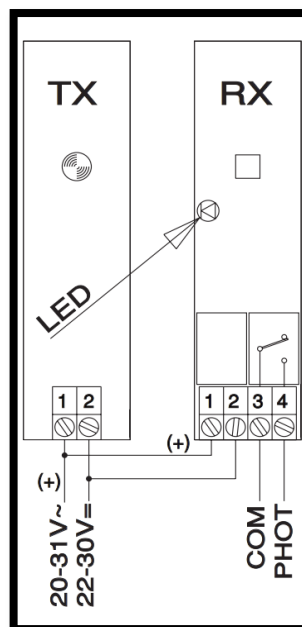


Figura 2.28: Alineación de fotocélulas FL130

Fuente: (GATE_MOTORS, 2013)

2.6.3. Sistema de adquisición de datos

Para tomar un conjunto de señales físicas y poder digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora, se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (**DAQ**).

Características técnicas:

- Integra un procesador en tiempo real, un arreglo de compuerta programable en campo (FPGA) reconfigurable por el usuario y E/S en una sola tarjeta de circuito impreso (PCB).
- Tiene un procesador industrial de 266 MHz, un FPGA Xilinx Spartan de 1M de Compuertas, líneas de E/S digital de 110 3.3 V (tolerancia de 5 V / compatible con TTL), 32 canales de entrada analógica de una sola terminal y 16 diferenciales de 16 bits a 250 kS/s y cuatro canales de salida analógica de 16 bits a 100 kS/s.
- Brinda 64 MB de DRAM para operación embebida y 128 MB de memoria no volátil para almacenamiento de programas y registro de datos.

El sbRIO-9631 está diseñado para ser fácilmente embebido en aplicaciones de alto volumen que requieren flexibilidad, fiabilidad y alto rendimiento, figura 2.29.

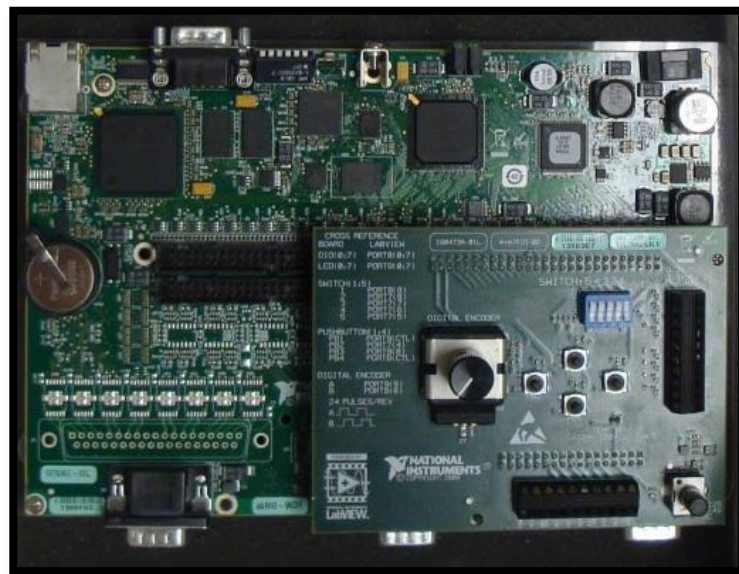


Figura 2.29: NI SBRIO 9631

Fuente: (National_Instruments, 2014)

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

La construcción del banco de pruebas de atenuador de impactos, empieza con la adecuación del espacio físico para su correcto funcionamiento, la siguiente etapa consiste en la construcción e implementación de los componentes mecánicos que constituyen el sistema de desplazamiento, trineo móvil, el mecanismo de propulsión y el sistema de sujeción, finalmente la implementación de los equipos electrónicos que serán los encargados de recibir las señales de velocidad y de desaceleración.

3.1. Adecuaciones del espacio físico

3.1.1. Área de construcción

Se realiza la medición del área requerida para la construcción del banco de pruebas de atenuador de impactos, figura 3.1.

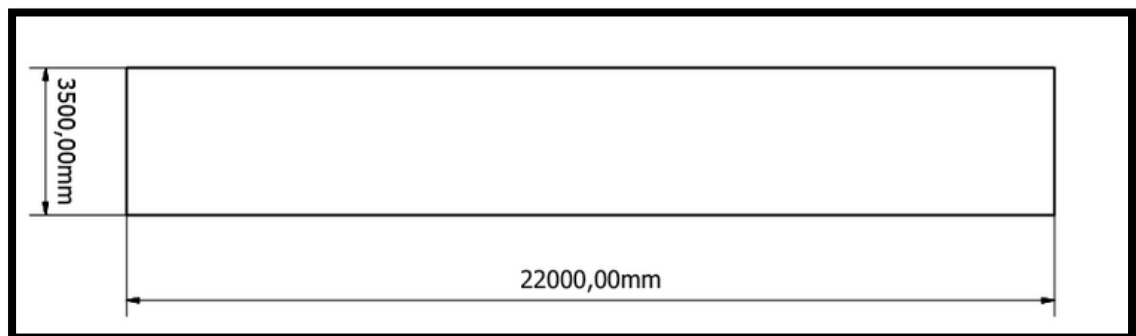


Figura 3.1: Área para la construcción del banco de pruebas.

Se asignó el área donde se realizará la construcción de talleres en el nuevo campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, "GRAL. GUILLERMO RODRÍGUEZ LARA", ubicada en la parroquia de Belisario Quevedo.

3.1.2. Obra civil

Para la construcción del banco de pruebas se requiere de una determinada obra civil capaz de soportar el peso del mecanismo, así como el impacto que se produce.

En la figura 3.2., se muestran las dimensiones de las columnas que se implementaron en el área de construcción.

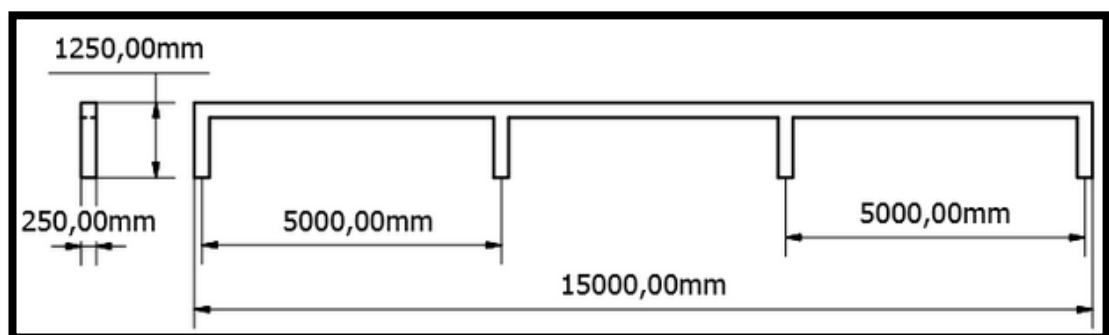


Figura 3.2: Dimensiones de las columnas implementadas.

Se implementaron dos columnas, como soporte para las rieles, con los respectivos cimientos de apoyo, figura 3.3.

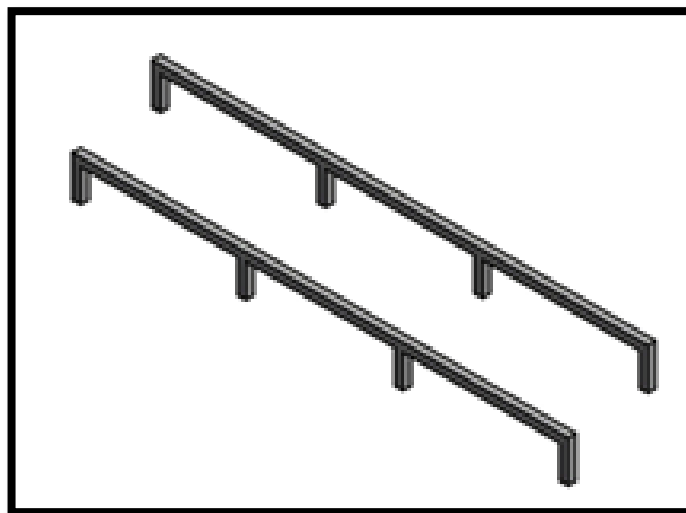


Figura 3.3: Cimientos de apoyo para las columnas.



Figura 3.4: Vista real de las columnas.

Adicional, se realizó la construcción de un muro frontal, el mismo que va a soportar el impacto del trineo móvil, figura 3.5.

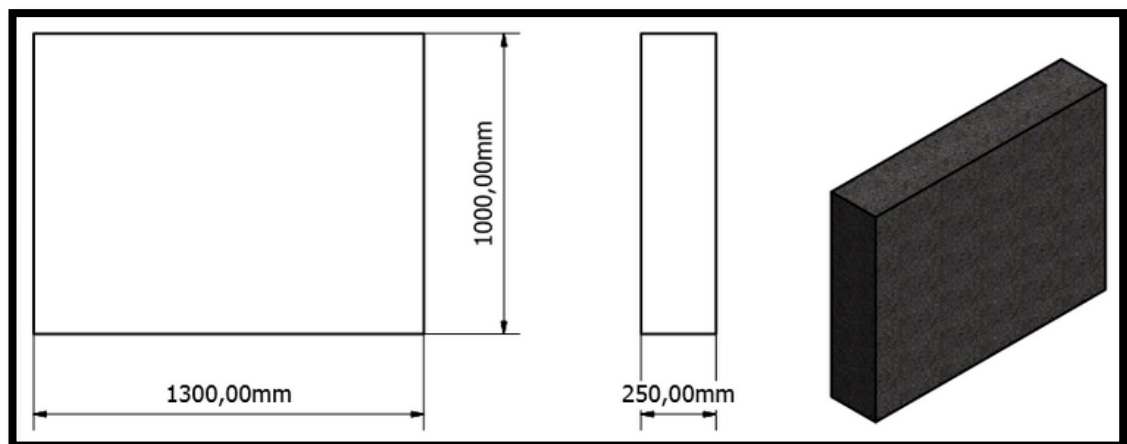


Figura 3.5: Forma y dimensiones del muro frontal.

En la figura 3.6, se puede observar la distribución exacta de las bases de las columnas y del muro frontal.

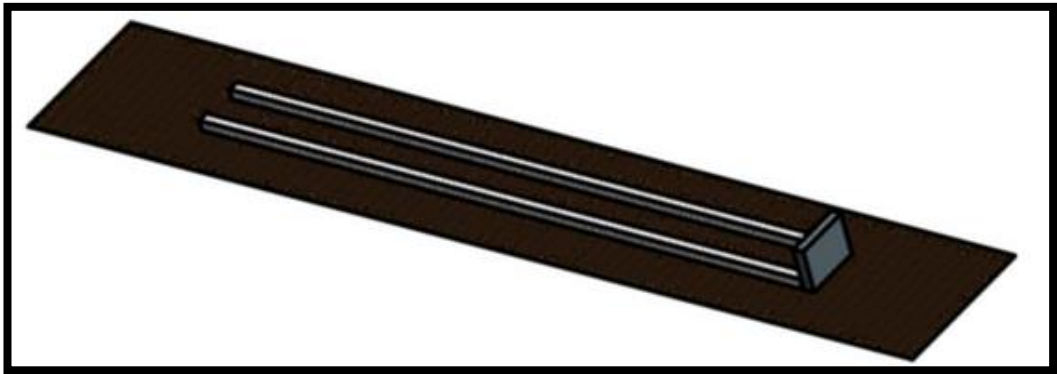


Figura 3.6: Ubicación de columnas y muro frontal.

3.2. Construcción e implementación de componentes mecánicos.

Los componentes mecánicos constituyen el sistema de desplazamiento, trineo móvil, el mecanismo de propulsión y el sistema de sujeción.

3.2.1. Sistema de apoyo

- a) Se realizan los acoples tipo macho – hembra, para las uniones de los tramos de ejes de acero de transmisión de aproximadamente 3 metros cada uno, para obtener dos tramos de 15 metros cada uno, figura 3.7.



Figura 3.7: Mecanizado de acoples tipo macho – hembra en ejes.

En la figura 3.8, se muestra la unión de dos tramos de eje.



Figura 3.8: Uniones en ejes.

- b) Se realiza el montaje de los ejes, en las bases, las bases se muestran en la figura 3.9.

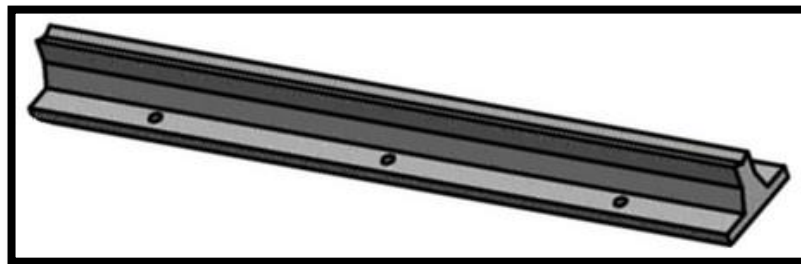


Figura 3.9: Esquema de las bases de apoyo.

El acople se lo realiza mediante tres pernos de 8,64 mm de diámetro, distribuidos a lo largo de la base, como se indica en la figura 3.10.

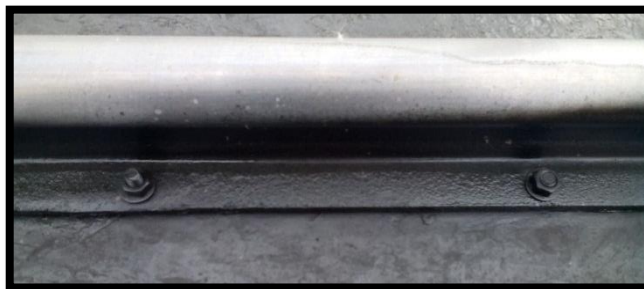


Figura 3.10: Sujeción del eje de transmisión a la base de apoyo.

- c) Se procede al anclaje de las bases junto con los ejes a las bases de la columna. El anclaje se lo realiza mediante la colocación de seis expansores para concreto, como se muestra en la figura 3.11.



Figura 3.11: Anclaje de las bases y eje a la columna.

3.2.2. Sistema de desplazamiento

- a) Se inicia el proceso de construcción del trineo móvil con tubo cuadrado de 3x3 cm. En la figura 3.12 se observa el esquema de diseño del trineo móvil.

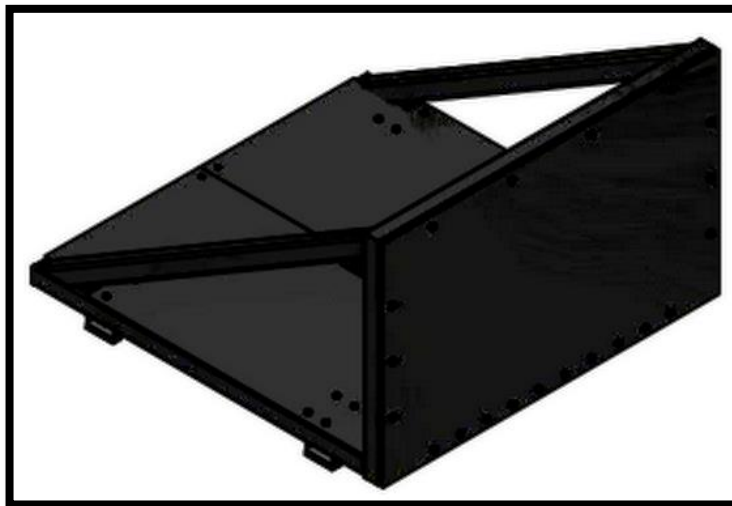


Figura 3.12: Esquema del trineo móvil.

- b) Se procede a la construcción del trineo móvil acorde a las dimensiones establecidas previamente en el diseño, las dimensiones se muestran en la figura 3.13.

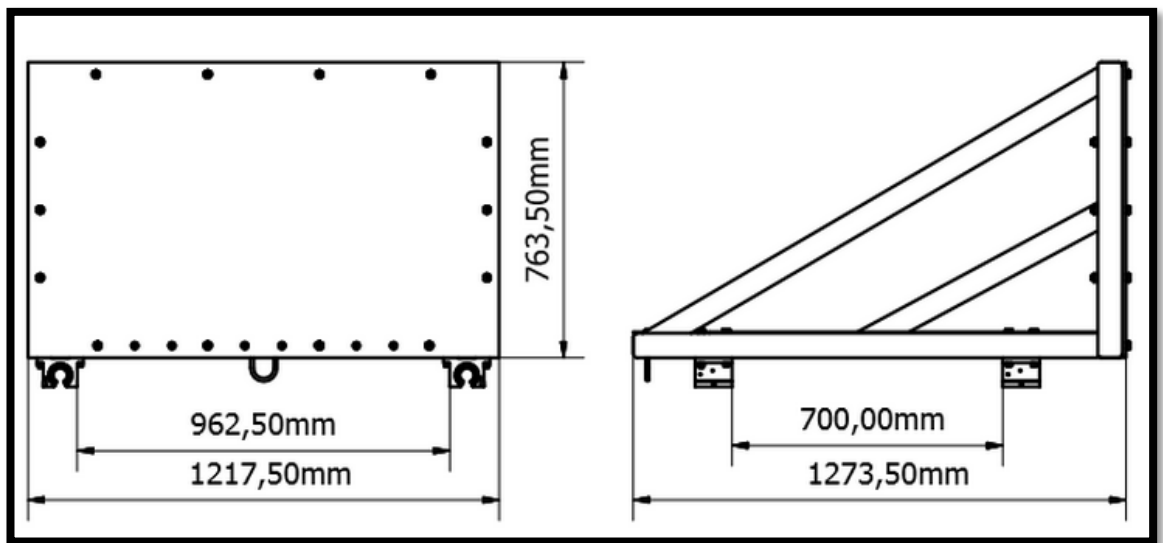


Figura 3.13: Dimensiones del trineo móvil a construir.

En la figura 3.14 y 3.15, se muestra la construcción del trineo móvil, vista trasera y vista frontal respectivamente.



Figura 3.14: Vista trasera del trineo móvil.



Figura 3.15: Vista frontal del trineo móvil.

- c) Se realiza la colocación de los rodamientos lineales, en los cuatro extremos del trineo móvil, distribuidos de manera simétrica, el ensamble se muestra en la figura 3.16.



Figura 3.16: Colocación de rodamientos al trineo.

En la figura 3.17, se muestra la sujeción de rodamientos al trineo.



Figura 3.17: Sujeción de rodamientos al trineo.

3.2.3. Sistema de propulsión

El sistema de propulsión consta de un mecanismo de sujeción, el mismo que consiste en la implementación de un elemento de agarre que se encuentra ubicado en la parte posterior e inferior del trineo móvil, como se indica en la figura 3.18.



Figura 3.18: Elemento de agarre en el trineo móvil.

Una grúa eléctrica, ubicada al inicio de las columnas, figura 3.19, sujetara al trineo móvil mediante el elemento de agarre.



Figura 3.19: Grúa eléctrica

En la figura 3.20, se muestra la sujeción de la grúa eléctrica y el trineo móvil.



Figura 3.20: Sujeción del trineo móvil mediante la grúa eléctrica.

La grúa procederá a tensionar siete bandas elásticas, figura 3.21, las mismas que en un extremo están sujetas en la parte frontal del trineo móvil, mientras que el otro extremo se encuentra sujeto a una placa ubicada a 60 cm del muro frontal entre las columnas.



Figura 3.21: Bandas elásticas tensionadas

En la figura 3.22 y 3.23 se indican las sujeciones de las bandas elásticas con el trineo móvil y con la placa ubicada a 50 cm del muro frontal.



Figura 3.22: Sujeción de las bandas elásticas en el trineo móvil

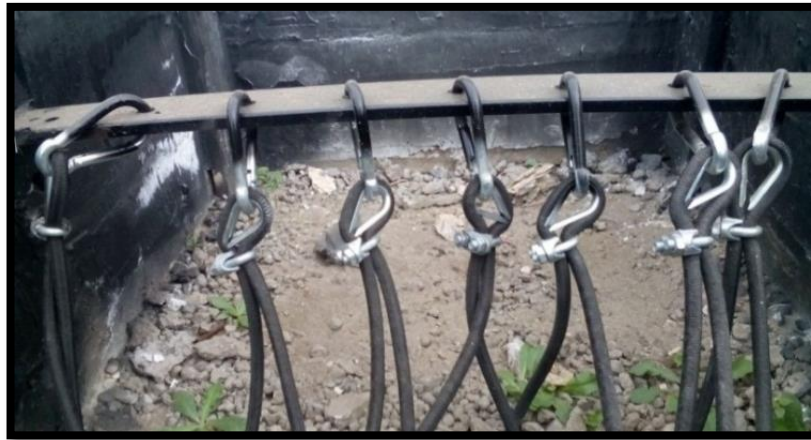


Figura 3.23: Sujeción de las bandas en la placa entre las columnas

3.2.4. Sistema de sujeción

El sistema de sujeción consiste en que al momento de que la grúa tensione las bandas acopladas al trineo, el mecanismo determinado sujetará al trineo, mientras el gancho de la grúa es retirado, figura 3.24.

Una vez retirado el gancho sujetador de la grúa, mediante una palanca anclada al mecanismo de sujeción, se desengancha permitiendo que el trineo móvil empiece el desplazamiento a la velocidad requerida.



Figura 3.24: Sistema de sujeción del trineo móvil

3.3. Implementación de componentes eléctricos y electrónicos.

3.3.1. Sistema de alimentación de la grúa eléctrica

El sistema de alimentación de la grúa consiste en un convertor de voltaje de 110 v a 12 v y 4,2 A.

En la figura 3.25 se observa el convertor de voltaje utilizado.



Figura 3.25: Convertor de voltaje 110v-12v

La instalación del convertor genera un correcto funcionamiento de la grúa encargada de generar el impulso requerido para el trineo móvil, mediante la tensión de las bandas elásticas.

3.3.2. Sensores de velocidad

Se procede a la instalación de los sensores fotoeléctricos, los mismos que se encuentran distribuidos según el esquema mostrado en la figura 3.26.



Figura 3.26: Distribución de los sensores fotoeléctricos

Siguiendo el esquema de distribución, el primer par emisor – receptor se encuentra a una distancia de 80 cm, medida desde el muro donde se produce el impacto, el siguiente par se ubicará a 0.24 m. del primer par, es decir que esa será la distancia de separación entre ambos pares de sensores.



Figura 3.27: Separación de los sensores fotoeléctricos

3.3.3. Acelerómetro

El acelerómetro Wilcoxon 786f se lo colocará en el centro del bulkhead, y sobre el mismo se procede a la ubicación del atenuador de impactos, figura 3.28.



Figura 3.28: Ubicación del acelerómetro.

3.3.4. Implementación del sistema de adquisición de datos

Se realiza las conexiones de los sensores fotoeléctricos y del acelerómetro a la tarjeta de adquisición de datos, como se indica en la figura 3.29.

