



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**AUTORES: POZO RAMÍREZ EDWIN PATRICIO
PUMA BENAVIDES DAVID SEBASTIÁN**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE
PRUEBAS BASCULANTE (TILT TEST) PARA UN VEHÍCULO
TIPO FORMULA STUDENT DE HASTA 500 kg”**

**DIRECTOR: ING. MENA, EURO
CODIRECTOR: ING. PÉREZ, FABRICIO**

LATACUNGA, NOVIEMBRE 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. MENA, EURO (DIRECTOR)
ING. PÉREZ, FABRICIO (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS BASCULANTE (TILT TEST) PARA UN VEHÍCULO TIPO FORMULA STUDENT DE HASTA 500 kg”. Realizado por EDWIN PATRICIO POZO RAMÍREZ Y DAVID SEBASTIÁN PUMA BENAVIDES, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: EDWIN PATRICIO POZO RAMÍREZ Y DAVID SEBASTIÁN PUMA BENAVIDES, que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Noviembre del 2014

Ing. Mena Euro
Director

Ing. Pérez Fabricio
Codirector

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

NOSOTROS: EDWIN PATRICIO POZO RAMÍREZ
DAVID SEBASTIÁN PUMA BENAVIDES

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS BASCULANTE (TILT TEST) PARA UN VEHÍCULO TIPO FORMULA STUDENT DE HASTA 500 kg**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Noviembre del 2014

David Sebastián Puma
C.C. 1003288600

Edwin Patricio Pozo
C.C. 1003154265

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

NOSOTROS: EDWIN PATRICIO POZO RAMÍREZ
DAVID SEBASTIÁN PUMA BENAVIDES

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS BASCULANTE (TILT TEST) PARA UN VEHÍCULO TIPO FORMULA STUDENT DE HASTA 500 kg**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Noviembre del 2014

David Sebastián Puma
C.C. 1003288600

Edwin Patricio Pozo
C.C. 1003154265

DEDICATORIA

A mis padres únicos guías en el camino de la vida, consejeros del día a día, soporte de sueños, ideas, alegrías y enseñanzas.

Sebastián Puma

AGRADECIMIENTO

El éxito de la culminación del presente trabajo de investigación se debe a la participación decidida de varias voluntades, a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPE” y en ella a todo su personal docente, quienes con su ejemplo y enseñanzas han logrado fortalecer los conocimientos de cada uno de los estudiantes que pasaron por sus aulas.

Sebastián Puma

Patricio Pozo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5 ÁREA DE INFLUENCIA	4
1.6 METAS.....	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 REGLAMENTO FORMULA SAE 2014.....	6
2.1.1 ESTABILIDAD ANTIVUELCO	6
2.1.2 INTEGRIDAD DE LOS SISTEMAS QUE CONTENGAN FLUIDOS...7	7
2.1.3 PROCESO DE INSPECCIÓN	7
2.2 TIPOS DE BANCOS DE PRUEBA TILT TEST	7

2.2.1	BANCO DE PRUEBAS UTILIZADO EN FORMULA STUDENT GERMANY (FSG)	7
2.2.2	BANCO DE PRUEBAS DE VEHÍCULOS PESADOS Y EXTRA PESADOS.....	8
2.3	DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS	8
2.3.1	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	8
2.3.2	ESFUERZOS Y DEFORMACIONES	9
2.3.3	ESFUERZOS	11
2.4	PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS	12
2.5	SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	14
2.5.1	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA HIDRÁULICA.....	14
2.5.2	COMPONENTES UNIDAD DE PODER.....	14
2.5.3	TIPO DE ACCIONAMIENTO (MOTOR CA 110/220V).....	15
2.5.4	BOMBA HIDRÁULICA.....	16
2.5.5	ACCESORIOS PARA EL TRANSPORTE DE FLUIDOS	17
2.5.6	VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL.....	18
2.5.7	DEPÓSITO HIDRÁULICO.....	18
2.5.8	FLUIDO HIDRÁULICO	19
2.5.9	INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	20
2.5.10	ACTUADOR DE DOBLE EFECTO.....	21
2.5.11	VÁLVULA DISTRIBUIDORA 4 VÍAS 3 POSICIONES CON CENTRO EN TANDEM Y ACTIVACIÓN POR SOLENOIDE	22
2.5.12	SENSOR FINAL DE CARRERA.....	22
2.5.13	MANDO DE ACCIONAMIENTO.....	23
2.6	PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	24
2.7	BÁSCULAS	25
2.8	INDICADOR DE ROTACIÓN ANGULAR	25
	CAPÍTULO III.....	27
3.	DISEÑO ESTRUCTURAL	27
3.1	PARÁMETROS DE DISEÑO	27

3.2	DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DEL BANCO.....	28
3.3	DETERMINACIÓN DE CARGAS	31
3.3.1	FUERZA REQUERIDA EN EL PISTÓN DEL CILINDRO HIDRÁULICO	31
3.3.2	REACCIONES EN EJE DE VOLTEO.....	32
3.4	ANÁLISIS DE MOVIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS	33
3.5	ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL BANCO DE PRUEBAS.....	35
3.5.1	DISEÑO DEL BRAZO DE ELEVACIÓN.....	35
a)	ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL BRAZO DE ELEVACIÓN.....	36
b)	SUJECIONES EXISTENTES EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN.....	36
c)	ANÁLISIS DE CARGAS DEL BRAZO DE ELEVACIÓN	37
d)	FUERZAS RESULTANTES PRODUCIDAS EN EL RAZO DE ELEVACIÓN.....	38
e)	INFORMACIÓN DE MALLADO EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN.....	38
f)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIÓN EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN.....	39
g)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE DESPLAZAMIENTO EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN	40
h)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE FACTOR DE SEGURIDAD DEL BRAZO DE ELEVACIÓN	41
3.5.2.	DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN.....	42
a)	ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA PLATAFORMA.....	43
b)	SUJECIONES EXISTENTES EN LA PLATAFORMA.....	43
c)	ANÁLISIS DE CARGAS EN LA PLATAFORMA	44
d)	FUERZAS RESULTANTES PRODUCIDAS EN LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN.....	44
e)	INFORMACIÓN DE MALLADO DE LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN.....	44

f)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIÓN DE LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN.....	45
g)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE DESPLAZAMIENTO DE LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN.....	46
h)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE SEGURIDAD DE PLATAFORMA DE ELEVACIÓN.....	46
3.5.3	DISEÑO DEL EJE DE VOLTEO	47
a)	ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL EJE DE VOLTEO	47
b)	SUJECIONES EXISTENTES EN EL EJE DE VOLTEO.....	48
c)	ANÁLISIS DE CARGAS DEL EJE DE VOLTEO	48
d)	FUERZAS RESULTANTES PRODUCIDAS EN EL EJE DE VOLTEO.....	49
e)	INFORMACIÓN DE MALLADO DEL EJE DE VOLTEO.....	49
f)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIÓN EN EL EJE DE VOLTEO.....	50
g)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE DESPLAZAMIENTO EN EL EJE DE VOLTEO	50
h)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE SEGURIDAD DEL EJE DE VOLTEO.....	51
3.5.4	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA BASE	51
a)	ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA BASE	52
b)	SUJECIONES EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA BASE.....	52
c)	ANÁLISIS DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA BASE.....	53
d)	FUERZAS RESULTANTES PRODUCIDAS EN LA ESTRUCTURA BASE	54
e)	INFORMACIÓN DE MALLADO DE LA ESTRUCTURA BASE	54
f)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIÓN DE LA ESTRUCTURA BASE.....	55
g)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE DESPLAZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA BASE	56
h)	ANÁLISIS ESTÁTICO DE SEGURIDAD.....	56
3.6	DISEÑO HIDRÁULICO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	57
3.6.1	CÁLCULO DE PRESIÓN Y CAUDAL	57

3.6.2	DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.....	58
3.7	CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA	60
3.8	SISTEMA ELECTRÓNICO DE VISUALIZACIÓN DE GRADOS DE INCLINACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS	61
3.8.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	61
3.8.2	PROGRAMACIÓN DE PIC 16F88	62
3.8.3	DISEÑO ELECTRÓNICO DEL CIRCUITO	64
3.9	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	66
3.9.1	PERFILES ESTRUCTURALES.....	66
3.9.2	MOTOR ELÉCTRICO Y BOMBA HIDRÁULICA.....	67
3.9.3	PISTÓN HIDRÁULICO.....	69
3.9.4	CELDA DE CARGA	70
3.9.5	PIC 16F88A.....	70
	CAPÍTULO IV.....	72
4.1	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA BASE.....	72
4.2	CONSTRUCCIÓN BRAZO DE ELEVACIÓN	75
4.3	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS.....	79
4.3.1	CONSTRUCCIÓN FÍSICA DEL CIRCUITO DE VISUALIZACIÓN DE GRADOS DE ELEVACIÓN	83
4.4	IMPLEMENTACIÓN DEL CONJUNTO HIDRÁULICO	84
4.5	IMPLEMENTACIÓN DE LA CAJA DE MANDOS, MEDIDOR DE INCLINACIÓN Y FINAL DE CARRERA.	86
4.6	PRUEBAS Y MEDICIONES	89
4.6.1	CONEXIÓN DE CORRIENTE	89
4.6.2	ACENSO Y DESCENSO DEL VEHÍCULO	92
4.6.3	CALIBRACIÓN DE LA VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL.....	94
	CAPÍTULO V.....	96
5.	MARCO ADMINISTRATIVO	96
5.1	RECURSOS.....	96
5.1.1	RECURSOS HUMANOS.....	96
5.1.2	RECURSOS TECNOLÓGICOS	96

5.1.3	RECURSOS MATERIALES	96
5.2	ANÁLISIS DE ECONÓMICO.....	97
5.3	FINANCIAMIENTO.....	98
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES.....	100
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
	ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Diagrama Esfuerzo-Deformación.....	8
Figura 2. 2: Esfuerzo de Tensión y Deformación.....	9
Figura 2. 3: Esfuerzo cortante directo.....	9
Figura 2. 4: Esfuerzo cortante torsional.....	10
Figura 2. 5: Esfuerzo cortante torsional.....	10
Figura 2. 6: Esfuerzo debido a flexión.....	10
Figura 2. 7: Componentes unidad de poder.....	14
Figura 2. 8: Motor eléctrico.....	15
Figura 2. 9: Bomba hidráulica.....	16
Figura 2. 10: Estructura de la manguera.....	17
Figura 2. 11: Tipos de acoples permanentes.....	18
Figura 2. 12: Válvula reguladora de caudal.....	18
Figura 2. 13: Depósito hidráulico.....	19
Figura 2. 14: Catálogo aceite hidráulico Wynn's.....	19
Figura 2. 15: Manómetro.....	20
Figura 2. 16: Pistón hidráulico un solo vástago.....	21
Figura 2. 17: Cilindro de doble vástago.....	21
Figura 2. 18: Electroválvula DG4V3.....	22
Figura 2. 19: Sensor final de carrera.....	23
Figura 2. 20: Botonera de dos posiciones y paro de emergencia.....	23
Figura 2. 21: Proceso de diseño hidráulico.....	24
Figura 2. 22: Celda de carga con indicador.....	25
Figura 2. 23: Indicador de rotación angular.....	26
Figura 3. 1: Diseño geométrico preliminar del banco de pruebas basculante con sus diferentes componentes.....	28
Figura 3. 2: Ensamblaje del banco de pruebas basculante.....	30
Figura 3.3: Diagrama del cuerpo libre.....	31
Figura 3. 4: Simulación del movimiento del banco de pruebas.....	33
Figura 3. 5: Fuerza del motor vs tiempo de recorrido.....	34
Figura 3. 6: Consumo de energía vs tiempo de recorrido.....	34

Figura 3. 7: Desplazamiento lineal vs tiempo de recorrido	35
Figura 3. 8 Malla brazo de elevación	38
Figura 3. 9: Tensiones que se generan en el brazo móvil	40
Figura 3. 10: Desplazamiento que se genera en el brazo de elevación.....	41
Figura 3. 11: Coeficiente de seguridad del brazo de elevación	42
Figura 3. 12: Representación de malla de la plataforma de elevación	45
Figura 3. 13: Análisis de tensión de la plataforma de elevación	45
Figura 3. 14: Análisis de desplazamiento de la plataforma de elevación....	46
Figura 3. 15: Análisis estático de seguridad de plataforma de elevación....	46
Figura 3. 16: Mallado del eje de volteo	49
Figura 3. 17: Análisis estático tensiones del eje de volteo	50
Figura 3. 18: Análisis estático desplazamiento del eje de volteo	51
Figura 3. 19: Análisis estático de seguridad del eje de volteo	51
Figura 3. 20: Mallado estructura base.....	55
Figura 3. 21: Análisis estático tensiones estructura base	56
Figura 3. 22: Análisis estático desplazamiento estructura base.....	56
Figura 3. 23: Análisis estático de seguridad estructura base	57
Figura 3. 24: Circuito hidráulico Festo	59
Figura 3. 25: Funcionamiento del circuito hidráulico cuando se presiona el botón de ascenso y descenso respectivamente	60
Figura 3. 26: Simulación del circuito en posición inicial	65
Figura 3. 27: Simulación del circuito con 24 grados de inclinación con respecto a la horizontal	65
Figura 3. 28: Perfil UPN	67
Figura 3. 29: Unidad de poder adquirido.....	68
Figura 3. 30: Diferentes configuraciones de unidades de poder	69
Figura 3. 31: Longitud de carrera del pistón	69
Figura 3. 32: Celda de carga utilizada	70
Figura 3. 33: Compactación del circuito electrónico.....	71
Figura 4. 1: Estructura base.....	72
Figura 4. 2: Estructura base en UPN 160	72

Figura 4. 3: Estructura base en UPN 120	73
Figura 4. 4: Colocación del bocín de rodamiento.....	73
Figura 4. 5: Puntos de soporte de actuador hidráulico.....	74
Figura 4. 6: Posicionamiento y puntos de Suelda Postes	74
Figura 4. 7: Pintura de fondo color verde.....	75
Figura 4. 8: Pintura estructura base automotriz de color azul.....	75
Figura 4. 9: Modelado brazo de elevación	76
Figura 4. 10: Estructura móvil en UPN 120.....	76
Figura 4. 11: Estructura complementaria brazo de elevación	77
Figura 4. 12: Colocación del bocín del brazo de elevación.....	77
Figura 4. 13: Soldadura postes y soporte de cilindro hidráulico.....	78
Figura 4. 14: Perforaciones para la sujeción de plataformas	78
Figura 4. 15: Proceso de pintura fondo color verde	79
Figura 4. 16: Proceso de pintado final de color azul	79
Figura 4. 17: Simulación plataforma	80
Figura 4. 18: Bases de soporte de Las celdas de carga	80
Figura 4. 19: Ensamblaje entre soporte y celda de carga.....	81
Figura 4. 20: Construcción de plataformas	81
Figura 4. 21: Plataformas conformadas	82
Figura 4. 22: Soportes de fijación de las plataformas	82
Figura 4. 23: Ensamblaje entre estructura de plataforma y conjunto de celda de carga	83
Figura 4. 24: Circuito principal de indicador de giro angular	83
Figura 4. 25: Display 7 segmentos.....	84
Figura 4. 26: Ensamblaje entre estructura móvil y actuador hidráulico.....	84
Figura 4. 27: Conjunto hidráulico montado sobre el banco de pruebas	85
Figura 4. 28: Acoplamiento de mangueras del circuito hidráulico	85
Figura 4. 29: Mirilla reservorio hidráulico	86
Figura 4. 30: Esquema eléctrico	86
Figura 4. 31: Caja de mando construcción preliminar.....	87
Figura 4. 32: Instalación diferentes controles e indicadores en la caja de mando.....	87

Figura 4. 33: Conexión y cableado del circuito eléctrico	88
Figura 4. 34: Acoplamiento del reóstato con el eje de volteo.....	88
Figura 4. 35: Instalación final de carrera	89
Figura 4. 36: Tomacorrientes	90
Figura 4. 37: Activación termo magnético central	90
Figura 4. 38: Encendido del indicador de posicionamiento angular	91
Figura 4. 39: Encendido de los indicadores	91
Figura 4. 40: Encendido.....	91
Figura 4. 41: Posicionamiento del vehículo	92
Figura 4. 42: Colocación de la faja de seguridad.....	92
Figura 4. 43: Indicador angular y manómetro en ascenso	93
Figura 4. 44: Ascenso del vehículo	93
Figura 4. 45: Accionamiento del descenso y presión del manómetro	94
Figura 4. 46: Botonera de mando (Botón de paro).....	94
Figura 4. 47: Regulación válvula reguladora de caudal ascenso	95
Figura 4. 48: Regulación válvula reguladora de caudal descenso	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Calificación Pruebas Formula SAE.....	2
Tabla 2. 1: Tipos de bombas hidráulicas	16
Tabla 3. 1: Propiedades brazo de elevación.....	36
Tabla 3. 2: Cargas que se aplican al brazo de elevación	37
Tabla 3. 3: Fuerzas resultantes brazo de elevación	38
Tabla 3. 4: Información de Malla Brazo de Elevación.....	39
Tabla 3. 5: Propiedades de la plataforma de elevación	43
Tabla 3. 6. Cargas que se aplican a la plataforma de elevación	44
Tabla 3. 7: Fuerzas resultantes plataforma de elevación	44
Tabla 3. 8: Información de malla de la plataforma de elevación	45
Tabla 3. 9: Propiedades eje de volteo	47
Tabla 3. 10: Cargas que se aplican eje de volteo.....	48
Tabla 3. 11: Fuerzas resultantes eje de volteo	49
Tabla 3. 12: Características del mallado eje de volteo	50
Tabla 3. 13: Propiedades estructura base	52
Tabla 3. 14: Sujeciones en la estructura base.....	53
Tabla 3. 15: Cargas en la estructura base.....	53
Tabla 3. 16: Fuerzas resultantes estructura base.....	54
Tabla 3. 17: Características del mallado estructura base.....	55
Tabla 3. 18: Perfiles estructurales	66
Tabla 5. 1: Análisis Económico.....	97

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3. 1:	Compones modelados SolidWorks.....	29
Cuadro 3. 2:	Punto de sujeción brazo de elevación	37
Cuadro 3. 3:	Punto de sujeción de la plataforma de elevación.....	43
Cuadro 3. 4:	Punto de sujeción eje de volteo	48
Cuadro 5. 1:	Recursos Humanos	96

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 2. 1	Cálculo de peso	25
Ec. 3. 1	Cálculo del ángulo de inclinación.....	31
Ec. 3. 2	Sumatoria de momentos en el punto B.....	32
Ec. 3. 3	Sumatoria de fuerzas en el eje x	32
Ec. 3. 4	Sumatoria de fuerzas en el eje y	32
Ec. 3. 5	Cálculo de presión	57
Ec. 3. 6	Cálculo de caudal	58
Ec. 3. 7	Cálculo de potencia	60

RESUMEN

En la actualidad el hábito de las competencias automovilísticas es cada vez más intensificado por la parte de personas que se inician con esta pasión, y desarrollan de manera independiente proyectos que al momento de poner a prueba, dan buenos resultados. El Estado Ecuatoriano en conjunto con los diferentes departamentos que se encargan del desarrollo de proyectos de investigación, ayudan a fomentar esta práctica para el desarrollo de dichos proyectos. Debido a estas facilidades que se brindan a los estudiantes, se ha logrado estar al mismo nivel de otras universidades en competencias internacionales que ponen a prueba los conocimientos, habilidades y destrezas. Desde el 2011, 2012 y 2014 años en que el equipo Fespe ha competido en la Formula Student Germany ha sido el único país sudamericano en completar la gran mayoría de pruebas que se desarrollan en dicha competencia obteniendo el puesto 69, 72 y 70 respectivamente de 352 equipos registrados¹. De aquí nace la importancia y necesidad de generar proyectos dirigidos hacia el desarrollo del pensamiento y nuevas prácticas que complementan el estudio de ingeniería.

Palabras Clave: Tilt test, prueba basculante, rotación del vehículo, prueba de volteo, control de fluidos, distribución de peso.

¹ Formula Student Germany <https://www.formulastudent.de/>

ABSTRACT

At present, the habit of racing is increasingly intensified by the part of people that start with this passion, and are developed independently projects that at the moment of putting to the test, they give good results. The Ecuadorian State in conjunction with the various departments that are responsible for the development of research projects, helping to promote this practice for the development of such projects. Due to these facilities that are offered to the students, it has managed to be at the same level of other universities in international competitions that test the knowledge, skills and abilities. Since the 2011, 2012 and 2014 years in the computer Fespe has competed in the Formula Student Germany has been the only South American country to complete the great majority of tests that are developed in this competition getting the post 69, 72 and 70 respectively of 352 teams registered. Hence the importance and need to generate projects directed toward the development of thought and new practices that complement the engineering study.

