



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MÓVIL TIPO
ORUGA PARA EXPLORACIÓN EN TERRENOS IRREGULARES”

Trabajo de titulación presentado previo a la obtención del grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORES: ROBERTO GONZALO BORJA URREA
HUGO ENRIQUE BRAVO RAMÍREZ
TUTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MÓVIL TIPO ORUGA PARA EXPLORACIÓN EN TERRENOS IRREGLARES”, de responsabilidad de los señores Roberto Gonzalo Borja Urrea y Hugo Enrique Bravo Ramírez, ha sido revisado de forma minuciosa por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna E. DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Fredy Chávez V. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Marco Viteri B. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACION
Ing. Mónica Zabala H. MIEMBRO DEL TRIBUNAL
NOTA	

“Nosotros, **HUGO ENRIQUE BRAVO RAMÍREZ Y ROBERTO GONZALO BORJA URREA**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en el trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**.

Hugo Enrique Bravo Ramírez

Roberto Gonzalo Borja Urrea

DEDICATORIA

Dedico a mi familia por todo el apoyo brindado a lo largo de toda mi vida estudiantil en especial a mis padres y hermana que estuvieron siempre a mi lado a lo largo de esta travesía en camino hacia la excelencia y a mis maestros que lograron inculcar en mí sus enseñanzas.

Hugo

Dedico de manera especial a mi madre María Isabel Urrea y a mi padre Ángel Borja Ulloa, a mis hermanos y hermanas que gracias a su apoyo incondicional logre el éxito de mis estudios de ingeniería. A Dios y a la Virgen María por darme bendiciones, fortalezas y salud en mi diario vivir.

Roberto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me dio la fuerza y fe para lograr una etapa más en mi vida a mi padre Enrique Bravo, a mi madre Mariana Ramírez a mi hermana Nataly Bravo y a mi novia Silvia Duchi que siempre estuvieron a mi lado impulsándome y dándome su apoyo.

Hugo

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la F.I.E por haberme abierto las puertas para formarme como Ingeniero Electrónico en Control y Redes Industriales.

Roberto

CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xix
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xxi
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. ROBÓTICA	5
<i>1.1.1. Introducción.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2. Tipos de robots</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2.1. Robots móviles.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2.2. Robots humanoides</i>	<i>7</i>
<i>1.1.2.3. Robots Industriales</i>	<i>8</i>
<i>1.1.3. Grados de libertad de un robot.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.4. Sectores y aplicaciones de la robótica</i>	<i>10</i>
<i>1.1.5. La robótica al rescate.....</i>	<i>10</i>
1.2. ESTRUCTURA DE UN ROBOT	11
<i>1.2.1. Introducción.....</i>	<i>11</i>
1.3. SOFTWARE PARA MODELADO Y ENSAMBLAJE DE PIEZAS EN 3D.....	11
<i>1.3.1. Solidworks</i>	<i>11</i>
1.4. MATERIALES PARA LA ESTRUCTURA DEL ROBOT	12

1.4.1.	Acero galvanizado	12
1.4.1.1.	Clases de acero	12
1.4.2.	Aluminio	13
1.4.2.1.	Ventajas del aluminio.....	13
1.4.3.	Platina	14
1.4.4.	Cadena de transmisión	14
1.4.4.1.	Ventajas y desventajas de transmisión por cadena.....	15
1.4.4.2.	Tipos de cadenas de transmisión	15
1.4.5.	Rueda dentada	16
1.4.5.1.	Clases de ruedas dentada.....	16
1.4.6.	Engranajes	16
1.4.7.	Suspensión	17
1.4.7.1.	Función	18
1.4.7.2.	Aplicaciones	18
1.4.8.	Rodamiento	18
1.4.8.1.	Uso y aplicación de rodamientos.....	18
1.4.8.2.	Ventajas y desventajas de los rodamientos	19
1.4.9.	Ruedas	19
1.5.	ELECTRÓNICA DEL ROBOT	19
1.5.1.	Introducción.....	20
1.6.	SOFTWARE PARA DISEÑO DE PCB	20
1.6.1.	Proteus	20
1.6.1.2.	Ares	21
1.7.	ACTUADORES	21
1.7.1.	Motor DC	21
1.7.1.1.	Clases de motores en dc	22
1.7.1.2.	Aplicación de los motores en dc	22
1.7.2.	Servos	23

1.8.	PUENTE H	24
1.9.	BATERIAS	24
1.9.1.	Clases de baterías	25
1.9.1.1.	<i>Baterías primarias</i>	25
1.9.1.2.	<i>Baterías secundarias</i>	25
1.10.	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS PARA LA PCB DEL ROBOT	25
1.10.1.	Resistencia	25
1.10.2.	Diodo	26
1.10.3.	Capacitores	27
1.10.3.1.	<i>Tipos de capacitores</i>	28
1.10.3.2.	<i>Aplicaciones de los capacitores</i>	28
1.10.4.	Potenciómetro	28
1.10.4.1.	<i>Tipos de potenciómetros</i>	29
1.10.5.	Relé	29
1.10.6.	Optoacoplador	30
1.10.7.	Mosfet de potencia	30
1.10.7.1.	<i>Uso y aplicación de los mosfet</i>	31
1.11.	SENSORES	31
1.11.1.	Encoder	31
1.11.1.1.	<i>Tipos de encoder</i>	32
1.11.1.2.	<i>Aplicaciones de los encoder</i>	32
1.12.	DISPOSITIVOS DE COMUNICACIÓN DEL ROBOT	32
1.12.1.	Emisora Radiocontrol	32
1.12.2.	Receptor RF	33
1.12.3.	Router	33
1.12.4.	Antena Wi-Fi	34
1.13.	INVERSOR	34
1.14.	ARDUINO NANO	35

1.14.1.	<i>Características</i>	35
1.15.	CÁMARA DE AUDIO Y VIDEO	35
1.15.1.	<i>Características de una cámara Gopro HERO 3</i>	36
CAPITULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO	37
2.1.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA DEL ROBOT	38
2.2.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.	39
2.2.1.	<i>Chasis lateral</i>	39
2.2.2.	<i>Tubo para unir los laterales del chasis</i>	40
2.2.3.	<i>Forma de unir las partes laterales del robot</i>	40
2.3.	SISTEMA DE TRACCIÓN PARA ORUGA	42
2.3.3.	<i>Rueda dentada</i>	43
2.3.4.	<i>Cilindro A de la catalina</i>	43
2.3.5.	<i>Cilindro B de la catalina</i>	44
2.3.6.	<i>Tapa para la transferencia de movimiento entre cilindros</i>	44
2.3.7.	<i>Forma de armar el sistema de tracción para oruga</i>	45
2.4.	SISTEMA MECÁNICO DEL RODILLO FRONTAL	46
2.4.1.	<i>Cilindro A del rodillo frontal</i>	47
2.4.2.	<i>Cilindro B del rodillo frontal</i>	47
2.4.3.	<i>Tapa que permite unir los dos cilindros del rodillo</i>	48
2.4.4.	<i>Carril del rodillo</i>	48
2.4.5.	<i>Eje del rodillo frontal</i>	49
2.4.6.	<i>Forma para armar el sistema mecánico del rodillo frontal</i>	50
2.4.7.	<i>Ensamblaje del sistema mecánico del rodillo frontal y del sistema de tracción para oruga al chasis del robot.</i>	51
2.5.	SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL ROBOT	52
2.5.2.	<i>Base inferior del sistema de suspensión</i>	53
2.5.3.	<i>Bocín para encajar los rodamientos</i>	53

2.5.4.	<i>Base para el montaje del tren de llantas</i>	54
2.5.5.	<i>Base del amortiguador</i>	55
2.5.6.	<i>Amortiguador</i>	56
2.5.7.	<i>Rueda</i>	57
2.5.8.	<i>Forma de armar el sistema de suspensión</i>	57
2.6.	SOPORTE DE LA SUSPENSIÓN Y BASE DEL TREN DE LLANTAS	59
2.6.1.	<i>Eje de soporte para el tren superior de llantas y amortiguador</i>	59
2.6.2.	<i>Base para empotrar el eje de soporte del tren de llantas al chasis</i>	59
2.6.3.	<i>Base del tren superior de llantas</i>	60
2.6.4.	<i>Eje vertical para el soporte superior de la suspensión y base del tren de llantas</i>	60
2.6.5.	<i>Forma de armar el soporte de la suspensión y base del tren de llantas superior</i>	60
2.6.6.	<i>Empotrado del sistema de suspensión a la estructura del robot</i>	61
2.6.7.	<i>Empotrado de la base superior del amortiguador y basa para el tren de llantas</i>	62
2.6.8.	<i>Empotrado del tren superior de llantas</i>	63
2.7.	TEMPLADOR	64
2.7.1.	<i>Base superior del templador</i>	65
2.7.2.	<i>Base inferior del templador</i>	65
2.7.3.	<i>Tapa superior del templador</i>	65
2.7.4.	<i>Forma de armar el templador</i>	66
2.8.	SOPORTE PARA LA TRACCIÓN DE LA ORUGA	67
2.8.1.	<i>Bocín para soporte</i>	67
2.8.2.	<i>Eje para soporte del bocín</i>	67
2.8.3.	<i>Eje para formar un codo de 90°</i>	68
2.8.4.	<i>Forma de armar el soporte para la tracción de la oruga</i>	68
2.9.	CONSTRUCCIÓN DE LA ORUGA DEL ROBOT	69
2.10.	BRAZO ROBÓTICO	70
2.11.	ANÁLISIS DE ESLABONES	71
2.11.1.	<i>Análisis de eslabón 2</i>	71

2.11.2.	<i>Análisis del eslabón 1</i>	72
2.11.3.	<i>Análisis de la articulación 1</i>	72
2.11.4.	Características de Brazo robótico	72
2.12.	PARTE ELECTRÓNICA DEL ROBOT	73
2.12.1.	Selección de motores	73
2.12.2.	<i>Selección del puente h</i>	74
2.12.3.	<i>Banco de baterías</i>	76
2.12.4.	<i>Inversor DC- AC</i>	77
2.12.5.	<i>Pantallas para visualizar las imágenes emitidas por el robot</i>	77
2.12.6.	<i>Cámaras</i>	78
2.12.7.	<i>Transmisor de la cámara</i>	78
2.12.8.	<i>Receptor de la cámara</i>	79
2.12.9.	<i>Antena de 20 dBi</i>	79
2.12.10.	<i>Base de control del robot</i>	80
 CAPITULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS	81
3.1.	TAMAÑO MUESTRAL	81
3.2.	PRUEBAS Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO	81
3.3.	ESCENARIO	81
3.3.1.	<i>Lugar del escenario</i>	81
3.4.	UBICACIÓN DE LA BASE DE CONTROL	82
3.4.1.	<i>Características del suelo</i>	83
3.4.2.	<i>Ambiente de transmisión</i>	83
3.4.3.	<i>Autonomía del prototipo del modo de tracción</i>	84
3.4.4.	<i>Estabilidad de la plataforma</i>	84
3.4.5.	<i>Brazo robótico</i>	84
3.5.	PRUEBAS	85
3.5.1.	<i>Sistema de Tracción</i>	85

3.5.2. Sistema de Comunicaciones	86
3.5.2.1. <i>Wifi Omnidireccional</i>	86
3.5.2.2. <i>Radio control</i>	87
3.5.2.3. <i>Wimax</i>	87
3.5.3. Sistema de autonomía del banco de baterías	88
3.5.4. Sistema de Estabilidad de la plataforma	89
3.5.4.1. <i>Estabilidad en terrenos inclinados</i>	89
3.5.4.2. <i>Estabilidad en los giros de alta velocidad</i>	89
3.5.5. Sistema del Brazo robótico	90
3.5.5.1. <i>Prueba de levantamiento de cargas</i>	90