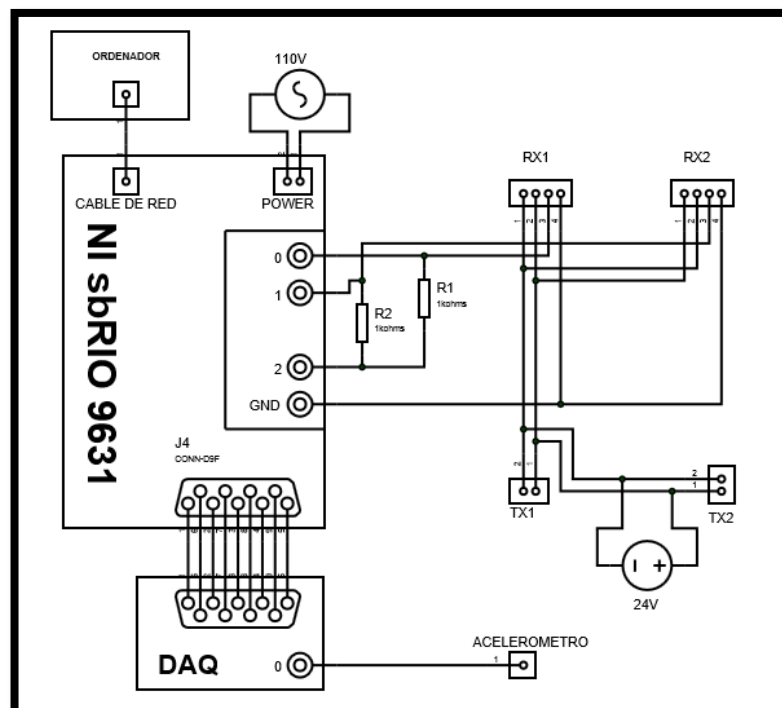


Figura 3.29: Conexiones a la tarjeta de adquisición de datos.

Se ubica la tarjeta de adquisición de datos en un tablero, de manera que las vibraciones producidas al momento del impacto no afecten al funcionamiento de la misma, la colocación se indica en la figura 3.30.



Figura 3.30: Ubicación de la tarjeta de adquisición de datos.

3.3.5. Desarrollo del interfaz hombre máquina HMI

Se inicia la realización del programa en FPGA, para la adquisición de datos de la señal de los sensores.

La señal del acelerómetro es guardada en una memoria, y mediante las señales recibidas de los sensores fotoeléctricos se calculará el tiempo, el sensor uno activará un contador y el sensor 2 desactivará el contador.

Cada conteo será de un milisegundo.

La programación en FPGA se muestra en la figura 3.31.

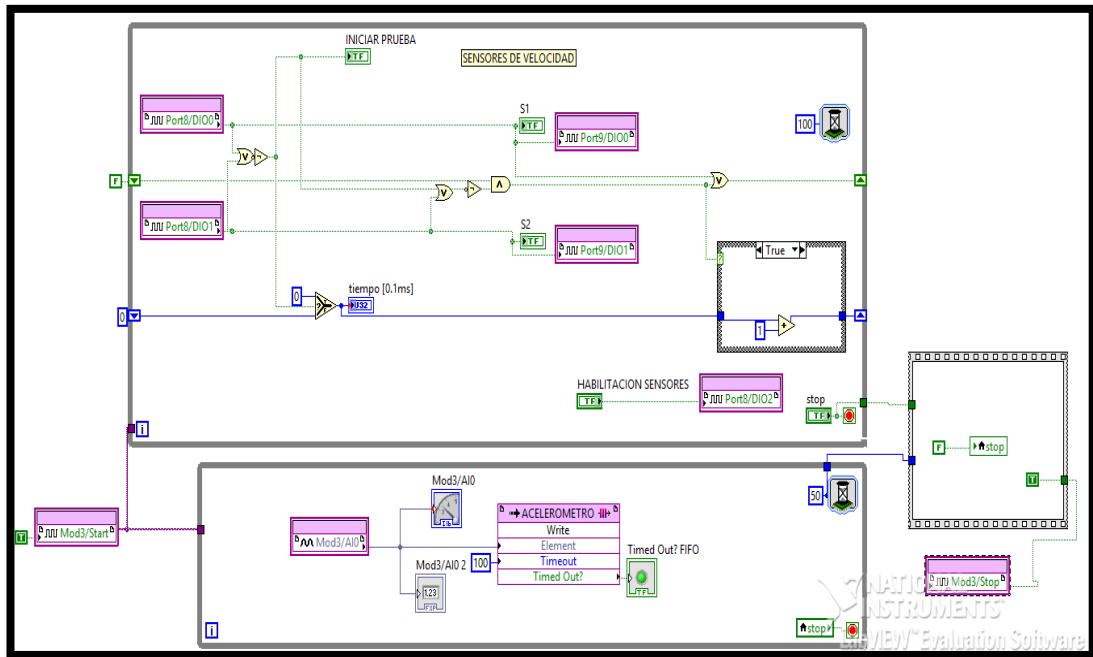


Figura 3.31: Programación en FPGA

Dentro de la programación FPGA, se obtiene la señal del acelerómetro y de las fotocélulas.

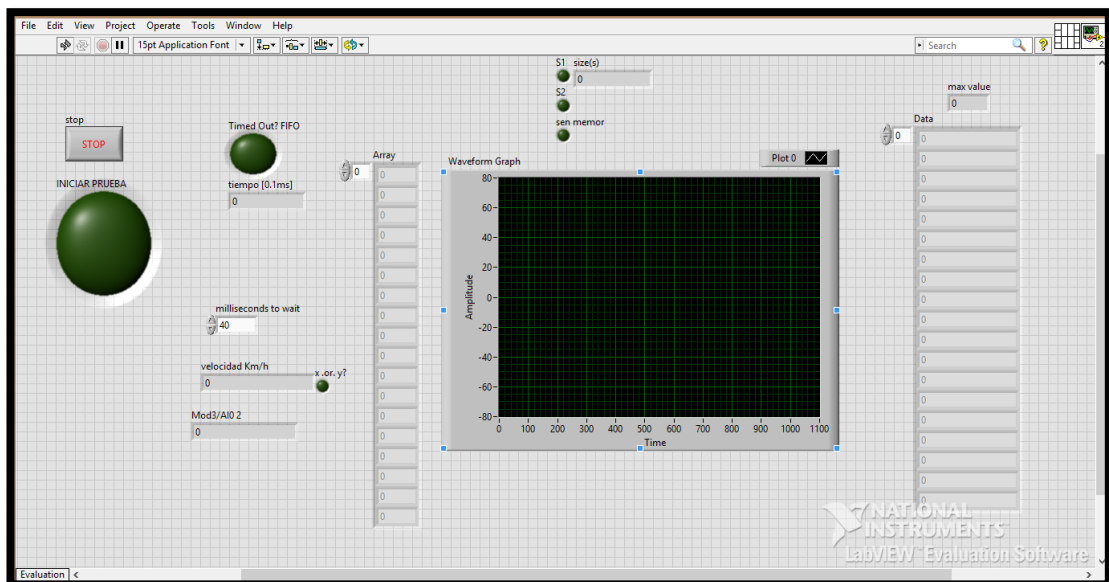


Figura 3.32: Entorno – Real Time

En el segmento Real Time, figura 3.32, se presenta una programación más elaborada en donde la función principal es a través del LabView.

El proceso que se realiza es ingresar al VI del FPGA para proceder a descargar los datos de los sensores, es decir la memoria FIFO donde se almacenas los valores obtenidos, como aceleración, tiempo máximo, entre otros.,

En Real Time se puede realizar los cálculos requeridos, una vez realizada las diferentes operaciones, los datos que se obtienen de las mismas operaciones realizadas y quedarán disponibles para ser utilizados posteriormente en el programa del HMI.

En la figura 3.33, se puede observar los cálculos que se realizaron para obtener la velocidad requerida en km/h, se puede observar que la variable de la distancia permanece como una constancia de la cual varía el valor de la velocidad.

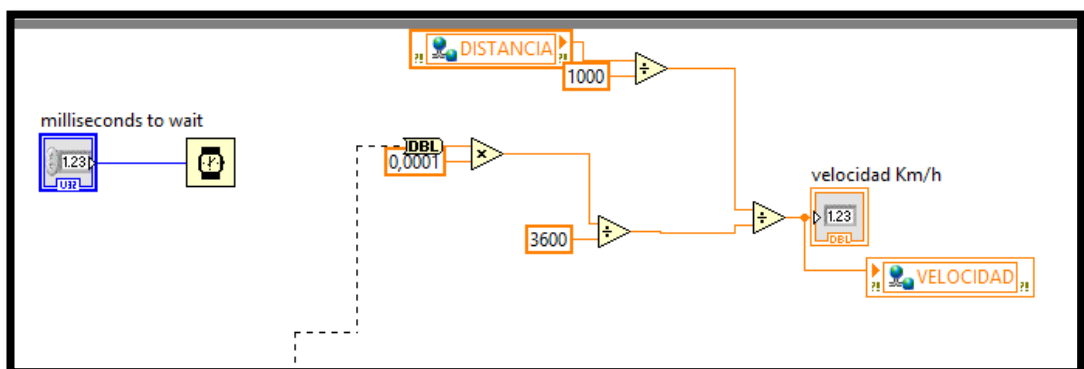


Figura 3.33: Programación Real – Time

En la figura 3.34 y 3.35 se puede observar la configuración para que la señal de los sensores sea previamente guardada antes de ser mostrada en el HMI.

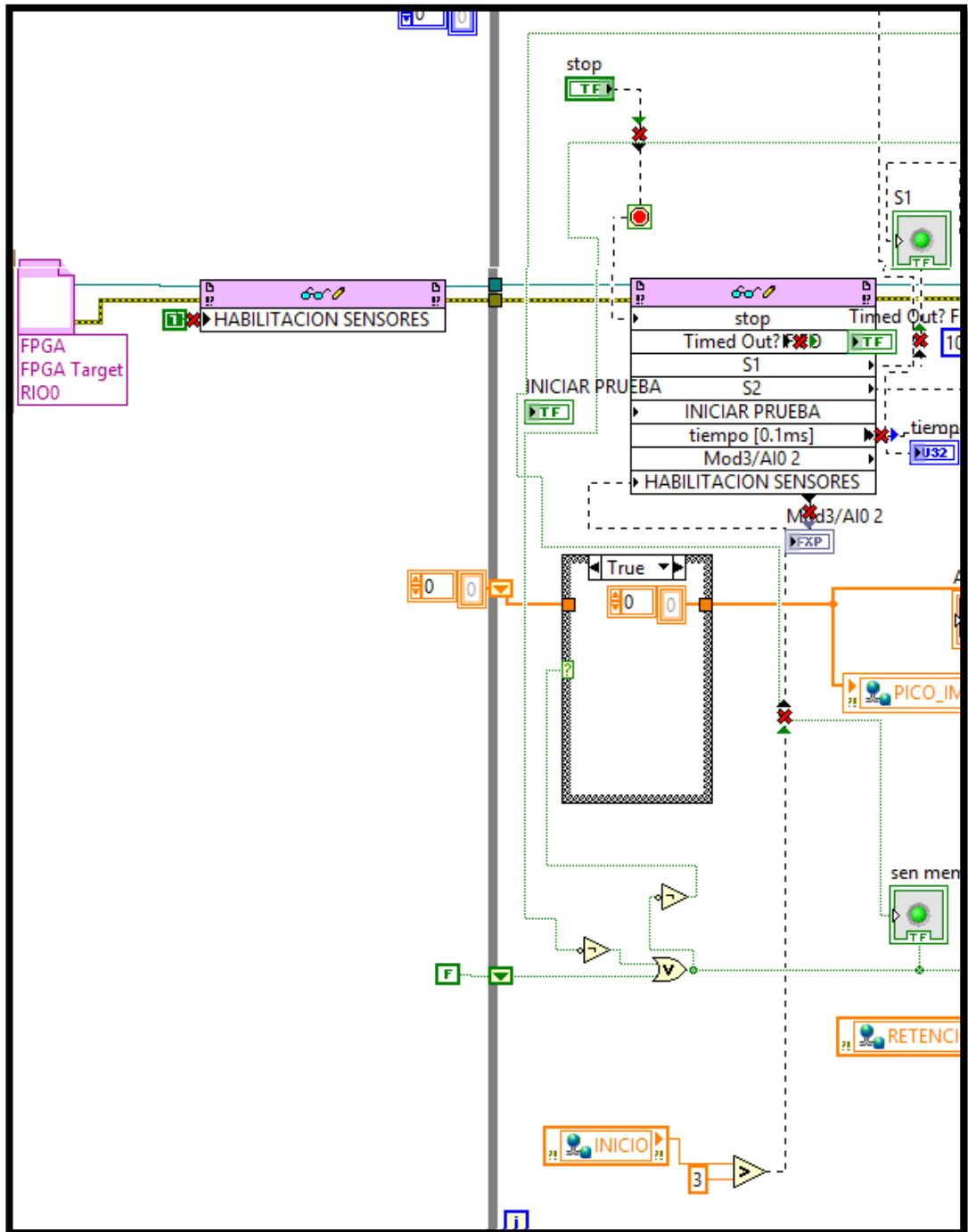


Figura 3.34: Programación Real – Time

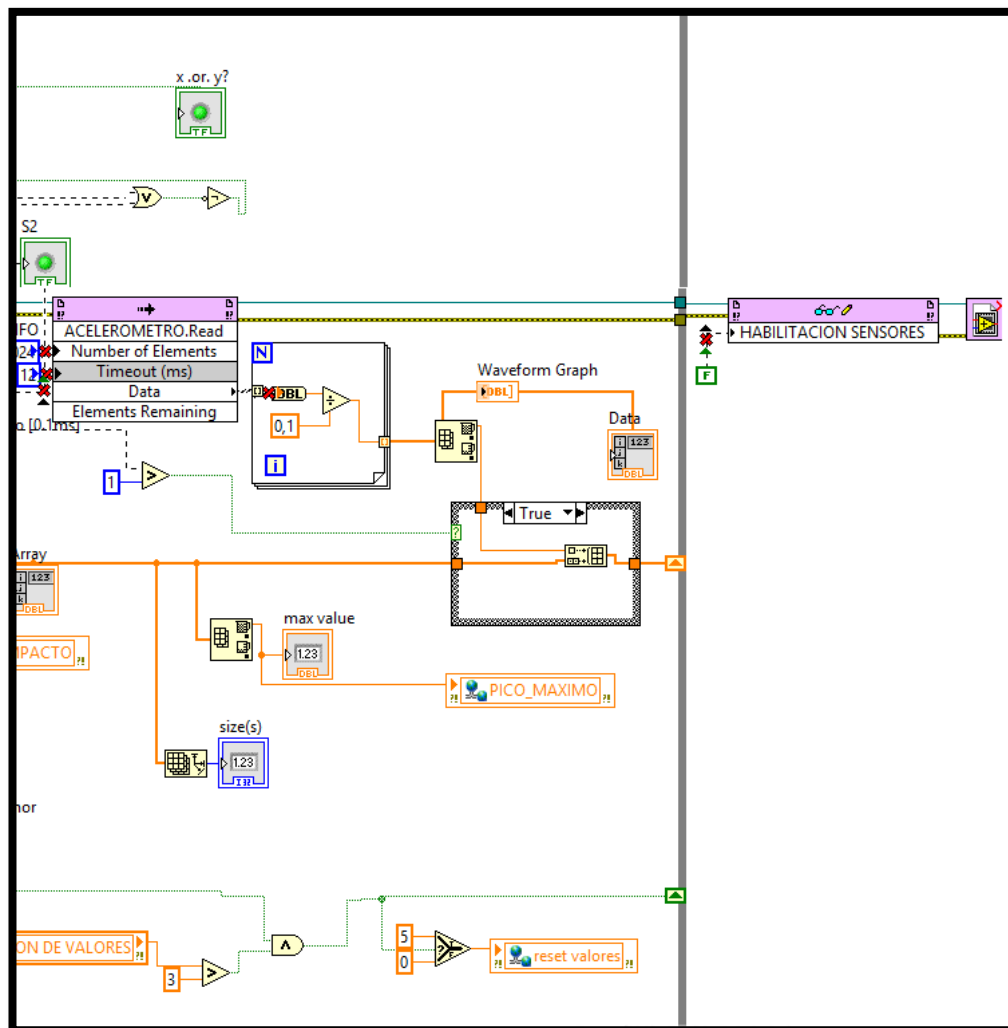


Figura 3.35: Programación Real – Time

Dentro de la programación del HMI (Interfaz Hombre – Máquina), figura 3.36, 3.37 y 3.38, se tiene la conexión a través de variables compartidas mediante la red entre el computador y la tarjeta de adquisición de datos.

Ingresa al programa del Real Time y se procede a descargar la información necesaria, los datos de velocidad, energía, picos máximos, etc., además se envían las variables para iniciar la prueba, detener la prueba, entre otros.

Se proceden a realizar funciones como el control de etiquetas mediante un medidor de tamaño de caracteres, si es mayor a uno se permitirá iniciar la

prueba, además de la acumulación de datos en un arreglo para calcular los valores máximos.

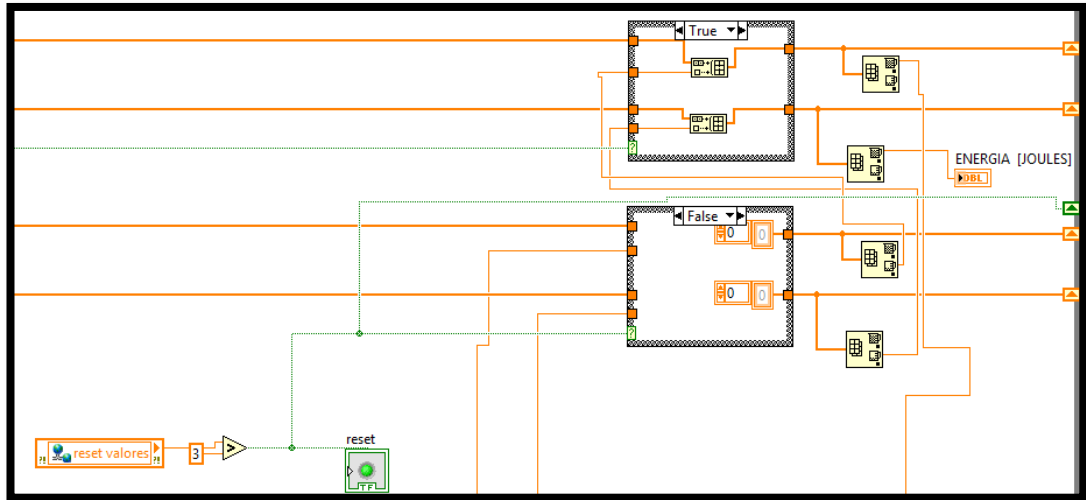


Figura 3.36: Programación HMI

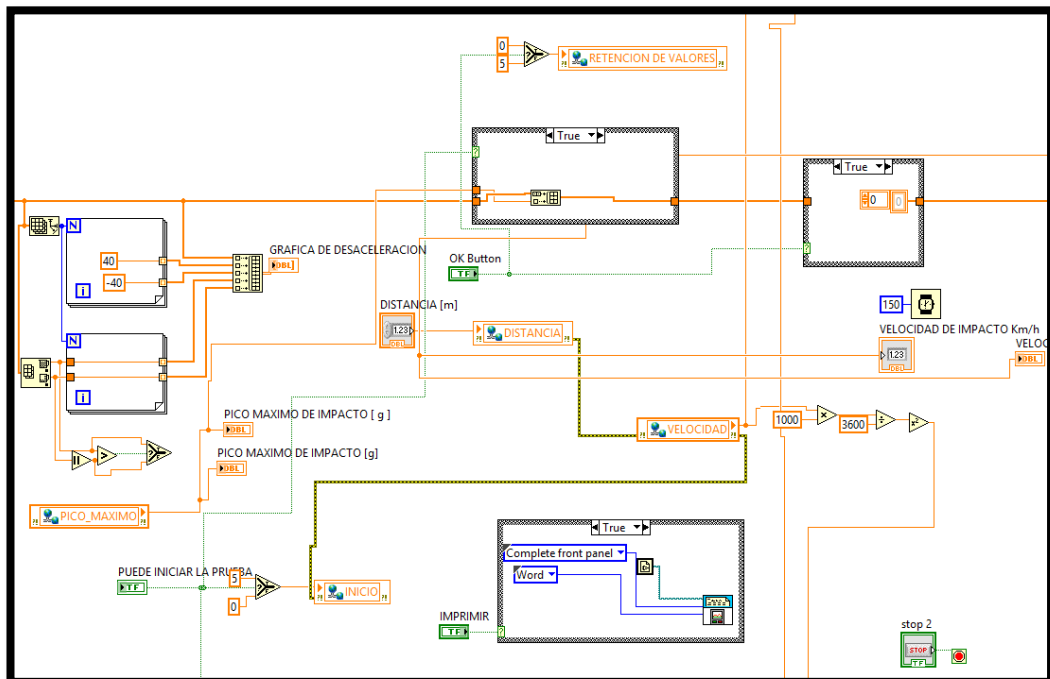


Figura 3.37: Programación HMI

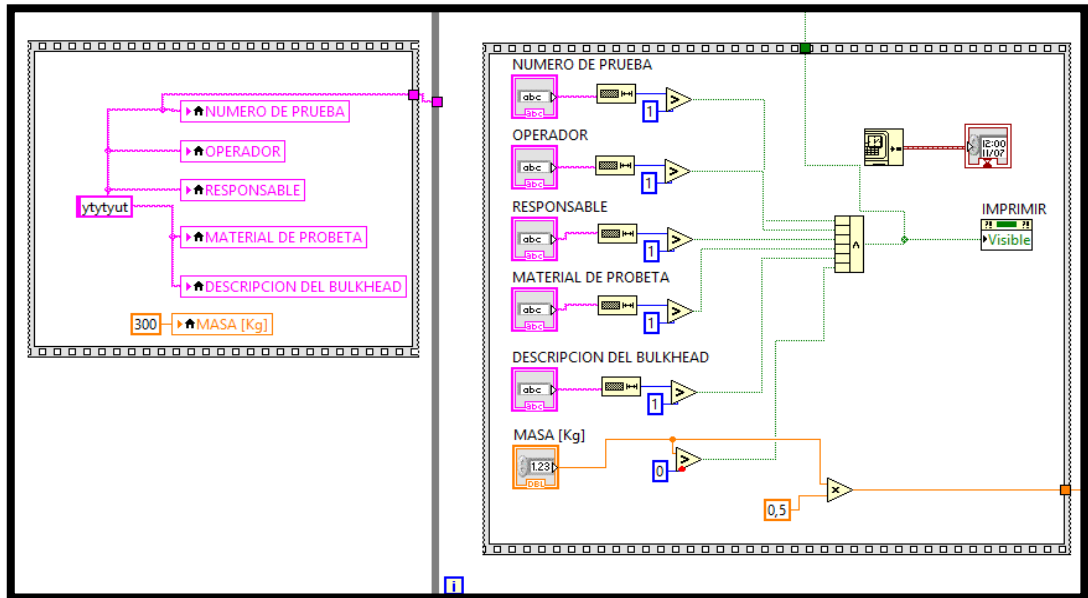


Figura 3.38: Programación HMI

La señal obtenida de los sensores tanto en valores numéricos como en forma de onda, en el caso de pico máximo obtenido en el momento del impacto, se muestra en el HMI, figura 3.39.



Figura 3.39: Interfaz HMI

3.4. DIAGRAMAS DE FLUJO

En la figura 3.40 se indica un diagrama de flujo de todo el proceso, el mismo que incluye la conexión e instalación del sistema mecánico, eléctrico – electrónico y la configuración de la red.