Keywords: Tilt test, rotation of the vehicle, proof of flipping, fluid control, weight distribution.

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES

La Formula Student, es una competencia que compone el desarrollo en diseño, construcción, y la exposición de un vehículo tipo formula. Esta competencia es entre estudiantes de universidades alrededor de todo el mundo, donde se pone a prueba el intelecto, el uso de tecnologías y la idea de negocio para la construcción del monoplaza.

El Ecuador hasta la actualidad es el primer país sudamericano que participa en la Formula Student Germany, desde el 2011 se empezó a gestionar la participación del equipo FESPE como potencializador de las capacidades e intelecto de sus integrantes, poniendo a prueba conocimientos, desarrollo de buenas técnicas de ingeniería, etc. Tras su primera participación se logró romper varias barreras que existían en la conciencia de un país tercermundista y su competitividad a nivel mundial.

En la actualidad a nivel mundial se llevan a cabo diferentes eventos automovilísticos bajo la normativa de la Formula SAE, entre ellas, de simular una situación real en la cual una empresa de competición contrata ingenieros para desarrollar un prototipo. Los posibles compradores son corredores amateur. El vehículo debe por ello satisfacer prestaciones elevadas en aceleración, frenada y estabilidad, pero también debe ser de bajo costo y fiable. Otros factores como estética y confort también son considerados. El precio máximo del vehículo es de 25000 dólares y la victoria es para el equipo que mejor logre superar estos requisitos y se valoran de la siguiente manera²:

² Formula Student Germany <https://www.formulastudent.de/>

Tabla 1. 1: Calificación Pruebas Formula SAE

EVENTOS	PUNTUACIÓN
Eventos estáticos	325
Diseño	150
Análisis de costos	100
Presentación comercial	75
Eventos dinámicos	675
Anti derrape	75
Aceleración	75
Maniobrabilidad	100
Resistencia	325
Consumo	100
Total	1000

Fuente: Reglamento Formula SAE 2014

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2011 el Equipo FESPE integrado por estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga fue el primer equipo Latinoamericano que ha logrado aprobar todas las etapas de clasificación y participó en el evento de Formula Student Germany 2011, logrando obtener el puesto 69 de entre 75 equipos registrados³.

El primer prototipo de formula ecuatoriano aprobó todos los parámetros de seguridad, diseño y buenas prácticas de ingeniería establecidos a nivel mundial y logró participar en las pruebas dinámicas de la competencia que pusieron al bólido junto a los mejores vehículos participantes en la pista del Hockenheimring centro de la mira de las más grandes empresas automovilísticas como Audi, BMW Group, Bosch, Continental entre otras, que auspician la competencia.

Esta experiencia hizo que los nuevos integrantes del equipo y tutores consideren dedicar más tiempo a la investigación del proyecto para futuras participaciones.

³ Formula Student Germany Results FSC Overall Results

Al no contar la universidad con varios de los equipos e instrumentos necesarios para el análisis y evaluación del vehículo previa a la competencia, es importante considerar la implementación de un banco de pruebas basculantes. Según reglas de la competencia y para poder participar en los eventos dinámicos es necesario aprobar la prueba antivuelco y de estabilidad (prueba basculante) previo del resto de pruebas, pese a esto y a la importancia que tiene en la competencia se propone la construcción de un Banco de Pruebas Basculante (Tilt Test) para un vehículo Fórmula que no exceda los 500 Kg, para que en futuros prototipos puedan ser probados en su totalidad previamente a la competencia.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Luego de las anteriores experiencias del Equipo FESPE, llegamos a la conclusión que para una competencia internacional de altos estándares de calidad, un vehículo Fórmula antes de ser evaluado por expertos, éste debe ser puesto a prueba en su totalidad por el equipo, realizando un exigente control y puesta a punto del vehículo.

Una de estas exigentes pruebas es el llamado “Tilt Test” o Prueba Basculante. Aquí se coloca el monoplaza en una superficie y se inclina lateralmente, primero con 45° de inclinación, en éste punto no se deben presentar fugas de ningún fluido existente en el sistema motriz, considerando para ésta prueba el llenado máximo de fluidos y después con 60°, en ésta inclinación se comprueba la estabilidad⁴.

Es importante que se realice esta prueba ya que sirve para garantizar una correcta distribución de peso a cada rueda y entre ejes.

Al contar con un Banco de Pruebas Basculante se puede corregir a tiempo problemas con diseño de suspensión, bastidor, que se puedan

⁴ Reglamento formula Sae, 2014, pág. 55

presentar mientras se realiza esta prueba en el taller y no en la competencia en sí.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un banco de pruebas basculante (Tilt Test) para un vehículo tipo fórmula de hasta 500Kg, para mejorar las prestaciones del prototipo Fespe.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar la estructura metálica con las características correctas para realizar la prueba Tilt Test.

Diseñar un mecanismo que proporcione a la estructura un sistema basculante el cual permita rotar el vehículo de una forma segura.

Implementar un sistema hidráulico controlado, que genere la suficiente fuerza para accionar el mecanismo de manera eficiente.

Implementar un control de peso digital en el banco de pruebas el cual permita verificar la distribución de cargas.

1.5 ÁREA DE INFLUENCIA

El proyecto se desarrollará en:

País: Ecuador.

Provincia: Cotopaxi.

Ciudad: Latacunga.

Dirección: Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE".

Lugar de realización: Laboratorio de prototipos.

1.6 METAS

- Recopilar la información de los parámetros necesarios que necesita el banco de pruebas de acuerdo al reglamento SAE.
- Diseño de la estructura, el mecanismo basculante y el sistema hidráulico finalizado hasta la décima semana de ejecución del proyecto.
- Construcción del banco de pruebas e implementación del sistema hidráulico finalizado hasta la decimosexta semana de ejecución del proyecto.
- Realización de pruebas y calibraciones de funcionamiento a la vigesimosegunda semana de ejecución del proyecto.
- Control de peso digital a cada rueda implementado hasta la vigesimoquinta semana de ejecución del proyecto.
- Comprobar las prestaciones que brindará el banco de pruebas con un vehículo tipo fórmula de hasta 500Kg en la vigesimoséptima semana de ejecución del proyecto.
- Generar un documento en el cual se dé a conocer los parámetros de diseño del banco de pruebas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 REGLAMENTO FORMULA SAE 2014

El reglamento Formula SAE es un documento técnico, el mismo que contiene normas con el objetivo de regular todas las actividades específicas dentro de la competencia. Dentro del reglamento encontramos definidas las pruebas de chasis, tren de potencia, inyección directa o sistema de alta presión de combustible y de línea de llenado de combustible, pruebas que se realizan sobre el banco basculante, a las cuales el vehículo debe ser sometido como requisitos previos antes de pasar a las pruebas de resistencia.

2.1.1 ESTABILIDAD ANTIVUELCO

El eje y el centro de gravedad del vehículo deben combinar esfuerzos para conseguir una adecuada estabilidad antivuelco.

Esta prueba nos permite conocer en general el diseño de la suspensión del vehículo prototipo y la distribución de peso en cada rueda, la evaluación dará como resultado la aceptación o falla en la prueba de estabilidad antivuelco, en donde ninguna rueda del vehículo deberá elevarse cuando la inclinación esté a 60° con respecto a la horizontal, en cualquier dirección, correspondiente a $1.7G's^5$.

La prueba de inclinación se la realizará con el piloto más alto y en una posición normal de conducción.

⁵ Reglamento formula Sae, 2014, pág. 55.

2.1.2 INTEGRIDAD DE LOS SISTEMAS QUE CONTENGAN FLUIDOS

Durante la inspección técnica, el vehículo debe ser capaz de mantenerse inclinado a cuarenta y cinco grados (45°) sin fugas de fluido de cualquier tipo. La prueba de inclinación se llevará a cabo con la máxima cantidad de líquidos que llevará el vehículo en cualquier prueba o evento⁶.

2.1.3 PROCESO DE INSPECCIÓN

Cada vehículo se pondrá a prueba para asegurarse de que satisface tanto a los cuarenta y cinco grados (45 °) el requisito de inclinación de fluidos y de sesenta grados (60 °) el requisito de estabilidad antivuelco⁷.

2.2 TIPOS DE BANCOS DE PRUEBA TILT TEST

Estos bancos de prueba que se aplican desde diseños para vehículos livianos hasta vehículos extra pesados, de acuerdo a la aplicación varían los parámetros de diseño de cada banco de pruebas.

La función principal del banco de prueba es generar la pendiente lateral a la cual va a ser sometida el vehículo, este valor de pendiente nos servirá de referencia ya que al ser superada se produce el volcamiento del vehículo. Así tenemos los distintos bancos de prueba con sus características principales.

2.2.1 BANCO DE PRUEBAS UTILIZADO EN FORMULA STUDENT GERMANY (FSG)

Este banco de pruebas proporciona una pendiente de 45 y 60 grados, como requerimiento del reglamento FSG, además de requerir un sistema que permita obtener el dato de la pendiente producida.

⁶ Reglamento formula Sae, 2014, pág. 59.

⁷ Reglamento formula Sae, 2014, pág. 55, pág. 59.

2.2.2 BANCO DE PRUEBAS DE VEHÍCULOS PESADOS Y EXTRA PESADOS

Es utilizado principalmente para realizar homologaciones y/o aprobaciones de reglamentos técnicos en este tipo de vehículos, estos bancos de prueba son accionados por 2 o más cilindros hidráulicos, los cuales pueden proveer de una pendiente de hasta 60°.

2.3 DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

2.3.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Son características de los cuerpos sólidos y hacen referencia a la capacidad de los materiales a resistir cargas, las mismas que pueden ser momentáneas, cíclicas, constantes o choques.

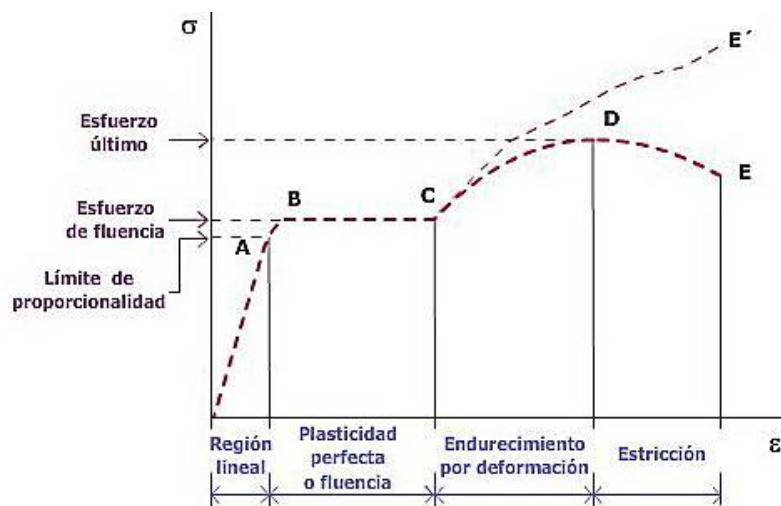


Figura 2. 1: Diagrama Esfuerzo-Deformación

Fuente: E-ducativa Catedu

2.3.2 ESFUERZOS Y DEFORMACIONES

A continuación se reconocerán los principales factores físicos que actúan sobre los elementos de máquinas cuando estos están sometidos a cargas específicas.

a) Tensión y Compresión

El esfuerzo es la resistencia que presenta un material por unidad de área al encontrarse sometido a una carga externa. Se los considera de valor positivo cuando se produce un esfuerzo de tensión y de valor negativo cuando es de compresión.

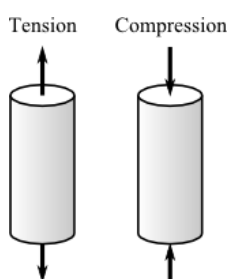


Figura 2. 2: Esfuerzo de Tensión y Deformación

Fuente: <http://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html>

b) Esfuerzo cortante directo

Lo encontramos cuando al aplicar una fuerza, esta tiende a cortar al elemento.

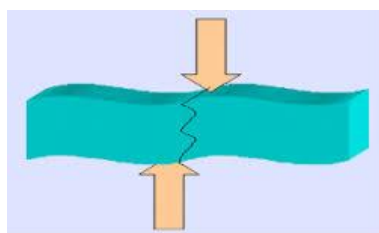


Figura 2. 3: Esfuerzo cortante directo

Fuente: <http://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html>

c) Esfuerzo cortante torsional

Al aplicar un par de torsión a un elemento se produce una rotación de una parte del mismo con respecto a otra, lo que genera un esfuerzo cortante torsional en el elemento.



Figura 2. 4: Esfuerzo cortante torsional.

Fuente: [https:// http://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html](https://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html)

d) Deformación por torsión

Es el torcimiento que sufre una sección transversal de un eje con respecto a otra cuando se aplica a este elemento un par de torsión.



Figura 2. 5: Esfuerzo cortante torsional

Fuente: [https:// http://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html](https://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html)

e) Esfuerzo debido a flexión

Cuando en una viga se aplican cargas transversales a su eje, estas cargas provocan momentos de flexión en la viga, los mismos que dan como resultado esfuerzos de flexión los cuales pueden ser de tensión o de compresión.

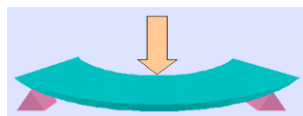


Figura 2. 6: Esfuerzo debido a flexión

Fuente: [https:// http://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html](https://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html)

2.3.3 ESFUERZOS

Los esfuerzos son las fuerzas de reacción dentro de una estructura o pieza, entre los esfuerzos que debemos considerar tenemos:

a) Esfuerzo estático

El esfuerzo estático en una pieza es producido cuando esta se somete a una carga la cual se aplica lentamente y se mantiene constante

b) Esfuerzo repetido e invertido

Cuando a un elemento se lo somete a un esfuerzo de tensión y posteriormente a uno de compresión, repitiendo este ciclo simultáneamente se conoce como esfuerzo repetido e invertido.

c) Esfuerzo fluctuante

Cuando un miembro portátil está sometido a un esfuerzo alternativo con promedio distinto de cero, la carga produce un esfuerzo fluctuante.

d) Carga de choque o impacto

Son cargas que se aplican en forma repentina a un elemento.

e) Carga aleatoria

Son cargas variables aplicadas de distinta amplitud⁸.

⁸ MOTT, Robert (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. Cuarta Edición. Capítulo 5. Diseño para Diferentes Tipos de Carga. Páginas 167 – 172

2.4 PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

El procedimiento es una serie de pasos que se deben considerar para llevar un orden que ayuden a la realización de un correcto diseño:

1. Especifique los objetivos y limitaciones, si los hay, del diseño, incluyendo la duración deseada, forma, tamaño y apariencia.
2. Determine el ambiente donde estará el elemento, considerando factores como potencial de corrosión y temperatura.
3. Determine la naturaleza y las características de las cargas que va a soportar el elemento. Cargas estáticas, muertas y aplicadas lentamente. Cargas dinámicas, durables, variables, repetidas, que tengan el potencial para causar falla por fatiga. Cargas de choque o impacto.
4. Determine las magnitudes de las cargas y las condiciones de operación. Carga máxima esperada. Carga mínima esperada. Valores medio y alternativos de cargas fluctuantes. Frecuencia de aplicaciones de carga y repetición. Número de ciclos de carga esperado.
5. Analice cómo se van a aplicar las cargas para determinar el tipo de esfuerzos producidos tal como: Esfuerzo normal directo, esfuerzo flexionante, esfuerzo cortante directo, esfuerzo cortante torsional o alguna combinación de esfuerzos.
6. Proponga la geometría básica del elemento, prestando atención especial en: Su capacidad de soportar con seguridad las cargas aplicadas. Su capacidad de transmitir las cargas a los puntos de apoyo adecuados. Tenga en cuenta las trayectorias de carga.
7. Proponer el método de fabricación del elemento, prestando atención especial a la precisión necesaria para diversos detalles, y al acabado superficial que se desea.
8. Especificar el material con el que se va a fabricar el elemento, con sus condiciones. Si es metal, se debe especificar la aleación específica, y

las condiciones pueden ser factores de procesamiento como laminado en caliente, estando frío y un tratamiento térmico específico.

9. Determine las propiedades esperadas del material seleccionado, por ejemplo: Resistencia última de tensión, Resistencia de fluencia, Resistencia última de compresión, Ductilidad. Rigidez.
10. Especifique un factor de diseño adecuado, para el análisis de esfuerzos.
11. Determine el método de análisis de esfuerzo.
12. Calcule el esfuerzo de diseño adecuado para aplicar en el análisis de esfuerzos. Si interviene la carga de fatiga, se debe calcular la resistencia real esperada del material a la fatiga.
13. Determine la naturaleza de todas las concentraciones de esfuerzos que puedan existir en el diseño, en los lugares donde haya cambios de geometría.
14. Complete los análisis de esfuerzo requeridos en todos los puntos donde el esfuerzo pueda ser grande y en los cambios de sección transversal para determinar las dimensiones mínimas aceptables para las zonas críticas.
15. Especifique las dimensiones adecuadas y cómodas de todos los detalles del elemento.
16. Después de terminar todos los análisis necesarios de esfuerzos y proponer los tamaños básicos para todos los detalles, compruebe todas las hipótesis planteadas en el diseño para garantizar que el elemento siga seguro y razonablemente eficiente.
17. Especifique tolerancias adecuadas para todas las dimensiones y considere el funcionamiento del elemento, su ajuste con los elementos correspondientes, la capacidad del proceso de manufactura y el costo.
18. Verifique si alguna parte del componente se puede flexionar en exceso, si eso importa hacer un análisis de deflexión del elemento que haya sido diseñado hasta entonces.

19. Documente el diseño final con dibujos y especificaciones⁹.

2.5 SISTEMAS HIDRÁULICOS

La hidráulica es la ciencia que forma parte de la física y comprende la transmisión de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos. La palabra “hidráulica” hace referencia al concepto de que es la transformación de la energía, ya sea de mecánica o eléctrica en hidráulica, para obtener energía mecánica al finalizar el proceso.

2.5.1 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA HIDRÁULICA

La utilización de energía hidráulica potencia la transmisión de grandes fuerzas, empleando para ello elementos que en su conjunto se denominan “unidad de poder”.

2.5.2 COMPONENTES UNIDAD DE PODER

En la Figura 2.7 Se identifican los componentes de la unidad de poder: motor, bomba, tanque y el cuerpo de la conexión de la bomba.

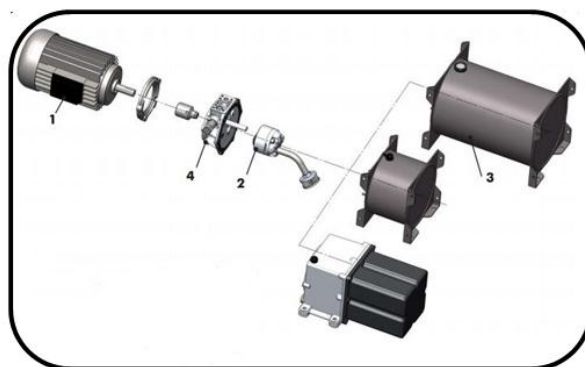


Figura 2. 7: Componentes unidad de poder

Fuente: O.M.B.F hydraulic components

⁹ Robert L. Mott. Diseño de Elementos de Máquinas. Cuarta Edición. Capítulo 5. Procedimiento General de Diseño. Páginas 197 – 200.

2.5.3 TIPO DE ACCIONAMIENTO (MOTOR CA 110/220V)

El motor eléctrico funciona con corriente alterna y se encarga de convertir la energía eléctrica en movimiento mecánico, específicamente de un eje giratorio, el mismo que se encuentra acoplado hacia la bomba, permitiendo de esta manera su funcionamiento rotativo.

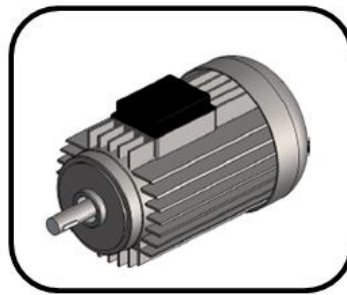


Figura 2. 8: Motor eléctrico

Fuente: Catálogo O.M.B.F hydraulic components

El motor eléctrico trifásico se utiliza con más frecuencia debido a su sencilla estructura mecánica y eléctrica, y a su alta fiabilidad. Su aplicación solo está limitada por sus características de par y velocidad.