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Tipos de robots.....	6
Tabla 2.1	Clases de robots industriales.	9
Tabla 3.1	Ventajas y desventajas de la transmisión por cadenas	15
Tabla 4.1	Ventajas y desventajas del uso de rodamientos	19
Tabla 1.2	Especificaciones de la rueda dentada	43
Tabla 2.2	Dimensiones de la tapa para la transferencia de movimiento entre cilindros	45
Tabla 3.2	Dimensiones de la tapa del rodillo frontal.....	48
Tabla 4.2	Dimensiones del carril del rodillo frontal.....	49
Tabla 5.2	Dimensiones del eje del carril del rodillo frontal	50
Tabla 6.2	Dimensiones en mm de la base frontal del tren de llantas	54
Tabla 7.2	Dimensiones de la base del tren de llantas parte inferior de la estructura.....	55
Tabla 8.2	Dimensiones de la base del amortiguado.....	56
Tabla 9.2	Característica y especificaciones del motor AmpFlow E30-400	74
Tabla 10.2	Características y especificaciones del controlador IFI VEX Pro Víctor 885.....	76
Tabla 1.3.	Datos en tiempo [s] de demora del robot en cruzar diferentes terrenos.....	85
Tabla 2.3.	Datos del terrenos para comprobar el sistema de comunicación wifi del	87
Tabla 3.3.	Datos del terrenos para comprobar el sistema de comunicación wimax del.....	87
Tabla 4.3.	Datos para comprobar la duración el banco de baterías del robot.....	88
Tabla 5.3.	Datos en grados de inclinacion del terrenopara para probar la estabilidad.....	89
Tabla 6.3.	Datos en grados de giro del robot para probar la estabilidad del prototipo.....	89
Tabla 7.3.	Datos para probar la capacidad de levantamiento de objetos.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Robots militares exploradores	5
Figura 2.1	Robot móvil explorador.	6
Figura 3.1	Robot humanoide Geminoid F	7
Figura 4.1	Robot industrial Kuka	8
Figura 5.1	Grados de libertad de un robot.	9
Figura 6.1	Ensamblaje en 3D solidworks	11
Figura 7.1	Acero galvanizado	12
Figura 8.1	Material formado por aluminio	13
Figura 9.1	Platina para uso múltiple	14
Figura 10.1	Cadena de transmisión	14
Figura 11.1	Rueda dentada para transmisión de potencia	16
Figura 12.1	Sistema de engranaje	16
Figura 13.1	Sistema de suspensión por resorte	17
Figura 14.1	Rodamiento mecánico	18
Figura 15.1	Rueda multifunción	19
Figura 16.1	Diseño de Circuito en ISIS	20
Figura 17.	Pistas de un circuito en ARES	21
Figura 18.1	Motor dc AmpFlow	21
Figura 19.1	Servo de 40 Kg	23
Figura 20.1	Controlador IFI VEX Pro Víctor 885	24
Figura 21.1	Batería seca de 12V - 17Ah	24
Figura 22.1	Resistencia electrónica	25
Figura 23.1	Diodo de protección	26
Figura 24.1	Clases de capacitores	27
Figura 25.1	Potenciómetro rotatorio	28
Figura 26.1	Relé de cd	29
Figura 27.1	Optoacoplador 4N25	30
Figura 28.1	Mosfet de potencia	30
Figura 29.1	Encoder	31
Figura 30.1	Sensor de temperatura	31
Figura 31.1	Emisora Radiocontrol de 4 canales	32
Figura 32.1	Receptor RF	33
Figura 33.1	Router TP-LINK	33

Figura 34.1 Antena Wi-Fi de 20dbi	34
Figura 35.1 Inversor de CC-CA	34
Figura 36.1 Ordenador Raspberry	34
Figura 37.1 Arduino Nano	35
Figura 38.1 Cámara Gopro HERO3+	35
Figura 1.2 Chasis lateral del robot con un ángulo de inclinación	39
Figura 2.2 Chasis lateral del robot	39
Figura 3.2 Tubo para unir los laterales del robot	40
Figura 4.2 Unión de los laterales del robot	41
Figura 5.2 Estructura del chasis terminada	41
Figura 6.2 Rueda dentada de 39 dientes	43
Figura 7.2 Cilindro A de la catalina	43
Figura 8.2 Cilindro B de la catalina	44
Figura 9.2 Tapa para la transferencia de movimiento entre cilindros	44
Figura 11.2 Ensamblaje final del sistema de tracción de oruga	46
Figura 12.2 Ensamblaje final del sistema de tracción de oruga en forma física	46
Figura 13.2 Cilindro A del rodillo frontal	47
Figura 14.2 Cilindro B del rodillo frontal	47
Figura 15.2 Tapa que permite unir los dos cilindros del rodillo	48
Figura 16.2 Carril del rodillo frontal	48
Figura 17.2 Eje del rodillo frontal	49
Figura 18.2 Forma del armado del rodillo frontal	50
Figura 19.2 Sistema mecánico del rodillo frontal armado	51
Figura 20.2 Sistema mecánico del rodillo frontal armado en forma física	51
Figura 21.2 Ensamblaje del rodillo y tracción para la oruga	52
Figura 22.2 Base inferior para el sistema de suspensión del robot	53
Figura 23.2 Bocín para encajar los rodamientos de la suspensión	53
Figura 24.2 Base frontal del tren de llantas	54
Figura 25.2 Base del tren de llantas parte inferior de la estructura	55
Figura 26.2 Base para empotrar el amortiguador.	55
Figura 27.2 Amortiguador	56
Figura 28.2 Rueda para la suspensión del robot	57
Figura 29.2 Forma de armar el sistema de suspensión del robot	57
Figura 30.2 Ensamblaje final del sistema de suspensión del robot en el software	58
Figura 31.2 Ensamblaje del sistema de suspensión en forma física	58
Figura 32.2 Eje de soporte del tren de llantas y amortiguador	59
Figura 33.2 Base para empotrar el eje de soporte del tren de llantas al chasis del robot ...	59

Figura 34.2 Eje vertical del soporte superior de la suspensión y base del tren de llantas...	60
Figura 35.2 Forma de armar el soporte de la suspensión y base del tren superior	60
Figura 36.2 Forma de armar el soporte de la suspensión y base del tren superior	61
Figura 37.2 Forma de armar el soporte de la suspensión y base del tren superior	61
Figura 38.2 Empotrado del sistema de suspensión a la estructura del robot	62
Figura 39.2 Empotrado de la base superior del amortiguador en el software.....	62
Figura 40.2 Empotrado de la base superior del amortiguador en forma física.....	63
Figura 41.2 Empotrado del tren de llantas superior del robot en el software.....	63
Figura 42.2 Empotrado del tren de llantas superior del robot en forma física	64
Figura 43.2 Vista frontal del robot explorador	64
Figura 44.2 Base superior del templador de la oruga	65
Figura 45.2 Base inferior del templador de la oruga	65
Figura 46.2 Tapa superior del templador	65
Figura 47.2 Forma de armar el templador de la oruga	66
Figura 48.2 Ensamblaje final del templador	66
Figura 49.2 Bocín para empotrar el rodamiento.....	67
Figura 50.2 Eje para soporte del bocín.....	67
Figura 51.2 Eje para formar un codo de 90°.....	68
Figura 52.2 Forma de ensamblar el soporte para la tracción de la oruga del robot	68
Figura 53.2 Ensamble final del soporte para la tracción de la oruga del robot	68
Figura 54.2 Ensamble final del soporte para la tracción de la oruga del robot	69
Figura 55.2 Oruga del robot	69
Figura 56.2 Ensamblaje final de la parte mecánica del robot explorador	69
Figura 57.2 Vista superior del robot.....	70
Figura 58.2 Brazo robótico de cuatro GDL.....	70
Figura 59.2 Robot explorador en su fase terminada analisis del brazo.....	71
Figura 60.2 Robot explorador en su fase terminada.....	73
Figura 61.2 Motor dc AmpFlow E30-400 de 24[V].....	74
Figura 62.2 Puente H para el control de los moteros del robot	75
Figura 63.2 Banco de baterías para la alineación de los motores del robot	76
Figura 64.2 Inversor dc- ac de 12 [V]-110[V].....	77
Figura 65.2 Pantallas empotradas en la base de control del robot	77
Figura 66.2 Cámara Gopro.....	78
Figura 67.2 Transmisor de la cámara Gopro	78
Figura 68.2 Receptor de la cámara.....	79
Figura 69.2 Antena de 20 dBi para aumentar la señal de transmisión de la cámara.....	79
Figura 70.2 Base de control del robot explorador.....	80

Figura 1.3. Parque del estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.....	82
Figura 2.3. Ubicación de la base de control del prototipo en el Parque del estudiante.....	82
Figura 3.3. Ambiente para las pruebas de transmisión del prototipo.....	83
Figura 4.3. Ping a la cámara IP de la cámara a una distancia de 50 – 200m.....	86
Figura 5.3. Ping a la cámara IP de la cámara a una distancia de 250 m.....	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.2 Etapas de diseño e implementación del robot explorador.....	37
Grafico 1.3. Resultado de la prueba de tracción.....	85
Grafico 2.3. Resultado de las pruebas de la autonomía de la batería.....	88

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 Ecuación para el cálculo de la resistencia de un material.....	26
Ecuación 2.1 Ecuación para el cálculo de la resistencia de un conductor.....	26
Ecuación 1.2. Ecuación para el cálculo de la distancia para el torque de un motor.....	71
Ecuación 2.2. Ecuación para el cálculo del torque de un motor.....	71
Ecuación 3.2 Ecuación para el cálculo de la potencia.....	75
Ecuación 1.3 Ecuación para determinar el tamaño muestra.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A. Pruebas del brazo robótico.**
- Anexo B. Vista isométricos del robot explorador.**
- Anexo C. Robot explorador con el brazo extendido.**
- Anexo D. Vista superior del robot explorado.**
- Anexo E. Vista frontal del robot explorado.**
- Anexo F. Vista isométrica del robot explorado.**
- Anexo G. Vista lateral derecha del robot explorado.**
- Anexo H. Vista posterior del robot explorado.**
- Anexo I. Hoja de datos del receptor RC 832.**
- Anexo J. Hoja de datos del radio control T6.**
- Anexo K. Hoja de datos del resorte de la suspensión.**
- Anexo L. Vistas estándar del chasis del robot.**
- Anexo M. Vistas estándar del sistema de tracción del robot.**
- Anexo N. Vistas estándar del rodillo frontal del robot.**
- Anexo O. Vistas estándar del sistema de suspensión del robot.**
- Anexo P. Vistas estándar del soporte de la suspensión y base del tren de llantas del robot**
- Anexo Q. Vistas estándar del soporte para la tracción de la oruga del robot**
- Anexo R. Vistas estándar del templador de la oruga del robot.**
- Anexo S. Tipos de motores Ampflow**
- Anexo T. Tabla estandarizada para selección de cadena**
- Anexo U. Selección de rueda dentada**

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CNC	Control Numérico Computarizado.
URP-01G	Tipo de plataforma robótica de fabricación rusa.
GDL	Grados de libertad.
CC	Corriente continua.
Kg	Kilogramo.
Ω	Ohmio unidad de medida de la resistencia.
P	Potencia
I	Corriente
mm	Milímetros
m	Metros
PWM	Modulación por ancho de pulso

RESUMEN

El objetivo fue diseñar e implementar un robot móvil tipo oruga para exploración en terrenos irregulares, utilizando varios sistemas de control que permiten una mayor estabilidad y maniobrabilidad del robot, que posee un conjunto de sistemas tales como: sistema de tracción tipo oruga, sistemas de comunicación con tecnología de punta para obtener una mayor autonomía en su funcionamiento, a través de control remoto mediante radio frecuencia para una óptima teleoperación sin interferencias externa e interna. Está dotado con una base de control con monitores para la operación en tiempo real. La manipulación de objetos se realiza mediante un brazo robótico de cuatro grados de libertad (GDL) obteniendo libertad de movimientos, logrando una mayor versatilidad de trabajo al momento de manipular objetos. Los sensores empotrados en la placa de control del robot permiten visualizar parámetros de rendimiento del prototipo como son velocidad y temperatura. El prototipo demostró en las pruebas de tracción y comunicación una eficiencia del 98% de aceptabilidad. Los robots de tracción tipo oruga presentan una mayor eficiencia a diferencia de los sistemas de tracción por llantas, en base a que el sistema de orugas permite una mayor adaptabilidad en terrenos irregulares logrando tener una mayor estabilidad en la plataforma. Es recomendable dimensionar el sistema de electrónica de potencia (IFI VEX VICTOR 885), en base a la potencia de los motores AmpFlow, para obtener un mayor grado de control y maniobrabilidad del cambio de giro de los motores.