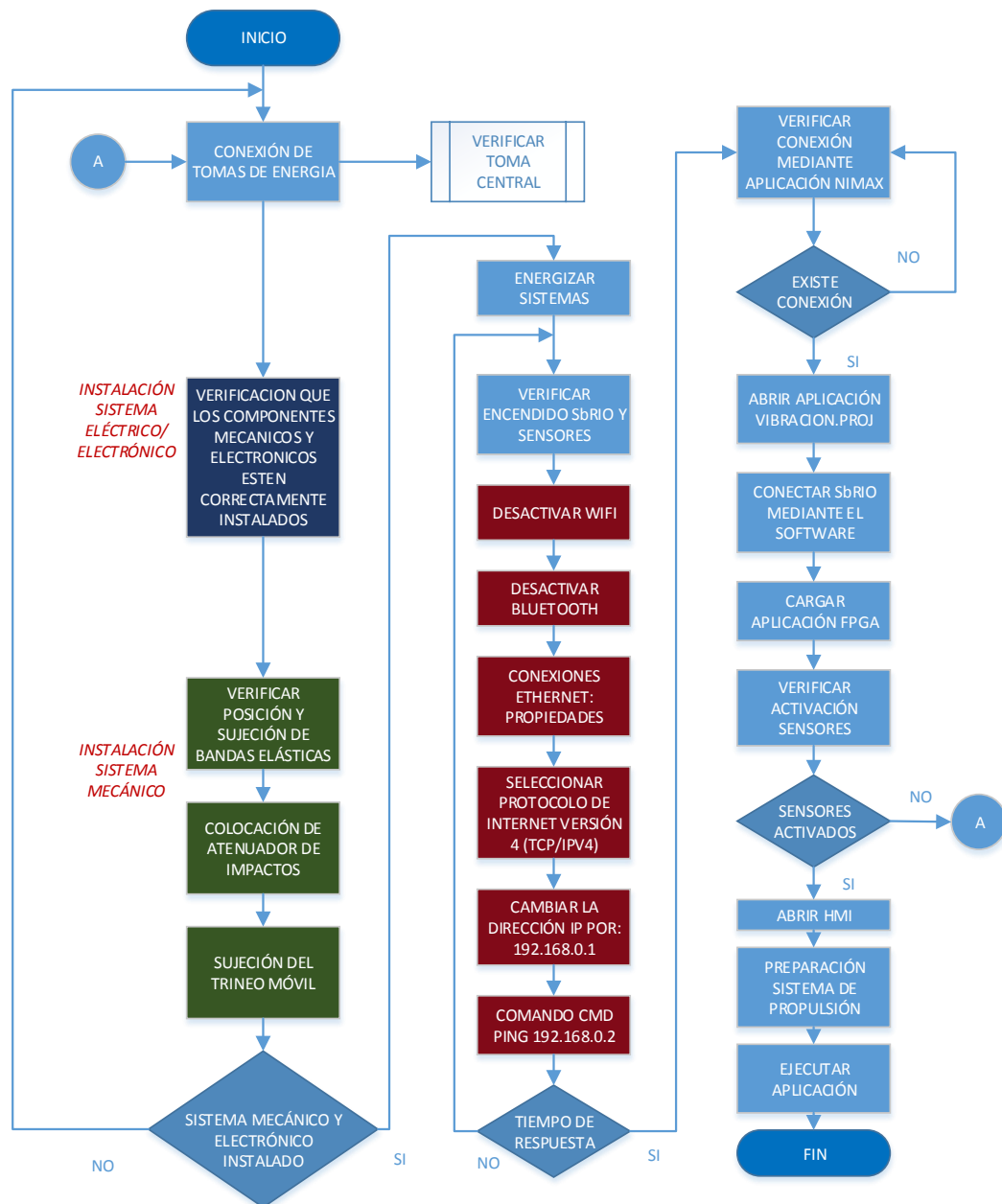


Figura 3.40: Diagrama de flujo del proceso

En la figura 3.41 se muestra un diagrama de flujo del HMI, el mismo que contiene el proceso que se debe realizar para dar inicio a la respectiva prueba.

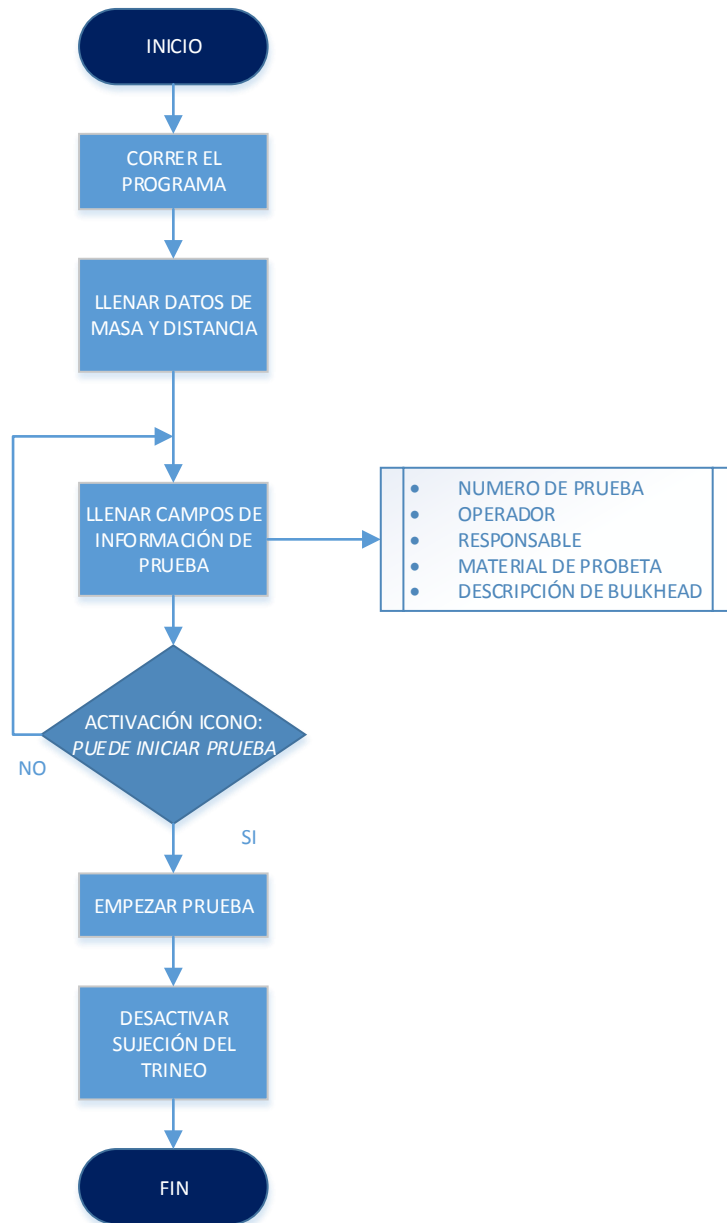


Figura 3.41: Diagrama de flujo del HMI

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Es de gran importancia realizar las determinadas pruebas a los sistemas independientes que constituyen el banco, tanto al sistema mecánico, eléctrico, electrónico y de software, de esta manera se validará su correcto funcionamiento, así como determinar posibles fallas que puedan presentarse.

4.1. Pruebas en el sistema mecánico

Se identificaron elementos mecánicos que según la función que realizan se consideran de gran importancia en el desarrollo de cada prueba.

4.1.1. Pruebas de soporte de bases y ejes

Se realizaron pruebas a las bases y ejes aumentando el peso hasta los 400 kg., como carga estática, los resultados se observan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Resultados de las deformaciones en bases y ejes.

PRUEBA	PESO	DEFORMACIÓN
1	300 kg	Nula
2	350 kg	Nula
3	400 kg	Nula

4.1.2. Pruebas en la estructura del trineo móvil

Las pruebas para la estructura del trineo móvil se realizaron variando la velocidad de 20 a 30 km/h, y los resultados se observan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Resultados de las deformaciones en el trineo móvil.

PRUEBA	VELOCIDAD DE IMPACTO	DEFORMACIÓN
1	15 km/h	Nula
2	20 km/h	Nula
3	25 km/h	Nula

4.1.3. Pruebas de tensión en bandas elásticas

Para observar la deformación de las bandas elásticas se sometieron a distintos porcentajes de elongación, y se comprobó que la longitud inicial sea la misma después de someterlas al estiramiento.

Cabe indicar que el porcentaje máximo de elongación para las bandas es del 100%. Los resultados se observan en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Resultados de las deformaciones en las bandas elásticas.

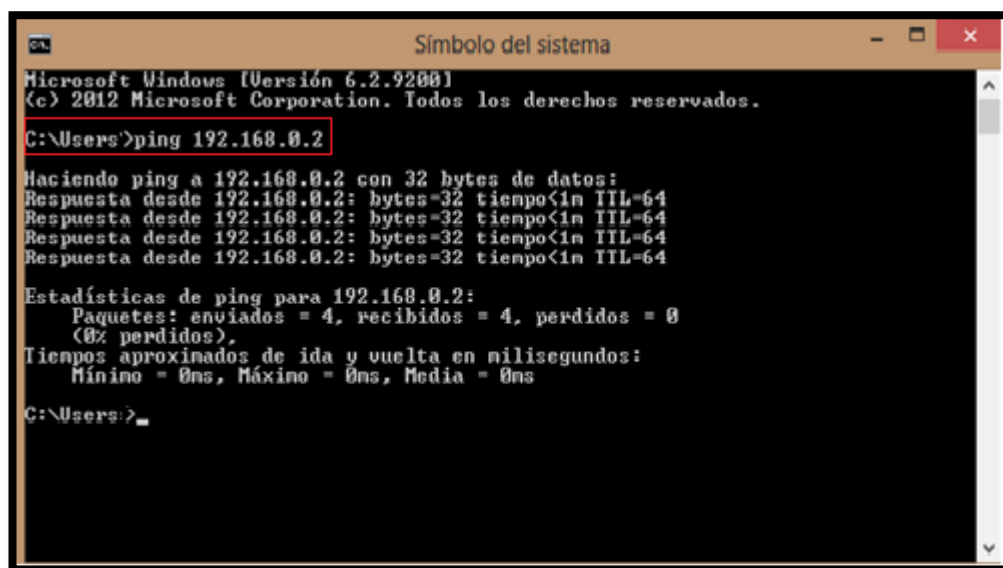
PRUEBA	PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	DEFORMACIÓN
1	50 %	Nula
2	75 %	Nula
3	100 %	Nula

4.2. Pruebas en el sistema electrónico

Una vez aprobado el sistema mecánico, mediante las determinadas pruebas realizadas, se procede a efectuar el respectivo análisis de la parte electrónica, con las siguientes pruebas, las mismas que validarán la funcionalidad de los sensores implementados, una vez que se verifique el correcto funcionamiento de los diferentes elementos se procede a la verificación del HMI..