A fin de seleccionar un motor apropiado dependiendo a las necesidades requeridas y que se ajuste a las especificaciones del fabricante, es necesario establecer una serie de requisitos mínimos relacionados con:

- El suministro eléctrico
- Las características eléctricas y mecánicas del motor
- Las condiciones de funcionamiento
- Costos de inversión, funcionamiento y mantenimiento

2.5.4 BOMBA HIDRÁULICA



Figura 2. 9: Bomba hidráulica

Fuente: Catalogo O.M.B.F hydraulic components

Las bombas hidráulicas en su mayoría son de desplazamiento positivo, basan su funcionamiento en encerrar un volumen de líquido para transportarlo desde la aspiración hasta la impulsión con un aumento de presión.

En la Tabla 2.1 que se muestra a continuación se presenta de forma detallada los tipos de bomba que existen en el mercado, con sus respectivas características, y presiones de aplicación.

Tabla 2. 1: Tipos de bombas hidráulicas

TIPO (De acuerdo a su construcción)	CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN
De émbolo	Trabajan a altas velocidades y a altas presiones. Tienen el inconveniente de ser más complejas y más costosas que las demás.	Hasta 5000 psi. 750 – 3000 rpm. Industrias de minería y construcción. Circuitos industriales básicos.
De engranaje externo	Alto rendimiento Deben trabajar a velocidades elevadas Ruidosas y robustas	Hasta 1000 psi. 500 – 3500 rpm. Circuitos de baja presión 100 – 280 bar.
De engranaje interno		Circuitos de baja potencia. 500 – 3500 rpm. Hasta 2000 psi.
De paletas	Son relativamente pequeñas en función de las potencias que desarrollan. Tolerancia al contaminante bastante aceptable.	No se recomienda trabajar a menos de 600 rpm. Sistemas automotrices. Sistemas de inyección.

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

2.5.5 ACCESORIOS PARA EL TRANSPORTE DE FLUIDOS

Las mangueras se utilizan para el transporte del fluido, en este caso fluido hidráulico. Normalmente una manguera está construida de goma de un tubo interior de goma sintética extruido. La naturaleza elastomérica de la goma hace necesaria una capa de refuerzo enrollada o trenzada alrededor del tubo para contener la presión interna. Las capas de refuerzo son de material textil o acero.

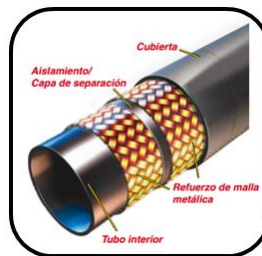


Figura 2. 10: Estructura de la manguera

Fuente: Manual técnico mangueras y acoples Parker

Los acoples son una parte importante debido a que unen las diferentes partes de un sistema hidráulico que va desde la generación de fuerza al elemento actuador.

Existen dos tipos comunes de acoplamientos hidráulicos permanentes y reutilizables.

a) Acoplamientos permanentes.

Los acoplamientos permanentes requieren un equipo de acople o estampado para ensamblarlos a una manguera. Se pueden obtener en configuraciones pre ensambladas o en dos piezas.

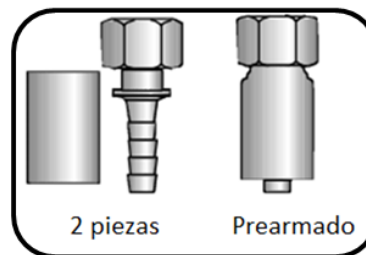


Figura 2. 11: Tipos de acoples permanentes

Fuente: Safe Hydraulics, Guía de mantenimiento preventivo

b) Acoplamiento reutilizables.

Los acoplamiento reutilizables pueden armarse de una manera más fácil, donde se requiere de una cantidad mínima de equipo.

2.5.6 VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL

Las válvulas reguladoras de caudal permiten controlar la velocidad de avance o retroceso de un cilindro. Sirven para la regulación en continuo del caudal de aceite en sistemas hidráulicos. El valor del caudal se mantiene constante dentro de un margen de tolerancia independientemente de la presión del circuito y de la viscosidad del aceite hidráulico.

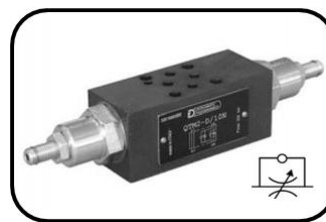


Figura 2. 12: Válvula reguladora de caudal

Fuente: Catalogo QTM2, Válvula reguladora de caudal

2.5.7 DEPÓSITO HIDRÁULICO.

El depósito de un sistema hidráulico posee varias funciones, las más evidentes de ellas es el almacenamiento de fluido del sistema, pero cumple

otras funciones muy importantes tales como ayudar a enfriarlo a través de sus paredes o ayudar a precipitar los contaminantes solidos de este mismo. El depósito debe contener el volumen necesario para abastecer a todo el sistema hidráulico, de igual modo proporcionará ciertas características al fluido como son temperatura y presión en el caso de que el sistema en conjunto lo requiera



Figura 2. 13: Depósito hidráulico

Fuente: SPX hydraulic tech

2.5.8 FLUIDO HIDRÁULICO

El aceite hidráulico se compone de aceites y aditivos diseñados para la potencia de transmisión mientras que actúa como un lubricante y un refrigerante. El aceite es eficaz en una amplia gama de temperaturas y reduce el desgaste, la herrumbre y la corrosión en el equipo utilizado.



Figura 2. 14: Catálogo aceite hidráulico Wynn's

Fuente: SPX hydraulic tech

Los aceites hidráulicos se clasifican de acuerdo al siguiente cuadro.

Cuadro 2. 1: Tipos de aceites hidráulicos de acuerdo a su símbolo ISO

Símbolo ISO	Características	Aplicaciones
HH	Aceites minerales refinados sin aditivos.	Sistemas Industriales con lubricación a pérdida.
HL	Aceites minerales refinados con aditivos, antioxidantes y anticorrosivos.	Sistemas hidráulicos de baja potencia.
HM	Aceites de tipo HL con propiedades mejoradas de antidesgaste.	Sistemas hidráulicos en general, los cuales incluyen componentes altamente cargados.
HR	Aceites de tipo HL con mejoradores en propiedades de temperatura/viscosidad.	Similar al HL, pero expuesto a la alta temperatura.
HV	Aceites de tipo HM con mejoradores en propiedades de temperatura/viscosidad.	Similar al HM, pero expuestos a alta temperatura.
HS	Fluidos sintéticos con propiedades específicas de resistencia al fuego.	
HF	Fluidos sintéticos sin propiedades específicas de resistencia al fuego.	

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

2.5.9 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos generalmente determinando la diferencia de presión entre el fluido y la presión atmosférica del lugar.



Figura 2. 15: Manómetro

Fuente: SPX hydraulic tech

2.5.10 ACTUADOR DE DOBLE EFECTO

Un actuador es considerado como un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

El cilindro de doble efecto puede realizar un trabajo en ambas direcciones porque se les aplica presión en ambas caras del émbolo.

- a) **Cilindro diferencial:** Un solo vástago, se utiliza cuando se quiere realizar trabajo en un sentido.

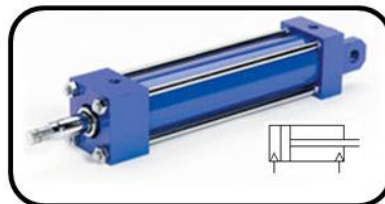


Figura 2. 16: Pistón hidráulico un solo vástago

Fuente: Electro hidraulica.corp

- b) **Cilindros de doble vástago**

Poseen dos vástagos, se utiliza cuando se quiere realizar trabajo en las dos direcciones, la carga se puede colocar en uno de los vástagos o en ambos.

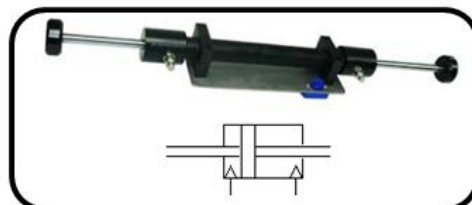


Figura 2. 17: Cilindro de doble vástago

Fuente: Hydrotrainer-200 Actuadores

2.5.11 VÁLVULA DISTRIBUIDORA 4 VÍAS 3 POSICIONES CON CENTRO EN TANDEM Y ACTIVACIÓN POR SOLENOIDE

En los circuitos hidráulicos las válvulas de vías o direccionales son las que controlan los actuadores dirigiendo su funcionamiento en una dirección u otra permitiendo o bloqueando el paso de aceite. Este accionamiento se lo realiza mediante solenoides. El número de vías nos indica las distintas posiciones que puede realizar una válvula, estas posiciones están representadas en los esquemas por cuadrados que en su interior indica las uniones que realizan internamente la válvula con las diferentes vías y la dirección de circulación del líquido. En la figura que se muestra a continuación encontramos una válvula que consta de 4 vías y 3 posiciones de acuerdo a lo especificado anteriormente, las válvulas representadas con las letras A y B pertenecen a líneas específicas de trabajo y las valvulas representadas con las letras P y T corresponden a líneas de presión y de retorno al tanque respectivamente.



Figura 2. 18: Electroválvula DG4V3

Fuente: Catalogo Eaton Válvulas

2.5.12 SENSOR FINAL DE CARRERA

El final de carrera o sensor de contacto, es un dispositivo eléctrico situado al final del recorrido de un elemento móvil, para limitar el movimiento, interrumpiendo la acción de un circuito eléctrico.

Generalmente estos sensores están compuestos de dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 2. 19: Sensor final de carrera

Fuente: Electrónica embajadores

2.5.13 MANDO DE ACCIONAMIENTO

Los accionamientos tienen la tarea de convertir una señal de mando de entrada, en un movimiento, de forma que el órgano posicionador del elemento de control, se sitúe en la posición correspondiente a la señal de mando. En aplicaciones hidráulicas son los encargados de activar las válvulas direccionales, y así activar el actuador en la misma al mando. En la figura siguiente se observa una botonera con su respectivo cable de conexión.



Figura 2. 20: Botonera de dos posiciones y paro de emergencia

Fuente: Hydraulic Components O.M.B.F Catalogo

2.6 PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

Para el proceso de diseño hidráulico hay que tener en cuenta parámetros fundamentales de accionamiento, etapas en la que se debe realizar, cálculo preliminar y las comprobaciones, seleccionando los elementos en correspondencia con los cálculos de presión, caudal, velocidad, entre otros.

Los cálculos son de gran importancia en el diseño ya que sirven para selección correcta de los componentes hidráulicos. En la siguiente figura se detalla el procedimiento que se debe tomar para el diseño de sistemas hidráulicos:

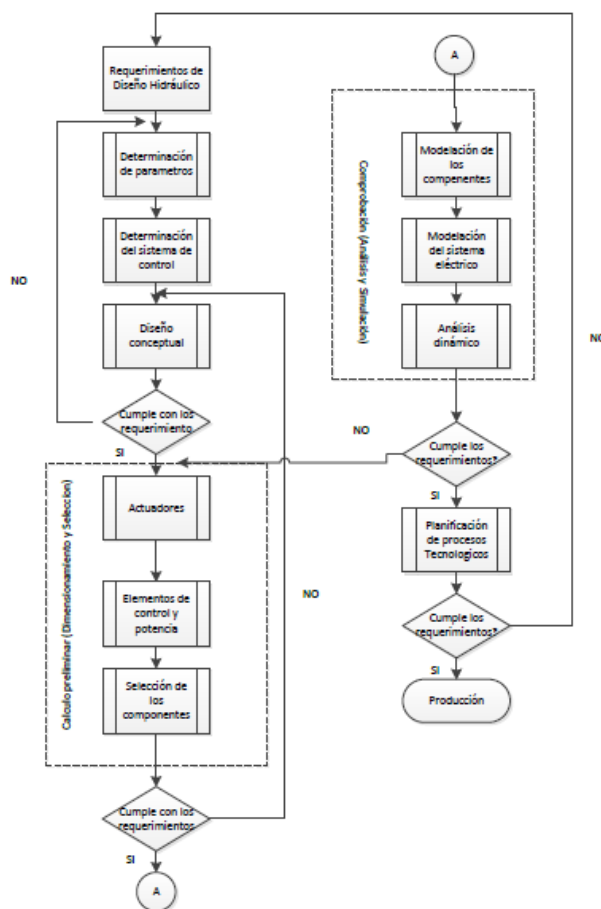


Figura 2. 21: Proceso de diseño hidráulico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.D

2.7 BÁSCULAS

La báscula es un instrumento que mide la masa de un cuerpo o sustancia química, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo. Se debe tener en cuenta que el peso es la fuerza que el campo gravitacional ejerce sobre la masas de un cuerpo, siendo tal fuerza el producto de la masas por la aceleración de la gravedad

Ec. 2. 1 Cálculo de peso

$$F = m * g$$

A nivel industrial se utilizan celdas de presión o de carga, considerados como sensores de peso electrónicos cuya finalidad es recibir la excitación eléctrica provocada por un peso determinado aplicado a la plataforma y transmitirlo hacia un indicador de peso en forma de una salida eléctrica.



Figura 2. 22: Celda de carga con indicador

Fuente: N.B.C. Electrónica Argentina

2.8 INDICADOR DE ROTACIÓN ANGULAR

El indicador nos mostrará el desfase producido entre la estructura base y la estructura móvil con respecto a la horizontal. Este desfase será el ángulo mostrado en el indicador digital el mismo que nos permitirá

conocer la pendiente a la cual el vehículo está siendo sometido lateralmente, como se muestra a continuación:



Figura 2. 23: Indicador de rotación angular

Fuente: <http://www.arduino.utfsm.cl/el-display-7-segmentos/>

CAPÍTULO III

3. DISEÑO ESTRUCTURAL

Es importante el diseño previo, ya que genera resultados favorables para una futura fabricación.

3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Las principales características que se tomaron en cuenta fueron: tamaño y peso máximo, distancia entre ejes, así como las condiciones para ejecutar las pruebas basculantes establecidos en los requerimientos técnicos para los vehículos que participan en las competencias de Formula Student. A partir de estos requerimientos, los parámetros que influyen directamente en el diseño del banco de pruebas son:

1. La carga máxima a elevar (W_v) será 5000 N (500Kg), más el peso de la estructura de todo el mecanismo basculante.
2. El mecanismo basculante debe proveer un movimiento seguro y eficiente con un rango de 0° hasta 60° con respecto a la horizontal.
3. La distancia mínima entre ejes o también llamada batalla, será de 1525 mm (60 pulgadas) (*está medida es considerada desde el centro del contacto de la rueda delantera con el suelo, al centro del contacto de la rueda trasera con el suelo*)¹⁰. El bastidor del vehículo FESPE está diseñado con una distancia entre ejes de 1570 mm, longitud que será considerada como mínima de la plataforma para el banco de pruebas tilt test.
4. La vía (distancia entre ruedas del mismo eje) del vehículo más pequeño, no ha de ser en ningún caso inferior al 75% de la vía mayor¹¹ (así tenemos que la distancia de eje mínima es de 1144 mm).

¹⁰ (Anexo 1, Reglamento Fórmula SAE, Artículo 2, T 2.3).

¹¹ Reglamento Fórmula SAE, pág. 25

5. El vehículo del proyecto FESPE consta con un valor de vía de 1400 mm, siendo este el valor mínimo de la plataforma del banco de pruebas.
6. El material a usar será acero ASTM A 36 en las denominaciones UPN 160 y UPN 120.
7. El banco de pruebas no estará expuesto a agentes corrosivos ni a temperaturas excesivas. Adicionalmente, en base a las características de los bancos de pruebas basculante existentes para las competencias de Formula Student, se determinan los siguientes parámetros para el Tilt Test:
 8. El tiempo máximo que tardará el sistema en alcanzar los 60° de elevación será de 10 segundos.
 9. El factor de seguridad mínimo recomendado tiene un valor de 2.0.
 10. El tipo de accionamiento del banco de pruebas será Electro-Hidráulico.

3.2 DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DEL BANCO

En base a los bancos de pruebas similares existentes en las competencias de Formula Student Alemania y de acuerdo con los parámetros de diseño, se propone para el banco de pruebas, la geometría mostrada en la siguiente figura:

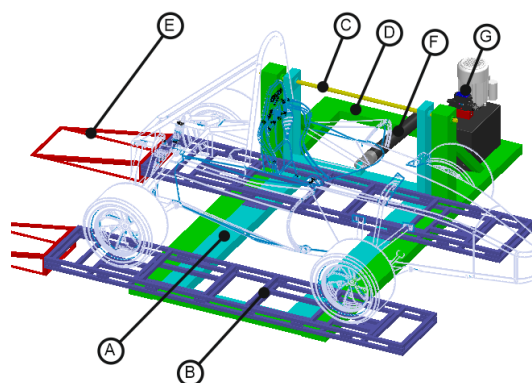


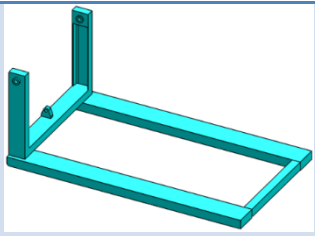
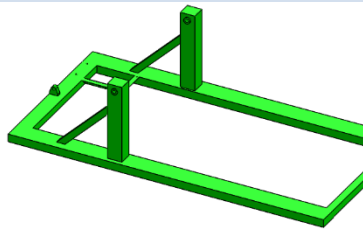
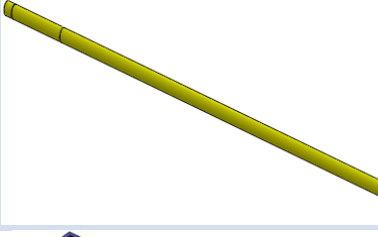
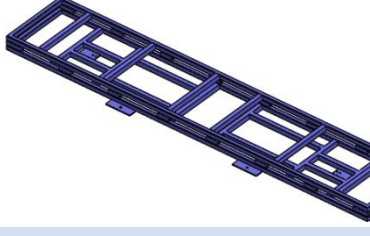
Figura 3. 1: Diseño geométrico preliminar del banco de pruebas basculante con sus diferentes componentes.

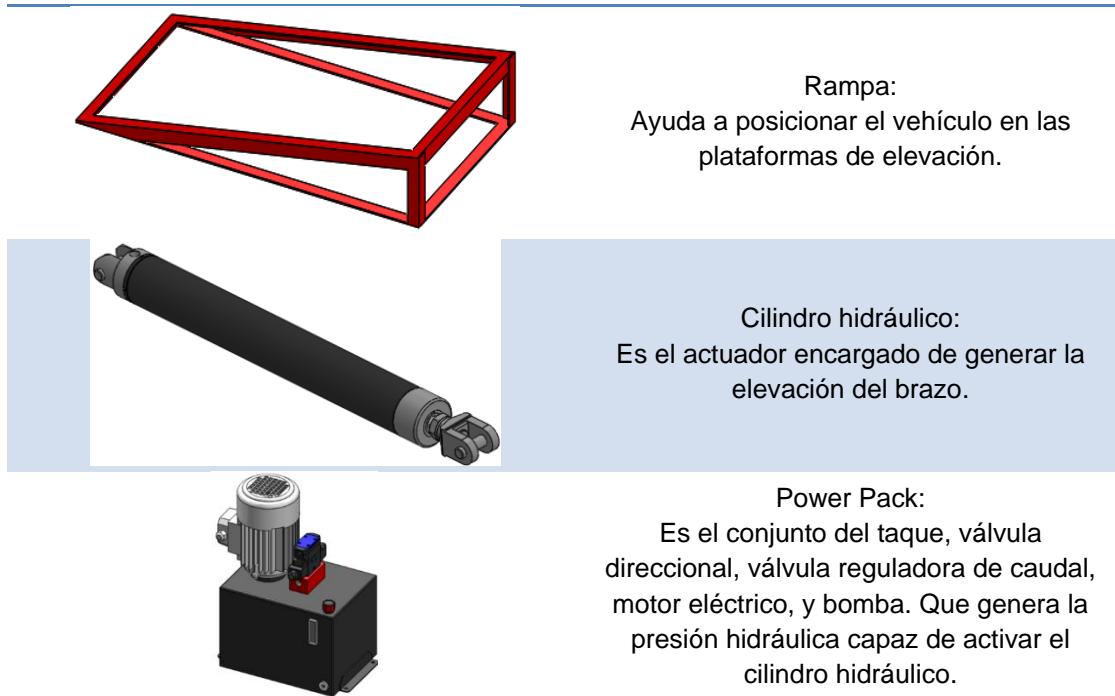
Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

A continuación se describe cada uno de los componentes de la figura mostrada anteriormente: A. Brazo de elevación, B. Plataforma de elevación, C. Eje de volteo, D. Estructura base, E. Rampa, F. Cilindro hidráulico, G. Grupo motor-bomba.