PALABRAS CLAVE: < TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, < ROBÓTICA>, < ROBOT EXPLORADOR DE SERVICIO>, <BRAZO ROBÓTICO MANIPULADOR>, <SISTEMA DE TRACCIÓN TIPO ORUGA>, <CONTROLADOR DE POTENCIA>, <TELE-OPERADO>

ABSTRACT

The proposal was to design and implement a mobile robot type caterpillar for exploration on rough ground, by using several control systems which allow greater stability and handling of the robot. It has a set of systems such as: a traction system type caterpillar, a communication system with updated technology to get a big autonomy in its operation, through a remote control via radio frequency for a best teleoperation without external and internal interferences. The robot is equipped with a base control with monitors for the operation in real time. The object manipulation is performed by a robotic arm with four degrees of freedom (DOF), obtaining the freedom of movement and achieving a greater versatility work to manipulate objects. Sensors built into the robot control plate allow viewing prototype performance parameters such as: speed and temperature. The prototype demonstrated an efficiency of 98% acceptability in traction and communication tests. Robots of traction type Caterpillar have a greater efficiency unlike wheels' traction system, because of Caterpillar systems allow a greater adaptability on irregular ground achieving a greater stability on the platform. It is recommended to size the power electronics system (IFI VEX VICTOR 885) based on the engine powers Ampflow to obtain a greater degree of control and handling change of motor rotation.

KEYWORDS:<TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <ROBOTICS>, <ROBOT EXPLORER SERVICE>, <ROBOTIC ARM MANIPULATOR>, <SYSTEM OF TRACTION CATERPILLAR TYPE>, <POWER CONTROL>, <TELE OPERATOR>

INTRODUCCIÓN

Los robots exploradores son dispositivos tecnológicos que se diseñan con el fin de conocer y explorar un lugar en concreto, es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo dar una solución tecnológica mediante el diseño e implementación de un robot móvil tipo oruga para exploración en terrenos irregulares, este tipo de robot cuenta con cámaras integradas para la captura de imágenes y transmisión de video en vivo hacia la base de control para su análisis respectivo.

ANTECEDENTES

La palabra robot se debe a la fusión que existe entre dos tecnologías: los robots tele-operados y los robots de control numérico. Los robots tele-operados datan desde la segunda guerra mundial y su aplicación fundamental se utiliza para el manejo de sustancias radioactivas sin causar riesgos para el operario. No obstante, los robots de control numérico computarizado (C.N.C) se desarrollan por la precisión requerida al momento de fabricar piezas para aviones las cuales requerían de un alto nivel de calidad y precisión para su fabricación.

La Unión de Fabricantes de Dispositivos de Rusia anuncia la creación de una plataforma robotizada universal sobre tractor oruga URP-01G, capaz de efectuar todo tipo de tareas tanto en misiones de guerra como en tiempos de paz. De acuerdo con las declaraciones de los portavoces de la Unión de Fabricantes de Dispositivos (OPK, por sus siglas en ruso), la plataforma alcanza una velocidad de hasta 40 km/h, permite un giro de 360 grados, soporta una caída libre desde una altura de dos metros, sus dimensiones son de 3.5 metros de largo y menos de dos metros de ancho.

En la actualidad Ecuador como muchos otros países en vías de desarrollo no cuentan con tecnología aplicada a la robótica para realizar actividades como exploración. Con el diseño e implementación de un robot móvil tipo oruga para exploración en terrenos irregulares se podrá acceder a lugares en donde exista la presencia de riesgo brindando seguridad a las personas encargadas de realizar el análisis del entorno.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Ayudará la implementación de un prototipo de robot móvil explorador para el acceso a terrenos irregulares y hostiles para un ser humano?

La implementación de un robot móvil tipo oruga facilita la exploración en terrenos irregulares y hostiles para el ser humano mediante la transmisión de video con cámaras de alta definición.

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será la ventaja para las personas al crear herramientas o dispositivos robóticos para realizar incursiones en ambientes hostiles para un humano?

La ventaja de crear dispositivos robóticos para realizar incursión en ambientes hostiles para el ser humano, es eliminar el riesgo de peligro al cual están expuestas las personas encargadas de realizar el trabajo de exploración.

¿De qué forma llevará a cabo el robot la tracción en terrenos irregulares, para continuar hacia su objetivo?

Por la dificultad que presenta trasladarse por terrenos irregulares el robot tiene un sistema de tracción tipo oruga, con suspensión independiente mecánica de resorte la cual facilita el desplazamiento por superficies a desnivel

¿Mediante qué sistema tecnológico el robot se guiará al momento de trasladarse a una incursión?

Para la exploración el robot cuenta con dos cámaras de alta definición las cuales permiten visualizar de forma remota el objetivo para su exploración

JUSTIFICACIÓN

Se diseña e implementa un robot móvil tipo oruga para exploración en terrenos irregulares con la ayuda de un brazo robótico de 4GDL acoplado en la parte frontal sobre la estructura del robot.

El movimiento de los tres primeros GDL del brazo robótico está basado en la transmisión de fuerza mediante engranajes para una mayor eficiencia en el instante de elevar objetos. Los sistemas de engranajes son accionados mediante motores de corriente continua (cc), el cuarto GDL del brazo robótico y movimiento de la pinza se acoplo servos para controlar el giro.

Está equipado con una base de control para la comunicación entre el operario y el robot explorador, la comunicación es tele-operada a través de radiofrecuencia 2.4Ghz debido a que la atenuación de la señal es menor que otras frecuencias logrando un mayor alcance.

Se diseña e implementa un sistema de orugas para aumentar la eficiencia en el uso de la relación peso-potencia aprovechando más eficientemente el peso del robot para traducirla en tracción. Si se comparan los sistemas de tracción por ruedas vs orugas es destacable mencionar que el sistema de tracción por ruedas puede lograr como máximo un 80 % de eficiencia en tracción en su configuración ideal, no obstante, las orugas rondan el 98 % de eficiencia en tracción.

Para determinar la variable temperatura a la que está expuesto el robot se implementa un sensor de temperatura. Para la variable velocidad se implementa un encoder, encargado de convertir el movimiento angular en pulsos digitales para su medición y análisis.

Se implementa cámaras para visualizar la trayectoria del robot explorador en tiempo real con dispositivos de alta definición permitiendo observar con mayor claridad los colores y texturas de los objetos.

Se realiza un óptimo control para la velocidad y cambio de dirección de los motores que proporcionan tracción a las orugas mediante el controlador IFI VEX Víctor 885 motor controller, para la velocidad y cambio de dirección de los motores del brazo robótico el controlador IFI VEX Pro Talon SRX.

ALCANCE Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El proceso de exploración que se realiza está basado en la intervención de un robot móvil hacía su objetivo para proceder con su análisis, mediante la construcción de este tipo de robot se está reduciendo el peligro al cual está sujeto la persona. En condiciones hostiles como en lugares cerrados el robot está limitado la parte de comunicación, para acceder a este tipo de lugares es recomendable utilizar repetidoras para la comunicación.

OBJETIVOS

Objetivos Generales:

Diseñar e implementar un robot móvil tipo oruga para exploración en terrenos irregulares

Objetivos Específicos:

- Investigar los parámetros importantes en los robots de tipo explorador que utilizan orugas.
- Diseñar y construir una plataforma móvil estable para el acople del brazo robótico.
- Diseñar e implementar el sistema de acondicionamiento de señales de los sensores.
- Analizar y establecer las tarjetas tanto de control como de potencia para el control del robot.
- Controlar un brazo robótico de 4 GDL para la manipulación de objetos.
- Realizar pruebas para verificar el correcto funcionamiento del prototipo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El presente capítulo contiene toda información para el desarrollo del trabajo de titulación.

1.1. ROBÓTICA

1.1.1. *Introducción*



Figura 1.1 Robots militares exploradores

Fuente: <http://www.arqhys.com/articulos/fotos/articulos/Robots-militares.jpg>

Durante los últimos años, la robótica se ha incursionado en el mundo de la industria, la investigación espacial, en universidades con fines didácticas e investigación, en el ámbito de la medicina. En la actualidad se han montado fábricas totalmente automatizadas mediante robots manipuladores como, por ejemplo: la tienda de Amazon que está casi total mente robotizada, en industrias para ensamblajes de vehículos, etc. No obstante, la robótica se considera como un área nueva en crecimiento.

La robótica es una disciplina que aborda la investigación y desarrollo de una clase particular de sistemas mecánicos, denominados robots manipuladores, diseñados para realizar una amplia

variedad de aplicaciones industriales, científicas, domésticas y comerciales (Reyes Cortés, 2011,p.3)

La robótica implica un amplio conocimiento en las áreas tales como física, matemáticas, electrónica, mecánica, informática, visión artificial, diseño de piezas en 3D, etc.

1.1.2. Tipos de robots

Existen diferentes variedades de robots con distintas estructuras geométricas y mecánicas acorde a su aplicación. Sin embargo, se pueden clasificar como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Tipos de robots

Móviles	Terrestres: ruedas, patas, orugas	
	Submarinos, Aero-espaciales	
Humanoides	Diseño complejo	
Industriales	Brazo mecánico	Robots manipuladores

Fuente: (Reyes Cortés , Tipos de robots , 2011, p.9)

1.1.2.1. Robots móviles



Figura 2.1 Robot móvil explorador.

Fuente: <http://i0.wp.com/robotica.webs.upv.es/wp-content/uploads/2015/07/PackBot.jpg>

Los robots móviles pueden ser clasificados acorde al medio por donde se traslada: terrestres, aéreos y marítimos. Los robots terrestres se desplazan mediante ruedas, orugas y patas; su principal funcionalidad es para exploración de espacios, traslado de material u objetos domésticos, traslado de material radio activo, etc.

En la industria se emplean para análisis e inspección de fisuras en gaseoductos y contenedores de petróleo, por ejemplo, otra clase de robots móviles como AIBO de Sony son los tipos mascota (robots perros y gatos) diseñados para ser versátiles en sus movimientos (Reyes Cortés, 2011, p.9).

Los robots marinos son robots equipados con sensores especiales ya que su función se realiza dentro del agua.

Los robots aéreos son aeronaves no tripuladas como helicópteros o pequeños aviones operados a control remoto, pueden proporcionar imágenes aéreas para reconocimiento de terrenos, superficies y son muy útiles en problemas de análisis de tráfico e inspección de edificios.