4.2.1. Prueba de conectividad entre PC y SbRIO

Verificar mediante el comando CMD la conectividad de la tarjeta de adquisición de datos a través de la dirección IP de la misma, la IP de la tarjeta de adquisición de datos es: 192.168.0.2., como se indica en la figura 4.1.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 6.2.9200]
(c) 2012 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users>ping 192.168.0.2
Haciendo ping a 192.168.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Estadísticas de ping para 192.168.0.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
C:\Users>
```

Figura 4.1: Comando CMD

Una vez que se compruebe la existencia de una respuesta, ingresamos a la aplicación NI MAX, en la misma se observa la detección de la tarjeta de adquisición de datos SbRIO, se verifica su estado así como las características de la misma, como se muestra en la figura 4.2.

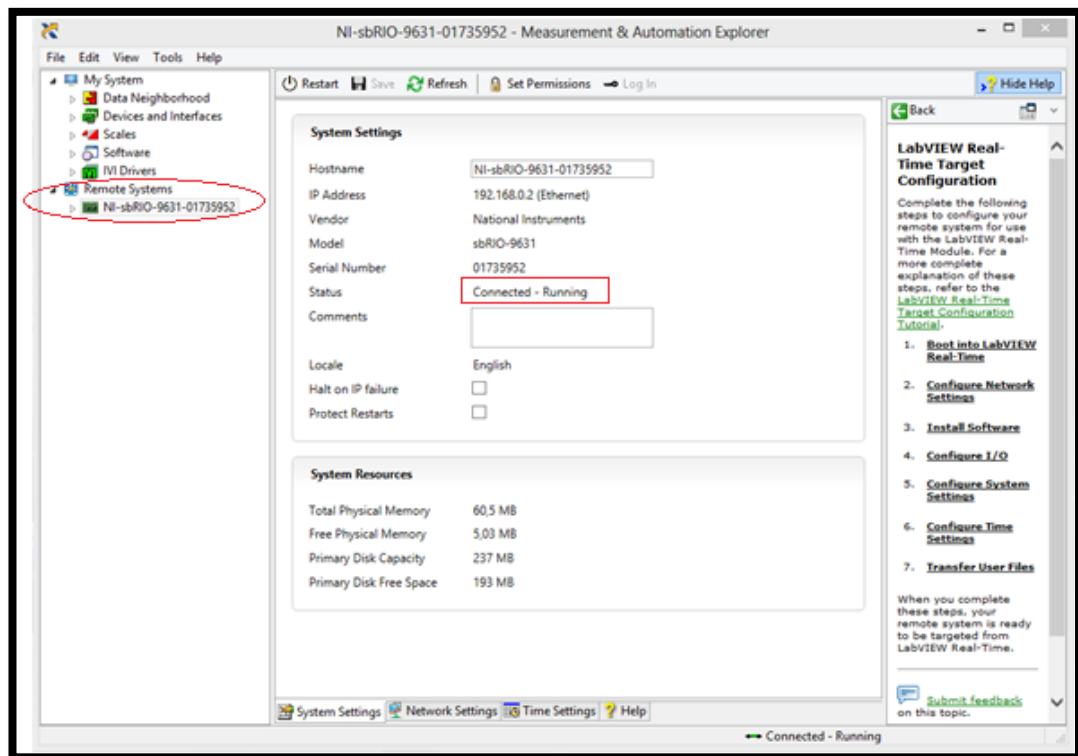


Figura 4.2: Aplicación NI MAX

Se procede a abrir el proyecto, en el mismo de igual manera se verifica el estado de la SbRio, como se indica en la figura 4.3.

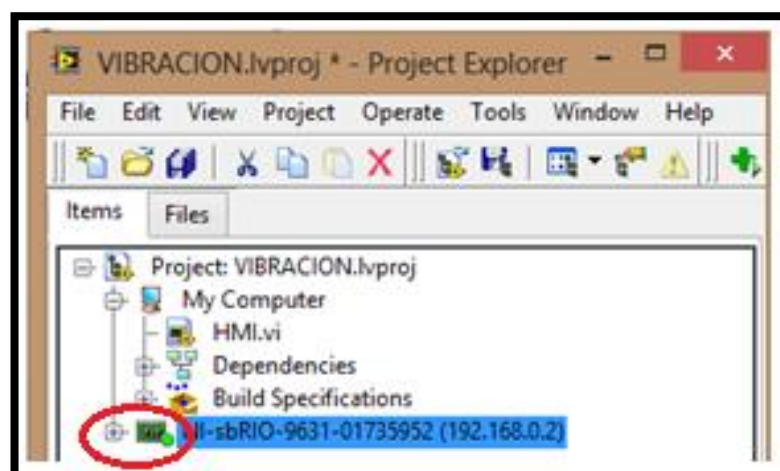


Figura 4.3: Proyecto

4.2.2. Pruebas de funcionamiento de los sensores

Una vez que se verifica el correcto estado de la tarjeta de adquisición de datos SbRIO, se procede a verificar que las señales que emiten los sensores fotoeléctricos y el acelerómetro se lean correctamente, la prueba se la realiza abriendo la aplicación FPGA del proyecto, como se indica en la figura 4.4.

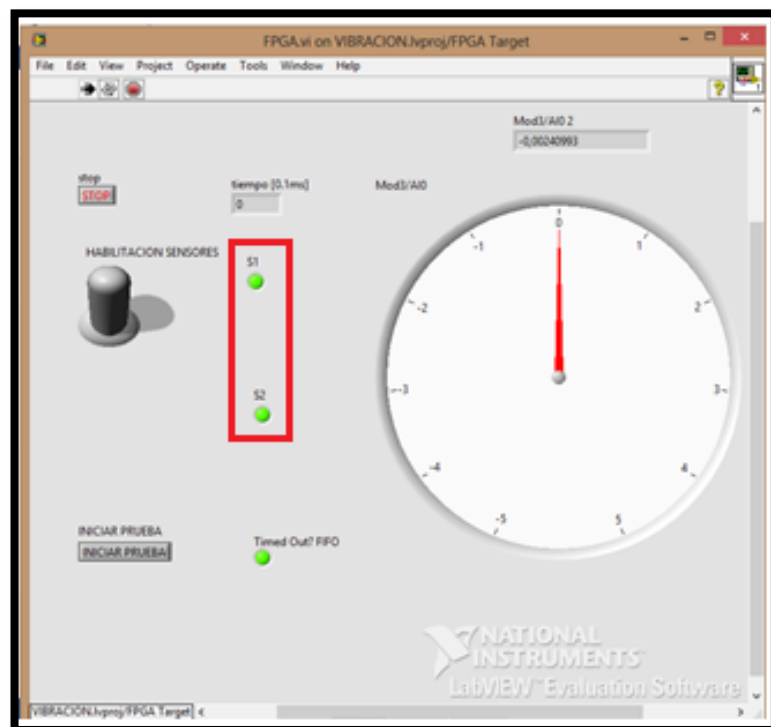


Figura 4.4: Aplicación FPGA

4.2.3. Pruebas del Interfaz Hombre – Máquina HMI

Una vez que se comprueba que la señal que emiten los sensores es la correcta, se procede a verificar el correcto funcionamiento del Interfaz Hombre – Máquina, verificando la ejecución de cada uno de los comandos establecidos, así como los valores obtenidos para su posterior análisis.

1. Se ingresan los datos requeridos acerca de la información de la prueba, es necesario que se llenen todos los campos para que se pueda activar la opción de inicio de prueba, se indica en la figura 4.5.
2. El inicio de la prueba se realizará al momento de la activación de un indicador.
3. Es importante señalar que se deben llenar los datos de la masa del trineo, así como la distancia que existe entre el emisor del sensor 1 y el emisor del sensor 2, los datos permanecerán como constantes durante la prueba.



Figura 4.5: HMI – Paso 1

4. Una vez que inicie la prueba, se van a mostrar los datos producidos al momento del impacto: velocidad, energía, pico máximo, etc.,
5. Finalmente se procede a imprimir los resultados obtenidos para llevar un registro de las pruebas realizadas.
6. Para el análisis respectivo se verifica que la velocidad alcanzada, pico máximo de desaceleración y energía, cumplan los rangos establecidos por la normativa de la Fórmula SAE, así como la deformación producida en el atenuador de impactos.

4.3. Resultados en las pruebas realizadas

En la figura 4.6 se indica el interfaz hombre – máquina al momento de realizar las distintas pruebas, en la figura se muestran los valores de

velocidad, energía absorbida y desaceleración con la respectiva gráfica, así como se indican los datos de información de la prueba de impacto.

Además se tiene la opción de IMPRIMIR, que permite guardar los datos obtenidos en formato de imagen y lo envía a un documento de una extensión .docx para realizar un análisis exhaustivo y mantener el registro de todas las pruebas realizadas.



Figura 4.6: HMI – Prueba final

En la tabla 4.4 se indican los valores obtenidos en las distintas pruebas realizadas, la velocidad obtenida varía en función a la tensión producida en las bandas elásticas, el pico máximo obtenido de desaceleración depende directamente del tipo de atenuador de impactos con el que se realicen las diferentes pruebas, el atenuador puesto a prueba es de tol de 2mm de espesor con 6 botellas de plástico y foam bizon como se indica en la figura 4.7.

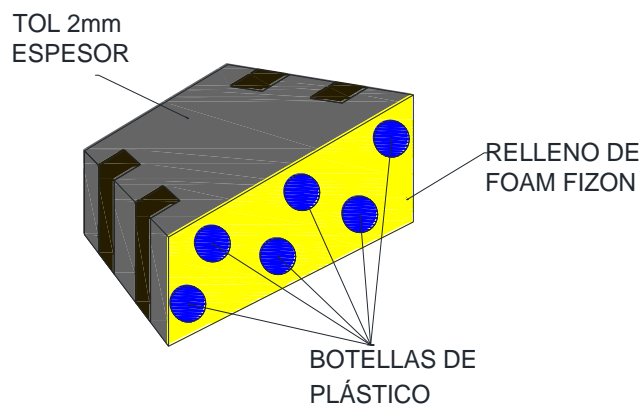


Figura 4.7: Atenuador de Impactos

Tabla 4.4: Valores obtenidos en las pruebas realizadas

PRUEBA	MASA (kg)	VELOCIDAD (km/h)	ENERGÍA (Joules)	PICO MÁXIMO (g)
1	300	9,32	1005,37	8
2	300	10,15	1192,41	13
3	300	12,33	1759,62	18
4	300	13,41	2081,38	25
5	300	14,17	2323,98	23
6	300	15,32	2716,51	35
7	300	16,52	3158,74	42
8	300	19,25	4288,98	35
9	300	20,32	4779,04	50
10	300	26,63	8209,47	51

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El proyecto ha cumplido los objetivos previstos, obteniendo un banco de pruebas para atenuadores de impacto, cumpliendo las exigencias del reglamento impuesto por la FSAE; para su ejecución se han tomado en cuenta varias alternativas, de las cuales el banco horizontal sobre rieles fue la mejor opción ya que este simula a un choque real, por lo que se implementó un sistema con rodamientos lineales para el deslizamiento del trineo sobre los ejes.
- Para obtener las velocidades adecuadas para la ejecución de las pruebas, el sistema de propulsión seleccionado fue mediante bandas elásticas, basado en las propiedades de las mismas teniendo una elasticidad del 100%, las mismas que brindaron el impulso necesario para que el trineo móvil se impacte a la velocidad requerida.
- Se realizó el diseño para la selección de componentes mecánicos mediante el cálculo de fuerzas en puntos críticos de la estructura y de esta manera se estableció los elementos adecuados, consiguiendo así que la respuesta del modelo construido se ajuste a la realidad para trabajar con parámetros reales.
- El sistema electrónico lo conformaron dos sensores fotoeléctricos, los mismos que fueron ubicados de tal manera que el trineo corte el haz de luz en dos puntos situados a 60 cm del muro de impacto, garantizando que la velocidad antes del impacto sea la requerida (27kph), además de un acelerómetro ubicado en la parte central del bulkhead para medir el impacto. Ambas señales fueron registradas a una tarjeta de adquisición de datos SbRIO, para su posterior análisis en el computador.
- Al realizar un análisis de los resultados obtenidos, se determinó que el sistema funcionó de una manera correcta, ya que se los datos se ubicaron dentro del rango permisivo por parte del reglamento de la FSAE.

- Las medidas de seguridad son sumamente importantes para resguardar la integridad física de los operadores, por lo cual se instalaron alarmas de seguridad para evitar posibles accidentes.
- La implementación de bancos de pruebas de esta magnitud, garantiza que dentro del Ecuador sea posible realizar pruebas de seguridad en vehículos, dando lugar a un importante avance en innovación tecnológica dentro del país.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que la institución adecue el respectivo laboratorio para evitar el deterioro de los elementos mecánicos y electrónicos ya que actualmente el lugar destinado no cuenta con las seguridades requeridas.
- Al momento de desmontar el trineo móvil se recomienda especial atención con la limpieza de los rodamientos lineales, debido a que los mismos no deben estar en contacto con partículas de suciedad, de esta manera se puede prolongar la vida útil de los mismos.
- Es recomendable no exponer a las bandas elásticas a un estiramiento mayor al 100% ya que este es su límite y podrían romperse y causar daños a los usuarios
- Se recomienda a los usuarios tener lo equipos necesarios de protección para la realización de la prueba de impactos para evitar riesgos en el factor humano
- Se recomienda limpiar todos los elementos antes de iniciar una prueba, dada que las condiciones donde se encuentra implementado el proyecto desprende mucho polvo y los componentes mecánicos y electrónicos pueden sufrir daños
- En el sistema electrónico es recomendable revisar las hojas de especificaciones de los sensores fotoeléctricos para no exponerlos a algún tipo de riesgo y evitar su deterioro
- Se recomienda tener en cuenta que el nivel máximo de gravedades que puede soportar el acelerómetro es de 80g por lo q no se debe exponer a impactos mayores a esta gravedad para evitar su deterioro.

- Se recomienda seguir el procedimiento indicado en el manual de usuario para la configuración de los equipos y de esta manera evitar fallas al momento de realizar la prueba.
- Debido a la importancia del proyecto se recomienda realizar un correcto direccionamiento hacia proyectos a implementar en el banco de pruebas, de esta manera se puede obtener un análisis avanzado en lo referente a teoría de choques.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBABA. (2012). *ALIBABA*. Obtenido de <http://spanish.alibaba.com/product-gs/portable-12v-electric-boat-winch-3000lbs-432838190.html>
- CARS. (2003). *CARS Y CARS*. Obtenido de <http://blog.carsycars.com/seguridad-y-tecnologia/%C2%BFque-son-los-crash-test-%C2%BFsabes-para-que-sirven/>
- Centeno, M. (2010). *Monje Centeno Daniel*. Obtenido de <http://www.tav.net/transductores/acelerometros-sensores-piezoelectricos.pdf>
- DIRECT_INDUSTRY. (2012). *DIRECT_INDUSTRY*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/asc-gmbh/acelerometros-mems-eje-unico-54033-676765.html>
- ELECTROMÁTICA. (2012). *ELECTROMÁTICA*. Obtenido de http://www.electromatica.cl/catalog/B_Control_Proceso.pdf
- ELECTROMÁTICA. (2012). *ELECTROMÁTICA*. Obtenido de http://www.electromatica.cl/catalog/B_Control_Proceso.pdf
- ESPEL. (2011). *Impact Attenuator Report*. Latacunga.
- EuroNCAP. (2013). *EuroNCAP*. Obtenido de <http://www.euroncap.com/Content-Web-Page/10e61e56-f503-4c6b-ad9d-968e261e21ab/impacto-lateral-del-vehculo-contra-otro-vehculo.aspx>
- Fisicanet. (02 de Septiembre de 2013). *Fisicanet*. Obtenido de http://www.fisicanet.com.ar/fisica/impulso/ap01_impulso.php
- Fórmula_SAE. (22 de Mayo de 1986). Obtenido de Fórmula SAE 86: <http://www.fsaonline.com/content/1986%20FSAE%20rules.pdf>
- FSAE_RULES. (2014). *FSAE_ONLINE*. Obtenido de http://www.fsaonline.com/content/2014_FSAE_Rules_Version_90111K.pdf

- GATE_MOTORS. (2013). *GATE MOTORS*. Obtenido de <http://www.gatemotors.co.uk/PDF/FL130B%20Technical%20Guide.pdf>
- GUINDO. (2012). *GUINDO*. Obtenido de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.ace.sensores.fotoelectricos...pdf>
- Iliberis. (25 de Septiembre de 2013). *Iliberis*. Obtenido de http://iliberis.com/fisica/1bach/TO_09_Choques.pdf
- Mott, R. (Sexta_Edicion). Flexiones en vigas. En R. Mott, *Resistencia de Materiales* (pág. 459).