Con la aplicación de los comandos de SolidWorks para croquizar, crear y editar sólidos, se modelan y ensamblan en tres dimensiones los diferentes componentes mecánicos que forman parte del banco de pruebas, para posteriormente realizar su análisis de movimiento y de esfuerzos mediante el software SolidWorks Motion y Simulation respectivamente, de forma que cumplan con todos los requerimientos de funcionalidad y seguridad exigidos para este tipo de máquinas.

Cuadro 3. 1: Componentes modelados SolidWorks

Simulación	Características
	<p>Brazo de elevación: Es la estructura móvil donde se posara la plataforma de elevación, y conjuntamente el vehículo sobre este brazo.</p>
	<p>Estructura base: Es el soporte de todos los componentes del banco de pruebas, así mismo en la estructura se genera el pivote que produce el movimiento del brazo de elevación.</p>
	<p>Eje de volteo: En su correcta posición es en éste eje donde se genera el volteo del brazo de elevación.</p>
	<p>Plataforma de elevación: Es el soporte para las balanzas, como medio antideslizante se utilizó plancha corrugada, así mismo se posa en ésta plataforma el vehículo.</p>
<p><i>Continúa →</i></p>	



Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Luego de modelar los diferentes componentes mecánicos e hidráulicos del elevador de tijeras se realiza el ensamblaje del mismo mediante la aplicación de las diferentes relaciones de posición y restricciones existentes en SolidWorks.

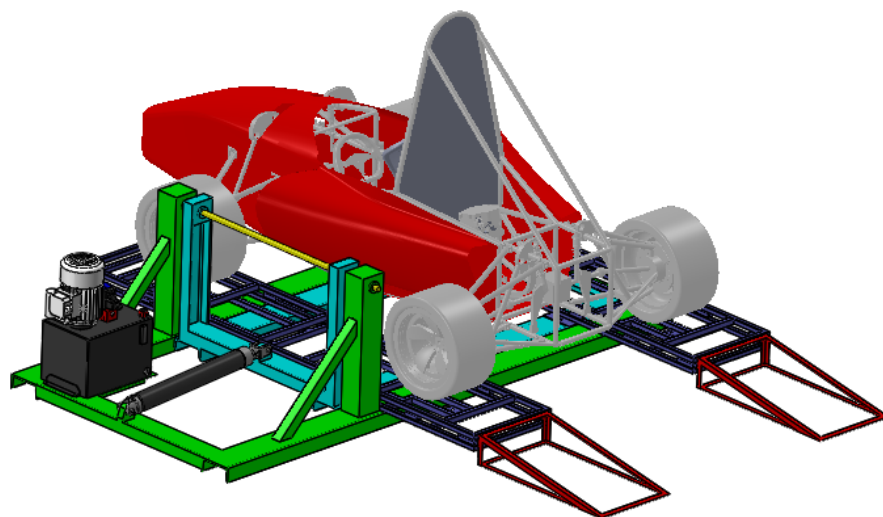


Figura 3. 2: Ensamblaje del banco de pruebas basculante

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.3 DETERMINACIÓN DE CARGAS

A continuación se determinan las fuerzas que actúan sobre los diferentes componentes mecánicos del banco de pruebas basculante, en base a la carga máxima a levantar y las dimensiones establecidas en los parámetros de diseño.

3.3.1 FUERZA REQUERIDA EN EL PISTÓN DEL CILINDRO HIDRÁULICO

El cálculo de la fuerza requerida en el pistón del cilindro hidráulico cuando comienza el movimiento de inclinación del vehículo, se lo realiza a partir del análisis estático del diagrama de cuerpo libre del banco de pruebas mostrado en la siguiente figura.

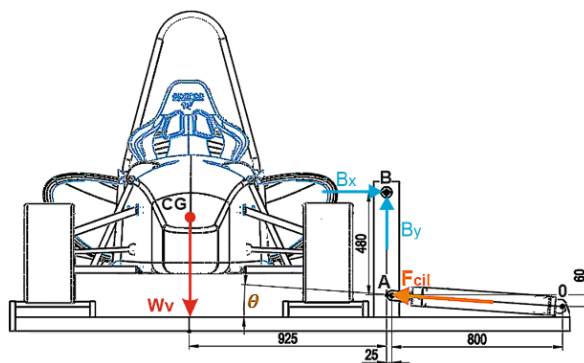


Figura 3.3: Diagrama del cuerpo libre

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

El ángulo de inclinación inicial del cilindro hidráulico (θ). Se considera para que se pueda producir un cambio de recorrido lineal a un trabajo angular del brazo de elevación, en donde:

Ec. 3. 1 Cálculo del ángulo de inclinación

$$\theta = \tan^{-1} \frac{60}{800}$$

$$\theta = 4,3^\circ$$

Por lo tanto, aplicando sumatoria de momentos en el punto B se tiene:

Ec. 3. 2 Sumatoria de momentos en el Punto B

$$\sum M_B = 0$$

$$-F_{cil} \cdot \cos \theta \cdot 0,48 \text{ m} + F_{cil} \cdot \sin \theta \cdot 0,025 \text{ m} + W_V \cdot 0,925 \text{ m} = 0$$

$$F_{cil} \cdot \cos 4,3^\circ \cdot 0,48 \text{ m} - F_{cil} \cdot \sin 4,3^\circ \cdot 0,025 \text{ m} = 5000 \cdot 0,925 \text{ m}$$

$$F_{cil} = \frac{4625}{0,477}$$

$$F_{cil} = 9700,6 \text{ N}$$

3.3.2 REACCIONES EN EJE DE VOLTEO

El cálculo de las reacciones en el punto B vienen dado por:

Sumatoria de fuerzas en $\sum F_y = 0$

Ec. 3. 3 Sumatoria de fuerzas en el eje x

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_{cil} \cdot \cos \theta + B_x = 0$$

$$B_x = F_{cil} \cdot \cos 4,3^\circ$$

$$B_x = 9673,3 \text{ N}$$

Sumatoria de fuerzas en $\sum F_y = 0$

Ec. 3. 4 Sumatoria de fuerzas en el eje y

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{cil} \cdot \sin \theta + B_y - 5000 = 0$$

$$B_y = 5000 - F_{cil} \cdot \sin 4,3^\circ$$

$$B_y = 4272,6 \text{ N}$$

3.4 ANÁLISIS DE MOVIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

Con el modelo del banco de pruebas completamente ensamblado se procede a crear en SolidWorks Motion su estudio para análisis y simulación de movimiento, el mismo que permitirá verificar de forma rápida y precisa el adecuado funcionamiento del Tilt Test mediante la determinación de desplazamientos, velocidades, fuerzas generadas, consumo de energía, etc.

A fin de crear el estudio para análisis y la simulación de movimiento del banco de pruebas, primero se configura en el software la carga máxima a levantar y la velocidad de accionamiento del pistón hidráulico, con los siguientes valores:

Carga máxima a levantar= 5000 N

Velocidad de salida del pistón hidráulico= 50 mm/s

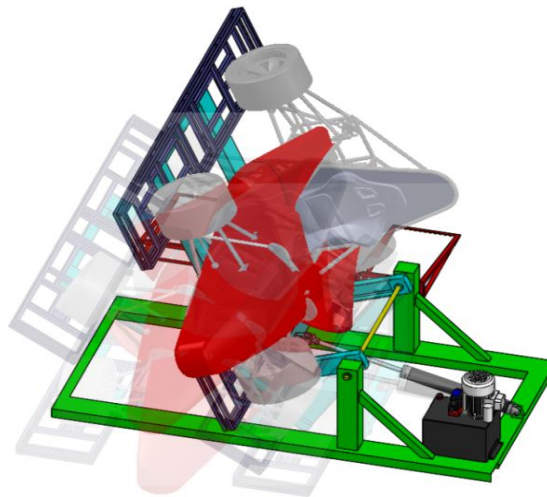


Figura 3. 4: Simulación del movimiento del banco de pruebas

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Los resultados obtenidos en SolidWorks Motion del análisis y simulación de movimiento del banco de pruebas se muestran a continuación:

Del resultado de fuerza que se muestra a continuación se determina que para levantar la carga de 5000 N, el pistón hidráulico requiere una fuerza que va de 9672 N cuando comienza el movimiento hasta una fuerza de 12020N cuando la plataforma superior alcanza el ángulo máximo de 60°. Estas fuerzas se aproximan bastante a las calculadas en la sección 3.3.2 ($\sum F_x = 0$), por lo tanto, se comprueba que los cálculos realizados son correctos.

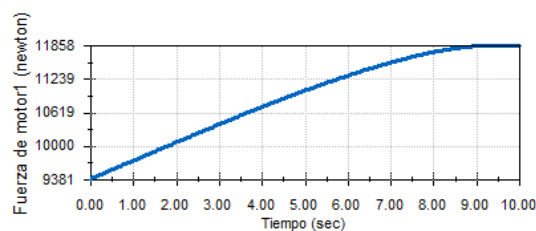


Figura 3. 5: Fuerza del motor vs tiempo de recorrido

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

En cuanto al consumo de energía del pistón del cilindro hidráulico, en la figura siguiente se observa que su valor máximo es de 592,88 vatios (0.80 hp) y se produce en el momento que el prototipo alcanza el ángulo de volteo máximo.

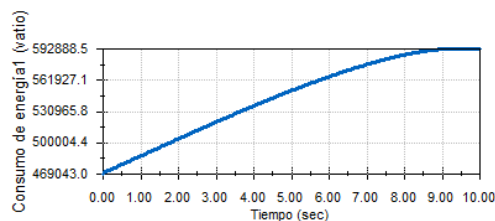


Figura 3. 6: Consumo de energía vs tiempo de recorrido

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Del análisis de los resultados de desplazamiento se determina que para alcanzar el ángulo de 60° se requiere una carrera del pistón hidráulico mayor o igual a 501 mm.

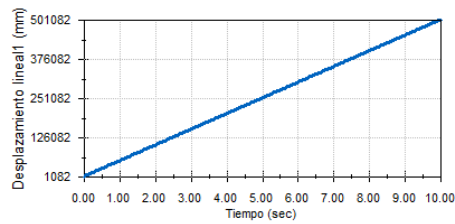


Figura 3. 7: Desplazamiento lineal vs tiempo de recorrido

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Al analizar los resultados mostrados se determina que para una velocidad constante de salida del pistón hidráulico igual a 50 mm/s, el prototipo del vehículo Formula Student alcanza el ángulo máximo de volteo de 60°, en un tiempo de 10.0 segundos, cumpliendo con los requerimientos de diseño, por lo tanto la velocidad del pistón es correcta.

Del análisis de los resultados obtenidos en la simulación de movimiento del banco de pruebas se concluye que, debido a que se cumple con todos los parámetros y requerimientos de funcionamiento del mismo, su diseño cinemático y cinético es correcto.

3.5 ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL BANCO DE PRUEBAS

Se realiza el análisis de esfuerzos de cada uno de los componentes del banco de pruebas a fin comprobar que dichos componentes resistan los esfuerzos a los que están sometidos y de esta forma garantizar un seguro funcionamiento de la máquina.

3.5.1 DISEÑO DEL BRAZO DE ELEVACIÓN

Sobre el brazo de elevación se monta el vehículo y es la que realiza el movimiento de giro de vehículo, por lo que debe ser lo suficientemente rígido para soportar el peso del prototipo y la fuerza transmitida por el pistón hidráulico.

Este elemento se fabrica utilizando perfiles estructurales UPN de acero estructural ASTM A36. Sobre el brazo de elevación actúa la carga máxima a levantar, y la fuerza transmitida por el pistón hidráulico para generar el movimiento de giro, es decir:

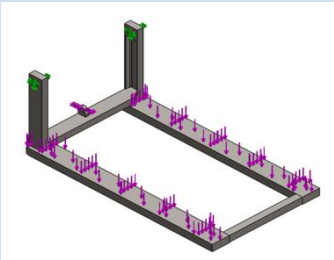
$$W_V = 5000,0 \text{ N}$$

$$F_{cil} = 9700,6 \text{ N}$$

a) ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL BRAZO DE ELEVACIÓN

El análisis de esfuerzos del brazo de elevación se realiza con ayuda del software SolidWorks Simulation en la tabla siguiente se muestra las propiedades de la estructura.

Tabla 3. 1: Propiedades brazo de elevación

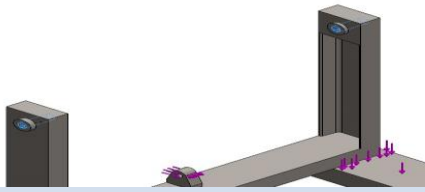
Brazo de elevación	Propiedades
	Material: Astm A36 acero Masa: 102.392 kg Volumen: 0.0130 m ³ Densidad: 7850 $\frac{kg}{m^3}$ Peso: 1003.45 N Límite elástico: 250 $\frac{N}{mm^2}$ Límite de tracción: 400 $\frac{N}{mm^2}$

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

b) SUJECIONES EXISTENTES EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN

Se genera como punto de sujeción el lugar donde se realiza el pivote con la estructura base

Cuadro 3. 2: Punto de sujeción brazo de elevación

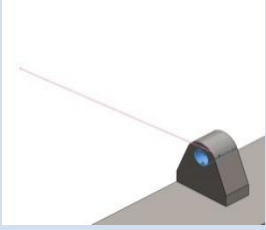
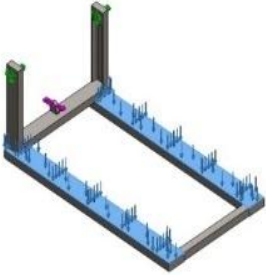
Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
	<p>Entidades: Dos cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

c) ANÁLISIS DE CARGAS DEL BRAZO DE ELEVACIÓN

Para el análisis se consideran dos cargas sobre el brazo de elevación, la primera carga proyectada como la fuerza ejercida del cilindro y la segunda como la fuerza que se aplica por el peso del vehículo.

Tabla 3. 2: Cargas que se aplican al brazo de elevación

Imagen posicionamiento de las cargas	Detalles de la carga
	<p>Entidades: Una cara(s) Tipo: Fuerza normal Valor: 9700.6 N</p>
	<p>Entidades: Dos cara(s) Tipo: Fuerza normal Valor: 5000 N</p>

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

d) FUERZAS RESULTANTES PRODUCIDAS EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN

Las fuerzas resultantes que se generan son las reacciones que se producen después de generar el análisis como se muestra en cada eje de actuación:

Tabla 3. 3: Fuerzas resultantes brazo de elevación

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-9674.68	4271.81	0.829609	10575.8

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

e) INFORMACIÓN DE MALLADO EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN

Después de la modelación se procede a realizar el mallado por elementos finitos, en donde se divide al elemento en partes de menor tamaño para realizar un mejor análisis de cada segmento del mismo, al momento realizar la malla del modelo se considera un mallado medio en tamaño, esto debido a que la estructura y sus componentes no muestran una elevada complejidad física en cuanto a su forma.



Figura 3. 8 Malla brazo de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

A continuación se muestran los datos que se generan considerando una subdivisión en pequeñas porciones de formas (elementos) simples conectadas en puntos comunes (nodos).

Tabla 3. 4: Información de Malla Brazo de Elevación

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Tamaño máximo de elemento	80 mm
Tamaño mínimo del elemento	16 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	56574
Número total de elementos	26911

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

f) ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIÓN EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN

La tensión máxima se encuentra en la soldadura que representa la unión de los dos postes que componen la estructura móvil con un valor de 124.708

$\frac{N}{mm^2}$ (MPa) como se muestra en la siguiente figura:

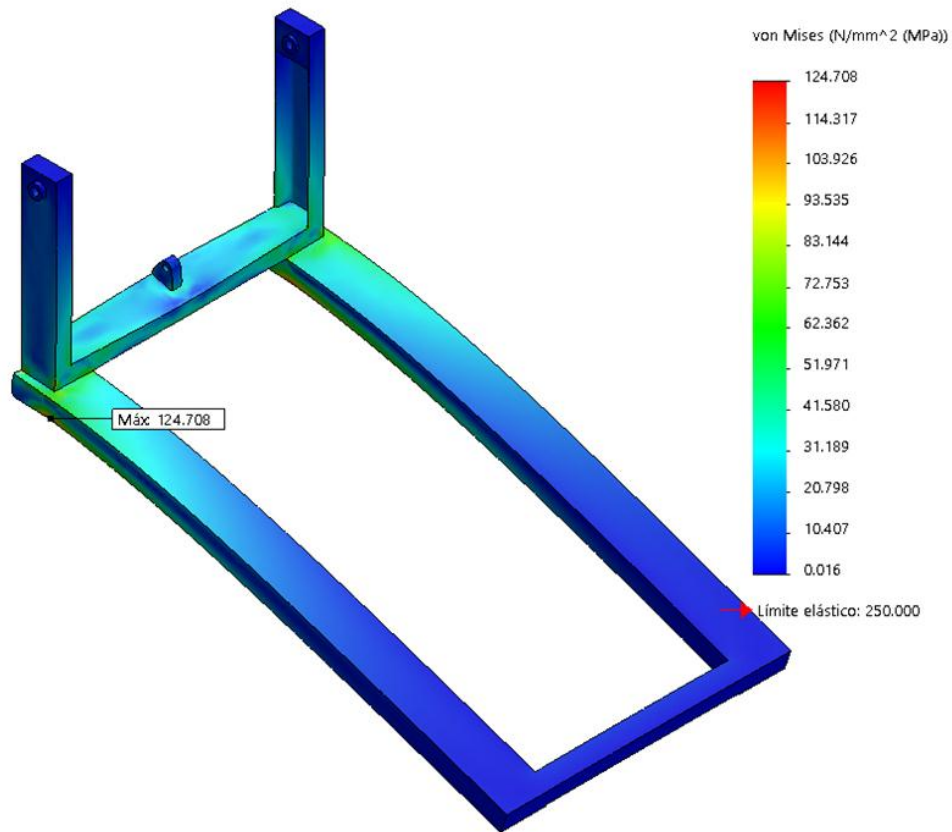


Figura 3. 9: Tensiones que se generan en el brazo móvil

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

g) ANÁLISIS ESTÁTICO DE DESPLAZAMIENTO EN EL BRAZO DE ELEVACIÓN

El desplazamiento máximo que soporta el brazo de elevación es de 11.7mm, considerando el peso máximo establecido en el diseño de 5000 N el mismo que se distribuye uniformemente en toda la superficie de apoyo de la estructura móvil.

El desplazamiento máximo se produce en la zona más alejada de la unión entre los postes, esto debido al par producido por efecto de la distancia, se muestra con color rojo en la siguiente figura:

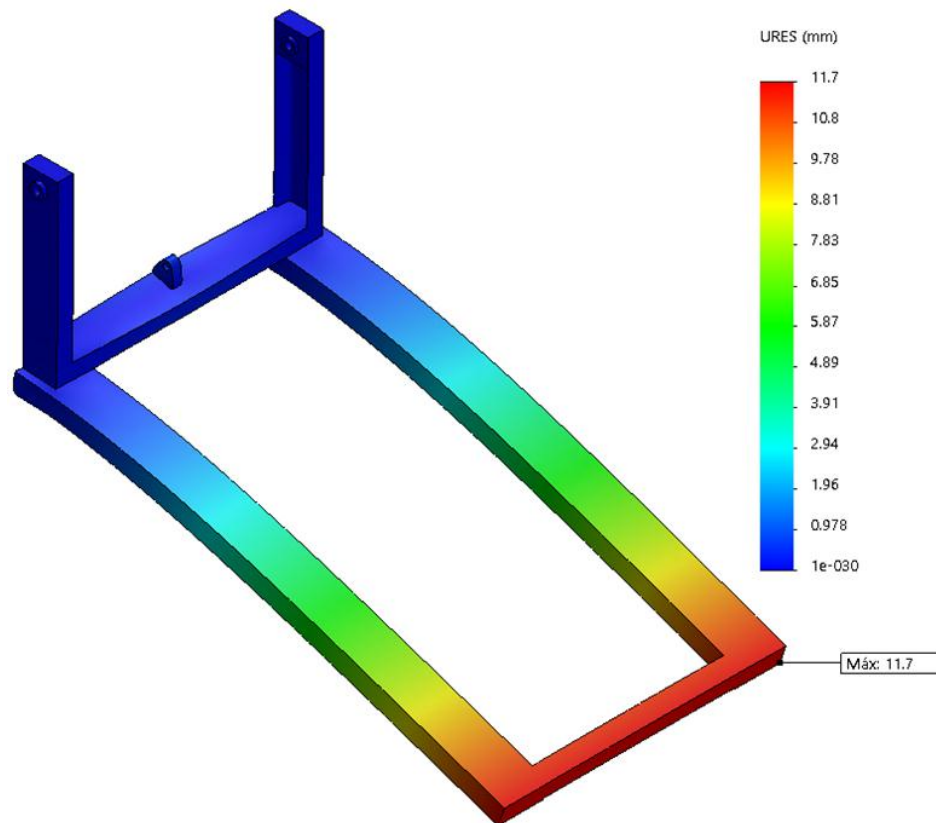


Figura 3. 10: Desplazamiento que se genera en el brazo de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

h) ANÁLISIS ESTÁTICO DE FACTOR DE SEGURIDAD DEL BRAZO DE ELEVACIÓN

En la siguiente figura podemos observar en color rojo el valor mínimo de coeficiente de seguridad de 2. Demostrando que si es mayor a 1 en la ubicación que muestra el factor es seguro.