1.1.2.2. Robots humanoides

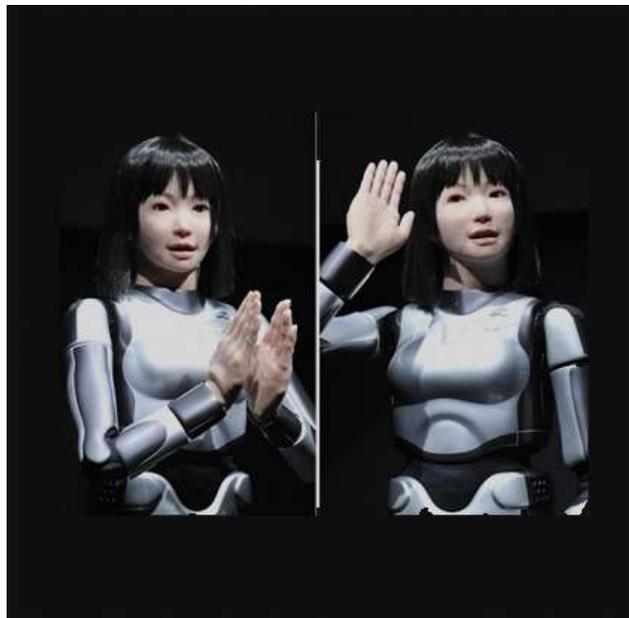


Figura 3.1 Robot humanoide Geminoid F

Fuente: <https://martinarium.files.wordpress.com/2010/10/92196603.jpg>

Un humanoide es un robot diseñado específicamente para simular los movimientos de un humano los cuales tienen fines funcionales tales como la interacción con objetos. Generalmente, los robots

humanoides están formados por una cabeza, brazos y piernas. No obstante, algunos humanoides únicamente están formados por una cabeza diseñada especialmente para fines de estudios faciales.

1.1.2.3. Robots Industriales



Figura 4.1 Robot industrial Kuka

Fuente: <http://www.kuka-robotics.com/>

La mayor parte de los robots industriales están diseñados en forma de articulaciones humanas como la de un brazo. Un robot industrial es un manipulador que funciona en base a una programación la cual hace que sea multifuncional, diseñado para mover objetos realizando diferente tipo de movimientos previamente analizados y programados por parte del usuario.

Generalmente este tipo de robots son utilizados para el área de ensamblajes de automóviles, posicionamiento de piezas, pintura automotriz, industria alimenticia, etc.

En la robótica subyace la idea de sustituir equipos capaces de automatizar operaciones concretas por máquinas de uso más general que puedan realizar distintas tareas.

El concepto “programable” es también básico (...), la realización por programa de las funciones de control ofrece mucha mayor flexibilidad, y la posibilidad de implantar funciones complejas necesarias para controlar el manipulador (Ollero Baturone, 2001, p.5)

Los robots manipuladores tienen diferentes grados de libertad acorde a las actividades a la que va estar expuesto, mientras más grados de libertad estén acoplados al robot, se tiene mayor complejidad para su diseño y programación.

1.1.2.3.1. Clases de robots industriales

En la actualidad existen diferentes variedades de robots industriales con distintas estructuras geométricas y mecánicas conforme a su aplicación. Sin embargo, puede ser clasificado como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Clases de robots industriales.

Clases de robots industriales
Manipuladores
Micro-robots
Robots para recepción y aprendizaje
Robots inteligentes
Robots controlados por computadora

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

1.1.3. Grados de libertad de un robot

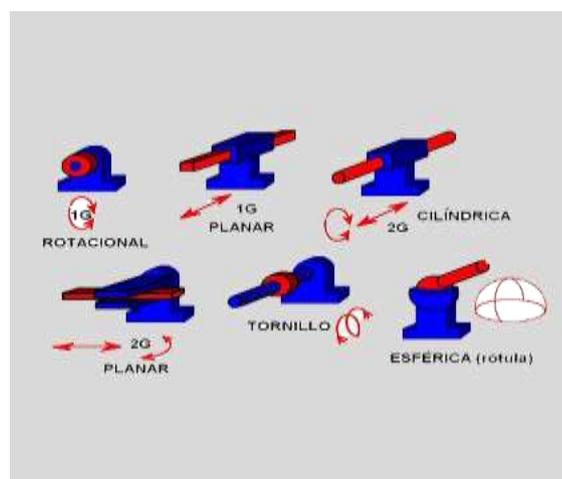


Figura 5.1 Grados de libertad de un robot.

Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/>

Cuando se refiere a los grados de libertad de un robot se hace énfasis al movimiento que realiza cada articulación en el espacio tridimensional, por ejemplo: un movimiento de traslación, es decir: adelante/atrás, arriba/abajo, derecha/izquierda y de forma rotacional si contiene piezas cilíndricas. Las articulaciones son componentes básicas permitiendo identificar los grados de libertad que posee el robot.

1.1.4. Sectores y aplicaciones de la robótica

Actualmente existen diferentes sectores y aplicaciones para la robótica como se describe a continuación:

- Robots en la industria automotriz.
- Robots en los PYMES.
- Robots en la industria manufacturera.
- Robots en la industria de alimentación.
- Robots en el campo agrícola.
- Robots para construcción.
- Robots para obras civiles.
- Robots para edificaciones.
- Robots en usos domésticos.
- Robots para la educación en universidades.
- Robots para terapia infantil.
- Robots para cirugías.
- Robots para rehabilitación.
- Robots terrestres.
- Robots aéreos.
- Robots marinos.
- Robots para exploración y rescate.

1.1.5. La robótica al rescate

Los robots pueden aventurarse allí donde la gente no puede o no quiere ir. Envié un robot al pozo de una mina que se ha derrumbado, o al fondo del océano, o a la polvorienta superficie de Marte. Hará su trabajo y no necesita aire ni descanso (...).

Un robot detector de bombas puede salvar las vidas de muchas personas. Puede localizar el explosivo y neutralizar de forma mucho más segura que los seres humanos.

Los robots pueden actuar como enfermeras y médicos en medio mundo, incluso para enfermedades altamente contagiosas.

Los niños responden a los robots con formas que realmente pueden ayudarles a desarrollar sus capacidades de relación interpersonal. Incluso hay algunos robots utilizados como terapia para niños con ciertos trastornos sociales y de aprendizaje (McCOMB Gordon, 2012, pp.5-6).

1.2. ESTRUCTURA DE UN ROBOT

1.2.1. Introducción

La estructura de un robot es la parte más importante que se debe tener en cuenta al momento de construir un prototipo, considerando que es la base fundamental para el sistema de control, sistemas de alimentación, sistema de tracción en caso de robots móviles y todo el sistema de movimientos y giros en robots industriales. La mejor forma de no cometer errores al momento de construir una estructura es simular en tiempo real con medidas exactas de tal forma que se permita corregir antes de proceder con la construcción en forma física.

1.3. SOFTWARE PARA MODELADO Y ENSAMBLAJE DE PIEZAS EN 3D

1.3.1. Solidworks

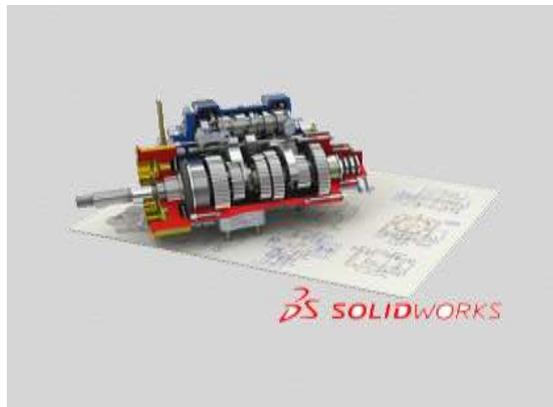


Figura 6.1 Ensamblaje en 3D solidworks

Fuente: <http://www.symsolutions.com/>

Solidworks es una herramienta potente para el diseño, modelado de piezas 3D, ensamblaje y proceso de planos, lo cual consiste en trasladar una imagen previamente realizada el estudio de cotas con medidas reales, para luego ser construida de forma virtual.

Solidworks permite realizar un análisis de movimiento de todo un conjunto de piezas (ensamblaje), con ello se analiza de forma real el comportamiento que tendrá el sistema luego de su construcción, además nos permite realizar un análisis de fuerzas sobre el material con el que

se construye la pieza, con ello se puede determinar el tipo de material más óptimo para nuestro proyecto.

1.4. MATERIALES PARA LA ESTRUCTURA DEL ROBOT

1.4.1. Acero galvanizado

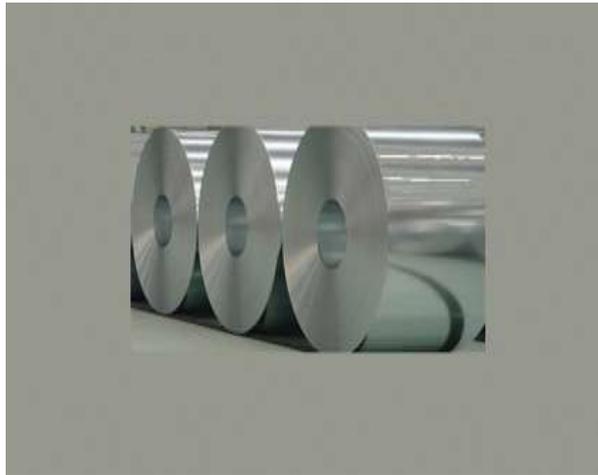


Figura 7.1 Acero galvanizado

Fuente: http://nuestrosmateriales.arq.upv.es/Materiales/Ver%20Acero%20Galvanizado_archivos/prosperity_galvanized_strip.jpg

El acero galvanizado es fabricado bajo un proceso el cual consiste en cubrir el acero con capas de zinc protegiendo de la corrosión. Este tipo de material es resistente lo cual se utiliza para la construcción de tubos, anillas, láminas, etc.

1.4.1.1. Clases de acero

Existen diferentes clases de acero dependiendo del trabajo para el cual va a ser utilizado:

- Acero al carbono.
- Aceros resulturados.
- Acero de aleación media.
- Acero para construcciones comunes.
- Acero inoxidable.

1.4.2. Aluminio

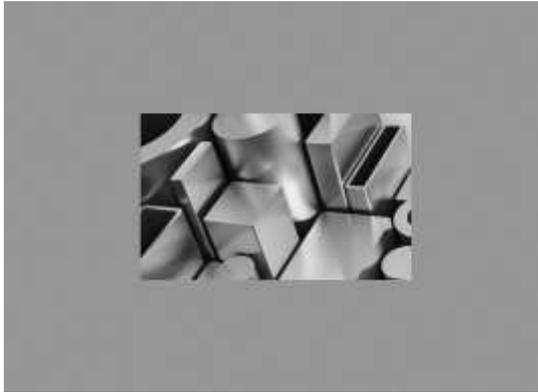


Figura 8.1 Material formado por aluminio

Fuente: <http://www.metalesdiaz.com/>

El aluminio es el componente químico que existe en gran cantidad en todo el planeta tierra; no obstante, este material no se encuentra de forma pura, el mismo que debe pasar por diferentes etapas para obtener el material en forma nítida. Este material es el más utilizado en el mundo por empresas tales como:

- Empresas de computadoras.
- Empresas de fabricación para CD.
- Discos duro.
- Empresas dedicadas a la fabrican de electrodomésticos.
- Industrias aeronáuticas
- Industrias para la construcción.
- Industria automotriz.
- Construcción para la robótica.
- En dispositivos electrónicos como refrigerante natural.