- National_Instruments. (2014). *NATIONAL INSTRUMENTS*. Obtenido de <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205894>
- Org., S. (31 de Agosto de 2013).
- Patio_Tuerca. (11 de Febrero de 2011). *Patio Tuerca*. Obtenido de <http://comunidad.patiotuerca.com/profiles/blog/list?tag=FESPE>
- Pérez, I. J. (1991). *MAPFRE*. Obtenido de http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1010893
- RUA. (2012). *RUA, SISTEMAS DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS*. Obtenido de <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19119/1/Sistemas%20de%20adquisici%C3%B3n%20y%20Procesamiento%20de%20datos.pdf>
- SYSTEMS_MEGGIT_SENSING. (2012). *SYSTEMS MEGGIT SENSING*. Obtenido de http://www.wilcoxon.com/vi_index.cfm?PD_ID=175
- THOMSON. (2013). *THOMSON LINEAR, CATÁLOGO DE PRODUCTOS*. Obtenido de http://www.thomsonlinear.com/website/esm/esm/products/linear_guides/linear_ball_bushing_bearings.php
- Transport_Research_Laboratory. (11 de Septiembre de 2013). *Transport Research Laboratory*. Obtenido de http://www.trl.co.uk/facilities/impact_testing/impact_test_facility.htm
- Universidad_de_Santiago_de_Chile. (2003). *Universidad de Santiago de Chile*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/2865/1/31114-1.pdf>
- Universidad_Nacional_Quilmes. (2009). *IACI.UNQ*. Obtenido de <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
- Universidad_Politécnica_Cataluña. (1998). *UPC*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/2865/1/31114-1.pdf>
- Universidad_Sevilla. (2012). *ESCUELA POLITÉCNICA DE SEVILLA*. Obtenido de <http://1612182.blogspot.com/2013/05/21-sensores-y-transductores.html>
- Wikimedia, F. (24 de Septiembre de 2013). *Fundación Wikimedia*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Choque_\(f%C3%ADsica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Choque_(f%C3%ADsica))
- Wikimedia, F. (23 de Enero de 2013). *Fundación Wikimedia*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Insurance_Institute_for_Highway_Safety

GLOSARIO

A

Acelerómetros.- Son elementos que se encargan de transformar la magnitud física de aceleración en otra magnitud eléctrica que será captada por los diferentes sistemas de adquisición de datos.

Atenuadores de impacto.- Son dispositivos de seguridad que permiten absorber el impacto al momento de una colisión.

B

Bulkhead.- Parte delantera del monoplaza, la misma que recibirá el impacto al momento de una colisión.

D

Deflexión.- Grado en el que un elemento estructural se deforma bajo la aplicación de una *fuerza*.

E

EuroNCAP.- Es un programa de seguridad para automóviles apoyado por varios gobiernos europeos, muchos fabricantes importantes y organizaciones.

Ethernet.- Es un estándar de transmisión de datos para redes de área local.

F

Fórmula SAE.- Es una competición entre estudiantes de universidades de todo el mundo que promueve la excelencia en ingeniería.

FIFO.- Son un tipo de memorias que se utilizan en estructuras de datos para implementar colas.

Fotoeléctricos.- Son dispositivos electrónicos que responden al cambio en la intensidad de luz.

H

HMI.- Es la interfaz gráfica que permite la interacción entre el usuario y la máquina.

M

Monoplaza.- Es un *vehículo* que dispone de una única *plaza*, suelen estar dirigidos para competiciones de *automovilismo* de velocidad.

R

Rodamientos.- Es un *elemento mecánico* que reduce la *fricción* entre un *eje* y las piezas conectadas a éste, sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

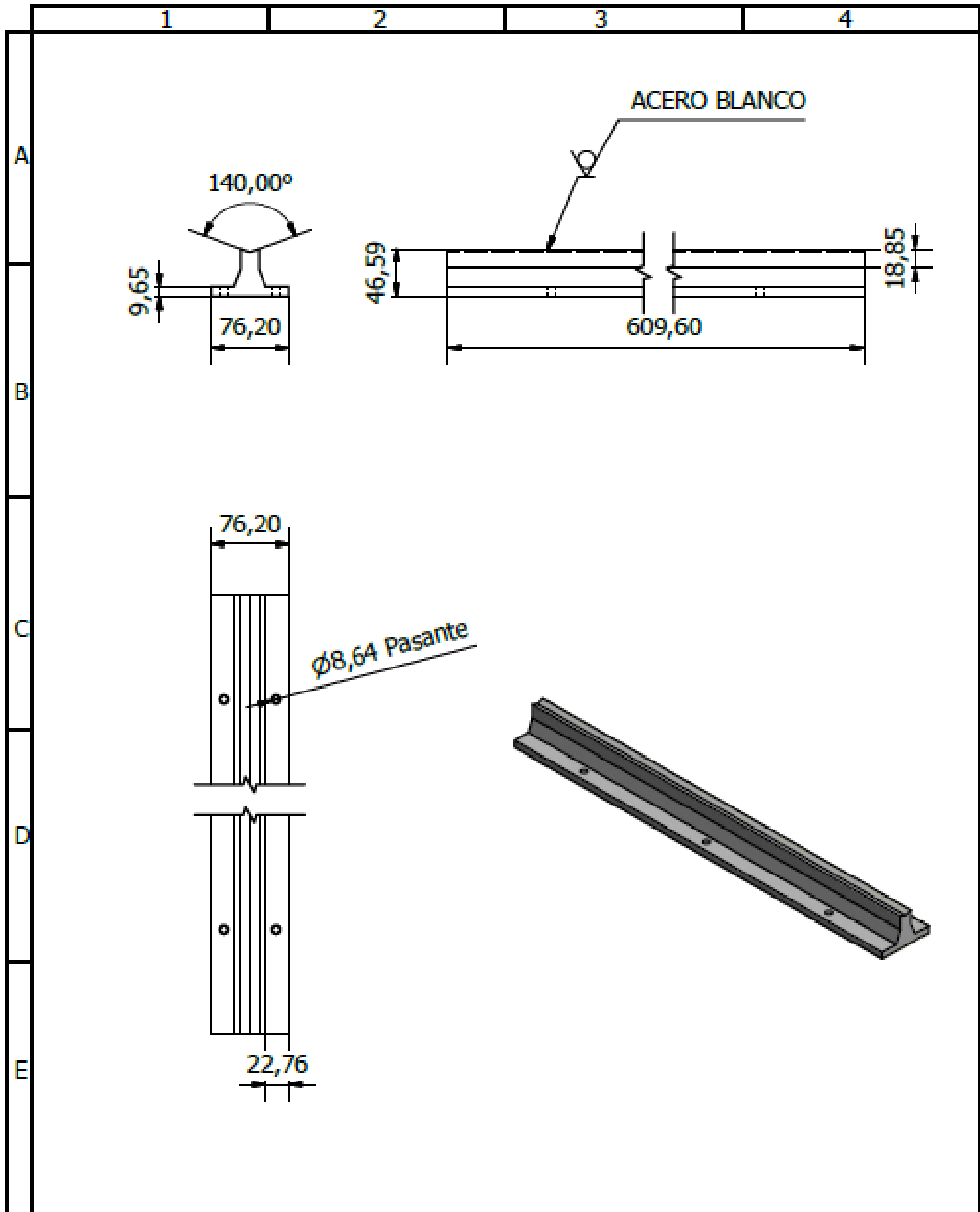
S

SbRIO.- Tarjeta de adquisición de datos, encargada de captar la señal de los sensores implementados.

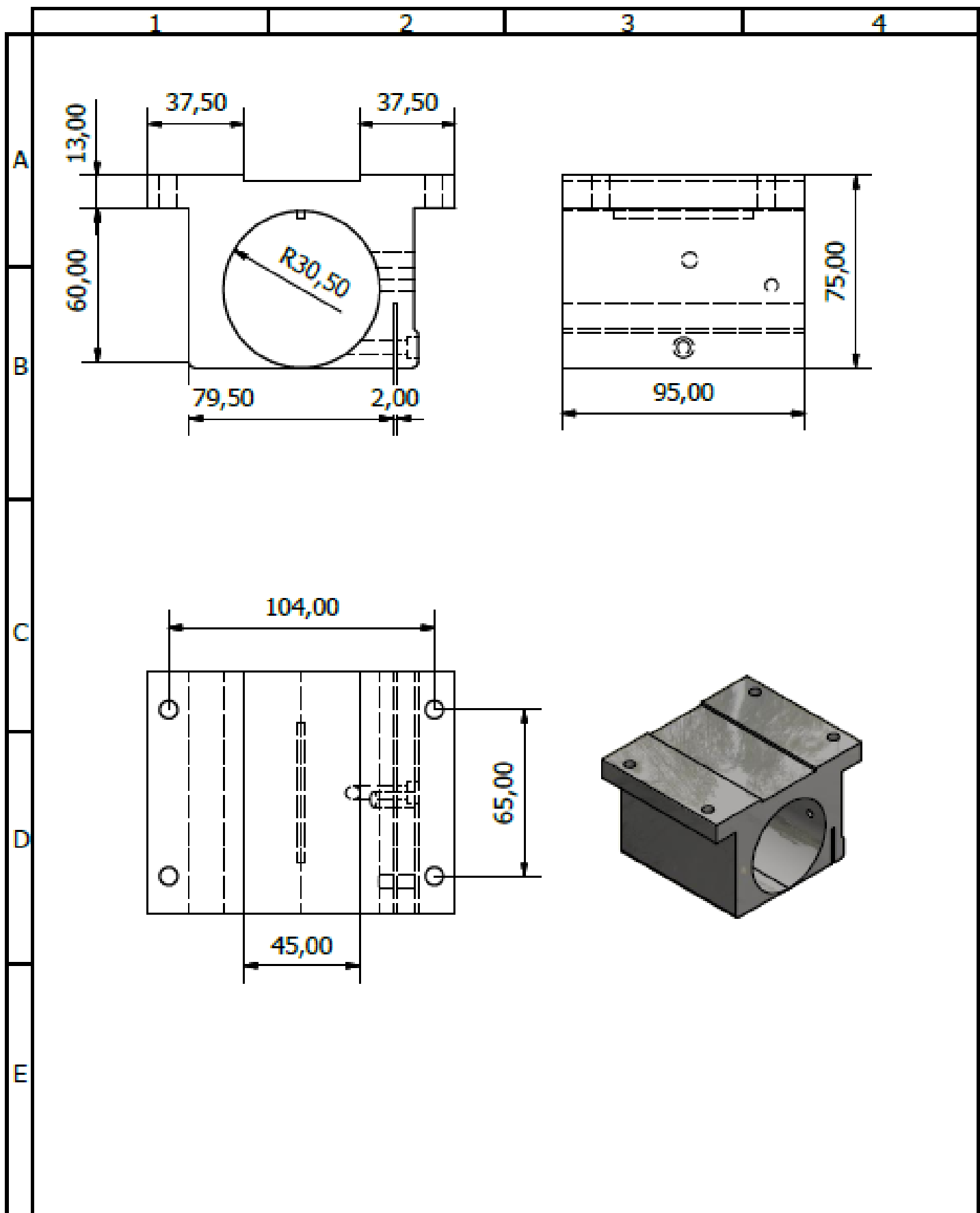
ANEXOS

- ANEXO A** PLANOS ESTRUCTURALES
COMPONENTES BANCO DE
PRUEBAS
- ANEXO B** HOJAS DE DATOS DE
COMPONENTES MECÁNICOS Y
ELECTRÓNICOS
- ANEXO C** MANUAL DE USUARIO
- ANEXO D** ARTÍCULO CIENTÍFICO

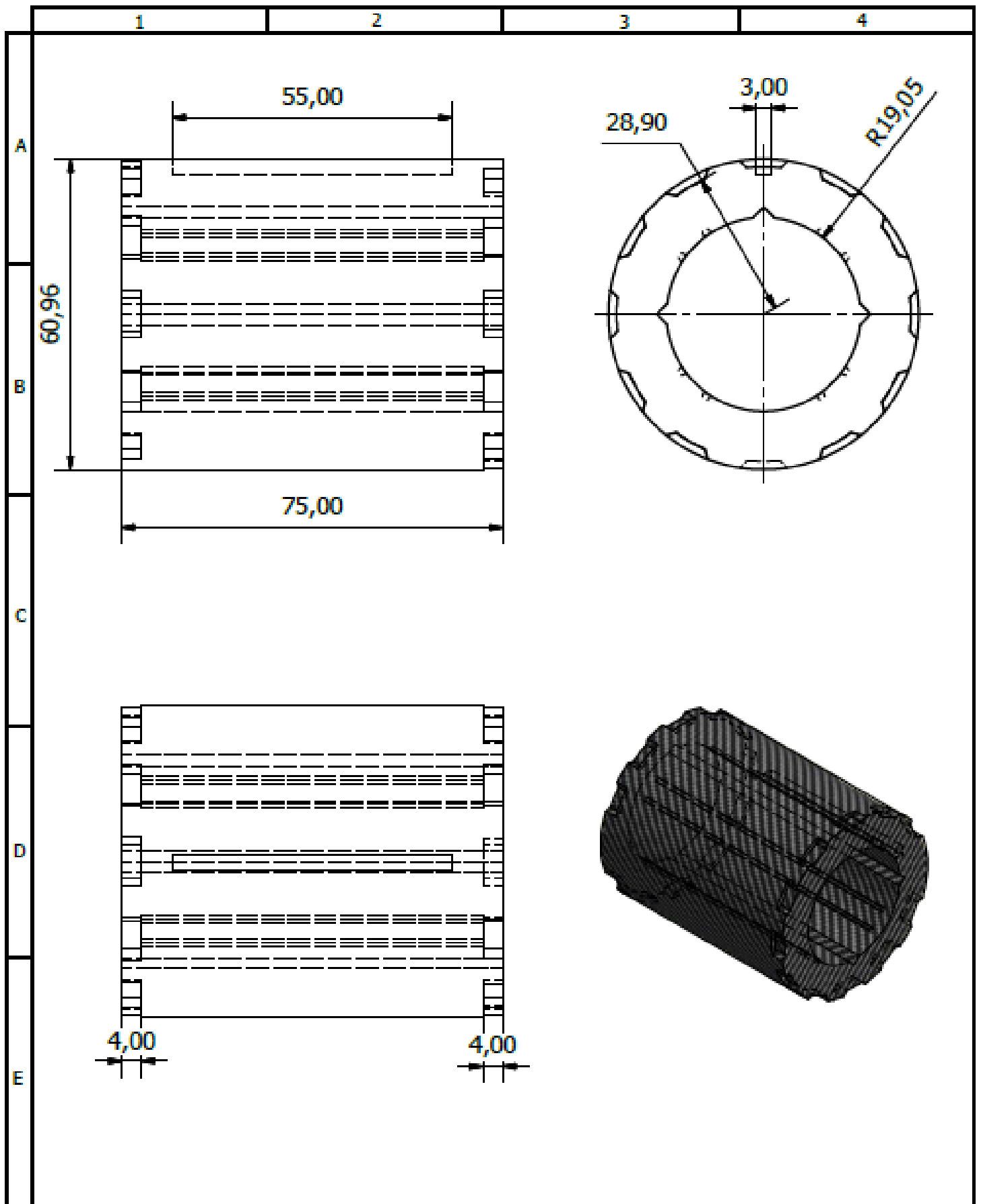
ANEXO A PLANOS ESTRUCTURALES
COMPONENTES BANCO DE
PRUEBAS



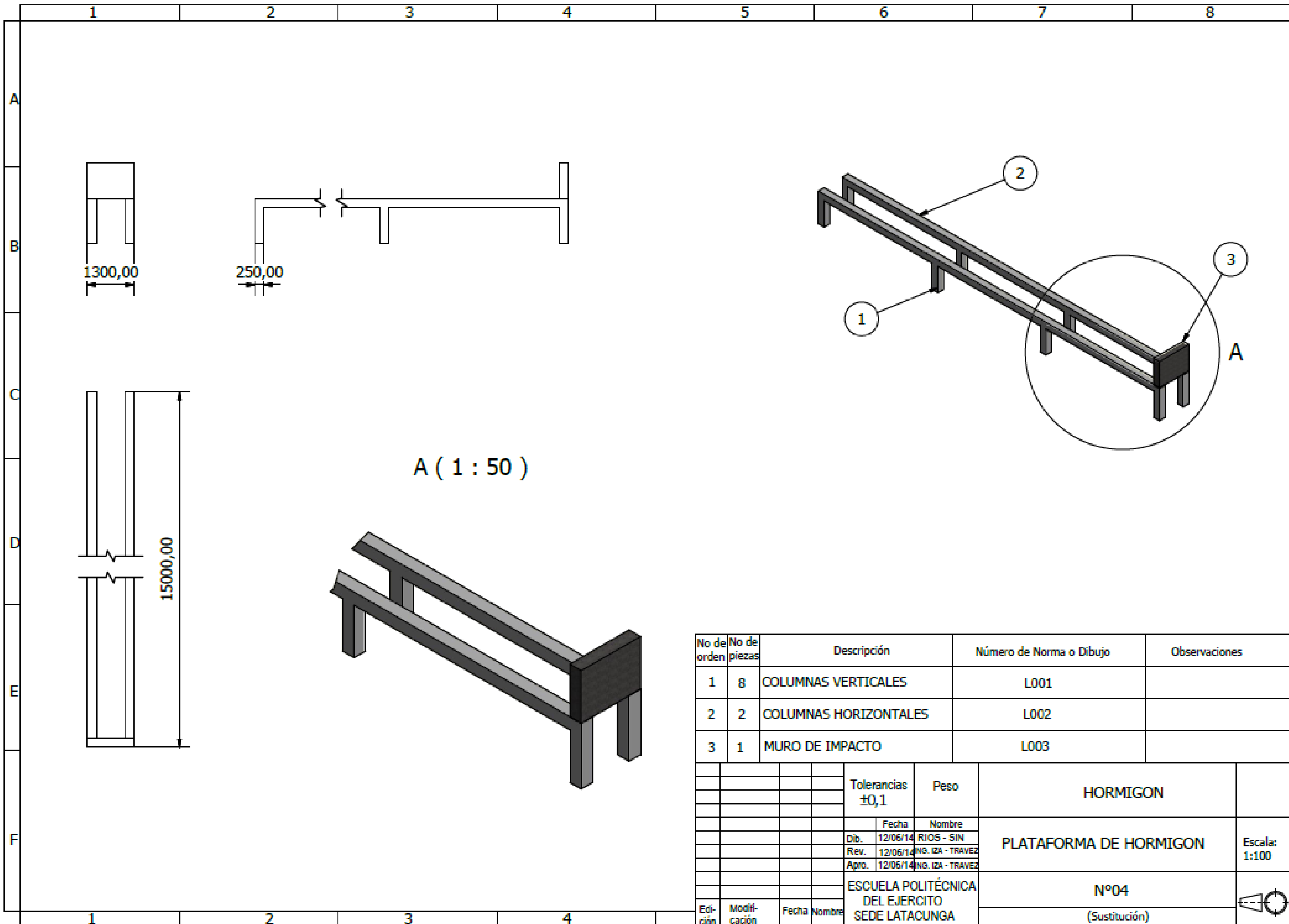
				Tolerancias	(Peso)	ACERO BLANCO	
						BASE DE EJE	Escala 1:5
				Fecha	Nombre		
				Dib. 12/06/14	RIOS - SIN		
				Rev. 12/06/14	ING. IZA-TRAVEZ		
				Apr. 12/06/14	ING. IZA-TRAVEZ		
				ESPE-L		N° 01	
Edi- cion	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitucion)	



				Tolerancias	(Peso)	ALUMINIO		
						RODAMIENTOS LINEALES	Escala 1:2	
				Dib.	Fecha			Nombre
				Rev.	12/06/14			ING. IZA-TRAVEZ
				Apro.	12/06/14			ING. IZA-TRAVEZ
				ESPE-L		N° 02		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitucion)		



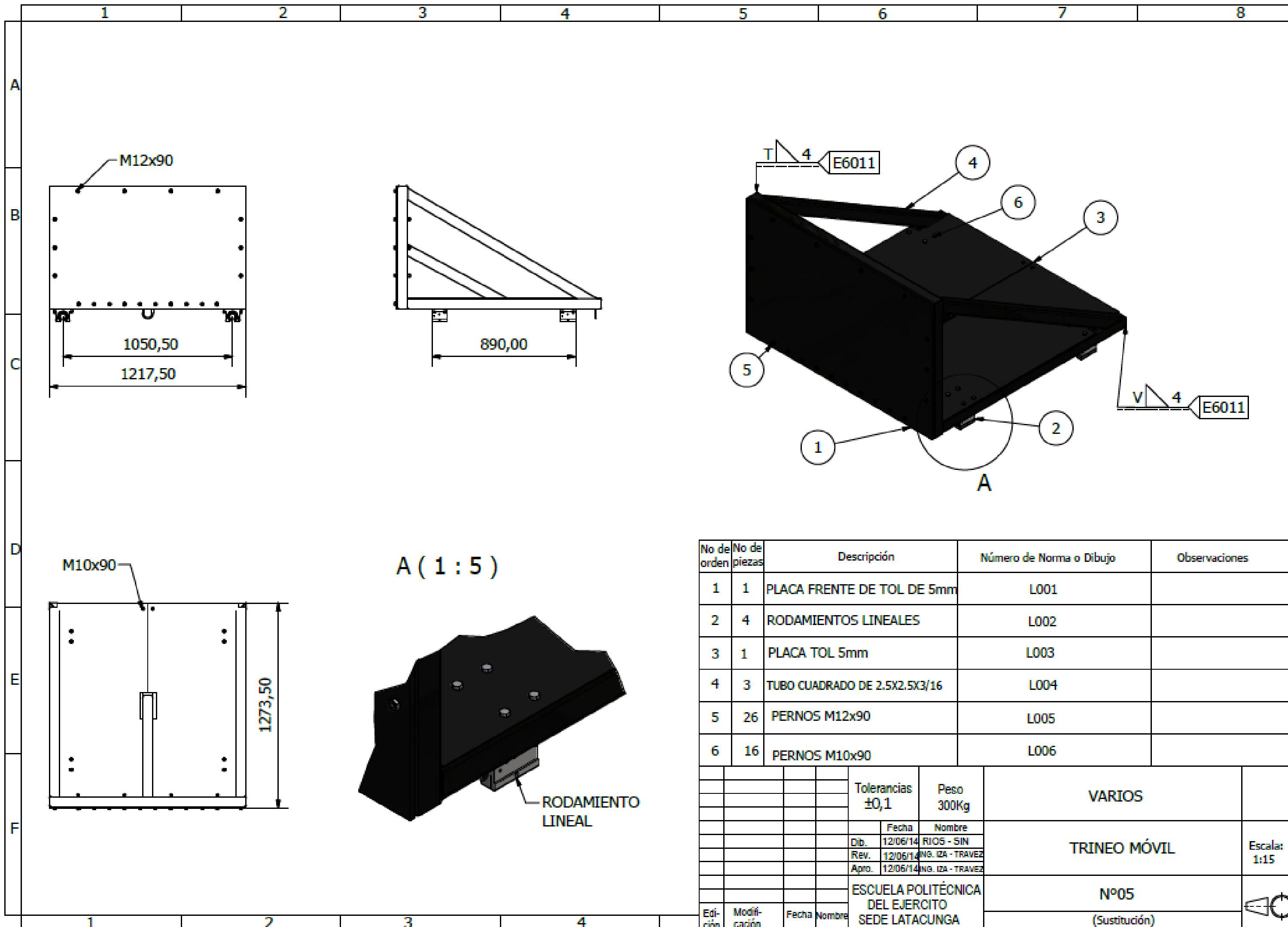
				Tolerancias	(Peso)	PLÁSTICO		
						PORTA RODAMIENTOS	Escala 1:1	
				Dib.	Fecha			Nombre
				Rev.	12/06/14			ING. IZA-TRAVEZ
				Apro.	12/06/14			ING. IZA-TRAVEZ
				ESPE-L		N° 03		
Edi- ción	Modif- cación	Fecha	Nombre			(Sustitucion)		



No de orden	No de piezas	Descripción	Número de Norma o Dibujo	Observaciones
1	8	COLUMNAS VERTICALES	L001	
2	2	COLUMNAS HORIZONTALES	L002	
3	1	MURO DE IMPACTO	L003	

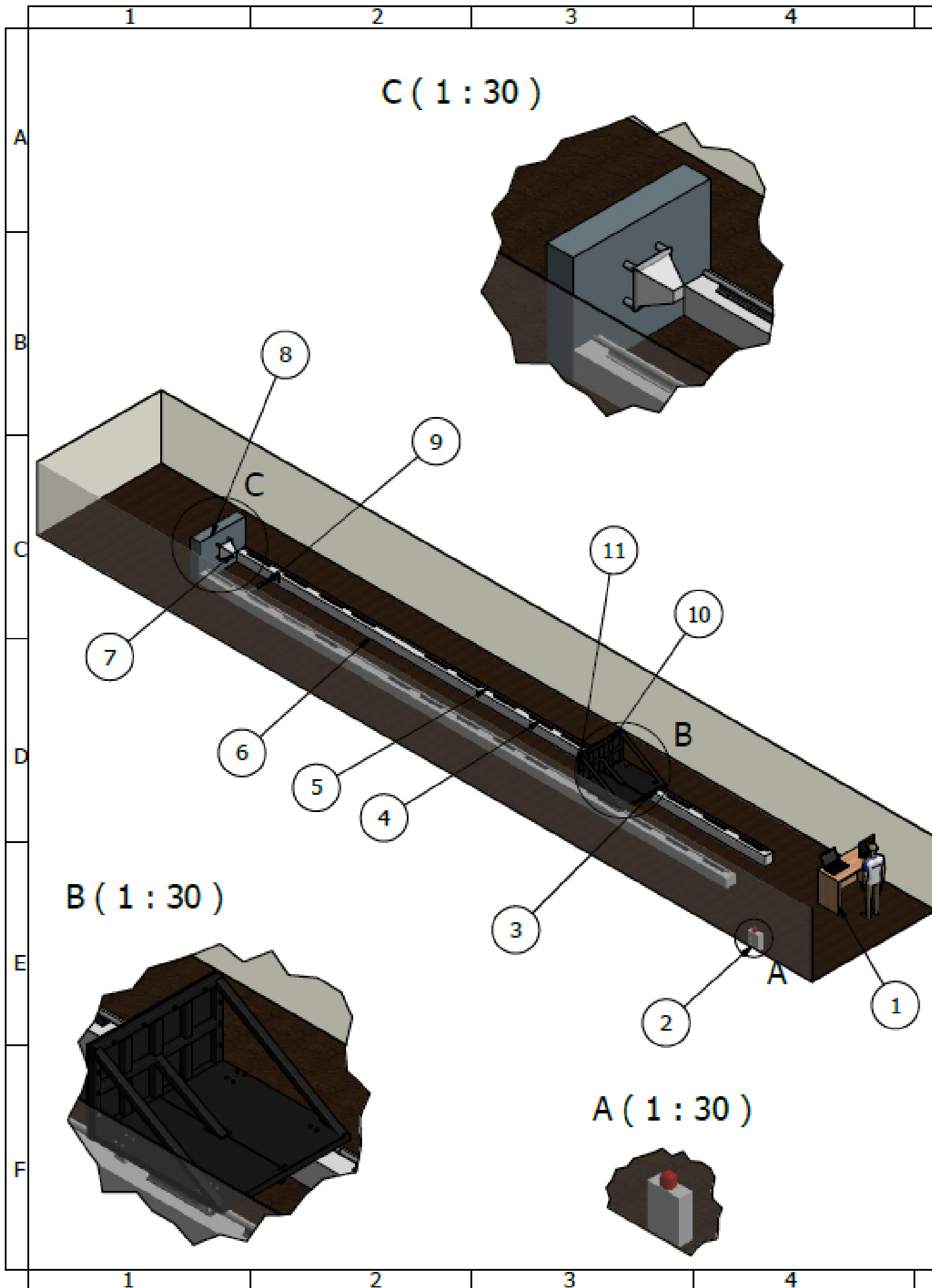
				Tolerancias $\pm 0,1$	Peso	HORMIGON		
						PLATAFORMA DE HORMIGON		Escala: 1:100
						N°04		
						(Sustitución)		

Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Descripción
				ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA



No de orden	No de piezas	Descripción	Número de Norma o Dibujo	Observaciones
1	1	PLACA FRETE DE TOL DE 5mm	L001	
2	4	RODAMIENTOS LINEALES	L002	
3	1	PLACA TOL 5mm	L003	
4	3	TUBO CUADRADO DE 2.5X2.5X3/16	L004	
5	26	PERNOS M12x90	L005	
6	16	PERNOS M10x90	L006	

				Tolerancias $\pm 0,1$	Peso 300Kg	VARIOS	Escala: 1:15
				Fecha	Nombre		
				Dib. 12/06/14	RIOS - SIN	TRINEO MÓVIL	
				Rev. 12/06/14	ING. IZA - TRAVEZ		
				Apro. 12/06/14	ING. IZA - TRAVEZ		
				ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA		Nº05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



No de orden	No de piezas	Descripción	Número de Norma o Dibujo	Observaciones
1	1	ZONA DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	L001	
2	1	CAJA DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS	L002	
3	1	RODAMIENTOS LINEALES	L003	
1	18	BASE DE HIERRO FUNDIDO	L004	
2	2	EJE DE TRANSMISIÓN DE 2 PLG	L005	
3	2	COLUMNA DE HORMIGON HORIZONTAL	L006	
1	1	ATENUADOR DE IMPACTOS	L007	
2	1	MURO DE IMPACTO	L008	
3	1	PLACA DE SUJECCIÓN DE BANDAS ELÁSTICAS	L009	
2	1	TRINEO MÓVIL	L010	
3	7	BANDAS ELÁSTICAS	L011	

				Tolerancias $\pm 0,1$	Peso	VARIOS		
				Fecha	Nombre	PLATAFORMA DE HORMIGON		Escalas: 1:90
				Dib.	12/06/14	RIOS - SIN		
				Rev.	12/06/14	ING. IZA - TRAVEZ		
				Apro.	12/06/14	ING. IZA - TRAVEZ		
				ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA			N°06 (Sustitución)	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre					

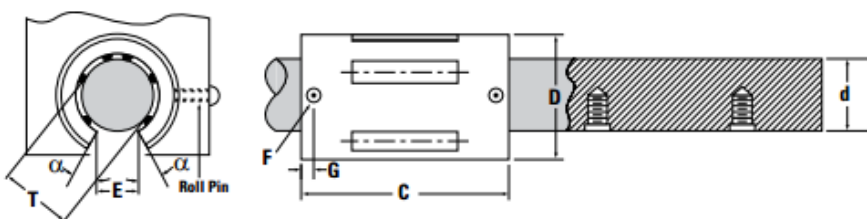
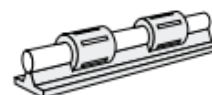
ANEXO B HOJAS DE DATOS DE
COMPONENTES MECÁNICOS Y
ELECTRÓNICOS

ANEXO A-1	CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS RODAMIENTO LINEAL THOMSON SSUPBO24	HOJA 1 DE 1
--------------	--	-------------



Inch – XR Ball Bushing Bearings

**XR Ball Bushing Bearings
for Continuously Supported Applications**



XR Ball Bushing Bearings and 60 Case LinearRace (Dimensions in inches)

Part Number		Nom. Dia.	Length C	60 Case LinearRace Diameter d
XR Ball Bushing Bearing	60 Case LinearRace*			
XR320PN	2 XL PD **	2	4.000/3.970	1.9994/1.9991
XR480PN	3 XL PD **	3	6.000/5.940	2.9992/2.9989

* 60 Case begins on page 170.

Part Number	Working Bore Diameter T	Recommended Housing Bore Diameter D	Minimum Slot Width E	Retention Hole ⁽¹⁾		Angle deg α	Number of Ball Circuits	Ball Diameter	Bearing Mass lb	Dynamic ⁽⁴⁾ Load Capacity lb _r
				Diameter F	Loc. G					
XR320PN	2.0000/1.9992	3.0000	1.00	.27	.31	27	6	.25	1.3	4500
XR480PN	3.0000/2.9988	4.5000	1.50	.27	.42	30	6	.38	4.4	10000

- (1) When installed in a nominal housing bore D, before adjustment. Any deviation from nominal housing bore diameter will change the working bore T, an equal amount. Minimum recommended housing bores are 2.9980 for XR-32-0PN and 4.4975 for XR-48-0PN.
- (2) Retention hole does not go through bearing retainer.
- (3) The Dynamic Load Capacity is based on a rated travel life of 2 million inches. The actual Dynamic Load Capacity can be affected by the orientation of the bearing or the direction of the applied load. For dynamic load correction factors see polar graphs opposite.
- (4) Contact factory for availability.

DATOS EXTRAIDOS DE:

http://www.thomsonlinear.com/downloads/bearings_guides/RoundRail_LinearGuides_Components_cten.pdf

ANEXO A-2	CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS BUNGEEES ELÁSTICOS	HOJA 1 DE 1
--------------	--	-------------

ELASTIC BUNGEE ROPE BLACK



Rope manufactured from high quality rubber 80% parallel system 20% silk Polypropylene, multifilament construction, resistant to UV rays, chemicals, cement and oils designed for outdoor usage

Construction: 16 braids

Elongation: 100%

FIRST QUALITY PRODUCT

OUR OTHER ELASTIC ROPES



ELASTIC ROPE	TENSILE STRENGTH DAN	BREAKING LOAD KG	BRAIDS	WEIGHT g/m
4mm	50	50	16	16 g/m
5mm	75	76	16	25 g/m
6mm	100	101	16	30 g/m
8mm	130	132	16	45 g/m
10mm	175	178	16	60 g/m
12mm	220	224	16	95 g/m

DATOS EXTRAIDOS DE: <http://www.ebay.com/itm/ELASTIC-BUNGEE-ROPE-SHOCK-CORD-4mm-5mm-6mm-8mm-10mm-12mm-BLACK-ALL-LENGHT-SIZE-/261392909829>

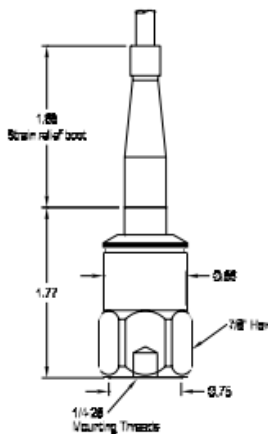


Wilcoxon Research model 786F
General purpose, integral cable accelerometer



Features

- Rugged design
- Corrosion resistant
- Hermetic seal
- Case isolated
- ESD protection
- Reverse wiring protection



Dynamic

Sensitivity, ± 5%, 25° C.....	100 mV/g
Acceleration range.....	80 g peak
Amplitude nonlinearity.....	1%
Frequency response, nominal:	
± 10 %.....	1 - 8,000 Hz
± 3 dB.....	0.5 - 13,000 Hz
Resonance frequency.....	30 kHz
Transverse sensitivity, max.....	5% of axial
Temperature response:	
-50° C.....	-5%
+120° C.....	+5%

Electrical

Power requirement:	
Voltage source.....	18 - 30 VDC
Current regulating diode.....	2 - 10 mA
Electrical noise, equiv. g:	
Broadband 2.5 Hz to 25 kHz.....	700 µg
Spectral	
10 Hz.....	10 µg/√Hz
100 Hz.....	5 µg/√Hz
1000 Hz.....	5 µg/√Hz
Output impedance, max.....	100 Ω
Bias output voltage.....	12 VDC
Grounding.....	case isolated, internally shielded

Environmental

Temperature range.....	-50 to 120° C
Vibration limit.....	500 g
Shock limit, min.....	5,000 g
Electromagnetic sensitivity, equiv. g, max.....	70 µg/gauss