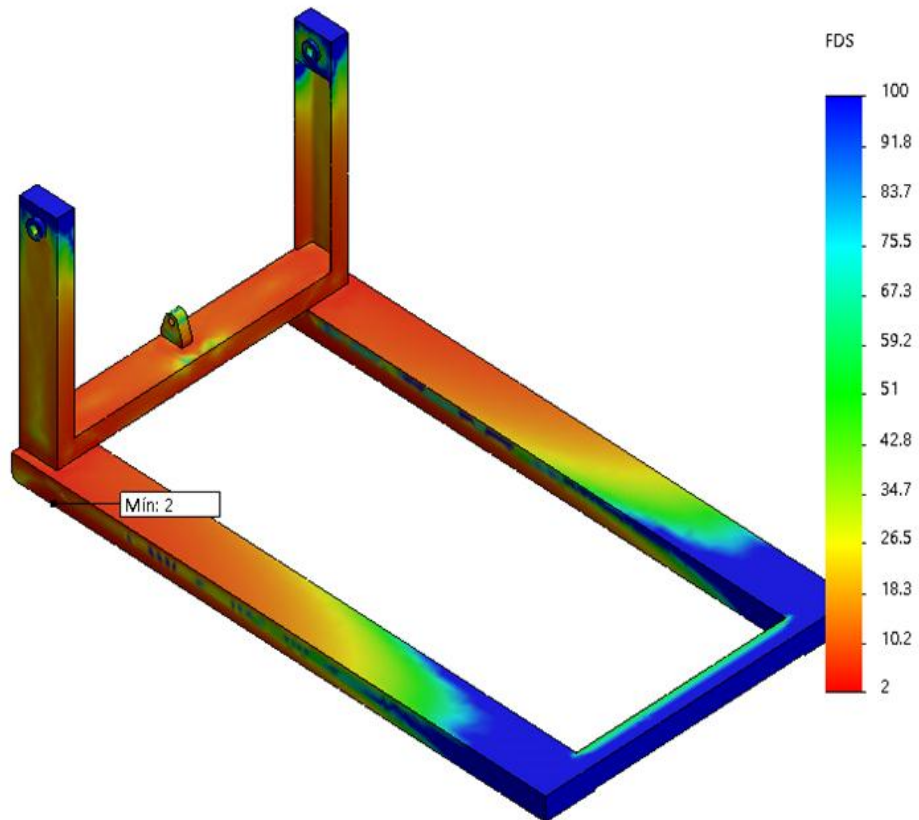


Figura 3. 11: Coeficiente de seguridad del brazo de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.5.2. DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN

La plataforma de elevación debe ser capaz de resistir el peso de la carga máxima a elevar ya que sobre esta descansa el vehículo prototipo. Este elemento se fabrica utilizando tubos cuadrados de acero estructural ASTM A36. Utilizamos este material por la facilidad de construcción y las medidas que se apegan al diseño general.

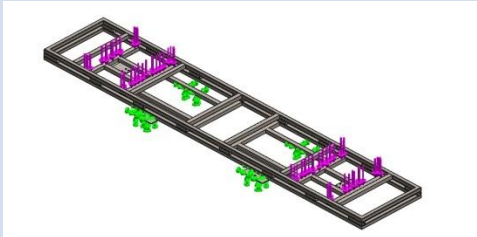
Sobre el brazo de elevación actúa la carga máxima de la carga a levantar, es decir:

$$W_v = 5000,0 \text{ N}$$

a) ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA PLATAFORMA

El análisis de esfuerzos se inicia con la representación de las propiedades del material y estructura en la siguiente tabla:

Tabla 3. 5: Propiedades de la plataforma de elevación


Plataforma	Propiedades
	Material: Astm A36 acero Masa: 42.0381 kg Volumen: 0.0053 m ³ Densidad: 7850 $\frac{kg}{m^3}$ Peso: 411.97 N Límite elástico: 250 $\frac{N}{mm^2}$ Límite de tracción: 400 $\frac{N}{mm^2}$

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

b) SUJECIONES EXISTENTES EN LA PLATAFORMA

Se toman como puntos de sujeciones a los orificios con los cuales se le sujeta al brazo de elevación:

Cuadro 3. 3: Punto de sujeción de la plataforma de elevación

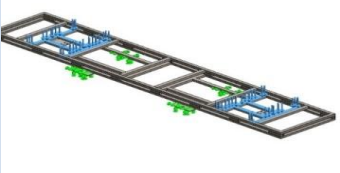
Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
	Entidades: Cuatro cara(s) Tipo: Geometría fija

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

c) ANÁLISIS DE CARGAS EN LA PLATAFORMA

Para el análisis se consideran dos cargas sobre la plataforma que sería el peso total del vehículo dividido para dos.

Tabla 3. 6. Cargas que se aplican a la plataforma de elevación

Imagen posicionamiento de las cargas	Detalles de la carga
	<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Fuerza normal Valor: 2500 N</p>

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

d) FUERZAS RESULTANTES PRODUCIDAS EN LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN

Las fuerzas resultantes que se generan son las reacciones que se producen después de generar el análisis como se muestra:

Tabla 3. 7: Fuerzas resultantes plataforma de elevación

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.463199	5000.69	-2.15157	5000.69

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

e) INFORMACIÓN DE MALLADO DE LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN

Se procede a realizar el mallado por elementos finitos, y por las razones que se propusieron anteriormente se ha considerado un tamaño medio de malla.



Figura 3. 12: Representación de malla de la plataforma de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

A continuación se muestran los datos que se generan considerando una subdivisión en pequeñas porciones de formas (elementos) simples conectadas en puntos comunes (nodos).

Tabla 3. 8: Información de malla de la plataforma de elevación

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	75204
Número total de elementos	41625

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

f) ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIÓN DE LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN

La tensión máxima se encuentra en la platina con los orificios que conecta la plataforma con el brazo de elevación con un valor de 100.996

$\frac{N}{mm^2}$ (MPa) como se muestra en la siguiente figura:

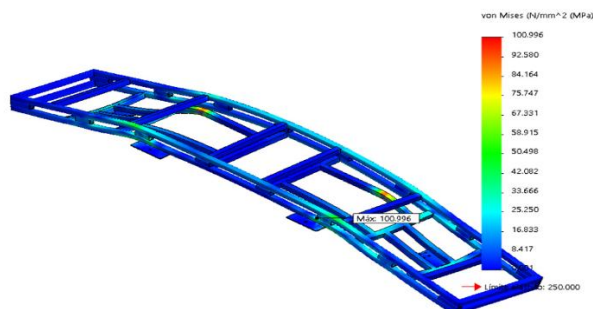


Figura 3. 13: Análisis de tensión de la plataforma de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

g) ANÁLISIS ESTÁTICO DE DESPLAZAMIENTO DE LA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN

El desplazamiento máximo que soporta la plataforma es de 1.59mm. Este se produce en las zonas más alejadas del centro de sujeción, debido al mayor brazo de palanca producido, se muestra con color rojo, en la siguiente figura:

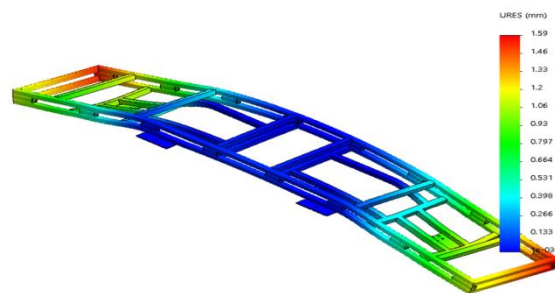


Figura 3. 14: Análisis de desplazamiento de la plataforma de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

h) ANÁLISIS ESTÁTICO DE SEGURIDAD DE PLATAFORMA DE ELEVACIÓN

En la siguiente figura podemos observar en color rojo el valor mínimo de coeficiente de seguridad, con un valor de 2.48, se demuestra así que el factor es seguro.

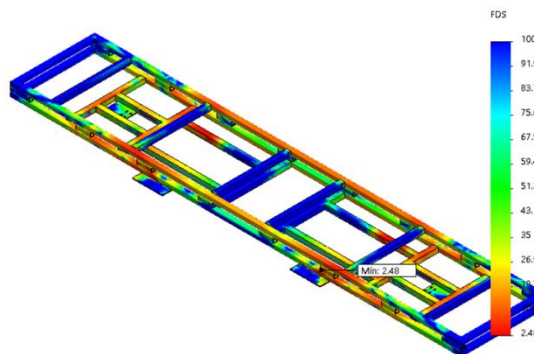


Figura 3. 15: Análisis estático de seguridad de plataforma de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.5.3 DISEÑO DEL EJE DE VOLTEO

Alrededor del eje de volteo gira el brazo de elevación a fin de alcanzar el ángulo de giro requerido. Se fabrica utilizando eje de acero de transmisión AISI 1045. Considerando su uso por sus características de resistencia.

Sobre el eje de volteo actúan las cargas equivalentes a las reacciones generadas en el punto B, es decir:


$$B_x = 9673,3 \text{ N}$$

$$B_y = 4272,6 \text{ N}$$

a) ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL EJE DE VOLTEO

El análisis de esfuerzos se inicia con la representación de las propiedades el elemento en la siguiente tabla:

Tabla 3. 9: Propiedades eje de volteo


Eje de volteo	Propiedades
	Material: Aisi 1045 Aero
	Masa: 5.08 kg
	Volumen: 0.00064 m^3
	Densidad: $7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
	Peso: 48.80 N
	Límite elástico: $530 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
	Límite de tracción: $625 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

b) SUJECIONES EXISTENTES EN EL EJE DE VOLTEO

Los puntos de sujeción se ubican en el lugar en donde se conecta tanto la estructura fija como el brazo de elevación.

Cuadro 3. 4: Punto de sujeción eje de volteo



Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
	<p>Entidades: Dos cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

c) ANÁLISIS DE CARGAS DEL EJE DE VOLTEO

Para el análisis se consideran dos cargas sobre el eje de volteo, las mismas que son las fuerzas resultantes ejercidas en el punto B:

Tabla 3. 10: Cargas que se aplican eje de volteo

Imagen posicionamiento de las cargas	Detalles de la carga
	<p>Entidades: Dos cara(s), Un plano(s) Tipo: Fuerza normal Valor: -4272.66 N Referencia: Arriba del plano</p>
	<p>Entidades: Dos cara(s), Un plano(s) Tipo: Fuerza normal Valor: -9673.3 N Referencia: Frente al plano</p>

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

d) FUERZAS RESULTANTES PRODUCIDAS EN EL EJE DE VOLTEO

Las fuerzas resultantes vienen determinadas por las reacciones que se producen después de generar el análisis como se muestra en cada eje de actuación:

Tabla 3. 11: Fuerzas resultantes eje de volteo

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.430767	4272.85	9673.99	10575.6

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

e) INFORMACIÓN DE MALLADO DEL EJE DE VOLTEO

Después de la modelación se procede a realizar el mallado por elementos finitos, para ello tendremos que encontrar el mejor mallado que se apegue a nuestro modelo, así se ha considerado un mallado en tamaño medio.

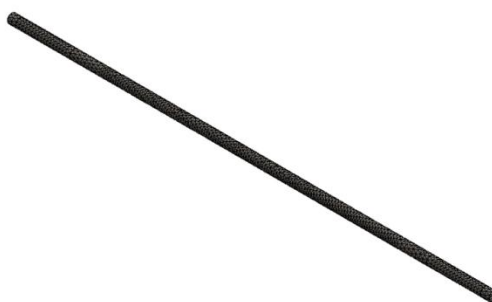


Figura 3. 16: Mallado del eje de volteo

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

A continuación se muestran los datos que se generan considerando una subdivisión en pequeñas porciones de formas (elementos) simples conectadas en puntos comunes (nodos).

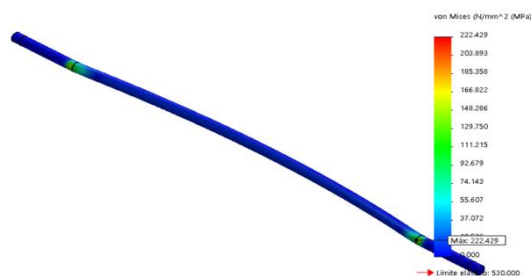
Tabla 3. 12: Características del mallado eje de volteo

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Tamaño máximo de elemento	8.65311 mm
Tamaño mínimo del elemento	8.65311 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	18183
Número total de elementos	10648

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

f) ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSION EN EL EJE DE VOLTEO

La tensión máxima se encuentra en la unión entre el brazo de elevación y la estructura base, en donde el esfuerzo cortante es máximo con un valor de $222.42 \frac{N}{mm^2}$ (MPa) como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 3. 17: Análisis estático tensiones del eje de volteo**

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

g) ANÁLISIS ESTÁTICO DE DESPLAZAMIENTO EN EL EJE DE VOLTEO

El desplazamiento máximo que soporta el eje de volteo es de 0.531 mm, el mismo que se produce en la zona central y se muestra con color rojo en la siguiente figura:

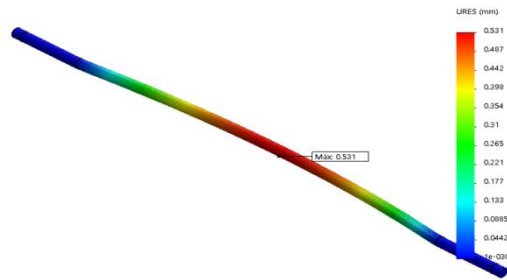


Figura 3. 18: Análisis estático desplazamiento del eje de volteo

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

h) ANÁLISIS ESTÁTICO DE SEGURIDAD DEL EJE DE VOLTEO

En la siguiente figura podemos observar en color rojo el valor mínimo de coeficiente de seguridad de 2.38. Demostrando que si es mayor a 1 en la ubicación que muestra el factor es seguro.

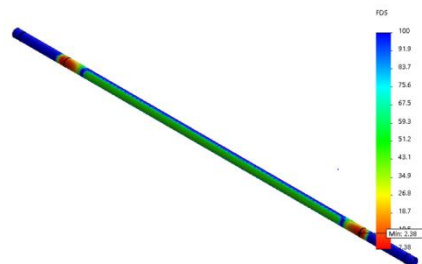


Figura 3. 19: Análisis estático de seguridad del eje de volteo

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.5.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA BASE

Sobre la estructura base se montan todos los componentes mecánicos, hidráulicos y eléctricos del banco de pruebas, siendo suficientemente rígido para soportar el peso de todos estos componentes, el peso del vehículo prototipo y las fuerzas generadas debido al accionamiento del pistón hidráulico.

En su composición se consideraron materiales para su construcción de material UPN 120 y UPN 160.

En la estructura base actúan las cargas que se indican a continuación:

$$F_{cil} = 9700,6 \text{ N}$$

$$B_x = 9673,3 \text{ N}$$

$$B_y = 4272,6 \text{ N}$$

$$W_H = 500,0 \text{ N}$$

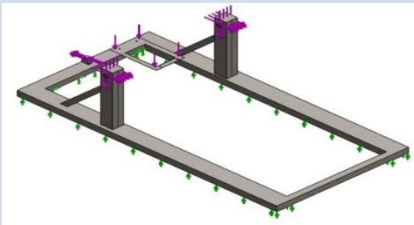
Dónde:

W_H = Peso del sistema electro - hidráulico

a) ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA BASE

El análisis de esfuerzos de la estructura base se realiza con ayuda del software SolidWorks Simulation, a continuación se detallan sus propiedades:

Tabla 3. 13: Propiedades estructura base

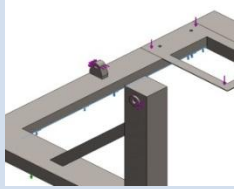
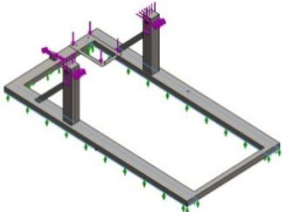
Estructura base	Propiedades
	<p>Material: Astm A36 Acero Masa: 160.827 kg Volumen: 0.0204 m³ Densidad: 7850 $\frac{kg}{m^3}$ Peso: 1576.1 N Límite elástico: 250 $\frac{N}{mm^2}$ Límite de tracción: 400 $\frac{N}{mm^2}$</p>

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

b) SUJECIONES EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA BASE

Se toma como puntos de sujeción el soporte para el pistón hidráulico y los cojinetes de geometría plana en donde gira el eje de volteo:

Tabla 3. 14: Sujeciones en la estructura base

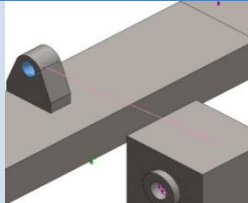
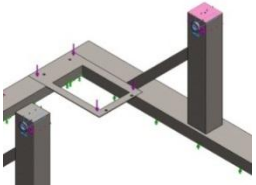
Imagen de sujeción	Detalles de sujeción	
	<p>Entidades: Una cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>	<p>Entidades: Dos cara(s), Un plano(s)</p> <p>Tipo: Fuerza normal</p> <p>Valor: -4272.66 N</p> <p>Referencia: Arriba del plano</p>
	<p>Entidades: Dos cara(s)</p> <p>Tipo: Rodillo control deslizante</p>	<p>Entidades: Dos cara(s), Un plano(s)</p> <p>Tipo: Fuerza normal</p> <p>Valor: -9673.3 N</p> <p>Referencia: Frente al plano</p>

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

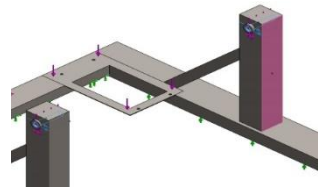
c) ANÁLISIS DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA BASE

Para el análisis se consideran tres cargas sobre la estructura base, la primera carga proyectada como el soporte del cilindro, la segunda como la fuerza que se aplica en los cojinetes y la tercera como la fuerza que se presenta en el poste.

Tabla 3. 15: Cargas en la estructura base

Imagen posicionamiento de las cargas	Detalles de la carga
	<p>Entidades: Una cara(s)</p> <p>Tipo: Fuerza normal</p> <p>Valor: -9700.6 N</p>
	<p>Entidades: Dos cara(s)</p> <p>Referencia: Cara< 1 ></p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: -4272.66 N</p>

Continúa ---->



Entidades: Dos cara(s)

Referencia: Cara< 1 >

Tipo: Aplicar fuerza

Valores: -9673.3 N

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

d) FUERZAS RESULTANTES PRODUCIDAS EN LA ESTRUCTURA BASE

Las fuerzas resultantes que se generan son las reacciones que se producen después de generar el análisis como se muestra en cada eje de actuación:

Tabla 3. 16: Fuerzas resultantes estructura base

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	80.05	5506.74	5.69205	5507.33

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

e) INFORMACIÓN DE MALLADO DE LA ESTRUCTURA BASE

Después de la modelación se procede a realizar el mallado por elementos finitos, para ello tendremos que encontrar el mejor mallado que se apegue a nuestro modelo, considerándose así un tamaño medio de mallado.