1.4.2.1. Ventajas del aluminio

- Material liviano.
- Posee una excelente apariencia exterior.
- Más resistente que la madera.
- Más ligero que el hierro.
- No se oxida.
- Dura más tiempo que el hierro.

1.4.3. *Platina*

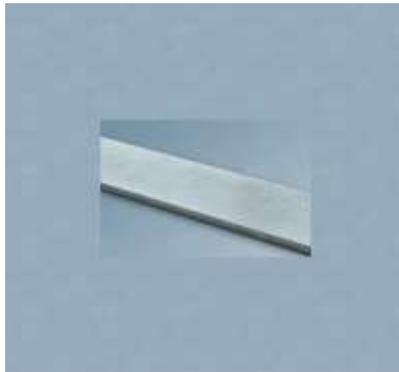


Figura 9.1 Platina para uso múltiple

Fuente: <http://abarconeseuropa.es/wp-content/uploads/2014/01/pletina-3-675x675>.

La platina es utilizada en este proyecto para construir la oruga del robot. Este material está formado por placas de metal de forma rectangular, en el mercado existen de diferentes medidas y formas previamente estandarizadas. Es fácil de trabajar con este tipo de material ya que se amolda perfectamente al trabajo que se está realizando, se pueden realizar ángulos y círculos acorde a la aplicación que se esté construyendo.

1.4.4. *Cadena de transmisión*



Figura 10.1 Cadena de transmisión

Fuente: <http://i.blogs.es/793a51/cadena-de-transmision-de-potencia/original.jpg>

Este sistema de transmisión se utiliza para ejercer movimientos entre ejes paralelos los mismos que se encuentren separados por una distancia determinada. La transmisión por cadena es considerada uno de los métodos más seguros y eficientes que existen en la actualidad para la transmisión de potencia mecánica, es diseñado específicamente para evitar que se deslice la

cadena de la rueda dentada, de esta manera se aprovecha toda la tracción y potencia generada para producir el giro y deslizamiento a la máquina.

1.4.4.1. Ventajas y desventajas de transmisión por cadena.

Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de la transmisión por cadenas

Ventajas	Desventajas
Se puede transmitir movimiento a largas distancias sin perder tracción ni potencia.	Costos elevados que dependen del material de construcción.
No existe deslizamiento entre la cadena y la rueda dentada.	Difíciles para templar
Con el sistema de tracción por cadena se puede hacer rotar diferentes árboles al mismo tiempo	Se necesita de una precisión alta entre la rueda dentada y la cadena, dado que su fabricación demanda de un alto nivel de precisión para evitar descoordinación al momento de su deslizamiento.
Tiene mayor eficiencia al trabajar con altas potencias.	Se somete a técnicas de lubricación cada periodo determinado para evitar desgaste por parte del rozamiento entre la rueda dentada

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

El sistema de transmisión por cadenas no posee métodos para templar, dado que no son componentes flexibles, pero en casos especiales existen pocos mecanismos para lograr una mayor tensión son poco utilizados dado que se produce rozamiento y con el pasar del tiempo se desgasta.

1.4.4.2. Tipos de cadenas de transmisión

Las cadenas se clasifican acorde a su función y uso en el siguiente orden:

- Cadenas utilizadas para ingeniería.
- Cadenas sin ruido.
- Cadenas formadas por rodillos.

1.4.5. Rueda dentada



Figura 11.1 Rueda dentada para transmisión de potencia

Fuente: <http://i.ebayimg.com/>

Una rueda dentada es un sistema mecánico circular, el cual está compuesta por un número determinado de dientes encargados de transmitir movimiento de un sistema a otro producto del giro de la rueda. El diámetro y espesor varía acorde a la función que va a realizar.

1.4.5.1. Clases de ruedas dentada

Las ruedas dentadas se clasifican de la siguiente forma:

- Cilindro de dientes rectos.
- Cilindro de dientes helicoidales.
- Cilindro de doble helicoidal.

1.4.6. Engranajes



Figura 12.1 Sistema de engranaje

Fuente: <http://files.energia9.webnode.es/>

Los engranajes son sistemas mecánicos compuestos por dos o más ruedas dentadas con el propósito de aumentar o reducir la transmisión de potencia de un sistema a otro.

Los engranajes son de mucha utilidad, ya que nos permiten realizar diferentes funciones, que se aprovecharán en distintos lugares y tienen variadas aplicaciones. Lo primero que podemos hacer con los engranajes es la transferencia de fuerza; con ellos, podemos llevar la fuerza producida por el motor hacia algún otro lugar. Para la transferencia de fuerza, también podemos usar algún otro medio de transmisión, como las bandas o cadenas. Con los engranajes, además, es posible modificar la velocidad. Esto es muy útil, en especial, en nuestras aplicaciones robóticas. Los engranajes también nos permiten invertir la dirección de giro. Por último, hacer uso de los engranajes nos posibilitara modificar la torca, la cual resulta muy útil si el motor no tiene una torca lo suficientemente grande para nuestro proyecto (Landa Cosio, 2010, p.73)

La función que cumplen los engranajes es como palancas circulares. Para aumentar el torque de salida de un motor se debe conectar un engranaje de diámetro inferior en eje del motor y el engranaje de salida debe tener un diámetro superior, de esta forma se incrementará el torque en el eje de salida. No obstante, para aumentar las RPM de un motor se realiza lo contrario al primer caso, es decir: colocar un engranaje de diámetro superior en el eje del motor y a la salida un engranaje con diámetro inferior al que fue colocado en el motor, de esta manera se está aumentando el rpm en un motor.

1.4.7. Suspensión



Figura 13.1 Sistema de suspensión por resorte
Fuente: <https://images.ssstatic.com/>

Los resortes son mecanismos caracterizados por su elasticidad, liberando energía sin establecer deformación alguna. Los resortes cumplen múltiples funciones especialmente en trabajos que se aplica una fuerza determinada, la misma que después de un tiempo mínimo retorna en forma de energía.

1.4.7.1. *Función*

- Absorbe energía en caso de choque o peso.
- Absorbe vibraciones causado por el funcionamiento de máquinas.
- Ayuda a mejorar la estabilidad en cualquier sistema.

1.4.7.2. *Aplicaciones*

- Mecanismos de máquinas.
- Suspensión de vehículos.
- Seguidores para árbol de levas.

1.4.8. *Rodamiento*



Figura 14.1 Rodamiento mecánico

Fuente: <http://www.rogapesl.com/>

Los rodamientos son diseños mecánicos creados específicamente para reducir el rozamiento que existe entre ejes y piezas que se encuentran en mutuo contacto. Están formados por cilindros separados por bolas u otro tipo de diseño acorde al trabajo y función que va a desempeñar. De esta forma aumenta el nivel de rendimiento del sistema mecánico alargando la durabilidad de las piezas y controlando el nivel de temperatura en zonas de fricción.

1.4.8.1. *Uso y aplicación de rodamientos*

Los rodamientos se utilizan especialmente en maquinaria que este en constante movimiento, especialmente en motores, turbinas, piezas rodantes en vehículos, tornos, y en todo tipo de mecanismo que este sujeto a fricción entre piezas.

1.4.8.2. Ventajas y desventajas de los rodamientos

Tabla 4.1 Ventajas y desventajas del uso de rodamientos

Ventajas	Desventajas
Menor nivel de calor en piezas sujetas a rozamiento.	Requieren de su propio espacio para su montaje.
Lubricación permanente gracias a los sellos de protección.	Son sensibles a grandes impactos.
Diferentes modelos acordes al tipo de trabajo.	Tienen un alto costo, dependiendo de su diseño y soporte de carga.
Soportan grandes cargas (toneladas).	Tienden a endurecerse si la base de montaje está muy estrecha.

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

1.4.9. Ruedas



Figura 15.1 Rueda multifunción

Fuente: <http://www.ruedasygarruchas.com/>

La rueda es considerada como un mecanismo en forma de disco para que pueda girar alrededor de su eje. Es uno de los inventos más importantes para el desarrollo de la humanidad. Es utilizada en todo tipo de maquinaria que genera desplazamiento, es decir: en todo tipo de vehículos, aviones, robots, etc.

1.5. ELECTRÓNICA DEL ROBOT

1.5.1. Introducción

El estudio y diseño de la electrónica de un robot es la base fundamental para obtener buenos resultados al finalizar el proyecto. Esto consiste en revisar a fondo acerca de la tecnología con la que va hacer construido el robot, es decir: motores, servos, cámaras, sistemas de comunicación, antenas, puente h, baterías, fuentes, numero de conductor para sus diferentes etapas, etc.

1.6. SOFTWARE PARA DISEÑO DE PCB

1.6.1. Proteus

Proteus es un software que permite simular cualquier tipo de circuito electrónico con la ayuda de sus dos paquetes que son: ARES e ISIS, los cuales traen incluido todo los elementos electrónicos y la gran mayoría de microcontroladores.

1.6.1.1. Isis

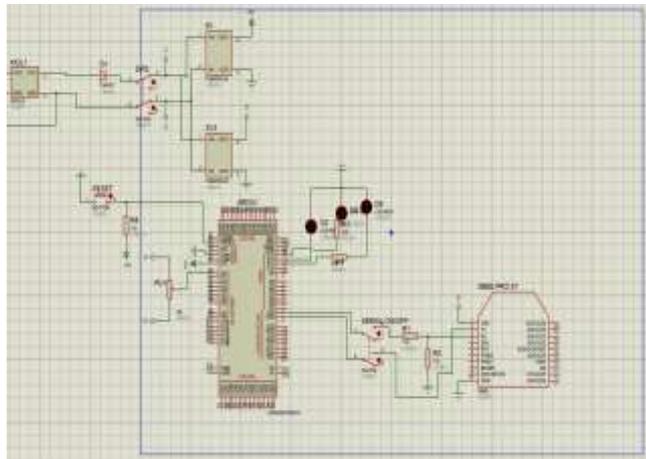


Figura 16.1 Diseño de Circuito en ISIS

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Isis permite diseñar esquemas de circuitos electrónicos y eléctricos con la ayuda de los componentes electrónicos que viene incluido en su paquete como: leds, transistores, resistencias, capacitores, fuentes, transformadores, microcontroladores, dispositivos de medición, etc. Además, permite crear packages en caso de no existir el dispositivo o elemento electrónico.

1.6.1.2. Ares

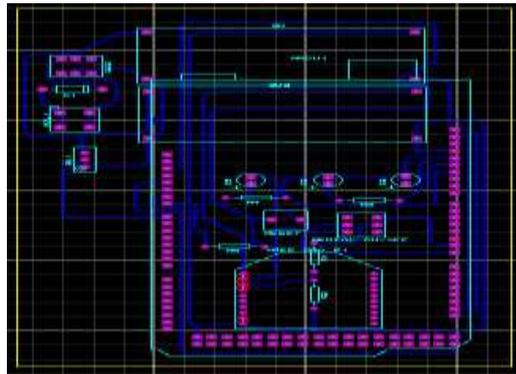


Figura 17. Pistas de un circuito en ARES

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Ares permite diseñar circuitos impresos con el diagrama posteriormente realizado en ISIS, con ello podemos realizar las diferentes pistas que va a tener nuestro circuito y la edición de la superficie de la misma, de igual forma el área de soldadura en la cual va incrustado el elemento electrónico.

1.7. ACTUADORES

1.7.1. Motor DC



Figura 18.1 Motor dc AmpFlow

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Un motor de corriente directa o continua, convierte la energía eléctrica en energía mecánica produciendo movimientos rotacionales gracias al campo magnético generado, estas máquinas

están formadas por dos partes, el rotor y estator. El estator contiene los devanados del motor conocidos como polos sean estos de cobre o de imanes. El rotor el cual posee un núcleo rotatorio.