Sealing.....	hermetic
Base strain sensitivity, max.....	0.0002 g/µstrain
Hydrostatic pressure.....	100 psi

Physical

Sensing element design.....	PZT / shear
Weight.....	90 g, excluding cable
Case material.....	316L stainless steel
Mounting.....	1/4-28 UNF tapped hole
Integral cabling.....	J9T2A, 16 ft, blunt cut

Connections


Function	786F cable conductor
power / signal	white
common	black
case	shield

Accessories supplied: SF6 mounting stud (international customers specify mounting requirements); calibration data (level 2).

DATOS EXTRAIDOS DE: [http://www.wilcoxon.com/prodpdf/786F%20spec%20\(98504C\).pdf](http://www.wilcoxon.com/prodpdf/786F%20spec%20(98504C).pdf)

ANEXO A-4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SENSOR FOTO ELECTRICO FL 130	HOJA 1 DE 1
<p>1) GENERALIDADES - Pareja (transmisor-receptor) con doble relé normalmente excitado en salida. FL130 - Si utilizado como dispositivo de "Tipo D", según la norma EN 12453, se tiene que prever una su verifica por lo menos cada seis meses en el plano de mantenimiento de la puerta/cancela. FL130B- Puede utilizarse como dispositivo de "Tipo D" según la norma EN 12453, si conectado a una central de mandos con "CIRCUITO DE VERIFICA DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD". Este producto cumple las normas reconocidas de la técnica y las disposiciones relativas a la seguridad. Confirmamos su conformidad con las siguientes directivas europeas: 89/336/CEE y sucesivas variaciones.</p>		
<p>2) DATOSTECNICOS - Alimentación: 20÷31 Vca/ 22÷30 Vdc; Absorción par: 70 mA; Alcance máx.: 30 m (reducido en caso de niebla-lluvia); Contactos relé: 1 A a 24 V c.a.-c.c.; Temperatura funcionam.: -15° ÷ +70°C; Grado de protección: IP54.</p>		
<p>3) FIJACION – Deben fijarse alineados, a una altura comprendida entre los 40 y los 60 cm del suelo. Las superficies de fijación tienen que ser planas y paralelas entre sí. Montaje en pilar (fig. 1). Montaje en columna CF130 (fig. 2). En caso de que se monten dos pares de fotocélulas uno cerca del otro, hay que cruzar las posiciones RX-TX (fig. 3).</p>		
<p>4) TABLERO DE BORNES 4.1) FL130 (fig.4) Alimentación 1(+), 2(-); Contacto 3-4 NO. 4.2) FL130B (fig.5) Alimentación 1(+), 2(-); Contacto 3-4 NC, 3-5 NO. Para la conexión de los contactos, sígase lo indicado en las instrucciones de los dispositivos de control utilizados (central de mando).</p>		
<p>5) ALINEACION - La alineación correcta de las fotocélulas se obtiene cuando, con la tapa montada, se vislumbra el LED del receptor RX (fig. 4-5) encendido. En presencia de algún obstáculo entre el receptor RX y el transmisor TX, el LED se apaga y el relé abre el contacto.</p>		
<p style="text-align: center;">DATOS EXTRAIDOS DE: http://www.gatemotors.co.uk/PDF/FL130B%20Technical%20Guide.pdf</p>		

ANEXO A-5	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SBRIO-9631	HOJA 1 DE 3								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>NI sbRIO-9631</p> <p>Dispositivo Embebido con AI, AO, DIO, FPGA de 1M de Compuertas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Procesador de 266 MHz, 128 MB de almacenamiento no volátil, 64 MB DRAM para control y análisis determinísticos ▪ FPGA de 1M de compuertas con tecnología de E/S reconfigurable (RIO) para temporización personalizada, procesamiento en línea y control ▪ 110 líneas DIO de 3.3 V (tolerancia de 5 V/TTL), 32 entradas analógicas de 16 bits, cuatro salidas analógicas de 16 bits ▪ Puerto Ethernet 10/100BASE-T y puerto serial RS232, entrada de suministro de 19 a 30 VDC ▪ Rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C ▪ Cantidades OEM únicamente; contacte a NI para información de precios </div> <div style="text-align: right;"> <p>Ventas Ecuador 512-683-0100 orders@ni.com</p> </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  </div> <p>Información General</p> <p>El dispositivo embebido de control y adquisición NI sbRIO-9631 integra un procesador en tiempo real, un arreglo de compuerta programable en campo (FPGA) reconfigurable por el usuario y E/S en una sola tarjeta de circuito impreso (PCB). Tiene un procesador industrial de 266 MHz, un FPGA Xilinx Spartan de 1M de Compuertas, líneas de E/S digital de 110 3.3 V (tolerancia de 5 V / compatible con TTL), 32 canales de entrada analógica de una sola terminal y 16 diferenciales de 16 bits a 250 kS/s y cuatro canales de salida analógica de 16 bits a 100 kS/s. También tiene tres conectores para E/S de expansión usando módulos de E/S de la Serie C a nivel de tarjeta. El sbRIO-9631 ofrece rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C junto con un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC. Brinda 64 MB de DRAM para operación embebida y 128 MB de memoria no volátil para almacenamiento de programas y registro de datos.</p> <p>Este dispositivo tiene un puerto de Ethernet de 10/100 Mbps/s que usted puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP). Usted puede usar el puerto serial RS232 para controlar dispositivos periféricos.</p> <p>El sbRIO-9631 está diseñado para ser fácilmente embebido en aplicaciones de alto volumen que requieren flexibilidad, fiabilidad y alto rendimiento. NI Single-Board RIO se vende únicamente en cantidades OEM. Los sistemas NI CompactRIO son ideales para aplicaciones de volumen bajo y medio y rápida generación de prototipos.</p> <p>Especificaciones</p> <p>Documentos con Especificaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Especificaciones ▪ Hoja de Especificaciones <p>Resumen de Especificaciones</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 5px;">General</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;">Form Factor</td> <td style="padding: 5px;">Single-Board RIO</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Sistema Operativo / Objetivo</td> <td style="padding: 5px;">FPGA</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Compatible con RoHS</td> <td style="padding: 5px;">Sí</td> </tr> </tbody> </table>			General		Form Factor	Single-Board RIO	Sistema Operativo / Objetivo	FPGA	Compatible con RoHS	Sí
General										
Form Factor	Single-Board RIO									
Sistema Operativo / Objetivo	FPGA									
Compatible con RoHS	Sí									

ANEXO A-6	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SBRIO-9631	HOJA 2 DE 3
Entrada Analógica		
Canales de una sola terminal	32	
Canales Diferenciales	16	
Resolución de Entrada Analógica	16 bits	
Muestreo Simultáneo 	No	
Rango de Voltaje Máximo		
Rango	-10 V - 10 V	
Precisión	6220 μ V	
Rango de Voltaje Mínimo		
Rango	-200 mV - 200 mV	
Precisión	157 μ V	
Salida Analógica		
Número de Canales	4	
Resolución	16 bits	
Rango de Voltaje Máximo		
Rango	-10 V - 10 V	
Precisión	110 mV	
Razón de Actualización	100 kS / s	
Capacidad de Corriente Simple	3 mA	
Capacidad de Corriente Total	12 mA	
E / S Digital		
Canales Bidireccionales	110	
Canales de Entrada Únicamente	0	
Canales de Salida Únicamente	0	
Máxima Velocidad de Reloj	40 MHz	
Entrada Digital		
Rango de Voltaje Máximo	0 V - 5 V	

ANEXO A-7	CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS SBRIO-9631	HOJA 3 DE 3
--------------	-------------------------------------	-------------

Salida Digital	
Rango de Voltaje Máximo	0 V - 3.3 V
FPGA Reconfigurable	
FPGA	Spartan-3
Controlador Reconfigurable	
CPU Clock Frequency	266 MHz
Memoria No Volátil	128 MB
Memoria del Sistema	64 MB
Procesador	PowerPC
Eléctrico	
Rango de Voltaje de Salida (Fuente Externa)	19 V - 30 V
Especificaciones Físicas	
Longitud	209 mm
Ancho	93 mm
Altura	17 mm
Conector de E / S	50-pin IDC
Temperatura de Operación	-20 °C - 55 °C

Recursos

Información Adicional de Productos

- Dibujos Dimensionales
- Certificaciones de Productos (2)

Información Relacionada

- Página Principal de NI Single-Board RIO
- Soporte del Software para NI Single-Board RIO
- CompactRIO y NI Single-Board RIO: Desde Generación de Prototipos a Despliegue de Bajo Costo
- Servicios de Hardware
- Guía de Desarrolladores para CompactRIO

DATOS EXTRAIDOS DE: <http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/es/nid/205894>

ANEXO C MANUAL DE USUARIO



MANUAL DE USUARIO

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



BANCO DE PRUEBAS DE ATENUADOR DE IMPACTOS PARA UN PROTOTIPO FORMULA STUDENT

LATACUNGA

2015

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO – ELECTRÓNICO

1. Se conectan las diferentes tomas de energía.
2. Se ubica la tarjeta de adquisición de datos (SbRio), en la caja metálica ubicada a un lado del banco de pruebas.
3. Se conecta la daq, que recibe la señal del acelerómetro en el puerto de la SbRio como se indica en la figura.



4. Una vez conectada la daq, se conecta el acelerómetro al puerto 0 de la misma, la conexión se muestra en la figura.



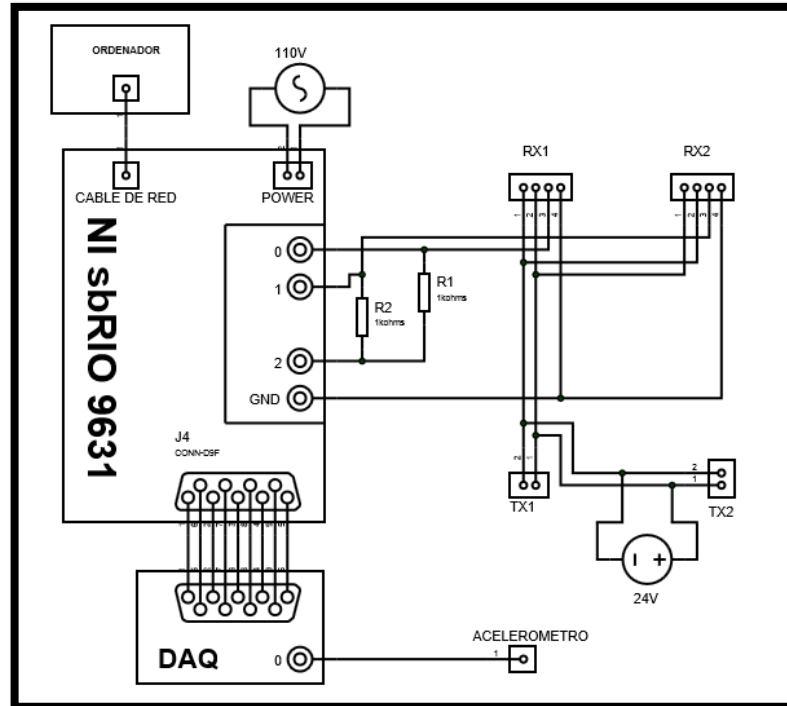
5. El extremo en donde se encuentra el sensor se lo coloca en el centro del bulk head, el mismo que se encuentra en el muro donde impacta el trineo móvil, el montaje se lo observa en la figura.



6.- Una vez montado el acelerómetro se procede a la instalación de los sensores fotoeléctricos, en las barras que se encuentran en el extremo del muro.



7.- Se realizan las conexiones según el esquema.



IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA MECÁNICO

1.- Se realiza una inspección visual, verificando que las bandas elásticas se encuentren sujetadas correctamente.





2.- Se procede a realizar una limpieza de los ejes, removiendo partículas de óxido y polvo.

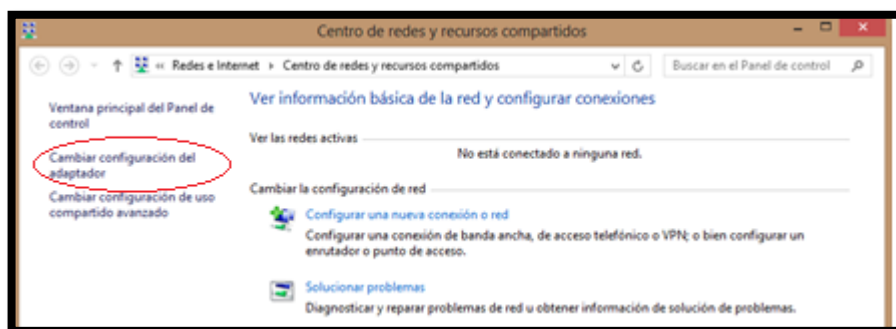
3.- Se procede a la sujeción del trineo mediante ganchos conectados a la grúa eléctrica.



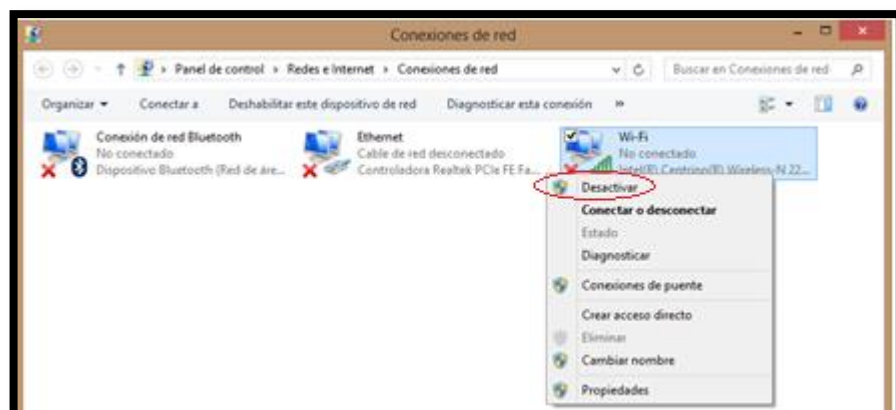
4.- Los sistemas permanecen en la posición hasta la configuración de la red.

CONFIGURACION DE LA RED PARA LECTURA DE SbRIO

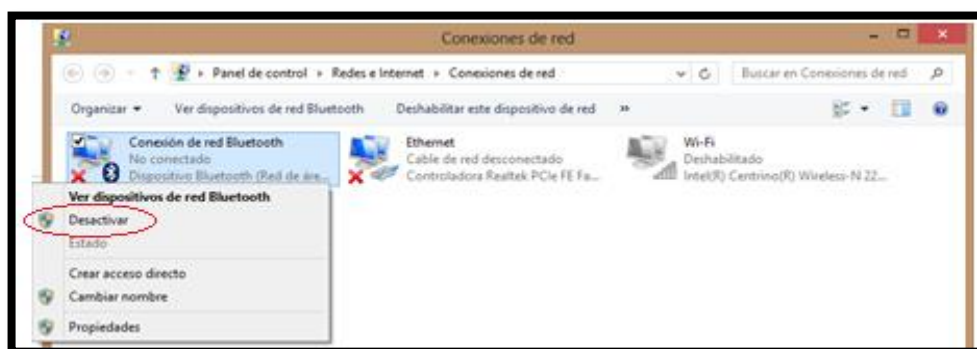
1.- En el centro de redes y recursos compartidos seleccionar cambiar configuración del adaptador



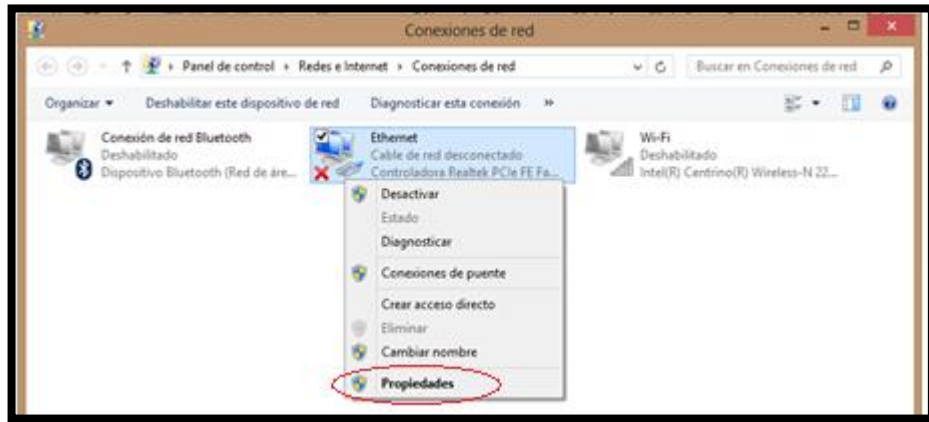
2.- Seleccionar DESACTIVAR Wi-Fi



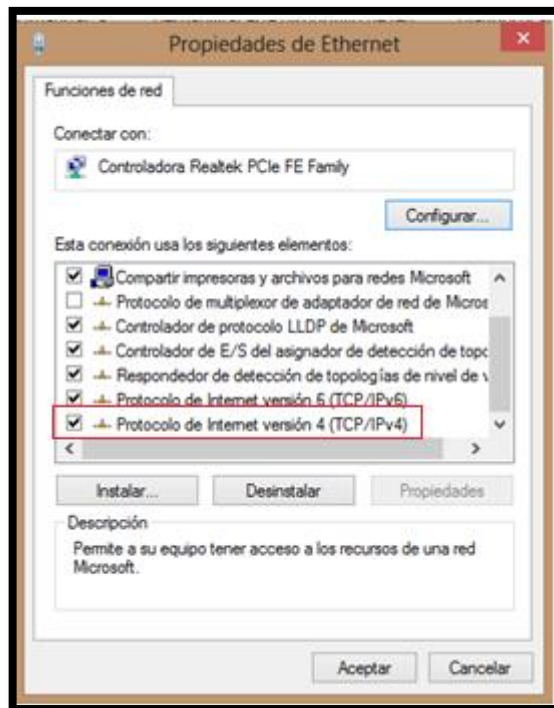
3.- Seleccionar DESACTIVAR bluetooth



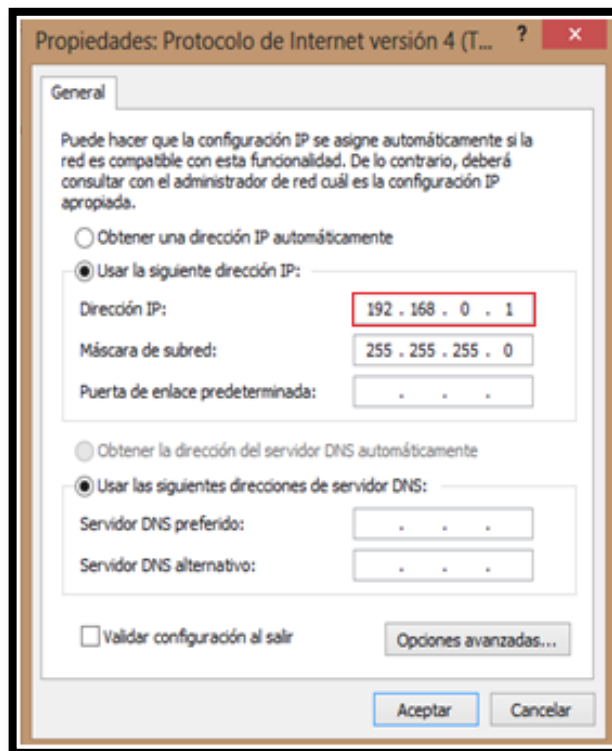
4.- En conexiones ETHERNET seleccionamos PROPIEDADES



5.- Seleccionar Protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)

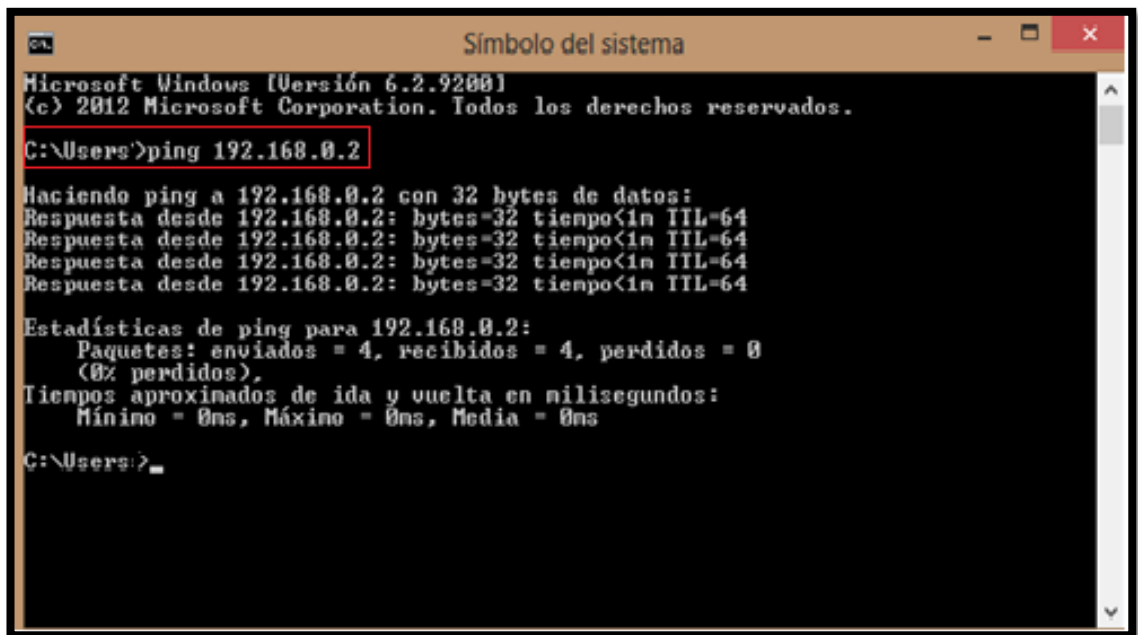


6.- Cambiar el número de la dirección IP por 192.168.0.1



7.- Aceptar los cambios realizados

8.- Mediante el comando CMD verificar conectividad entre SbRIO y PC digitando PING (DIRECCION DE SbRIO)