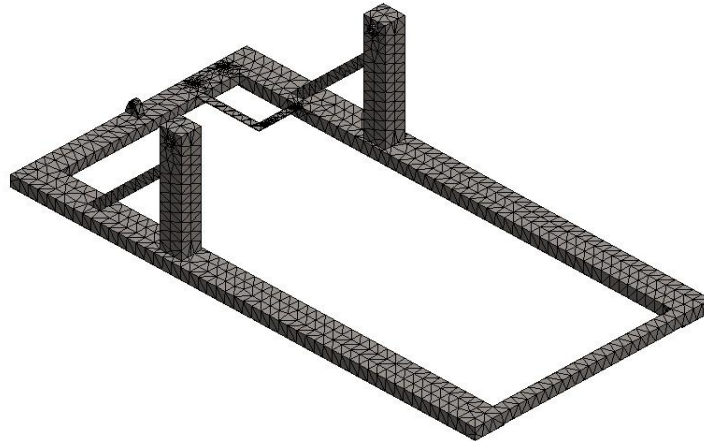


Figura 3. 20: Mallado estructura base

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

A continuación se muestran los datos producidos, considerando una subdivisión en pequeñas porciones de formas (elementos) simples conectadas en puntos comunes (nodos).

Tabla 3. 17: Características del mallado estructura base

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	0 mm
Tamaño mínimo del elemento	0 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	22264
Número total de elementos	11086

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

f) ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIÓN DE LA ESTRUCTURA BASE

La tensión máxima se encuentra en el soporte del cilindro hidráulico con un valor de $106.50 \frac{N}{mm^2}$ (MPa), como se muestra a continuación en la figura:

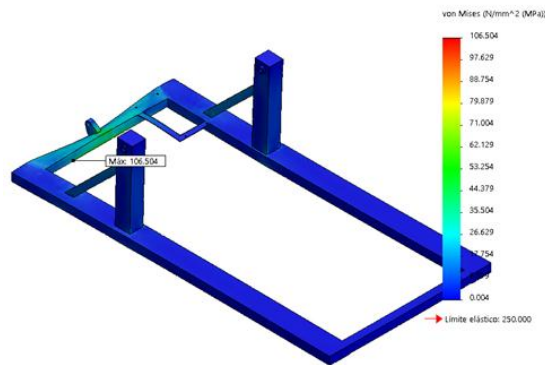


Figura 3. 21: Análisis estático tensiones estructura base

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

g) ANÁLISIS ESTÁTICO DE DESPLAZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA BASE

El desplazamiento máximo de la estructura base es de 1.59mm, el mismo que se encuentra ubicado en el soporte del cilindro hidráulico y se muestra con color rojo en la siguiente figura:

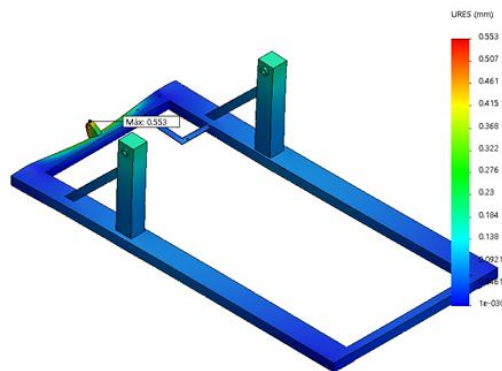


Figura 3. 22: Análisis estático desplazamiento estructura base

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

h) ANÁLISIS ESTÁTICO DE SEGURIDAD

En la siguiente figura podemos observar en color rojo el valor mínimo de coeficiente de seguridad de 0.553.

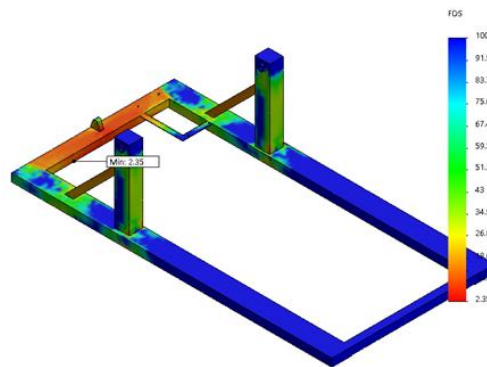


Figura 3. 23: Análisis estático de seguridad estructura base

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.6 DISEÑO HIDRÁULICO DEL BANCO DE PRUEBAS

Los parámetros que influyen directamente en el diseño hidráulico del banco de pruebas basculante son:

Fuerza máxima requerida en el pistón	= 12020 N
Velocidad media de accionamiento del pistón	= 50 mm/s
Carrera máxima del pistón	= 501 mm

Para seleccionar los diferentes componentes del sistema hidráulico es necesario determinar los requerimientos de presión y caudal de aceite en el circuito hidráulico.

3.6.1 CÁLCULO DE PRESIÓN Y CAUDAL

a) PRESIÓN

La presión que debe entregar la bomba y que tienen que soportar todos los elementos del circuito hidráulico se determina en base al diámetro del pistón y la fuerza máxima requerida por el pistón.

Ec. 3. 5 Cálculo de presión

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

$$p = \frac{12020 \text{ N}}{\frac{\pi \cdot 0.038^2}{4}}$$

$$p = 10,59 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 10,59 \text{ MPa} = 1535.94 \text{ psi}$$

Dónde:

p = presión

F = fuerza máxima requerida en el pistón = 12020 N

A = área del pistón

D = diámetro del pistón = 38 mm

b) CAUDAL

El caudal requerido por el sistema se calcula en función de la velocidad de accionamiento del pistón (50 mm/s) y el área transversal del mismo.

Ec. 3. 6 Cálculo de caudal

$$\text{Caudal} = V \cdot A$$

$$\text{Caudal} = 0,050 \text{ m/s} \cdot \frac{\pi \cdot 0,038^2}{4} \text{ m}^2$$

$$\text{Caudal} = 0.56677 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 3.4 \text{ lt/min}$$

Dónde:

V = velocidad de salida del pistón hidráulico = 50 mm/s

A = área del pistón

3.6.2 DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Para el diseño del circuito hidráulico se toma en cuenta los requerimientos funcionales del banco de pruebas así como parámetros que nos garanticen una segura y confiable operación del equipo y que cumpla con las siguientes funciones:

- Accionamiento del sistema hidráulico para ascenso o descenso del elevador de tijeras mediante una botonera manual con accionamiento eléctrico.
- Bloqueo del sistema hidráulico al ángulo deseado cuando se deja de presionar el botón de ascenso o el de descenso.

Para simular y comprobar el adecuado funcionamiento del circuito hidráulico se utilizó el software libre de FESTO FluidSim el cual nos permite observar el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema en las diferentes etapas de funcionamiento.

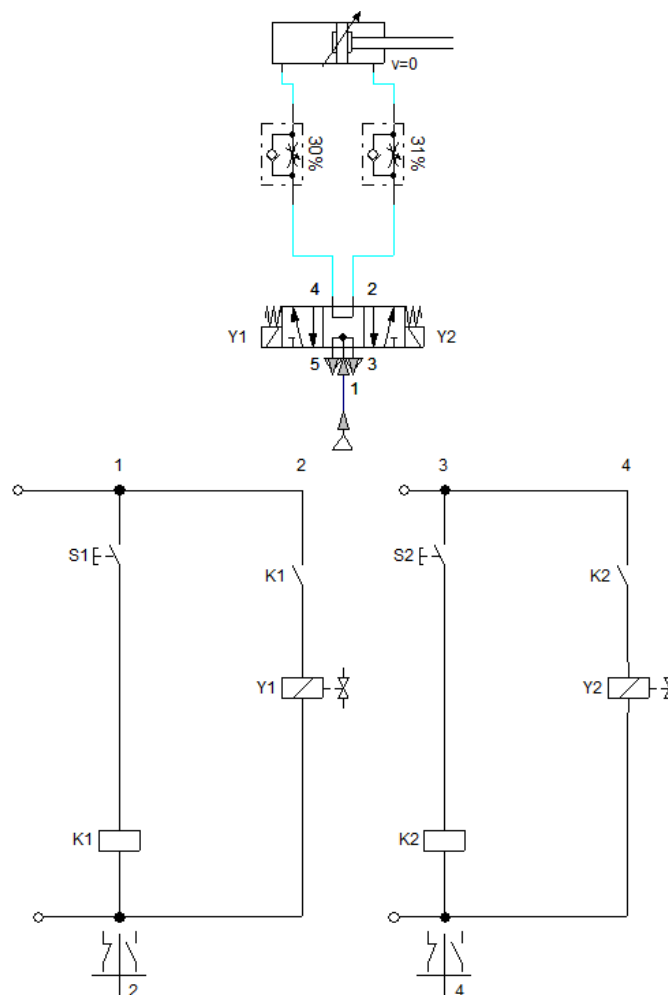


Figura 3. 24: Circuito hidráulico Festo

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

En la siguiente figura al lado izquierdo se observa el funcionamiento del pistón hidráulico mediante la pulsación del botón para elevar, mientras que en la derecha encontramos al sistema realizando el trabajo de descenso, el mismo que se efectúa en el momento en que se acciona el botón de bajada.

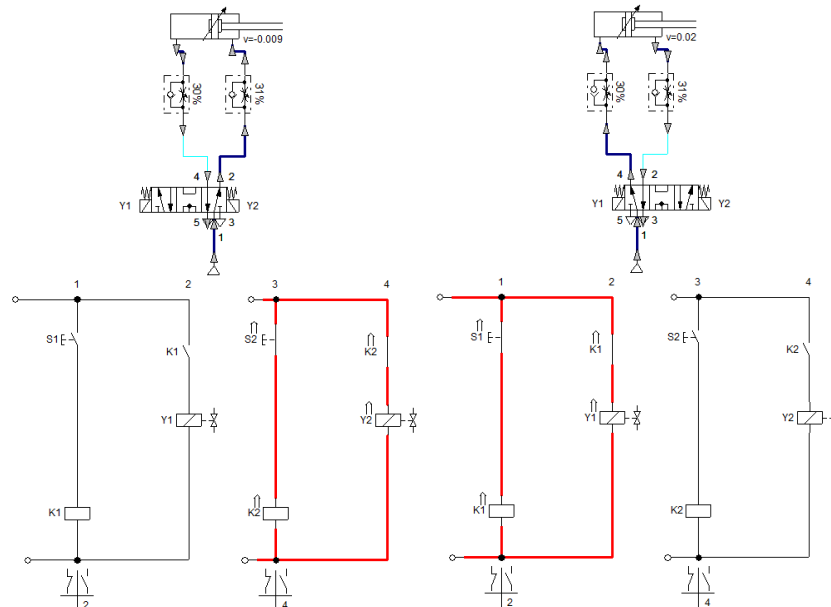


Figura 3. 25: Funcionamiento del circuito hidráulico cuando se presiona el botón de ascenso y descenso respectivamente

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.7 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA

La potencia mínima requerida en el motor eléctrico que acciona la bomba hidráulica se determina en función de la velocidad de salida del pistón y su fuerza máxima.

Ec. 3. 7 Cálculo de potencia

$$Pot = F \cdot V$$

$$Pot = 12020 \text{ N} \cdot 0.05 \text{ m/s}$$

$$Pot = 601 \text{ W} = 0,805 \text{ hp}$$

Utilizando un margen de seguridad del 50% con el objeto contemplar situaciones particulares adversas, así como los diferentes tipos de pérdidas en el sistema, se determina que se requiere un motor eléctrico de 1.2075 Hp.

3.8 SISTEMA ELECTRÓNICO DE VISUALIZACIÓN DE GRADOS DE INCLINACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

Este sistema es el encargado de generar el desfase angular entre la estructura y el brazo de elevación.

3.8.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Este sistema está basado principalmente en un reóstato el cual se encuentra acoplado al eje que sirve como punto fijo entre las estructuras (fija y móvil) del banco de pruebas. De acuerdo con la rotación del eje tendremos un recorrido mecánico en el dial del reóstato lo que provocará una variación en la resistencia entre los terminales del mismo.

Conforme exista un incremento en la resistencia encontraremos un valor distinto en el voltaje de salida en este caso será menor. El voltaje de salida será inversamente proporcional al ángulo de inclinación producido por el banco de pruebas, es decir a mayor inclinación tendremos un incremento en la resistencia y por ende una reducción en el voltaje de salida.

Para la obtención de la señal de salida en un display de 7 segmentos se utiliza un PIC 16F88, el cual utilizará la señal de entrada en este caso el voltaje variable proveniente del reóstato y la convertirá en una señal de salida que alimentará al display el cual nos permitirá observar el valor angular equivalente a la pendiente producida por el banco de pruebas.

Con la ayuda de un multímetro podemos medir la resistencia total y equivalente del reóstato cuando el dial de este haya girado los 67 grados,

valor angular máximo alcanzado por el banco de pruebas. Una vez conseguido este valor nos servirá como referencia para realizar la programación en el pic.

3.8.2 PROGRAMACIÓN DE PIC 16F88

Se encarga de medir e interpretar la señal recibida del reóstato para posteriormente enviar una señal hacia el display 7 segmentos, determinando así en que ángulo de inclinación se encuentra el banco de pruebas.

INTERRUPCION POR TIMER 1

```
#INT_TIMER1
void Interrup_TIMER1()

    set_timer1(-62500);
    0.25sg

void main()

    setup_oscillator(OSC_8MHZ | OSC_INTRC);

    set_tris_a(0b00000001);
    set_tris_b(0b00000000);

    setup_timer_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
    configuracion del timer
    set_timer1(-62500);

    setup_ccp1(CCP_OFF);
    setup_adc_ports(sAN0);
    configuracion del ADC
```

```
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);  
configuracion del ADC
```

```
enable_interrupts(INT_EXT);  
enable_interrupts(GLOBAL);
```

```
port_b_pullups(TRUE);  
habilitacion pull_ups resistor  
output_a(0);  
output_b(0);
```

```
output_b(0xFF);  
BANDERAS.dato=0;  
j=0;  
cont_uni=0;  
cont_dec=0;
```

```
delay_ms(100);
```

```
while (TRUE)
```

```
    leer_sensorl();  
    conversor();  
    multiplexaje();
```

Rutina de lectura del conversor ADC del PIC

```
void leer_sensorl()
```

```
    set_adc_channel(j);  
    delay_us(20);
```

```
sensorl=(float)read_adc(ADC_START_AND_READ)/255.0;  
sensorl=((sensorl*5)-2.50)*47.4576;  
cont_dec=sensorl/10;  
cont_uni=sensorl-(cont_dec*10);
```

```
void conversor()
```

```
cont_uni_aux=segm[cont_uni];  
cont_dec_aux=segm[cont_dec];
```

```
void multiplexaje()
```

```
output_a(0b10000000);  
output_b(cont_uni_aux);  
delay_ms(10);
```

```
output_a(0b01000000);  
output_b(cont_dec_aux);  
delay_ms(10);
```

3.8.3 DISEÑO ELECTRÓNICO DEL CIRCUITO

Es necesario realizar el diseño electrónico del circuito para poder verificar el correcto funcionamiento del mismo antes de proceder a la simulación física de este para ayudarnos utilizamos el programa de software libre Isis Proteus que nos permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar.

En la siguiente figura vemos representado el visualizador de inclinación en posición estática 0°, con sus componentes más representativos,

Pic16F88, reóstato representado como una resistencia variable, y el display de siete segmentos:

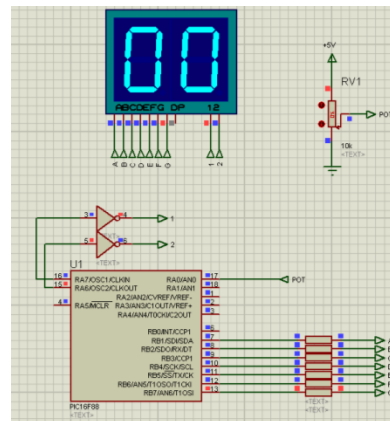


Figura 3. 26: Simulación del circuito en posición inicial

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

En la siguiente figura vemos representado el visualizador de inclinación en posición estática a los 24°, con sus componentes más representativos,

Pic16F88, reóstato representado como una resistencia variable que marca un valor diferente que en la posición estática inicial, y el display de siete segmentos que proyecta los 24°:

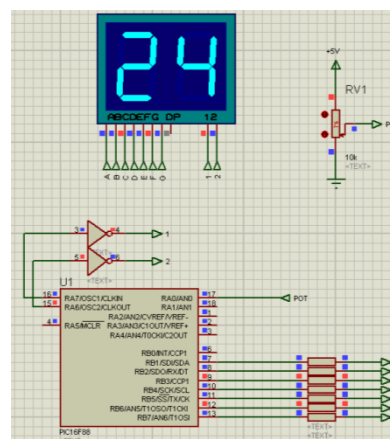


Figura 3. 27: Simulación del circuito con 24 grados de inclinación con respecto a la horizontal

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.9 SELECCIÓN DE COMPONENTES

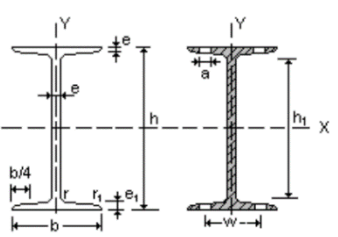
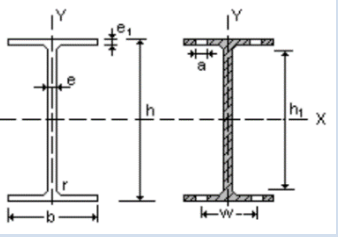
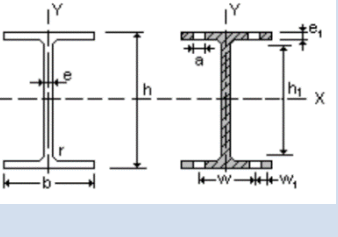
La selección de componentes se realiza dependiendo de las necesidades, existencia en el mercado y rango de márgenes específicos.

3.9.1 PERFILES ESTRUCTURALES

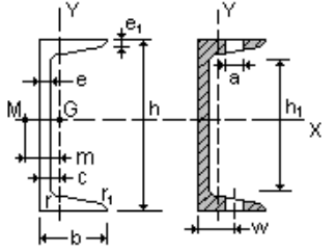
Para la selección de perfiles nos basamos principalmente en los existentes en el mercado que son los IPN, IPE, HEB Y UPN.

A continuación se detalla una tabla de los momentos de inercia de todos los perfiles existentes en Ecuador.

Tabla 3. 18: Perfiles estructurales

Representación	Perfil	$I_x \text{ cm}^4$	$I_x \text{ cm}$	$I_y \text{ cm}^4$	$I_y \text{ cm}$
	IPN 120	328	4.81	21.5	1.23
	IPN 160	935	6.40	54.7	1.55
	IPE 120	318	4.90	27.7	1.45
	IPE 160	869	6.58	68.3	1.84
	HEB120	864	5.04	318	3.06
	HEB160	2492	6.78	889	4.05

Continúa →

	UPN120	364	4.62	43.2	1.59
	UPN160	926	6.21	85.3	1.89

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Si comparamos los perfiles en relación al momento de inercia en el EJE “Y”, observamos que el perfil UPN tiene el segundo valor más elevado. En la práctica la relación de momento de inercia con la deformación es inversamente proporcional, es decir que “a mayor inercia menor deformación”.



Figura 3. 28: Perfil UPN

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

El perfil UPN tiene un área de aprovechamiento más útil, en relación al resto, debido a esta característica se consideró el uso de éste.

3.9.2 MOTOR ELÉCTRICO Y BOMBA HIDRÁULICA

El conjunto de motor eléctrico, bomba y depósito hidráulico, viene previamente establecido, con variaciones de voltajes de funcionamiento del motor, caudal de la bomba y capacidad del depósito respectivamente.

Estos valores se toman referenciando del peso total a cargar por el pistón hidráulico, que va a ser de 5000N.

Mediante los cálculos se necesita un motor de 0.805 Hp, y considerando un margen de seguridad del 50% determinamos un motor eléctrico de 1.2075 Hp. (Ver apartado 3.7).

En la actualidad se puede obtener en el mercado motores eléctricos de 1 hp o de 2 hp. Al ser necesario de más de 1 hp optamos por el de 2 hp.

La unidad de potencia (power pack) integrado que adquirimos con el motor de 2 hp viene detallado a continuación:

- Depósito hidráulico de 30 lts.
- Bomba hidráulica de 3.2 cc/rev
- Motor eléctrico de 110/220 V

Todas estas características que componen la unidad de potencia generan un factor de seguridad mayor al que nosotros requerimos pero que se apegan a nuestras necesidades.