1.7.1.1. Clases de motores en dc

Los motores en dc se clasifican según la conexión de sus bobinas:

- Motor en serie.
- Motor stunt.
- Motor compound.
- Motores de excitación independiente.

1.7.1.2. Aplicación de los motores en dc

Los motores en dc tienen un amplio campo para su aplicación.

- Usado para mover las bandas transportadoras en industrias.
- Se utiliza para accionar los ventiladores en ares de refrigeración.
- En robótica para tracción y mover los diferentes GDL.
- En autos eléctricos.
- Para accionar bombas en hidráulica.
- En los tranvías, etc.

Existen varias especificaciones de los motores que se debe de conocer para poder seleccionar el más óptimo para nuestro proyecto de robótica. Lo más esencial e importante es el voltaje de alimentación, ya que están fabricados con un voltaje nominal para su correcto funcionamiento sin llegar a calentarse.

Si los motores se alimentan con un voltaje menor a lo especificado por los fabricantes es posible que no trabaje o trabajen con un rendimiento de nivel bajo. No obstante, si se sobrepasa los límites más de un 25% que es lo establecido en el caso de exceso, el motor se sobrecalienta y es posible que lleguen a dañarse. Una de los requerimientos más comunes de un motor es mientras más carga tenga para mover, mayor cantidad de corriente consume de las baterías. De esta manera las baterías tienen que proveer la corriente necesaria para el funcionamiento de todos los sistemas del robot.

1.7.2. Servos



Figura 19.1 Servo de 40 Kg

Fuente: <http://www.redrc.net/wp-content/uploads/2013/06/HSB-9380TH.jpg>

Los servos son dispositivos controlables, la manera que se controla la posición de un servo es mediante el sistema de retroalimentación que contiene en la placa en su interior, por esta facilidad de control y precisión son muy utilizados en proyectos de robótica.

1.7.2.1. Clases de servos según sus sistemas de alimentación

Los servos se clasifican de la siguiente forma:

- Servos eléctricos.
- Servos neumáticos.
- Servos magnéticos.
- Servos hidráulicos.

Los servos que se utiliza para el desarrollo de este proyecto son los servos eléctricos por su fácil manipulación en forma remota.

Este tipo de servo tiene en su interior un circuito electrónico el cual controla de forma precisa el ángulo de giro con la ayuda de un motor de corriente directa y un sistema de engranajes para reducir la velocidad de giro del motor.

Posee en su interior un potenciómetro el cual variara acorde a la cantidad de vueltas del motor, esto permite calcular el número de giros o rotación del motor según el valor que tenga el potenciómetro. Los servos funcionan mediante señales emitidas desde un controlador.

Los servos vienen de fábrica con un ángulo determinado de giro, es decir únicamente se puede hacer girar una determinada cantidad de grados los cuales son de 180 grados.

1.8. PUENTE H



Figura 20.1 Controlador IFI VEX Pro Víctor 885

Fuente: <https://images-na.ssl-images-amazon.com>

Un puente H es un controlador electrónico que permite establecer la dirección de giro de un motor, estableciendo de esta forma el giro en sus dos sentidos, es decir delante/ atrás. Son utilizados ampliamente en proyectos de robótica y convertidores de potencia.

Los puentes H se puede conseguir fácilmente en el mercado bajo especificaciones estandarizadas tanto en corriente y voltaje de alimentación, no obstante, también se puede diseñar y crear uno con dispositivos electrónicos existentes en el mercado.

El control de velocidad y sentido de giro de los motores se realiza mediante el uso de un puente h el cual se encarga de la administración del sentido e intensidad del flujo de corriente para así poder controlar tanto la velocidad como el torque generado por el motor (Cadena Contreras, y otros, 2011, p.55).

Para la selección de un puente h se debe tener en cuenta la potencia entregada por los motores a plena carga y el voltaje de alimentación de los mismos, de esta forma no se tendrá el riesgo de dañar o en el peor de los casos quemar el dispositivo.

1.9. BATERIAS



Figura 21.1 Batería seca de 12V - 17Ah

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Las baterías se definen como acumuladores eléctricos mediante una o más celdas electroquímicas, convirtiendo la energía química en energía eléctrica.

Los robots requieren de energía eléctrica para poder realizar su función, en casos de pruebas no es necesario de baterías para alimentar todos los sistemas del robot basta con fuentes, pero esto resulta inútil en caso de un robot tele-operado o un robot autónomo. Para lo cual se requiere de baterías de calidad y alto amperaje.

Cuando se trabaja con baterías, es necesario conocer sus características principales como son: el voltaje y amperaje para obtener un mejor rendimiento de los diferentes actuadores en el robot.

1.9.1. Clases de baterías

1.9.1.1. Baterías primarias

Las baterías primarias se caracterizan por no poder recargar, dado que en el interior está compuesta por elementos químicos que producen el libre flujo de electrones, con el uso y el tiempo la parte química de la batería se va desgastando y cuando llega a su nivel más bajo deja de producir el flujo de electrones, cuando sucede este caso la batería no es posible de recargar.

1.9.1.2. Baterías secundarias

Este tipo de batería de igual forma que las baterías primarias contienen elementos químicos. Estos elementos químicos al momento de aplicar corriente eléctrica tienden a recargar la batería y dejar cargada en su totalidad.

Existen diferentes tipos de baterías secundarias, las más conocidas son: baterías de plomo-acido, níquel-cadmio, litio.

1.10. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS PARA LA PCB DEL ROBOT

1.10.1. Resistencia



Figura 22.1 Resistencia electrónica

Fuente: <http://www.konstrubotika.com/>

Una resistencia eléctrica es la oposición que tiene los electrones a través de un conductor. Es el dispositivo electrónico más utilizado en proyectos de ingeniería electrónica, robótica, mecatrónica, etc. En el sistema internacional, la unidad de la resistencia es el ohmio (Ω).

De acuerdo con la ley de ohm, la ecuación para el cálculo del valor de la resistencia de un material se muestra en la ecuación 1.1.

$$R = \frac{V}{I} \quad (\text{Eq.1.1})$$

De donde: R es la resistencia, V es el voltaje e I es la corriente.

No obstante, para el cálculo de la resistencia de un conductor está definido como se muestra en la ecuación 2.1.

$$R = \rho \frac{\ell}{s} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

De donde: R la resistencia, ρ es la resistencia del material, ℓ es la longitud del cable, s es el área de la sección transversal del cable.

1.10.2. Diodo

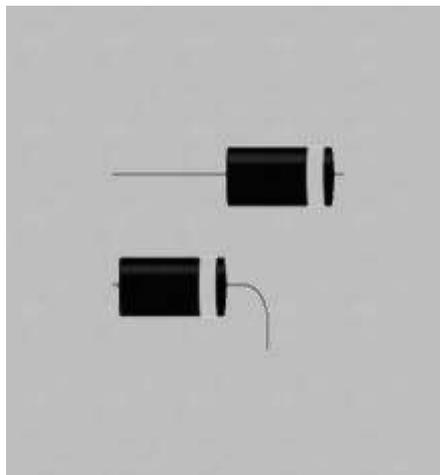


Figura 23.1 Diodo de protección

Fuente: https://pixabay.com/p-24531/?no_redirect

Los diodos son dispositivos electrónicos que funcionan como interruptores, es decir: cuando un diodo se encuentra en polarización directa actúa como un interruptor cerrado, dejando pasar el voltaje respectivo al resto del circuito. No obstante, cuando un diodo se encuentra en polarización inversa actúa como un interruptor abierto de tal forma que no pase el voltaje al resto del circuito.

1.10.2.1. Tipos de diodos

- Diodo de propósito general.
- Diodo Schottky.
- Diodo de recuperación rápida.

1.10.2.2. Aplicaciones con diodos

Los diodos se utilizan para múltiples aplicaciones en rectificadores de ondas.

- Rectificadores monofásicos de media onda.
- Rectificadores monofásicos de onda completa.
- Rectificadores monofásicos de onda completa con carga RL.
- Rectificadores trifásicos.
- Los diodos se utilizan como protección de placas electrónicas en caso de error al momento de alimentar el circuito.

1.10.3. Capacitores



Figura 24.1 Clases de capacitores

Fuente: <http://3.bp.blogspot.com>

Los capacitores son dispositivos electrónicos capaces de almacenar energía eléctrica. Está compuesto por dos placas de metal paralelas, las cuales en el instante que se aplica un determinado voltaje una de las placas obtendrá carga positiva y la otra placa obtendrá carga negativa.

La unidad de medida de los capacitores se da en faradios F.

1.10.3.1. Tipos de capacitores

Existen diferente variedad de capacitores, de acuerdo al voltaje que se va a manejar en el circuito, a continuación, se citan los más utilizados.

- Capacitores electrolíticos.
- Capacitores cerámicos.
- Capacitores de poliéster.
- Capacitores de tántalo.

1.10.3.2. Aplicaciones de los capacitores

- En bancos de capacitores para mejorar en factor de potencia.
- Para el arranque de motores.
- Filtros para circuitos electrónicos.
- Para fuentes de alimentación de diferente tipo, etc.

1.10.4. Potenciómetro



Figura 25.1 Potenciómetro rotatorio

Fuente: <http://puzzlesounds.com/>

Los potenciómetros son resistencias variables que limitan el paso de la corriente en un porcentaje determinado por el usuario provocando una caída de voltaje a la salida el potenciómetro. Son de gran utilidad debido a su eficiencia al instante de regular la cantidad de voltaje que se requiere para un determinado circuito.

La medida de un potenciómetro esta dado en ohmios por ser una resistencia de tipo variable

1.10.4.1. Tipos de potenciómetros

Los potenciómetros se clasifican en base a sus características físicas y forma de uso como se describe a continuación.

- Potenciómetro deslizante
- Potenciómetro rotatorio.
- Potenciómetro lineal.
- Potenciómetro logarítmico.
- Potenciómetro antilogaritmo.
- Potenciómetro múltiple.
- Potenciómetro senoidal.

Estos dispositivos tienen diferentes aplicaciones en el mundo de la electrónica y de la robótica, por ejemplo: Son utilizados en fuentes de voltaje reguladas, en audio para subir o bajar el volumen, en iluminación lo cual permite establecer el nivel de intensidad de luz que se requiere (dimmer), en un circuito de potencia para aumentar o disminuir el ancho de pulso de un PWM, etc.

1.10.5. Relé



Figura 26.1 Relé de cd

Fuente: <http://img.aws.ehowcdn.com/>

El relé es un dispositivo electrónico que funciona como un interruptor ya sea normalmente cerrado o normalmente abierto, estos parámetros son configuraciones de fábrica. Estos dispositivos son de gran utilidad por su eficiencia ya que son capaces de manejar potencias mucho más altas a la de entrada.

1.10.6. Optoacoplador



Figura 27.1 Optoacoplador 4N25

Fuente: <http://teslabem.com/>

Un opto acoplador es un circuito integrado que se utilizan como aislador entre un circuito de control y un circuito de potencia. Funciona mediante emisión de luz provocada por un diodo led saturando un componente opto eléctrico en forma de fototransistor.

La principal ventaja de un opto acoplador es el aislamiento entre el circuito de entrada y el circuito de salida, por lo general el circuito de entrada es de baja potencia y el circuito de salida en de alta potencia, de esta forma se protege los componentes electrónicos del circuito de control, el cual contiene elementos de baja potencia como por ejemplo un microcontrolador como arduino.