```
Microsoft Windows [Versión 6.2.9200]
(c) 2012 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users>ping 192.168.0.2

Haciendo ping a 192.168.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1n TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1n TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1n TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo<1n TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

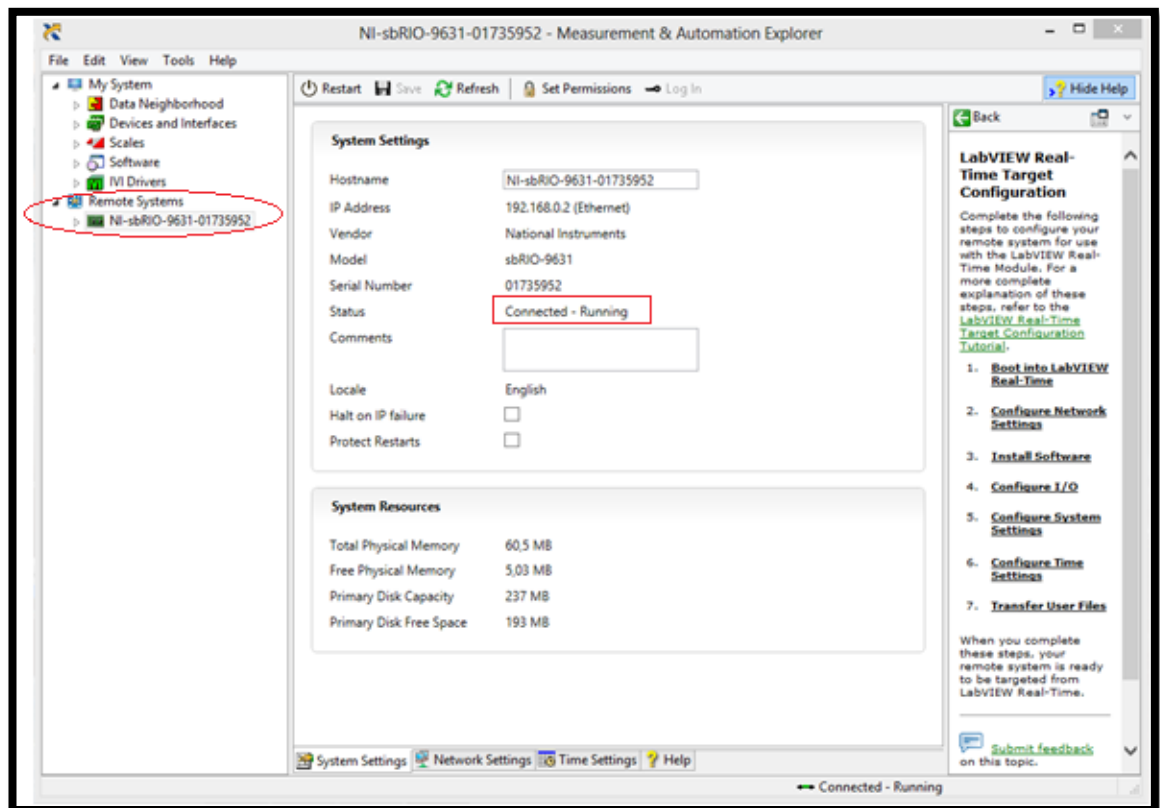
C:\Users>
```

VERIFICACION DE CONEXIÓN MEDIANTE SOFTWARE NI MAX

- 1.- Abrir la aplicación NI MAX



- 2.- Verificar si la SbRIO se encuentra conectada

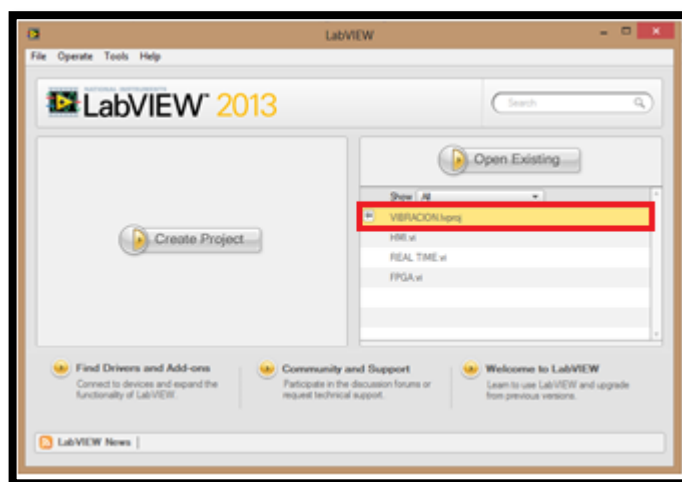


CONEXIÓN DE TARJETA SbRIO CON LABVIEW

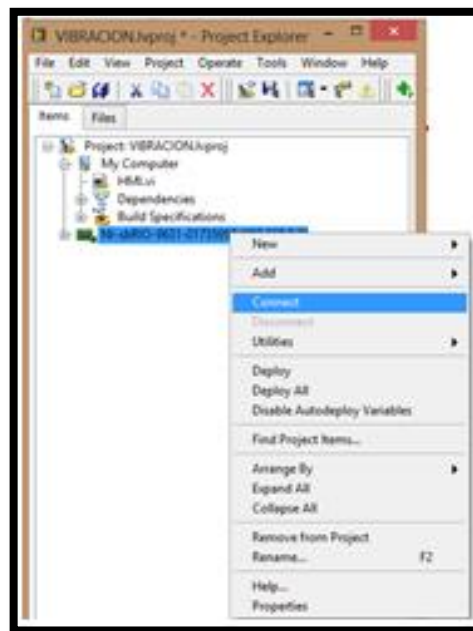
1.- Abrir la aplicación LABVIEW



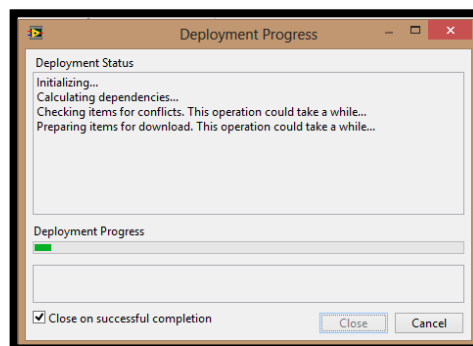
2.- Abrir la aplicación creada



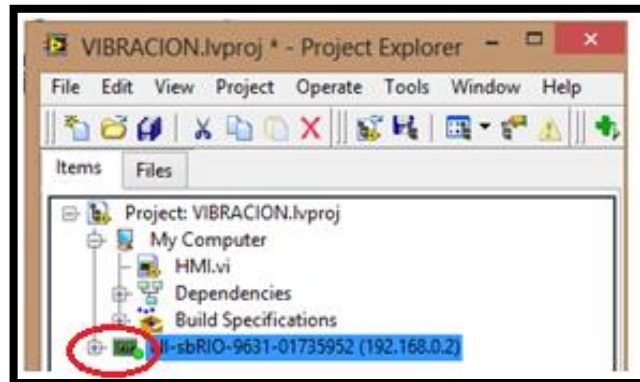
3.- Dar click derecho en NI-SBRIO y CONECTAR la tarjeta



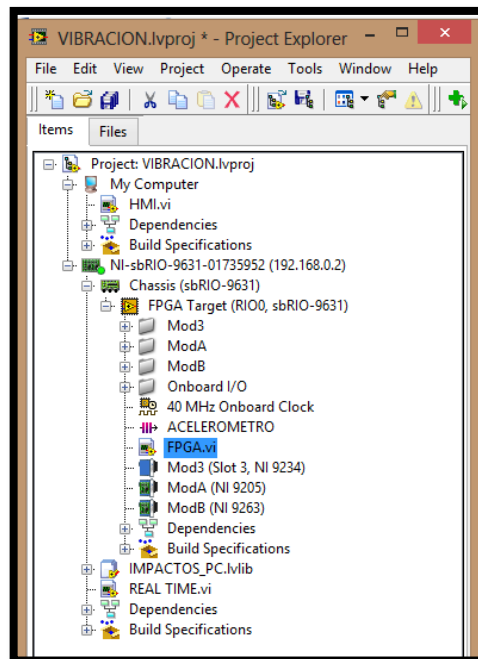
4.- Esperar que se carguen las aplicaciones creadas



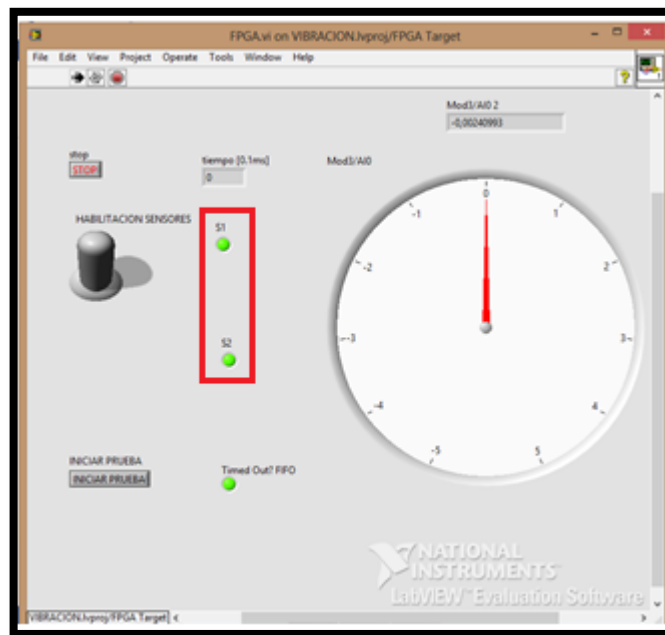
5.- Verificar que la SBRIO se haya conectado correctamente, tomando en cuenta que el indicador de encendido de color verde se active



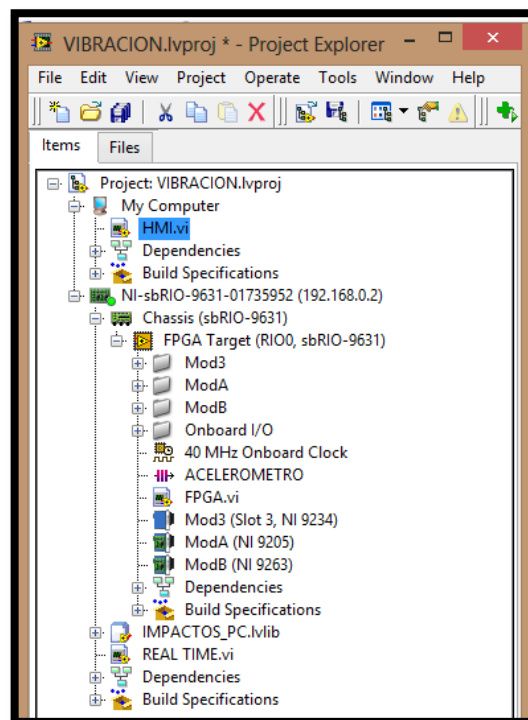
6.- Abrir la aplicación de FPGA para verificar el funcionamiento de los sensores de velocidad



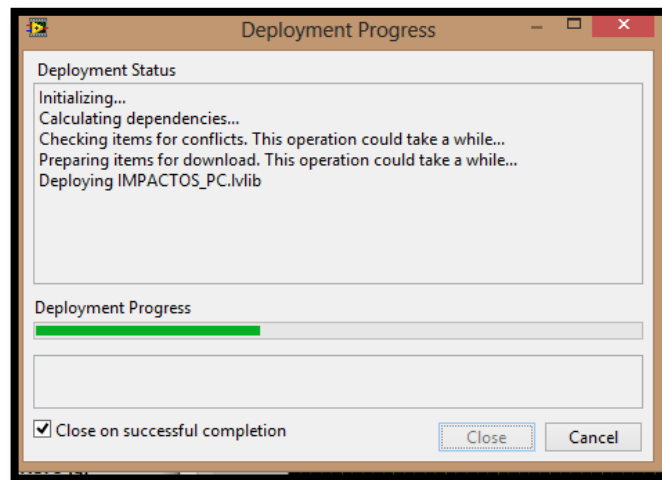
7.- Verificar si los sensores de velocidad emiten señales, tomando en cuenta que los indicadores S1 y S2 se enciendan.



8.- Abrir el HMI creado de la aplicación

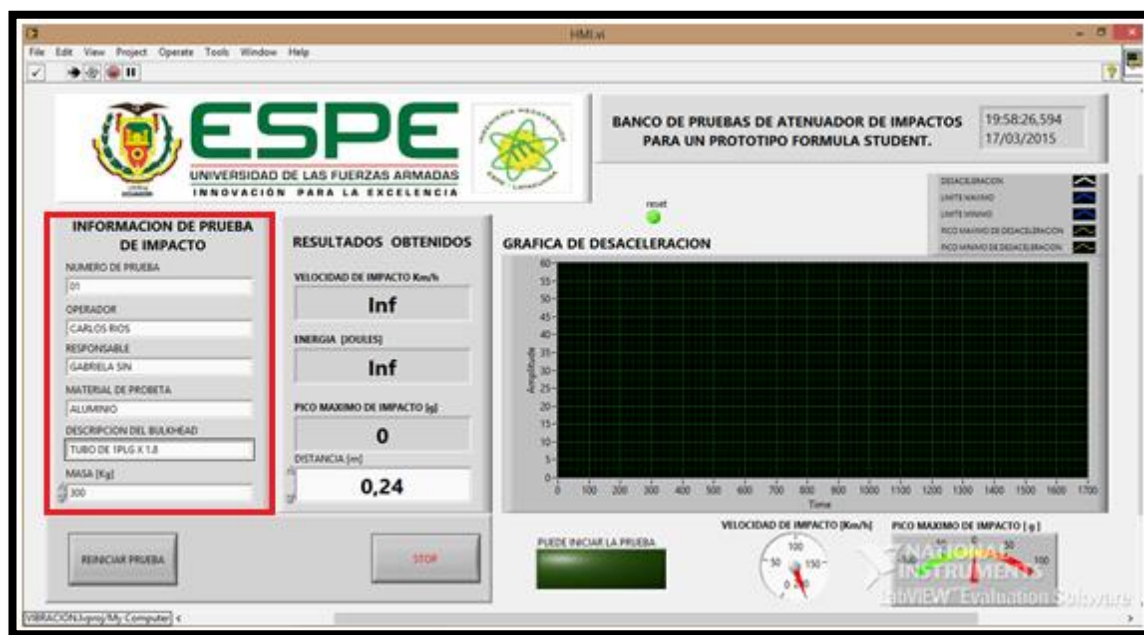


9.- Compilar el programa

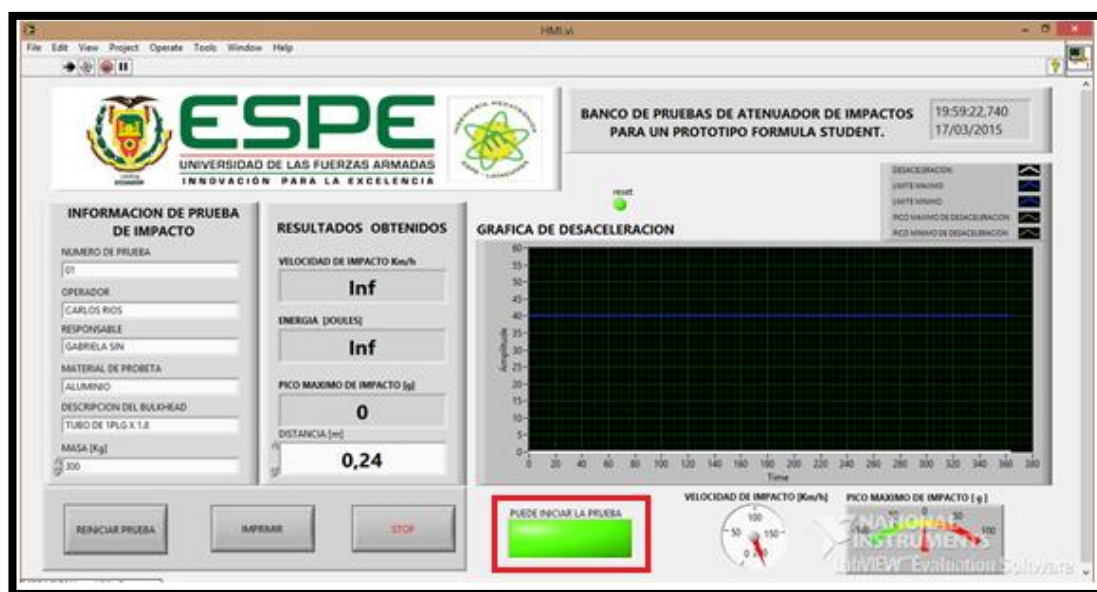


USO DE LA APLICACIÓN

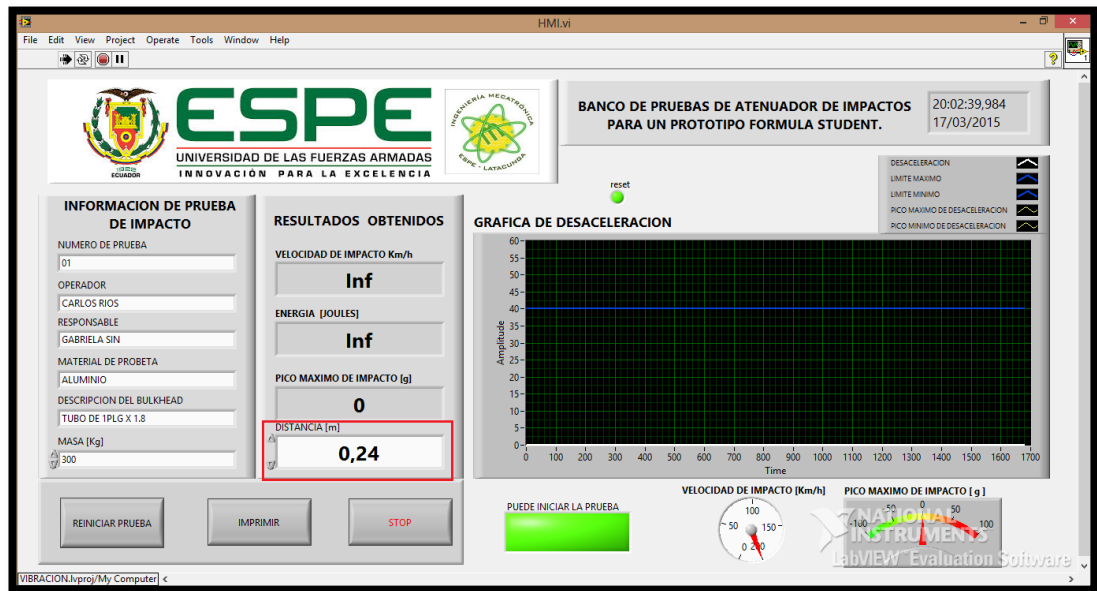
1.- Llenar la información de prueba de impacto de manera obligatoria para habilitar la aplicación



2.- Verificar q el indicador de inicio de prueba se encuentre encendido



3.- Ingresar la distancia en metros de la separación de los sensores de velocidad



4.- Realizar la prueba de Impacto con las debidas seguridades.

5.- Verificar los datos obtenidos al realizar la prueba de impacto



6.- Imprimir los resultados para analizarlos y crear el informe.



ANEXO D **ARTÍCULO CIENTÍFICO**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ATENUADOR DE IMPACTOS PARA UN PROTOTIPO FÓRMULA STUDENT EN LA ESPE LATACUNGA

Iza Henry, Trávez Wilson, Sin Herrera, Ríos Carlos
Departamento de Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Extensión Latacunga
Latacunga, Ecuador
hhiza@espe.edu.ec
wotravez@espe.edu.ec
gabriela_sin_herrera@hotmail.com
carlosandres_rios@hotmail.com

Resumen— La implementación de un banco de pruebas que permita establecer el correcto diseño de un atenuador de impactos dentro de un prototipo Formula Student, contempla el respectivo análisis de todas las reglas que impone la SAE para para la elaboración de un atenuador de impactos, de esta forma la construcción del monoplaza se realizaría dentro de reglas y normas establecidas. El proyecto está constituido por un mecanismo sobre rieles propulsado mediante la tensión ejercida en bandas elásticas, dicho mecanismo es liberado por un sistema automático tipo grúa. Se implementará un sistema de sensores de velocidad y un acelerómetro, las señales serán registradas en una tarjeta de adquisición de datos SBRIO, para su posterior registro y análisis. El control del sistema se lo realizó mediante una interfaz gráfica, la misma que permite brindar facilidades de manejo al operador. Es importante señalar que el proyecto contará con estándares de seguridad necesarios para salvaguardar el factor humano como prioridad dentro del banco de pruebas.

Palabras clave— Atenuador de impactos, interfaz gráfica, Formula Student, SAE, vehículo monoplaza, tarjeta de adquisición de datos.

Abstract— the implementation of a test bench that lay down a correct design of an impact attenuators implemented in a prototype to participate in the FORMULA STUDENT. The project includes the respective analysis of all rules imposed by SAE for the construction of impact attenuator, and thus the construction of the car is within the established rules and standards. The project is constituted by a rail mechanism propelled by the tension in elastic bands, the mechanism is flid away by a crane automatic. In the body in motion will be implemented with a system of speed, distance sensors and accelerometers, the signals are sent to an acquisition card of data (sbRIO) for subsequent recording and analysis. The control system would be used by a computer which consist in a graphical interface, giving versatility to the project. Is

important to show that the next project will have safety standards necessary to safeguard the human factor as a priority in a single-seater.

Keywords—Impact Attenuator, GUI, Formula Student, SAE, Single-seater vehicle, acquisition card of data..

I. INTRODUCCIÓN

El banco de pruebas para atenuador de impactos a implementar constituye un sistema completo de deslizamiento horizontal sobre rieles, el mismo que cuenta con un determinado sistema electrónico capaz de recibir las señales de los diferentes sensores instalados.

A. Definición de banco de pruebas

Es una plataforma para la experimentación de proyectos de gran desarrollo, ver [1], la misma que brinda una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.

La principal ventaja de un banco de pruebas es que puede ser usado en diferentes disciplinas para poder describir y analizar un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción.

Un modelo de banco de pruebas se puede apreciar en la figura 1.



Fig. 1 : Bancos de prueba

II. DISEÑO MECÁNICO

Basándose en el análisis de alternativas para la selección del tipo de bancos de prueba, se realizó la construcción del banco horizontal sobre rieles, el mismo que se construyó con un sistema de propulsión encargado de tensionar bandas elásticas hasta lograr el impulso adecuado del trineo a impactar, figura 2.

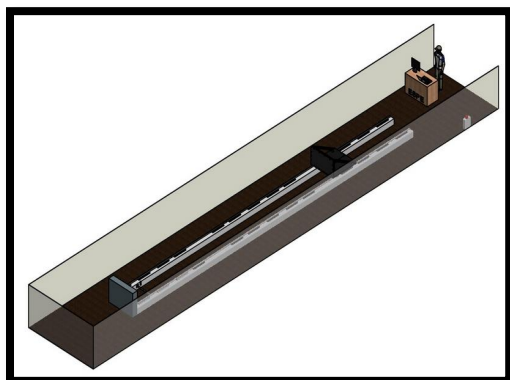


Fig. 2 : Banco de pruebas a diseñar

Diseño de componentes mecánicos:

A. Diseño de ejes

Los ejes forman parte del mecanismo de riel, a través de los mismos se deslizan los rodamientos lineales que son los encargados del desplazamiento del trineo móvil.

Se realizó una distribución de trece soportes para ejes, en cada guía de 15 m, con un total de 26 bases. La separación de los apoyos no es la misma entre cada soporte, razón por la cual el análisis de deflexión en las vigas se lo realizó por secciones de las únicas tres medidas de separación existentes a lo largo de cada eje, dividiéndose en tres secciones distintas, como se indica en la figura 3.

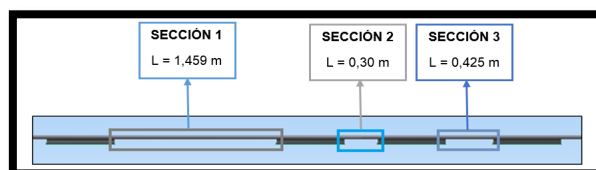


Fig. 3: Secciones según la longitud de separación entre cada soporte

Mediante la fórmula:

$$y_B = Y_{\text{máx}} = \frac{-PL^3}{48EI} \text{ en el centro}$$

Se realizó el análisis de flexión de vigas determinando deflexiones máximas en cada sección, dando los resultados siguientes Tabla I:

TABLA I

RESULTADOS OBTENIDOS DE DEFLEXIONES MÁXIMAS

Sección 1	$Y_{\text{máx}} = -0,0000000645\text{m}$
Sección 2	$Y_{\text{máx}} = -0,0000000106\text{ m}$
Sección 3	$Y_{\text{máx}} = -0,00000003036\text{ m}$

Fuente: (Mott, Sexta Edición)

Considerando los límites de flexión recomendados:

TABLA II

FLEXIONES DE VIGAS, LÍMITES DE FLEXIÓN RECOMENDADOS.

Parte general de una máquina	Y_{\max} $= 0,0005 \text{ a } 0,003 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga
Precisión moderada	Y_{\max} $= 0,00001 \text{ a } 0,0005 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga
Alta precisión	Y_{\max} $= 0,000001 \text{ a } 0,00001 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ de longitud de viga

Fuente: (Mott, Sexta_Edicion)

El banco de pruebas para atenuador de impactos se encuentra en el rango de “precisión moderada” por lo que se determina que la deflexión obtenida en el eje de transmisión es mínima, concluyendo que la selección del eje es la adecuada, ya que con la aplicación de la carga no se produce una deflexión máxima.

Mediante un análisis en software de simulación (INVENTOR), se aplicó las cargas máximas a los ejes diseñados

obteniendo un desplazamiento máximo de 0,552mm, dando como resultado una deformación mínima establecida dentro del rango de deformación.

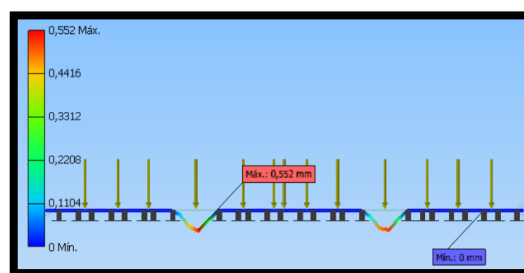


Fig. 4 Análisis de desplazamiento en el software.

B. Diseño del trineo móvil

Es el elemento móvil del banco de pruebas, el mismo que tiene la función de deslizarse horizontalmente sobre las rieles hasta impactarse a una velocidad de 7 m/s, produciendo una desaceleración de 20 a 40g, posee una masa de aproximadamente 300 kg, la energía absorbida por el atenuador de impactos debe ser igual a 7350 J o más, de esta manera se cumple con los parámetros impuestos por el reglamento Formula SAE Internacional en el Artículo 3 (célula del conductor) tomo 22 (datos requeridos del atenuador de impactos), ver [2]. En la figura 5, se observan las fuerzas que intervienen sobre el trineo móvil al momento del impacto.

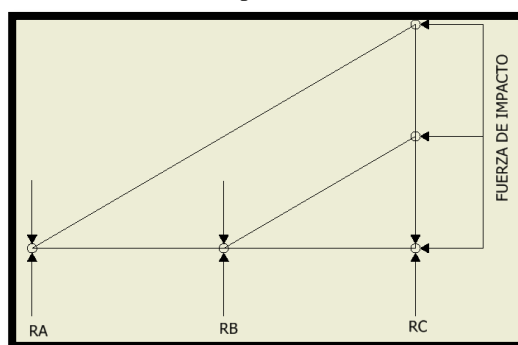


Fig. 5 Fuerzas sobre el trineo móvil
FUERZA DE IMPACTO

**= FUERZA REQUERIDA PARA DETENER
 EL TRINEO**

CÁLCULO DE LA FUERZA DE IMPACTO:

Datos:

$$m = 300Kg$$

$$v = 7 \frac{m}{s}$$

$$d = 0.2m$$

$$E_{ci} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_{ci} = \frac{1}{2}(300Kg) \left(7 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$\boxed{E_{ci} = 7350 J}$$

$$F_r d = -\frac{1}{2}mv^2$$

$$F_r = \frac{-\frac{1}{2}mv^2}{d}$$

$$F_r = \frac{-7350 J}{0.2 m}$$

$$\boxed{F_r = -36750 N}$$

En la figura 6 se indica el análisis de desplazamiento obtenido en el software de simulación, se determina que el trineo después de ser sometido a una fuerza de impacto, existe un desplazamiento máximo de 0,08871 mm, el mismo que no afecta a la estructura posterior al impacto; con el valor de deformación obtenida se verifica la correcta geometría diseñada para el trineo móvil.

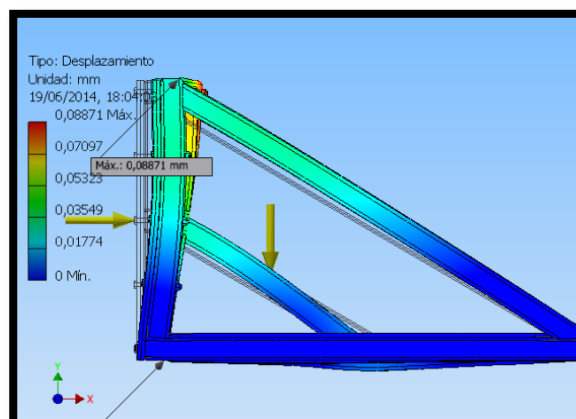


Fig. 6 Análisis de desplazamiento

Se determinó que el coeficiente de seguridad indica la capacidad máxima de un sistema, en general dependen de parámetros importantes como la resistencia del material y las cargas aplicadas, el valor mínimo de factor de seguridad admisible varía entre 1,5 y 2, sin embargo mientras más alto es su valor, se tiene mayor confiabilidad en el diseño de la estructura, en la figura 7 se tiene un análisis del factor de seguridad.

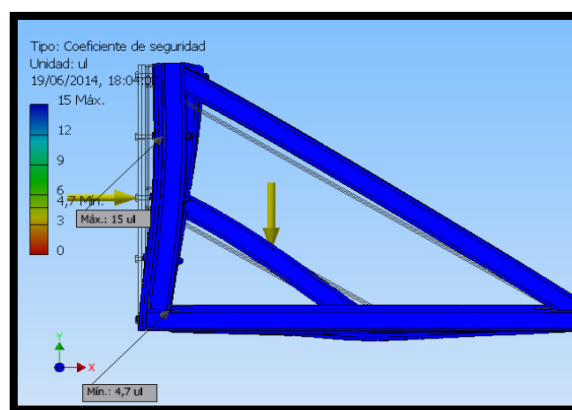


Fig. 7 Análisis de factor de seguridad

Concluyendo que la deformación existente en el momento del impacto no afecta al diseño de

la estructura teniendo una vida útil alta sin deformaciones.

C. Selección de rodamientos lineales

Son elementos que van acoplados al trineo y permite el movimiento del mismo a través del eje, con el menor rozamiento posible. En la figura 8 se indica el rodamiento lineal óptimo para cumplir las exigencias requeridas.



Fig. 8 Rodamiento lineal Thomson SSUPBO24

En la tabla II, se muestran las especificaciones técnicas del rodamiento, ver [3].

TABLA III

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL RODAMIENTO THOMSON SSUPBO24.

ESPECIFICACIONES	
Diámetro Nominal (in)	1.5
Capacidad de carga dinámica (lbf)	3880
Masa (lb)	3.29

Fuente: (THOMSON, 2013)

El peso del trineo móvil es de 660 lbf., por lo que los rodamientos seleccionados soportan aproximadamente tres veces más que la carga del trineo, según la distribución del peso.

Se hizo la selección de los rodamientos debido a su diámetro nominal de 3,81 cm, para un eje de transmisión del mismo diámetro, el cual fue analizado previamente, cumpliendo con parámetros establecidos.

D. Selección de soportes para ejes

Los rieles de soporte se utilizan para el acople ejes continuos, soportando las cargas analizadas, figura 9.

Para el banco de pruebas de atenuadores de impacto, se utilizó un total de 26 bases, 6 de ellas de aleación de aluminio y el resto de hierro fundido.

La longitud de cada riel es de 15 metros, con un total de 13 bases distribuidas.



Fig. 8 Soportes para ejes de transmisión

En la tabla III, se indican las especificaciones técnicas de los soportes para ejes.

TABLA IV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS BASES PARA EJES

ESPECIFICACIONES	
Diámetro Nominal (in)	1.5
Material	Aleación de Aluminio (6) Hierro Fundido (20)
Masa (lb)	5.4 (Aleación de Aluminio) 14.1 (Hierro Fundido)

Fuente: (THOMSON, 2013)

E. DISEÑO DE SISTEMA DE PROPULSIÓN DEL TRINEO

El sistema de propulsión es el encargado de dar el impulso necesario para que el trineo se desplace por las rieles hasta alcanzar una velocidad de aproximadamente 27 km/h momentos antes del impacto, la velocidad requerida se obtiene mediante la tensión de las bandas elásticas la cual se logra con un sistema de grúa capaz de soportar fuerzas de 2000lbf, libreando el trineo móvil, asemejándose a un sistema de catapulta, logrando la velocidad necesaria.

SELECCIÓN DE GRÚA:

La función principal de la grúa es tensionar las bandas elásticas al momento de ser enganchada al trineo móvil. La selección se realiza tomando en cuenta la capacidad de

carga que posee la grúa, además del espacio que ocupa, su manejo y su conexión.

El peso total que debe ser soportado es de aproximadamente 700 lb., la grúa tiene capacidad mínima de 2000 lb., además de que sus dimensiones son adecuadas para la instalación, como se indica en la figura 10, ver [4].



Fig. 10 Grúa eléctrica 12V 2000 LBS

En la tabla IV se indican las especificaciones técnicas de la grúa eléctrica.

TABLA IV
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRÚA ELÉCTRICA

Capacidad (lb)	2000
Velocidad lineal (pies/s)	6
Longitud del cable (pies)	30
Fuente de poder (V)	12

SELECCIÓN DE BANDAS ELÁSTICAS

Las bandas elásticas son construidas con caucho en un 80% con un sistema paralelo de 20% de polipropileno, resistente a rayos UV, químicos, cemento y aceites, se indica en la figura 11.



Fig. 11 Estructura de bandas elásticas

En la tabla V se muestran las principales características técnicas de las bandas elásticas seleccionadas, las mismas que serán las encargadas de someter a tensión el trineo móvil para alcanzar la velocidad deseada momento antes del impacto.

TABLA V
CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDAS ELÁSTICAS

DIÁMETRO CUERDA	CARGA DE ROTURA	NUMERO DE HILOS	PESO	% ELONGACION
12 mm	224 kg	16	95 g/m	100%

Fuente: (ALIBABA, 2012)

III. DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

A. Sistema Electrónico

El sistema requiere de dispositivos sensoriales para determinar la desaceleración y la velocidad que se obtiene al momento que se produce el impacto.

SENSOR DE ACELERACIÓN:

Se utilizó un sensor de aceleración en la parte posterior del atenuador de impactos, se colocará en la parte central debido la distribución de esfuerzos al momento en que el trineo choca directamente con el atenuador. Los criterios de selección se basan en rangos de aceleración permitidos, resistencia a la corrosión, robustez, entre otros, ver [5].



Fig. 12 Acelerómetro Wilcoxon 786f