Figura 3. 29: Unidad de poder adquirido

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

En la figura siguiente se detalla las diferentes configuraciones que se pueden obtener en el mercado internacional:

Serbatoio Tank		Pompa Pump	Motore Motor			
Tipo Type	Capacità Capacity lt	Cilindrata Displacement cm ³ /rev.	HP 1,5	HP 2	HP 3	HP 4
Acciaio Steel	5	2				
		3,1				
		4,7				
	6	4,7				
	7	2	148-222-07208	148-282-07206		
		3,1	148-222-07315	148-282-07313	148-342-07310	
		4,7	148-222-07477	148-282-07475	148-342-07472	
		5,7	148-222-07575	148-282-07573	148-342-07570	
	10	2	148-222-10203	148-282-10201	148-342-10208	
		3,1	148-222-10310	148-282-10318	148-342-10315	
		4,7	148-222-10472	148-282-10470	148-342-10477	148-402-10474
		5,7	148-222-10570	148-282-10578	148-342-10575	148-402-10572
		7,8		148-282-10783	148-342-10780	148-402-10787
	15	2	148-222-15208	148-282-15206		
		3,1	148-222-15315	148-282-15313	148-342-15310	
		4,7	148-222-15477	148-282-15475	148-342-15472	148-402-15479
		5,7	148-222-15575	148-282-15573	148-342-15570	148-402-15577
		7,8	148-222-15780		148-342-15785	148-402-15782
		9,8			148-342-15981	
	20	2	148-222-20201	148-282-20209		
		3,1	148-222-20318	148-282-20316	148-342-20313	
		4,7	148-222-20470	148-282-20478	148-342-20475	148-402-20472
		5,7	148-222-20578	148-282-20576	148-342-20573	148-402-20570
		7,8			148-342-20788	148-402-20785
		9,8		148-282-20987	148-342-20984	148-402-20981

Figura 3. 30: Diferentes configuraciones de unidades de poder

Fuente: O.M.B.F. hydraulic components

3.9.3 PISTÓN HIDRÁULICO

El trabajo del pistón hidráulico es levantar el peso total de 5000N, descrito en el apartado 3.3.1, en donde el valor mínimo de recorrido del pistón es de 501mm.

En el mercado encontramos un pistón hidráulico con un radio de 10mm, y una carrera de 510 mm, como se muestra en la figura siguiente, éste se apega a nuestras necesidades de diseño.



Figura 3. 31: Longitud de carrera del pistón

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.9.4 CELDAS DE CARGA

El peso máximo de carga limitado para el banco de pruebas considera a un vehículo de hasta 500 kg, tomando en cuenta la distribución de peso a las 4 ruedas, se tiene un valor de 125 kg, valor que soportaría cada celda de carga.

Para mantener un rango de seguridad aceptable se considera la utilización de celdas de carga con las siguientes características:

- 2 celdas de carga de 150kg.
- 2 celdas de carga de 200kg.

Se utilizan las celdas de más capacidad para el interior, debido a que cuando el vehículo se encuentra sometido a una inclinación máxima de 60°, la distribución de peso sufre una variación, incrementándose en las celdas de carga ubicadas en la parte interna del banco de pruebas.



Figura 3. 32: Celda de carga utilizada

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.9.5 PIC 16F88A

El pic 16F88a en su datasheet se expone la composición de 18 pines, para el uso del programa que controlará el giro gradual del brazo de elevación, se utiliza la entrada analógica del reóstato, y se proyecta al

display de 7 segmentos, la energización de este tanto en positivo como en negativo.

Principalmente la utilización de éste, es el aprovechamiento de los pines, si se utilizaran más entradas analógicas sería necesario utilizar otro. Así mismo la polarización se la puede realizar en los dos casos ya sea con negativo o con positivo.

La reducción del tamaño del pic ayuda a que se compacte de mejor manera todo el circuito.

En la siguiente figura se muestra el circuito armado y la fácil compactación en tamaño:

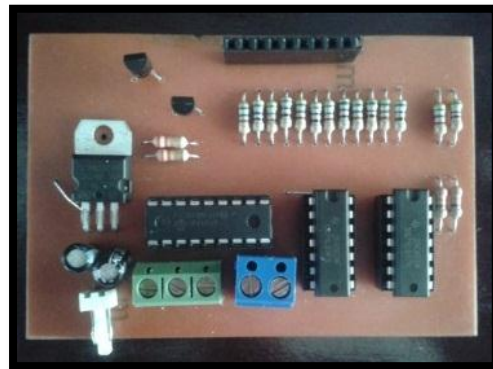


Figura 3. 33: Compactación del circuito electrónico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

CAPÍTULO IV

4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA BASE

El procedimiento de construcción de la estructura base se lo realizó de acuerdo a todo lo establecido durante el diseño de cada elemento de la siguiente manera.

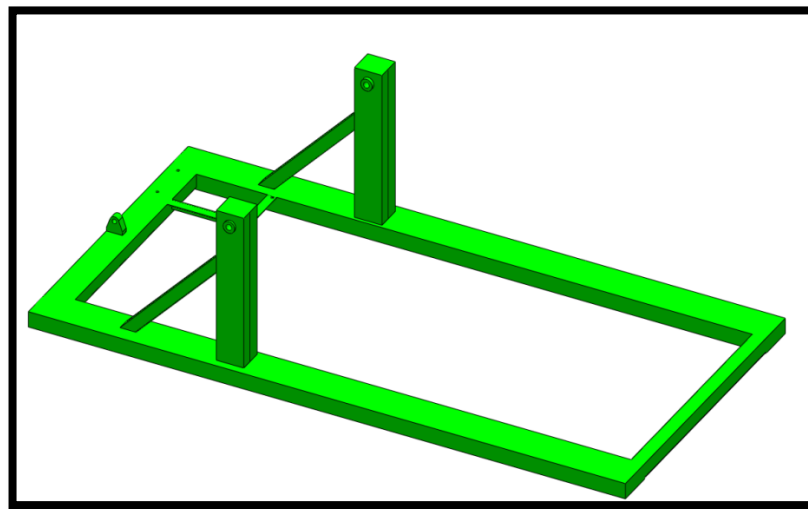


Figura 4. 1: Estructura base

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

1.- Cortamos los perfiles UPN 120 (Acero ASTM A36) según corresponden las medidas en los planos del diseño que se convertirá en la estructura base como muestra la figura, para este proceso se utilizó una amoladora eléctrica con un disco de corte de 7”:



Figura 4. 2: Estructura base en UPN 160

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

2.- Cortamos 4 pedazos UPN 120 (Acero Astm A36) de acuerdo al modelado de la estructura base, ver Anexo D “Planos de estructura base”, mediante la unión por soldadura se obtiene los postes que serán el soporte para el brazo de elevación. El proceso de soldadura se realizó por arco eléctrico SMAW, con una corriente de 140 Amp, y un voltaje de arco de 40 V. Utilizamos un electrodo consumible con revestimiento E6013, debido a la tracción que ofrece el electrodo.



Figura 4. 3: Estructura base en UPN 120

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.- Realizamos perforaciones en los perfiles e introducimos los bocines de acuerdo a las medidas determinadas en la fase de diseño, a continuación se procede a soldar el conjunto, el bocín utilizado es de cobre. El símbolo normalizado que se utiliza muestra una suelda continua alrededor del eje y el perfil Upn 120.



Figura 4. 4: Colocación del bocín de rodamiento

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.- Soldamos el soporte del cilindro hidráulico usando proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo consumible E-6013.



Figura 4. 5: Puntos de soporte de actuador hidráulico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

5.- Se suelda los postes a la estructura base conjuntamente con los apoyos, utilizando el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo consumible E-6013 alrededor del contorno de los postes.



Figura 4. 6: Posicionamiento y puntos de Suelta Postes

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

6.- Después de soldar toda la estructura se le proporciona un revestimiento con pintura de fondo color verde.



Figura 4. 7: Pintura de fondo color verde

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Se utiliza pintura automotriz de color azul para revestir toda la estructura metálica debido a las características de resistencia hacia los elementos externos y al desgaste.



Figura 4. 8: Pintura estructura base automotriz de color azul

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.2 CONSTRUCCIÓN BRAZO DE ELEVACIÓN

El procedimiento de construcción del brazo de elevación se lo realizó de acuerdo a todo lo establecido durante el diseño de cada elemento de la siguiente manera.

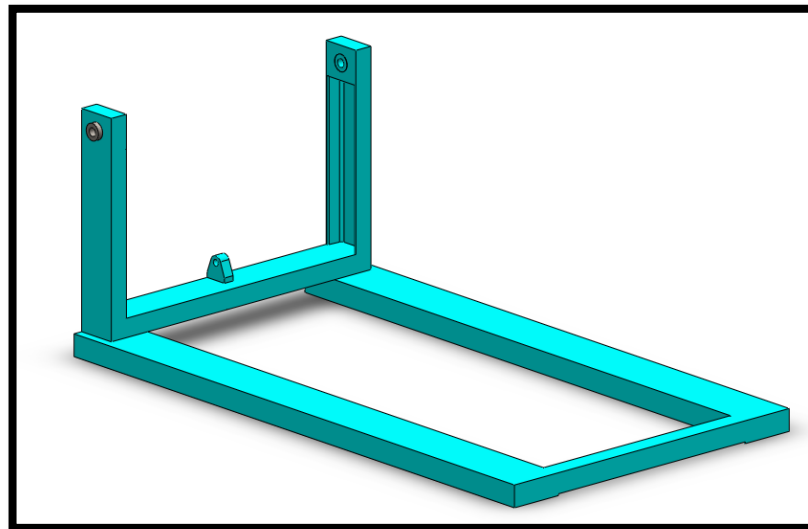


Figura 4. 9: Modelado brazo de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

1.- Cortamos los perfiles UPN 160 según corresponden las medidas en los planos del diseño que pasaran a formar el soporte principal del brazo de elevación, para este proceso se utilizó una amoladora eléctrica con un disco de corte de 7”:



Figura 4. 10: Estructura móvil en UPN 120

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

2.- Cortamos los perfiles UPN 120 de acuerdo a las medidas establecidas en el diseño y generamos la estructura que se complementa con los perfiles UPN 160 que cortamos con anterioridad, verificamos que los elementos de la estructura móvil se acoplen con exactitud junto a los postes de la estructura base antes de continuar con el proceso de soldadura.

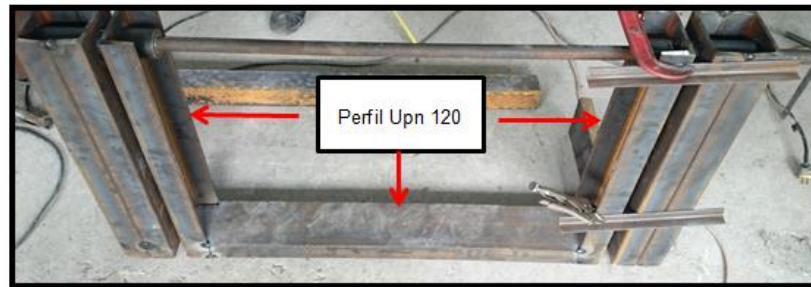


Figura 4. 11: Estructura complementaria brazo de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.- Realizamos perforaciones en los perfiles e introducimos los bocines de cobre de acuerdo a las medidas determinadas en la fase de diseño, a continuación se procede a soldar el conjunto acompañado con la tapa “plancha de acero de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor”. El símbolo normalizado que se utiliza muestra una suelda continua alrededor del eje y el perfil Upn 120.



Figura 4. 12: Colocación del bocín del brazo de elevación

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.- Se suelda los postes a la estructura móvil, obteniendo así el mecanismo de tijera. También soldamos el soporte del cilindro hidráulico usando el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo consumible con revestimiento E-6013 alrededor de los postes y del soporte respectivamente.



Figura 4. 13: Soldadura postes y soporte de cilindro hidráulico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

5.- Se realizan perforaciones con un taladro de mano en los largueros “UPN 160” con una broca de diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada, que servirán para sujetar las plataformas en las cuales descansará el vehículo.



Figura 4. 14: Perforaciones para la sujeción de plataformas

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.- Después de soldar toda la estructura procedemos a recubrirla con pintura de fondo de color verde.



Figura 4. 15: Proceso de pintura fondo color verde

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

5.- Para el recubrimiento final se utiliza pintura automotriz de color azul debido a las características de resistencia hacia los elementos externos y al desgaste.



Figura 4. 16: Proceso de pintado final de color azul

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.3 CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS

Todo el proceso de construcción de las plataformas en las cuales se va a apoyar las basculas y a su vez el vehículo se describe a continuación.

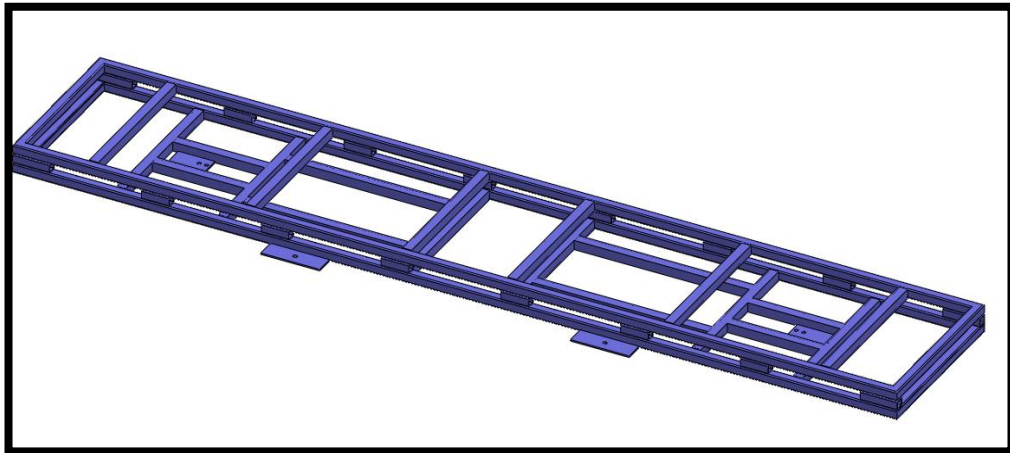


Figura 4. 17: Simulación plataforma

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

1.- Cortamos los tubos cuadrados de una pulgada y armamos las bases de la celda de peso donde se soportaran las ruedas del vehículo de acuerdo a las dimensiones establecidas en el diseño utilizamos una amoladora eléctrica con hoja de corte de 7”.



Figura 4. 18: Bases de soporte de Las celdas de carga

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

2.- Colocamos cada una de las celdas de carga sobre las respectivas bases y a continuación verificamos su correcto posicionamiento para así asegurarnos que su funcionamiento sea el adecuado.



Figura 4. 19: Ensamblaje entre soporte y celda de carga

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.- Armamos la estructura completa de acuerdo con las dimensiones establecidas en el diseño, utilizando el proceso de soldadura SMAW con un electrodo consumible con revestimiento E-6013.



Figura 4. 20: Construcción de plataformas

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.- Colocamos planchas de acero corrugado en la parte superior de las plataformas, para que las mismas queden conformadas se utiliza soldadura por puntos en todo el contorno de la plancha, el acero corrugado nos permitirá reducir el deslizamiento del vehículo cuando este se encuentre sobre el banco de pruebas.

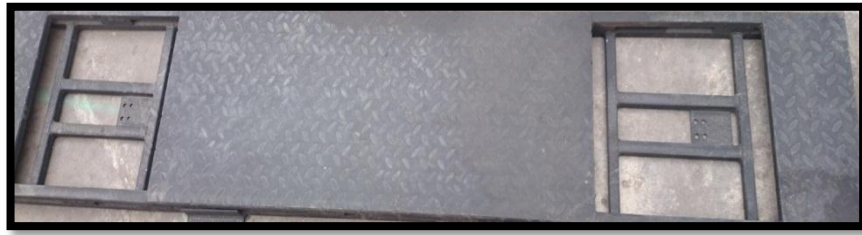


Figura 4. 21: Plataformas conformadas

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

5.- Soldamos los soportes que servirán para fijar las plataformas con la estructura móvil, ya que puede ocurrir un deslizamiento de estas cuando el banco de pruebas se encuentre en funcionamiento, se utiliza plancha de $\frac{1}{4}$ de espesor de pulgada.

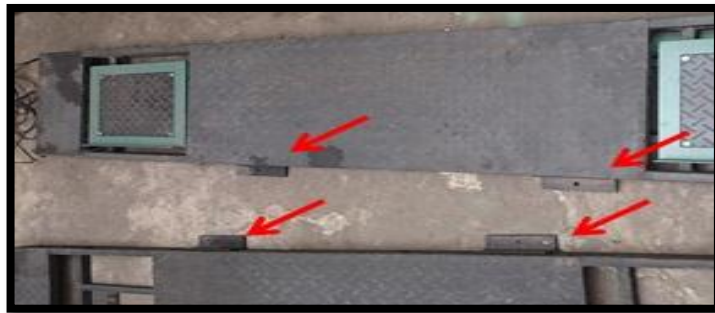


Figura 4. 22: Soportes de fijación de las plataformas

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

6.- Realizamos el ensamblaje entre las plataformas y el conjunto de celda de carga, utilizamos pernos de 5/16 M10, y en la parte superior se utiliza un hexagonal milimétrico número 3.



Figura 4. 23: Ensamblaje entre estructura de plataforma y conjunto de celda de carga

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.3.1 CONSTRUCCIÓN FÍSICA DEL CIRCUITO DE VISUALIZACIÓN DE GRADOS DE ELEVACIÓN

Una vez realizada la simulación electrónica del circuito y verificando que su funcionamiento sea el correcto, procedemos a construir físicamente el sistema que nos permitirá visualizar el ángulo de elevación del banco de pruebas.

A partir de la simulación electrónica realizada con el circuito procedemos a transferir el circuito a una placa de baquelita y a soldar cada uno de los elementos dentro de los puntos asignados para ello.



Figura 4. 24: Circuito principal de indicador de giro angular

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Adjuntamos a la placa la utilización del display de siete segmentos el cual será el que proyecte el ángulo de elevación.



Figura 4. 25: Display 7 segmentos

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.4 IMPLEMENTACIÓN DEL CONJUNTO HIDRÁULICO

Una vez definido y simulado el diagrama hidráulico del sistema con todas las características de los elementos a utilizar, se procede a la instalación y puesta en funcionamiento del mismo.

1. Se realiza el ensamblaje entre el actuador asegurando el cilindro hidráulico con el pasador de éste.



Figura 4. 26: Ensamblaje entre estructura móvil y actuador hidráulico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

2. A continuación se adjunta el sistema de potencia al banco de pruebas conformado por motor, tanque y bomba.

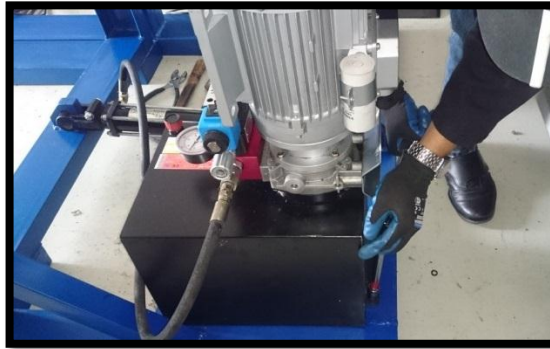


Figura 4. 27: Conjunto hidráulico montado sobre el banco de pruebas

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3. Colocamos las mangueras con sus respectivos acoples desde la electroválvula distribuidora hacia el actuador tanto de alimentación como de retorno.



Figura 4. 28: Acoplamiento de mangueras del circuito hidráulico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4. Llenamos el reservorio con fluido hidráulico suficiente de acuerdo con la cantidad requerida por el sistema.



Figura 4. 29: Mirilla reservorio hidráulico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.5 IMPLEMENTACIÓN DE LA CAJA DE MANDOS, MEDIDOR DE INCLINACIÓN Y FINAL DE CARRERA.