1.10.7. Mosfet de potencia

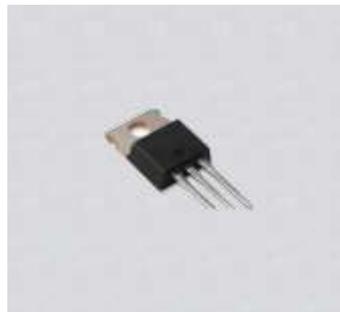


Figura 28.1 Mosfet de potencia

Fuente: <http://au.element14.com/>

Un mosfet de potencia es un dispositivo controlado por voltaje, y solo requiere una pequeña corriente de entrada. La velocidad de conmutación es muy alta, y los tiempos de conmutación son del orden de nanosegundos. Los mosfet de potencia están encontrando aplicaciones cada vez más numerosas en convertidores de baja potencia y alta frecuencia. Los mosfet no tienen los problemas de fenómenos de segunda avalancha, como los BJT. Sin embargo, los mosfet tienen los problemas de descarga electrostática y requiere cuidados especiales en su manejo. Además, es difícil protegerlos en condiciones de falla por cortocircuito (H.Rashid, 2004, p.137)

1.10.7.1. *Uso y aplicación de los mosfet*

Las aplicaciones más comunes de los mosfet son las siguientes:

- Los mosfet son muy utilizados en circuitos de conmutación.
- Se utiliza en resistencias controladas por voltaje.
- Mezcladores de frecuencia, especialmente con mosfet de doble puerta.

1.11. **SENSORES**

Los sensores son dispositivos que tienen la capacidad de detectar todo tipo de magnitudes como las físicas y las químicas, y convertirlas en variables eléctricas para su análisis respectivo. En la actualidad existen todo tipo de sensores como, por ejemplo: sensores de velocidad, sensores de aceleración, sensores de temperatura, sensores humedad, sensores de movimiento, sensores ópticos, sensores de radiación, sensores de fuerza y deformación, sensores de distancia, sensores de caudal, sensores táctiles, sensores acústicos, sensores de desplazamiento, sensores de presión, etc.

1.11.1. *Encoder*



Figura 29.1 Encoder

Fuente: <http://mco-s1-p.mlstatic.com/>

Los encoder son sensores que se utiliza para medir la velocidad de giro de un motor. Estos dispositivos convierten el movimiento angular en un código electrónico digital para su análisis respectivo.

1.11.1.1. Tipos de encoder

- Encoder absolutos.
- Encoder incrementales.

1.11.1.2. Aplicaciones de los encoder

Los encoder tienen una gran variedad de aplicaciones como se describe a continuación:

- Son utilizados en robótica.
- Se utiliza para los plotters.
- En equipos y dispositivos médicos.
- Para los indicadores en x/y.
- Maquina taladradoras, etc.

1.12. DISPOSITIVOS DE COMUNICACIÓN DEL ROBOT

1.12.1. Emisora Radiocontrol



Figura 30.1 Emisora Radiocontrol de 4 canales

Fuente: <http://www.aldetoys.com/futj60.jpg>

Un radiocontrol permite controlar todo tipo de objeto de forma inalámbrica una vez que se encuentren enlazados con su receptor, sean estos carros a escala, aviones, barcos, helicópteros, hoy en día se utiliza de forma eficiente en robótica para pilotar robots tele-operados uno de ellos son los robots exploradores. Existen diferentes tipos de emisión y métodos de codificación, las emisiones son en AM, FM, 2,4Ghz y en codificación PCM (Pulse Code Modulation) y PPM (Pulse Position Modulation). El sistema de 2.4Ghz es el más eficiente dado que casi no recibe interferencias de por medio ya que transmiten por banda ancha DSS (distribución dinámica de espectro). DSS se caracteriza especialmente por transmitir en varias frecuencias de forma ordenada y sin interferencia.

1.12.2. Receptor RF



Figura 31.1 Receptor RF

Fuente: <http://www.rctecnic.com/c/>

Un receptor es un dispositivo que recibe información que se transmite desde el trasmisor, esta acción se realiza siempre que se encuentre vinculado al radiotransmisor. La comunicación que se establece entre el transmisor y receptor es mediante las ondas de radiofrecuencia propagadas por medio del aire.

1.12.3. Router



Figura 32.1 Router TP-LINK

Fuente: <http://static.mercadoshops.com/>

Un router es un dispositivo que brinda conectividad a nivel de red en el modelo OSI, permitiendo de esta forma la conexión de varios ordenadores simultáneamente. La función que cumple es de enviar datos desde una red a otra mediante direcciones IP para saber de forma precisa a que dispositivo se está enviando el paquete de datos, además permite que varios ordenadores ocupen una misma conexión a internet sea esta por cable o ADSL.

1.12.4. Antena Wi-Fi

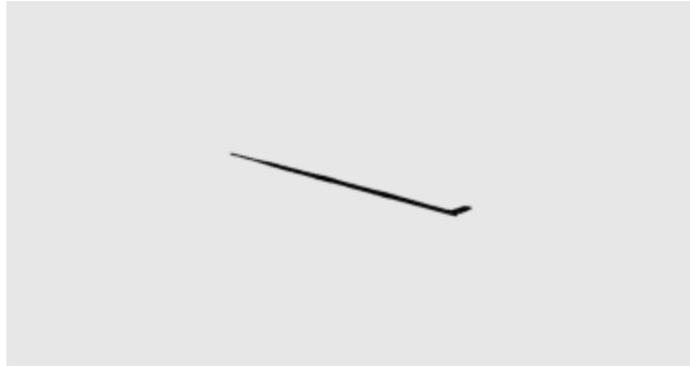


Figura 33.1 Antena Wi-Fi de 20dbi

Fuente: Los autores, 2016

Una antena Wi-Fi permite elevar la señal de nuestro dispositivo, mientras más dBi tenga nuestra antena mayor nivel de señal llegara a nuestro dispositivo. Cada una de las antenas tiene una ganancia específica de fábrica de acuerdo a su forma y tamaño. La forma que lleva una antena determina la direccionalidad de la antena, no obstante, el tamaño determina la longitud de onda.

1.13. INVERSOR



Figura 34.1 Inversor de CC-CA

Fuente: <https://autosolar.es/>

Los inversores son dispositivos tecnológicos encargados de transformar la corriente continua en corriente alterna o viceversa. La magnitud y frecuencia varía acorde al diseño requerido por usuario. Tiene infinidad de aplicaciones ejemplo, para alimentar los equipos de audio y video de un autobús, aviones, barcos, en el sector industrial para el control de potencias altas, para hacer uso de la energía solar, etc.

1.14. ARDUINO NANO

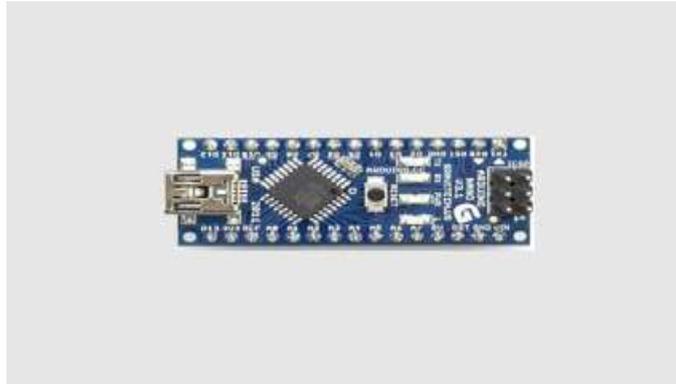


Figura 35.1 Arduino Nano

Fuente: <https://www.arduino.cc/>

Arduino es un controlador basado en AT mega328. Los 14 pines digitales del nano se pueden definir como estradas o salidas, usando las diferentes funciones: `digitalRead ()`, `pinMode ()`, `digitalWrite ()` todos estos pines funcionan a 5 [V].

Posee conexión serial es decir TX usada para transmitir datos y RX para recibir datos. Viene incorporado con dos pines para interrupciones, el pin 2 y pin 3.

Los pines 3, 5, 6, 9,10 y 11 son de salida de PWM (señal análoga).

1.14.1. Características

- la tensión para su alimentación es de +7 [V] a +12 [V]
- posee 14 pines GPIO, de los cuales 6 de ellos nos brinda salida de PWM.
- Posee 6 pines analógicos.
- La corriente que maneja por cada pin es de 40Ma.
- Soporta comunicación serial.

1.15. CÁMARA DE AUDIO Y VIDEO



Figura 36.1 Cámara Gopro HERO3+

Fuente: <http://www.comologia.com/>

Las cámaras son dispositivos que permiten grabar audio y video de forma simultánea en diferente definición. Funcionan de forma manual, conexión Wi-Fi, o mediante su propio receptor en caso de uso extremo.

1.15.1. Características de una cámara Gopro HERO 3

- Modo 1080p: con 30 fps.
- Modo 960p: con 48 fps.
- Modo 720p: con 60 fps.
- Modo WVGA: con 120 fps.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describe el diseño e implementación del robot explorador y brazo robótico su parte mecánica, eléctrica y electrónica.

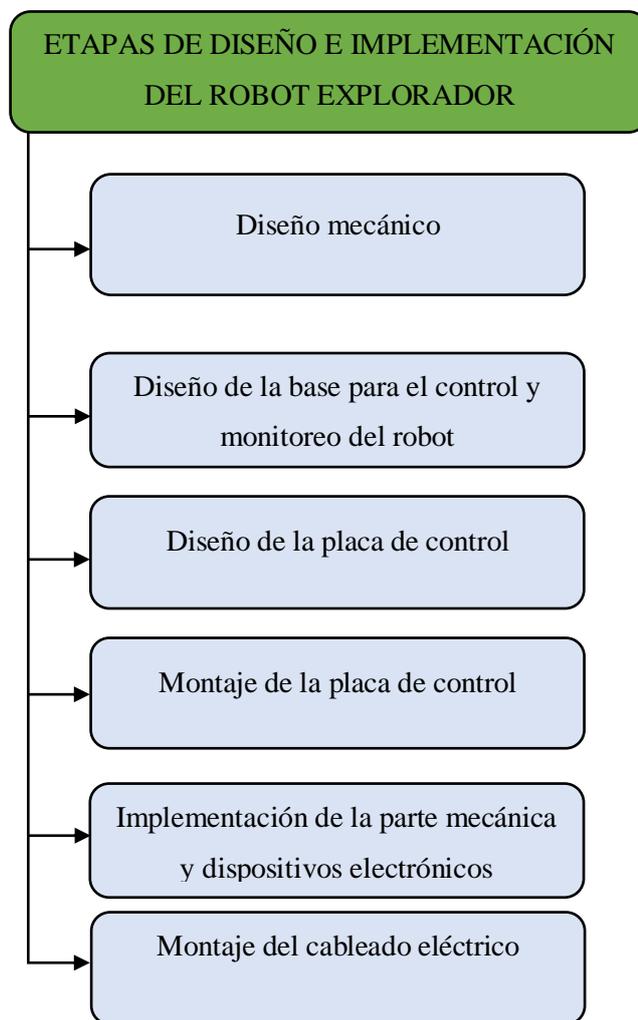


Gráfico 1.2 Etapas de diseño e implementación del robot explorador

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se utiliza el método heurístico para el diseño e implementación de las diferentes etapas del proyecto. Dicho método se basa en la utilización de reglas empíricas para llegar a determinar una

solución, es conocido como un método ideal el cual consiste en cinco pasos para llegar a resolver el problema como se describe a continuación:

- Identificar el problema.
- Definir y presentar el problema.
- Examinar las estrategias viables.
- Escalar en las estrategias.
- Encontrar la solución y regresar para evaluar los efectos de todas las actividades.