En la tabla VI, se muestran las especificaciones técnicas de acelerómetro.

TABLA VI
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ACELERÓMETRO

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Marca	Wilcoxon 786f
Rango de aceleración	de 80 g.
Suministro de energía	de 18 – 30 VDC
Rango de temperatura	de -50 a 120 °C
Límite de vibración	500 g

SENSOR DE VELOCIDAD

Para determinar la velocidad se usaron dos sensores fotoeléctricos, los mismos que tienen la capacidad de captar luz y activar o desactivar una señal en función de los valores de esa luz, ver [6]. Se tomara el tiempo entre la activación del primer par emisor-receptor, con respecto al otro y se lo relaciona con la distancia para obtener la velocidad al momento del impacto. Los sensores fotoeléctricos se indican en la figura 13.



Fig. 12 Fotocélulas FL130

En la tabla VII se indican las especificaciones técnicas de los sensores fotoeléctricos.

TABLA VII

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FOTOCÉLULAS FL130

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Marca	BFT
Modelo	FL130
Alimentación	20 – 31 Vca
Absorción par	70 mA
Alcance máximo	30 m (Reducido en niebla-lluvia)
Temperatura func.	-15° a 70°C
Grado de protección	IP54

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Para medir y registrar un conjunto de señales físicas, para poder digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora, se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (**DAQ**), ver [7], la tarjeta de adquisición de datos se muestra en la figura 13.



Fig. 13 NI SBRIO 9631

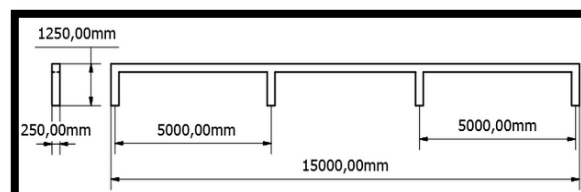


Fig. 14 DIMENSIONES DE COLUMNAS IMPLEMENTADAS

En la figura 15 se muestran las columnas en donde se apoyará el sistema de riel.

IV. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

La construcción del banco de pruebas de atenuador de impactos, empieza con la adecuación del espacio físico para su correcto funcionamiento, la siguiente etapa consiste en la construcción e implementación de los componentes mecánicos que constituyen el sistema de desplazamiento, trineo móvil, el mecanismo de propulsión y el sistema de sujeción, finalmente la implementación de los equipos electrónicos que serán los encargados de recibir las señales de velocidad y de desaceleración.

OBRA CIVIL

Para la construcción del banco de pruebas se requiere de una determinada obra civil capaz de soportar el peso del mecanismo, así como el impacto que se produce, sus dimensiones se muestran en la figura 14.



Fig. 15 VISTA REAL DE LAS COLUMNAS

SISTEMA MECÁNICO

SISTEMA DE APOYO

Se construyó los acoples de denominación (macho – hembra), para las uniones de los tramos de ejes de aproximadamente 3 metros cada uno, como se indica en la figura 16.



Fig. 16 MECANIZADO DE ACOPLES

Se realizó el montaje de los ejes en las bases, mediante tres pernos de 8,64 mm de diámetro, distribuidos a lo largo de la base, como se indica en la figura 17.



Fig. 17 SUJECIÓN DEL EJE A LA BASE

Se realizó al anclaje de las bases junto con los ejes a las bases de la columna, mediante la colocación de seis expansores para concreto, figura 18.



Fig. 18 ANCLAJE HACIA LA COLUMNA

SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO

La construcción del trineo móvil se la realizó con tubo cuadrado de 3x3 cm. En la figura 19 se observa el plano de diseño del trineo móvil.

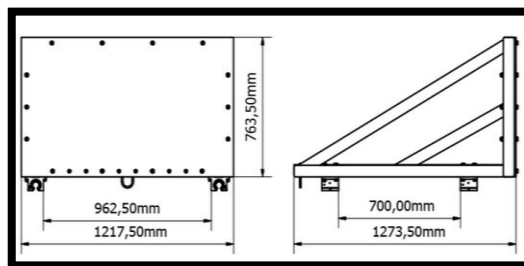


Fig. 19 DIMENSIONES DEL TRINEO MÓVIL

En la figura 20 se muestra el trineo móvil construido.



Fig. 20 VISTA TRASERA DEL TRINEO MÓVIL

Se realizó la colocación de los rodamientos lineales, en los cuatro extremos del trineo móvil, distribuidos de manera simétrica, como se indica en la figura 21.



Fig. 21 COLOCACIÓN DE RODAMIENTOS AL TRINEO

SISTEMA DE PROPULSIÓN

El sistema de propulsión consiste en la implementación de un elemento de agarre ubicado en la parte posterior e inferior del trineo móvil, donde una grúa eléctrica, ubicada al inicio de las columnas, sujetará al trineo mediante el elemento de agarre, figura 22.



Fig. 22 SUJECIÓN DEL TRINEO MÓVIL

La grúa procedió a tensionar siete bandas elásticas, figura 23, las mismas que en un extremo están sujetas en la parte frontal del trineo móvil, mientras que el otro extremo se encuentra sujeto a una placa ubicada a 60 cm del muro frontal entre las columnas.

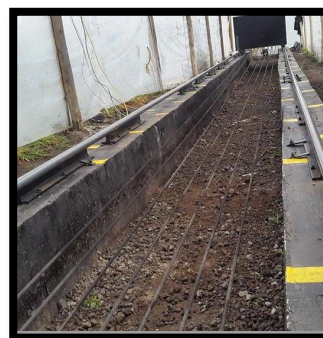


Fig. 23 BANDAS ELÁSTICAS TENSIONADAS

SISTEMA DE SUJECIÓN

El sistema de sujeción consiste en que al momento de que la grúa tensione las bandas acopladas al trineo, el mecanismo determinado sujetará al trineo, mientras el gancho de la grúa es retirado.

Una vez retirado el gancho sujetador de la grúa, mediante una palanca anclada al mecanismo de sujeción, se desengancha permitiendo que el trineo móvil empiece el desplazamiento a la velocidad requerida. El sistema se muestra en la figura 24.



Fig. 24 BANDAS ELÁSTICAS TENSIONADAS

SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

SENSORES DE VELOCIDAD

Se procedió a la instalación de los sensores fotoeléctricos, los mismos que se encuentran distribuidos según el esquema, figura 25.

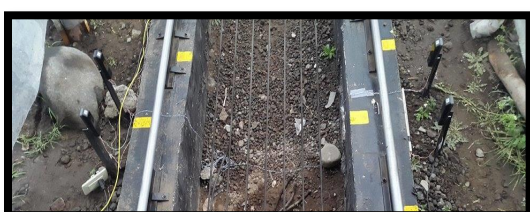


Fig. 25 UBICACIÓN DE SENSORES FOTOELÉCTRICOS

Siguiendo el esquema de distribución, el primer par emisor – receptor se encuentra a una distancia de 80 cm, medida desde el muro donde se produce el impacto, el siguiente para se ubicará a 0.24 m. del primer par, es decir que esa será la distancia de separación entre ambos pares de sensores.

ACELERÓMETRO

El acelerómetro Wilcoxon 786f se lo colocará en el centro del bulkhead, y sobre el mismo se procede a la ubicación del atenuador de impactos, como se muestra en la figura 26.



Fig. 26 UBICACIÓN DEL ACCELERÓMETRO

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Se realizó las conexiones de los sensores fotoeléctricos y del acelerómetro a la tarjeta de adquisición de datos, como se indica en la figura 27.

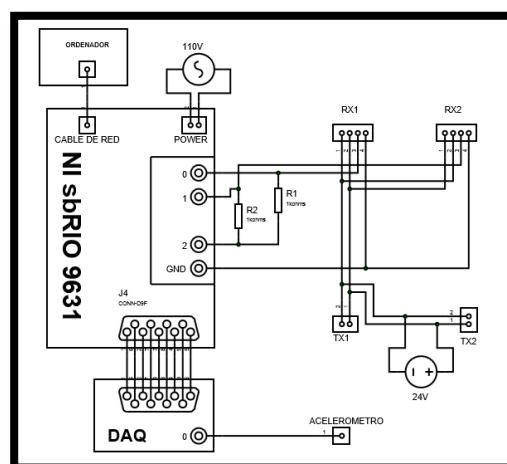


Fig. 27 CONEXIONES A LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Se debe tomar en cuenta que las vibraciones producidas al momento del impacto pueden afectar el funcionamiento de la misma por lo que se ubica a la tarjeta de adquisición de datos en un tablero

DESARROLLO DEL INTERFAZ HMI

Se inicia la realización del programa en FPGA, para la adquisición de datos de la señal de los sensores.

La señal del acelerómetro es guardada en una memoria, y mediante las señales recibidas de los sensores fotoeléctricos se calculará el tiempo, el sensor uno activará un contador y el sensor 2 desactivará el contador.

Cada conteo será de un milisegundo.

En el segmento Real Time, se presenta una programación más elaborada en donde la función principal es a través del Lab View ingresar al VI de FPGA para proceder a descargar los datos de los sensores, es decir la memoria FIFO donde se almacenan los valores obtenidos, como aceleración, tiempo máximo, entre otros.

En Real Time se realizaron los cálculos requeridos, una vez realizada las diferentes operaciones, los datos que se obtienen de las mismas quedarán disponibles para ser utilizados posteriormente en el programa del HMI, figura 29.

En el HMI se tiene la pantalla en la que se ingresan los datos de información de la prueba de impacto, una vez que se completen los datos, se activa la opción para poder iniciar la prueba respectiva.

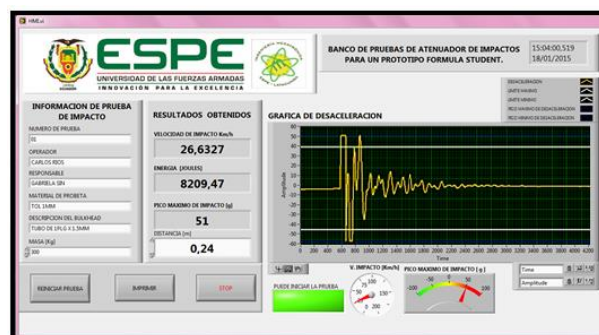


Fig. 29 HMI

En la figura 30, se tiene un diagrama de flujo para el proceso de iniciar la prueba, el mismo indica los pasos que se deben seguir dentro del HMI.

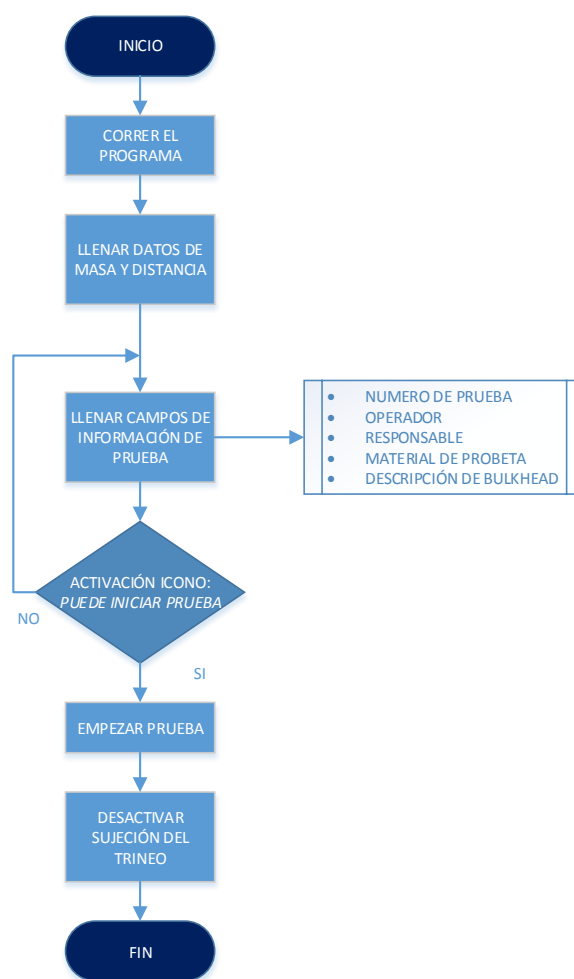


Fig. 30 DIAGRAMA DE FLUJO DEL HMI

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En la figura 31 se indica el interfaz hombre – máquina al momento de realizar las distintas pruebas, en la figura se muestran los valores de velocidad, energía absorbida y desaceleración con la respectiva gráfica, así como se indican los datos de información de la prueba de impacto.



Fig. 31 HMI – Prueba final

En la tabla VIII se indican los valores obtenidos en las distintas pruebas realizadas, la velocidad obtenida varía en función a la tensión producida en las bandas elásticas, el pico máximo obtenido de desaceleración depende directamente del tipo de atenuador de impactos con el que se realicen las diferentes pruebas.

TABLA VIII

VALORES OBTENIDOS EN PRUEBAS REALIZADAS

PRUEBA	MASA (kg)	VELOCIDAD (km/h)	ENERGÍA (Joules)	PICO MÁXIMO (g)
1	300	9,32	1005,37	8
2	300	10,15	1192,41	13
3	300	12,33	1759,62	18
4	300	13,41	2081,38	25
5	300	14,17	2323,98	23
6	300	15,32	2716,51	35
7	300	16,52	3158,74	42
8	300	19,25	4288,98	35
9	300	20,32	4779,04	50
10	300	26,63	8209,47	51

VI. CONCLUSIONES

- El proyecto ha cumplido los objetivos previstos, obteniendo un banco de pruebas para atenuadores de impacto, cumpliendo las exigencias del reglamento impuesto por la FSAE; para su ejecución se han tomado en cuenta varias alternativas, de las cuales el banco horizontal sobre rieles fue la mejor opción ya que este simula a un choque real, por lo que se implementó un sistema con rodamientos lineales para el deslizamiento del trineo sobre los ejes.
- Para obtener las velocidades adecuadas para la ejecución de las pruebas, el sistema de propulsión seleccionado fue mediante bandas elásticas, basado en las propiedades de las mismas teniendo una elasticidad del 100%, las mismas

que brindaron el impulso necesario para que el trineo móvil se impacte a la velocidad requerida.

- Se realizó el diseño para la selección de componentes mecánicos mediante el cálculo de fuerzas en puntos críticos de la estructura y de esta manera se estableció los elementos adecuados, consiguiendo así que la respuesta del modelo construido se ajuste a la realidad para trabajar con parámetros reales.
- El sistema electrónico lo conformaron dos sensores fotoeléctricos, los mismos que fueron ubicados de tal manera que el trineo corte el haz de luz en dos puntos situados a 60 cm del muro de impacto, garantizando que la velocidad antes del impacto sea la requerida (27kph), además de un acelerómetro ubicado en la parte central del bulkhead para medir el impacto. Ambas señales fueron registradas a una tarjeta de adquisición de datos SBRIO, para su posterior análisis en el computador.
- Al realizar un análisis de los resultados obtenidos, se determinó que el sistema funcionó de una manera correcta, ya que se los datos se ubicaron dentro del rango permisivo por parte del reglamento de la FSAE.
- Las medidas de seguridad son sumamente importantes para resguardar la integridad física de los operadores, por lo cual se instalaron alarmas de seguridad para evitar posibles accidentes.
- La implementación de bancos de pruebas de esta magnitud, garantiza que dentro del Ecuador sea posible realizar pruebas de seguridad en

vehículos, dando lugar a un importante avance en innovación tecnológica dentro del país.

VII. RECOMENDACIONES

- Al momento de desmontar el trineo móvil se recomienda especial atención con la limpieza de los rodamientos lineales, debido a que los mismos no deben estar en contacto con partículas de suciedad, de esta manera se puede prolongar la vida útil de los mismos.
- Es recomendable no exponer a las bandas elásticas a un estiramiento mayor al 100% ya que este es su límite y podrían romperse y causar daños a los usuarios
- En el sistema electrónico es recomendable revisar las hojas de especificaciones de los sensores fotoeléctricos para no exponerlos a algún tipo de riesgo y evitar su deterioro
- Debido a la importancia del proyecto se recomienda realizar un correcto direccionamiento hacia proyectos a implementar en el banco de pruebas, de esta manera se puede obtener un análisis avanzado en lo referente a teoría de choques

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- [1] CARS. (2003). *CARS Y CARS*. Obtenido de <http://blog.carsycars.com/seguridad-y-tecnologia/%C2%BFque-son-los-crash-test-%C2%BFsabes-para-que-sirven/>
- [2] FSAE_RULES. (2014). *FSAE_ONLINE*. Obtenido de http://www.fsaeonline.com/content/2014_FSAE_Rules_Version_90111K.pdf
- [3] THOMSON. (2013). *THOMSON LINEAR, CATÁLOGO DE PRODUCTOS*. Obtenido de http://www.thomsonlinear.com/website/esm/esm/products/linear_guides/linear_all_bushing_bearings.php
- [4] ALIBABA. (2012). *ALIBABA*. Obtenido de <http://spanish.alibaba.com/products/portable-12v-electric-boat-winch-3000lbs-432838190.html>
- [5] SYSTEMS_MEGGIT_SENSING. (2012). *SYSTEMS MEGGIT SENSING*. Obtenido de http://www.wilcoxon.com/vi_index.cfm?PD_ID=175
- [6] GATE_MOTORS. (2013). *GATE MOTORS*. Obtenido de <http://www.gatemotors.co.uk/PDF/FL130B%20Technical%20Guide.pdf>
- [7] National_Instruments. (2014). *NATIONAL INSTRUMENTS*. Obtenido de <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205894>
- Pardo, H. (2010). Ensayo y Análisis de las prestaciones de un robot industrial de seis ejes según la norma UNE-EN ISO 9283.



Gabriela Estefanía Sin Herrera. Nació el 22 de marzo de 1989 en Quito provincia de Pichincha, Ecuador.

Es graduada de Ingeniería en mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el año 2015.

Áreas de interés: Automatización y Control de Procesos, Redes Industriales y Diseño Mecánico.

Email: gabriela_sin_herrera@hotmail.com



Henry Heriberto Iza Tobar. Nació el 07 de Noviembre de 1981 en Quito provincial de Pichincha, Ecuador.

Graduado en ingeniería Automotriz en la Escuela Politécnica del Ejército en el año 2006, Diplomado

Superior en Autotrónica en el 2009 en la Escuela Politécnica del Ejército, Egresado de la maestría en Sistemas Automotrices de la Escuela Politécnica Nacional 2015.

Docente tiempo parcial en el departamento de Ciencia de Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Latacunga.

Áreas de interés: sistemas automotrices, autotrónica, Sistemas de seguridad automotriz

Email: hhiza@espe.edu.ec



Carlos Andrés Ríos Fiallos. Nació el 11 de diciembre de 1990 en Ambato provincia de Tungurahua, Ecuador.

Es graduado de Ingeniería en mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el año 2015.

Áreas de interés: Automatización y Control de Procesos, Redes Industriales y Diseño Mecánico.

Email: carlosandres_rios@hotmail.com



Wilson Oswaldo Trávez Pillo. Nació el 11 de Agosto de 1977 en Latacunga provincial de Cotopaxi, Ecuador.

Graduado en ingeniería Electrónica y Control en la Escuela Politécnica Nacional en el año 2003, Estudia una Maestría en Eficiencia Energética en la Escuela Politécnica Nacional 2015.

Presidente de CSNECONTROL Cía. Ltda. Docente tiempo parcial en el departamento de Ciencia Exactas de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Latacunga.

Áreas de interés: Automatización y Control de Procesos, Eficiencia Energética, mantenimiento subestaciones eléctricas.

Email: wotravez@espe.edu.ec

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

Elaborado por:



Gabriela Estefanía Sin Herrera

AUTOR



Carlos Andrés Ríos Fiallos

AUTOR

Revisado por:



DIRECTOR
Ing. Henry Iza



CODIRECTOR
Ing. Wilson Trávez

Aprobado por:



ING. VICENTE HALLO

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

Certificado por:



Dr. Freddy Jaramillo

SECRETARIO ACADÉMICO

Latacunga – Abril del 2015