La caja de mandos se compone de todas las botoneras y controles eléctricos que nos permitirán manipular el banco de pruebas

1. Realizar un esquema de conexión eléctrica de todos los elementos a controlar.

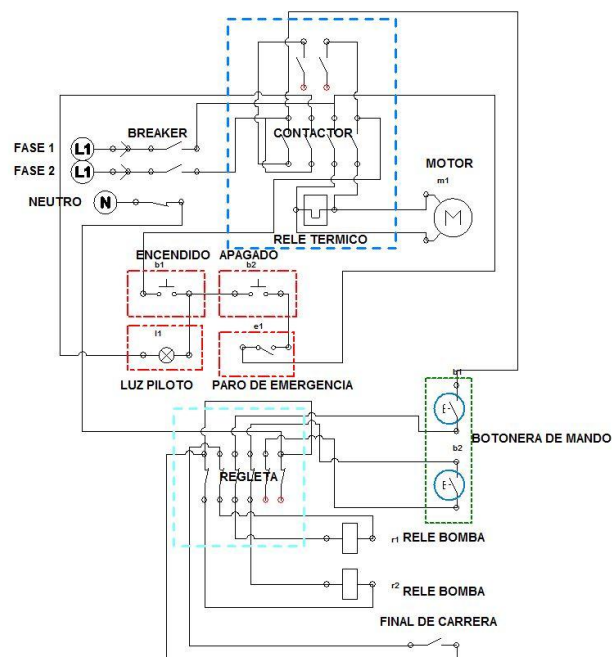


Figura 4. 30: Esquema eléctrico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

2. Construimos la caja de mando que se apeg a nuestras necesidades, la misma que nos permitirá ubicar los indicadores de las celdas de carga, botones de mando y el indicador angular. Para el proceso utilizamos plancha de 1mm de espesor en acero y varios tubos cuadrados de 1 pulgada.



Figura 4. 31: Caja de mando construcción preliminar

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3. Colocamos todos los indicadores, botones y el indicador angular en la caja de mandos.



Figura 4. 32: Instalación diferentes controles e indicadores en la caja de mando

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4. Realizamos la conexión de todo el cableado, tomando en cuenta el esquema de conexión eléctrica, además utilizamos canaletas de cables para proporcionar una mejor organización.

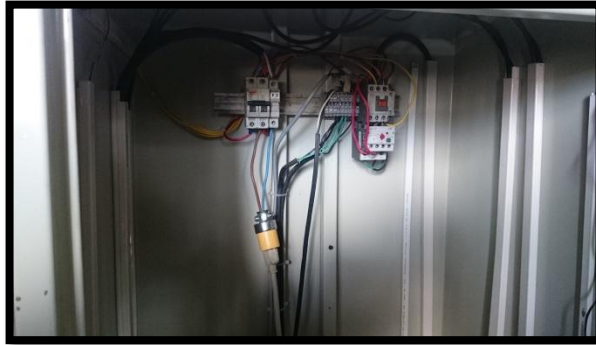


Figura 4. 33: Conexión y cableado del circuito eléctrico

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

5.- Se procede a colocar el reóstato que nos ayudará a medir el ángulo que se elevará la estructura móvil, para esto hay que acoplar el eje del reóstato junto con el eje de volteo para que giren uniformemente. Además se deberá considerar la posición del reóstato en el eje, éste deberá encontrarse en su punto de resistencia cero cuando el brazo de elevación se encuentre en el punto más bajo.

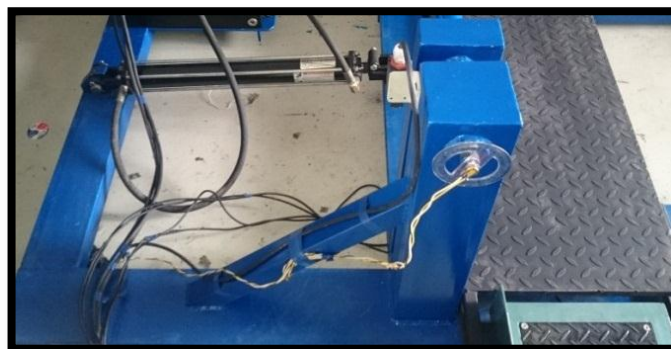


Figura 4. 34: Acoplamiento del reóstato con el eje de volteo

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

6.- El sensor de final de carrera irá acoplado hacia la estructura base, donde el movimiento del brazo de elevación lo activará des energizando el sistema.



Figura 4. 35: Instalación final de carrera

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.6 PRUEBAS Y MEDICIONES

Se detalla a continuación la manera correcta de funcionamiento así como también el procedimiento adecuado para realizar la puesta en marcha del banco de pruebas.

4.6.1 CONEXIÓN DE CORRIENTE

1.- Conecte los toma corrientes, el primer tomacorriente a red de 220v, y el segundo toma corriente a 110v, se conecta de esta manera debido a que el motor eléctrico trabaja con 220v, mientras que para el resto de sistemas tomamos el neutro de 110v para cerrar el circuito.

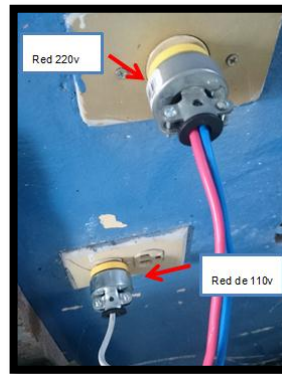


Figura 4. 36: Tomacorrientes

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Al trabajar con línea de 220v tenga precaución al momento de conectar los tomacorrientes, se pueden producir descargas eléctricas a la persona.

2.- Subimos el termo magnético (*breaker*) que abre el paso de corriente, ubicada en la caja de mandos.



Figura 4. 37: Activación termo magnético central

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Al momento de activar el termo magnético se produce el destello de la luz indicadora y se enciende el indicador de posición angular, marcando 0°.



Figura 4. 38: Encendido del indicador de posicionamiento angular

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.- Encendemos los indicadores de las balanzas, en la parte posterior existe un botón rojo el cual inicia los indicadores y las pantallas se iluminan mostrando la medida de peso en el caso de que exista.



Figura 4. 39: Encendido de los indicadores

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.- Presionamos el botón de encendido, el motor eléctrico arranca, y el sistema hidráulico entra en funcionamiento. (En el caso de que el motor eléctrico no realice ningún trabajo, revisar el botón de paro de emergencia).



Figura 4. 40: Encendido

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.6.2 ACENSO Y DESCENSO DEL VEHÍCULO

1.- Para elevar el vehículo tenga consideración que éste se encuentre en la posición inicial como se muestra a continuación.



Figura 4. 41: Posicionamiento del vehículo

Elaborado por: Pozo, E y Puma, D.

2.- Coloque una faja de seguridad que sostendrá al vehículo en caso de emergencia evitando que este se vire, existe una etiqueta indicando la posición de sujeción en el banco de pruebas, al vehículo se lo sujeta desde el main hope (arco principal) como se muestra en la figura.

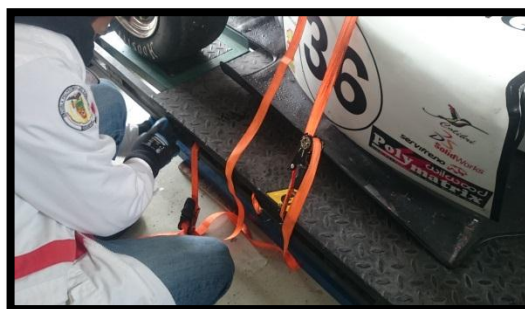


Figura 4. 42: Colocación de la faja de seguridad

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

3.- Para iniciar la elevación del vehículo presione el pulsador de la botonera con la fecha hacia arriba, el manómetro empezará a marcar presión así como el indicador de posición angular.



Figura 4. 43: Indicador angular y manómetro en ascenso

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

Controle visualmente el ascenso del vehículo, así mismo el aumento intempestivo de presión esto puede merecer la calibración de la válvula reguladora de caudal.



Figura 4. 44: Ascenso del vehículo

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.- Si desea descender al vehículo presione el botón que indica la flecha hacia abajo, el manómetro indicara presión, la misma que será mayor debido a la resistencia generada por la válvula reguladora de caudal que controla la velocidad de descenso.



Figura 4. 45: Accionamiento del descenso y presión del manómetro

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

El indicador de grados de elevación se activa automáticamente cuando se acciona tanto en elevación como en descenso.

5.- En el caso de que se requiera mantener en una posición estática al vehículo para realizar un análisis del mismo, presione el botón de paro, que se encuentra en la parte superior de la botonera. Así mismo para el descenso desconecte el botón de paro.



Figura 4. 46: Botonera de mando (Botón de paro)

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

4.6.3 CALIBRACIÓN DE LA VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL

La calibración de la válvula reguladora de caudal se la realiza de acuerdo al peso que descansa en las plataformas del banco de pruebas, así mismo la calibración de la válvula permite controlar el tiempo de subida y bajada del brazo de elevación.

a) Calibración de ascenso:

Para la calibración de ascenso nos ubicamos en el lado derecho de la válvula, dependiendo de la necesidad ya sea para abrirla o cerrarla, lo realizamos manualmente, es obligatorio realizar la calibración de la válvula reguladora de caudal para evitar sobrepresiones en la línea hidráulica al momento del ascenso del vehículo.

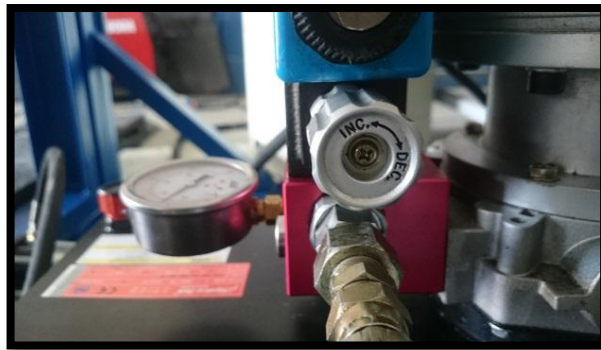


Figura 4. 47: Regulación válvula reguladora de caudal ascenso

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

b) Calibración de descenso:

Manipulamos la válvula reguladora desde su lado izquierdo, de igual manera realizamos la calibración de flujo de caudal dependiendo del peso que se requiera elevar y del tiempo especificado para el descenso.

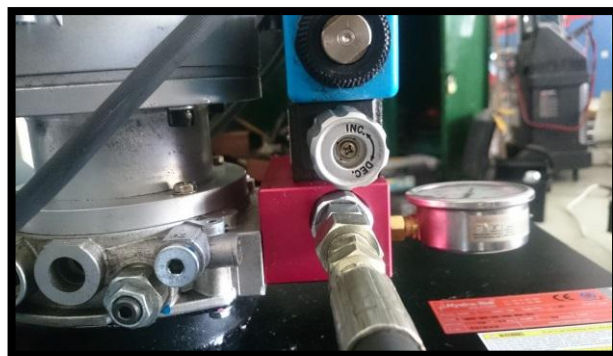


Figura 4. 48: Regulación válvula reguladora de caudal descenso

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1 RECURSOS

La aplicación adecuada y planificada de los recursos ha generado beneficios durante el desarrollo del proyecto, impulsando y mejorando el proceso y a su vez los resultados obtenidos.

5.1.1 RECURSOS HUMANOS

Durante el desarrollo del proyecto se contó con los siguientes recursos humanos:

Cuadro 5. 1: Recursos Humanos

Nombre	Cargo
Ing. Euro Mena	Director del proyecto
Ing. Fabricio Pérez	Codirector del proyecto
Patricio Pozo	Autor del proyecto
Sebastián Puma	Autor del proyecto

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

5.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS

Los recursos tecnológicos utilizados durante el desarrollo del proyecto son: Suelda eléctrica, Multímetro, Programa de dibujo asistido por computador Solid Works Computador, Internet, Cámara Fotográfica, entre otros.

5.1.3 RECURSOS MATERIALES

Perfiles estructurales de acero, Sistema hidráulico, Sistema de control eléctrico, Celdas de carga e indicadores de peso, entre otros.

5.2 ANÁLISIS DE ECONÓMICO

A continuación se detalla el costo de cada uno de los elementos utilizados en la construcción del sistema completo.

Tabla 5. 1: Análisis Económico

ORD	DETALLE	CANTIDAD	COSTO C/U	TOTAL
1	Viga UPN12006	2	135,00	270,00
2	Viga UPN16006	1	240,00	240,00
3	Bocines	4	6,00	28,00
4	Electrodos	7 lb	1,00	7,00
5	Eje de acero 1"x140cm	1	15,00	15,00
6	Angulo 2"x1/4	1	27,00	27,00
7	Platina 50cmx50cmx1/4"	1	12,00	12,00
8	Tubo cuadrado 2"x2"x6m	1	18,00	18,00
9	Platina 1.5"x15cmx15cm	1	22,00	22,00
10	Tubo cuadrado 1"x1"x6m	1	12,00	12,00
11	Platina corrugada 1.5cmx120cmx140cm	1	25,00	25,00
12	Power Pack	1	900,00	900,00
13	Pistón hidráulico	1	435,00	435,00
14	Manguera de alta presión	1	40,00	40,00
15	Manómetro	1	12,00	12,00
16	Válvula reguladora de Caudal	1	90,00	90,00
17	Acoples	5	5,00	25,00
18	Canecas de aceite hidráulico	2	70,00	140,00
19	Caja metálica	2	7,00	14,00
20	Regleta	1	8,00	8,00
30	Botones	2	3,00	9,00
31	Luz Piloto	1	3,00	3,00
32	Z de emergencia	1	5,00	5,00
33	Botonera de accionamiento	1	15,00	15,00
34	Corta Pico	1	4,00	4,00
35	Cable gemelo #14x4m	1	9,00	9,00
36	Sensor Final de Carrera	1	40,00	40,00
37	Potenciómetro	4	0,75	4,00
38	Display analógico de 8 segmentos	2	7,00	14,00
39	Placa	2	10,00	20,00
40	Puertas analógicas	2	2,00	4,00
41	Microcontrolador 16F88A	3	4,80	14,40
42	Resistencias (Varias)	20	0,11	2,2
43	Borneras	15	0,50	7,50
44	Cable #16 recubierto con protección	2	12,50	25,00
45	Enchufe	1	0,40	0,40
46	Toma corriente	1	0,40	0,40
47	Litros de pintura	2	8,00	16,00
48	Litros de tñer	1	2,00	2,00
49	Lija(Diferentes tipos)	6	0,60	3,60
50	Pernos(Diferentes tipos)	8	0,40	3,20
51	Celdas de carga	4	170	680
52	Indicadores	4	120	480
53	Cableado celdas de carga	8	4	32
54	Armario	1	50	50
TOTAL GENERAL				3783,7

Elaborado por: Pozo, E. y Puma, D.

5.3 FINANCIAMIENTO

El financiamiento del proyecto fue asumido en su totalidad por los Señores: Patricio Pozo y Sebastián Puma ejecutores del proyecto de investigación.

CONCLUSIONES

- Se consideró para el diseño estructural todas las cargas y medidas previas para realizar de manera experimental la prueba Tilt Test.
- La utilización de un mecanismo de tijera, generó el movimiento basculante y a la vez proporcionó la elevación de giro necesaria para poder llegar a los 60° de desfase, considerando el ángulo de inclinación inicial requerido por la fuerza del pistón.
- Del análisis de resultados realizados en la simulación se determinó que para levantar la carga de 5000N, el sistema hidráulico propuesto y la estructura cumplen con todos los parámetros y requerimientos de funcionamiento del mismo, su diseño cinemático y cinético es correcto.
- La implementación del sistema de control de peso, no solo ayuda a medir la intensidad de fuerza que ejerce cada rueda de vehículo, también se logra realizar la calibración del sistema de suspensión que se utiliza, mediante el ajuste o desajuste del sistema push rod utilizado.
- Se verificó los parámetros adecuados de estabilidad en curvas, tracción y adherencia al piso a altas velocidades, al culminar la realización de la prueba en el vehículo.
- El fácil manejo del banco de pruebas proporciona a la Universidad una herramienta capaz de proveer resultados satisfactorios en cuanto a diseño de suspensión y distribución de peso en vehículos destinados a la participación en formula SAE Student.

RECOMENDACIONES

- Previo a la utilización del banco de pruebas leer el manual de operación y mantenimiento detallado en los anexos, tomando en cuenta todos los riegos, y seguridades expuestas en la utilización.
- Ubicar un área delimitada que proporcione garantías, tanto en la parte de utilización en su correcto funcionamiento, como en la disminución de accidentes que puedan suceder.
- Considerar un peso máximo de 500Kg sobre el banco de pruebas, queda totalmente prohibido exceder ese peso, debido al posible fallo de resistencia de los elementos mecánicos e hidráulicos.
- Realizar inspección visual y posible mantenimiento de los elementos hidráulicos que se presentan en el banco de pruebas, se detallan los periodos de mantenimiento en el anexo Manual de operación y mantenimiento.
- Limpiar o cambiar las etiquetas informativas antes de la utilización del banco de pruebas, éstas ayudan a tener consideración sobre posibles riegos o accidentes que se pueden suscitar mientras se utiliza el banco de pruebas.
- Utilizar arnés de seguridad para el piloto que va a estar en el vehículo, esto ayudará a mantener una prueba real en condiciones de pista representadas en el banco.
- Utilizar una faja de seguridad que será un elemento pasivo, que ayudará a sostener el vehículo en caso de algún fallo del banco de pruebas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SAE INTERNATIONAL, (2013). 2014 Formula SAE Rules. (s.l.). (s.e.).
2. MOTT, Robert (2006). Diseño de Elementos de Máquinas, Cuarta 4^{ta} Edición. México D.F. McGraw-Hill/Interamericana.
3. SHIGLEY, (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava 8^{va} Edición. México D.F. McGraw-Hill/Interamericana.
4. MOTT, Robert (2006). Mecánica de fluidos. Sexta 6^{ta} Edición. México D.F. McGraw-Hill/Interamericana.
5. HOWARD, Cary (2002). Manual de soldadura moderna. Segunda 2^{da} Edición. (s.l.). (s.e.).
6. NORMA NACIONAL AMERICANA, (2001). American Welding Society. Mexico. Prentice-Hall Hispanoamericana s.a.
7. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 439:1984, (2001). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Primera 1^{ra} Edición.
8. FORMULA STUDENT GERMANY. En Formula Student Germany, International Desing Competition, Citado el 19 – 08 – 2014, de: <https://www.formulastudent.de/>
9. GUÍA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SEGURIDAD PARA MANGUERAS Y ACOPLAMIENTOS HIDRÁULICOS. Safe Hydraulics. Argentina Capital Federal. Citado el 28 – 07 – 2014, de: poberaj.com.ar
10. MANUAL TÉCNICO, Parker Hannifin España SA, (2008). Boletín BUL/C4400-A/ES 09. Citado el 04 – 06 – 2014, de: www.parker.com
11. PRODUCTOS Y HERRAMIENTAS PARA MANGUERAS, (2006). CAT, Caterpillar. Sexta 6^{ta} Edición. EE.UU. PSCP5030-05.
12. SOLENOID OPERATED DIRECTIONAL VALVES, (2008). Eaton Vickers Solenoid Operated Directional Valves Product Catalog. Documento No. V-VLDI-MC011-E. EE.UU.
13. ALTERNATING CURRENT MINI POWER PACKS, (2013). O.M.F.B. S.p.A. Hydraulic Components. Citado el 13 – 07 – 2014, de: www.omfb.it

14. COMPONENTES HIDRÁULICOS. En O.M.B.F Hydraulics Components. Citado el 19 - 08 - 2014, de: http://www.omfb.it/web_eng/home.asp
15. MOTOR ELÉCTRICO. En mecanismos y estructuras. Citado el 20 - 08 - 2014, de: <http://www.areatecnologia.com/EL%20MOTOR%20ELECTRICO.htm>
16. Fuerzas y Tensiones. En Tecnologia e Informatica. Citado el 20 - 10 - 2014, de: <http://temastecno.blogspot.com/p/grado-octavo.html>

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO B REGLAMENTO FORMULA SAE 2014 – EXTRACTOS

CORRESPONDIENTES A LA PRUEBA TILT TEST

ANEXO C DATASHEET PIC 16F88

ANEXO D FORMATOS DE MODELADO DE BANCO DE PRUEBAS

ANEXO A

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO B

**REGLAMENTO FORMULA SAE 2014 – ETRACTOS
CORRESPONDIENTES A LA PRUEBA TILT TEST**

ANEXO C

DATASHEET PIC 16F88

ANEXO D

FORMATOS DE MODELADO DE BANCO DE PRUEBAS

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

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores David Sebastián Puma y Edwin Patricio Pozo bajo mi supervisión.

**ING. EURO MENA
DIRECTOR**

**ING. FABRICIO PÉREZ
CODIRECTOR**

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

**DR. FREDDY JARAMILLO
SECRETARIO ACADÉMICO**