2.1. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA DEL ROBOT

El prototipo está diseñado para cumplir con ciertas características que permite el funcionamiento en las condiciones presentes en la exploración de terrenos irregulares, tales como: Terreno arenoso, lastrado, hormigón, pendiente y de obstáculos. El prototipo tiene torque para trasladarse a sí mismo a través de los diferentes tipos de terreno, posee la capacidad para transportar a una persona con un peso promedio de 70 [Kg], cuenta con un compartimiento en su interior para contener toda la tecnología necesaria para su correcto funcionamiento. Está diseñado en su parte delantera un ángulo de inclinación que le permitirá tener una mayor capacidad para supera obstáculos como una grada estándar Para la manipulación de objetos esta acoplado un brazo robótico de 4 GDL y una capacidad de carga de 13.6 [Kg] en su extremo. Para su tele operación tiene un alcance de 200 [m], y transmisión de video hacia la base de control para el análisis de la exploración.

El proyecto contiene diferentes partes mecánicas para el proceso de implementación y ensamblaje del robot, el diseño mecánico está dividido en diferentes etapas para su desarrollo como se indica a continuación:

- Diseño de la estructura.
- Sistema de tracción para oruga.
- Base para empotrar el sistema de tracción.
- Sistema mecánico del rodillo frontal.
- Base para empotrar el sistema de suspensión.
- Sistema de suspensión.
- Diseño de la oruga.
- Templador para la oruga.

2.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

La estructura del chasis está diseñada de tal forma que la parte frontal forme un ángulo de entrada de 37 grados según el cálculo de la ecuación 1.2 para superar obstáculos de la dimensión de una grada de 18cm de alto y de 27 [cm] de base para el apoyo del pie. La parte trasera del robot tiene una forma que permite la correcta ubicación de los motores

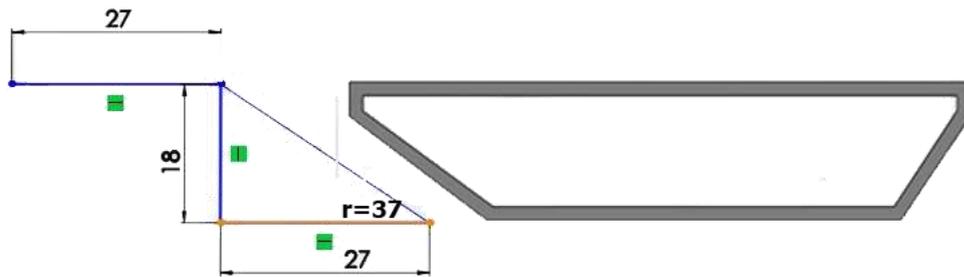


Figura 1.2 Chasis lateral del robot con un ángulo de inclinación

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Ecuación 1.2 Ecuación para corriente de protección para fusibles

$$Tg(r) = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateo adyacente}}$$

Cálculo del ángulo de inclinación de la parte frontal del chasis del robot

$$Tg(r) = \frac{18}{27} \quad (\text{Eq. 1. 2})$$

$$r = tg^{-1} \frac{18}{27}$$

$$r = 37^\circ$$

2.2.1. Chasis lateral



Figura 2.2 Chasis lateral del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

El ensamblaje del robot requiere de dos chasis laterales, tanto para la parte izquierda y la parte derecha del robot.

Para que pueda contener las baterías tiene una altura de 200mm desde la superficie del chasis hasta la parte superior de la misma ya que las baterías tienen una altura de 180mm y de 20mm de espacio para el cableado, la longitud del chasis tiene una dimensión de 900mm en su parte superior y de 600mm en la parte inferior estas dimensiones nos entregan una mayor facilidad de desplazamiento en terrenos a desnivel (huecos) con dimensiones menor al de la parte inferior del chasis. La parte inferior se une con la parte superior mediante un codo con una diferencia de 200mm en su parte frontal 7. No obstante la parte posterior del chasis está diseñada específicamente para empotrar los dos motores los cuales proporcionarían toda la potencia, para el desplazamiento del robot mediante un sistema de orugas. La estructura está diseñada de la siguiente manera: la parte inferior del chasis se une mediante un codo con la parte superior con una diferencia de 100mm, de esta manera los dos motores quedan fijo tanto al chasis de la parte izquierda y de la parte derecha respectivamente, ver (Anexo L)

2.2.2. *Tubo para unir los laterales del chasis*

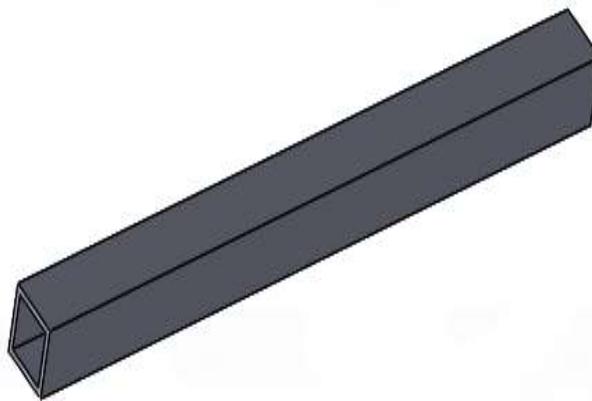


Figura 3.2 Tubo para unir los laterales del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para llevar a cabo la unión de los dos laterales del robot se diseñaron 4 tubos iguales con la siguiente medida. 260mm de largo por 20mm de ancho, se diseñó con estas dimensiones para que el robot tome una forma rectangular, de esta manera se distribuye de mejor manera el peso del robot para un mayor equilibrio.

2.2.3. *Forma de unir las partes laterales del robot*

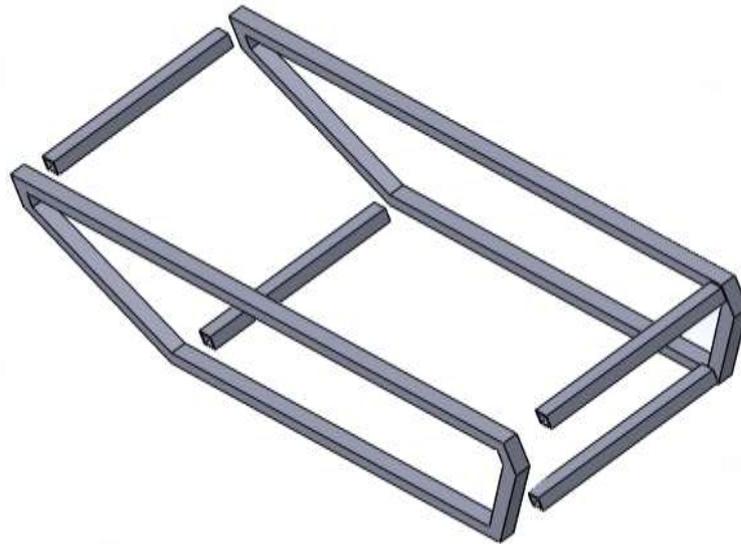


Figura 4.2 unión de los laterales del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

La unión de los dos laterales tanto el izquierdo y derecho del robot se lleva mediante el proceso como el que se muestra en la figura 3.2. Esta unión está dada mediante la suelda de los cuatro tubos de separación, dos de ellos están soldados en la parte inferior y los dos restantes en la parte superior. Al instante de proceder con la soldadura se debe realizar con precaución alineando cada lateral de tal forma que la estructura terminada quede cuadrada en su totalidad ya que de esto depende toda la funcionalidad del robot. La estructura del chasis terminada queda como se visualiza en la figura 4.2.

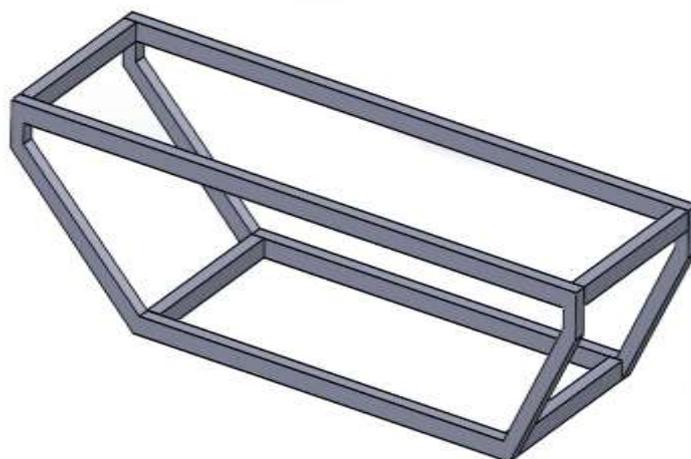


Figura 5.2 Estructura del chasis terminada

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.3. SISTEMA DE TRACCIÓN PARA ORUGA

Para el diseño de la tracción tipo oruga se diseñó un sistema que consta de dos cadenas en paralelo, la separación entre cadenas está definida con una platina de 15cm para que tenga una mejor distribución del peso sobre el terreno y para que la dimensión total del robot a lo ancho no sea superior al de una puerta pequeña de 626mm según el estándar de la norma UNE 56801:2008 para llevar a cabo este sistema de oruga se procedió a dimensionar toda la transmisión en función de la potencia de los motores.

2.3.1. Selección de cadena por potencia

El tamaño de una cadena está representado por la separación entre ejes de los rodillos llamada paso, existen en la serie BS (British Estándar) los pasos:

- 3/8" (9,525mm)
- 5/8" (15,875mm)
- 1" (25,40mm)
- 1 1/2" (38,10mm)
- 2" (50,80mm)
- 1/2" (12,70)
- 3/4" (19,05mm)
- 1 1/4" (31,75mm)
- 1 3/4" 44,45mm

Con el valor de la potencia (potencia nominal) del motor y RPM se procede a la selección de la cadena para ellos es necesario ver (Anexo T) En base a la potencia del motor seleccionado (1.5Kw) que nos entrega una velocidad de 680 RPM la tabla nos entrega como resultado el uso de una cadena con un paso de 3/8

2.3.2. Selección de la rueda dentada

Una vez que se obtiene la cadena se procede a seleccionar la rueda dentada que permitirá la transmisión de la fuerza del motor a las orugas para ello se revisa la tabla estandarizada de ruedas dentadas tomando en cuenta los siguientes datos, paso de 3/8 y 16cm de diámetro para lo cual se utiliza la información del (Anexo U)

2.3.3. Rueda dentada

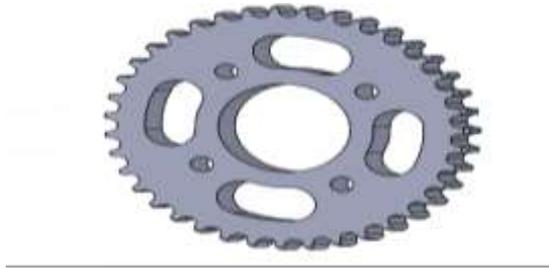


Figura 6.2 Rueda dentada de 39 dientes

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para el desarrollo del sistema de tracción para oruga se necesita cuatro ruedas dentadas las mismas que son de uso común ya que son capaces de soportar un torque mayor al que puede entregar los motores implementados. La rueda dentada es el sistema más seguro para transferir potencia de un lugar a otro sin perder tracción dado que los dientes de la rueda evitan el deslizamiento de la cadena. Las especificaciones de la rueda dentada se describen en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Especificaciones de la rueda dentada

Elementos de la rueda dentada	Diámetro en mm
Diámetro exterior	16.230 [mm]
Diámetro interior	58 [mm]
Altura del diente	7.25 [mm]
Numero de dientes	39 dientes
Espesor de la rueda dentada	8 [mm]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.3.4. Cilindro A de la catalina

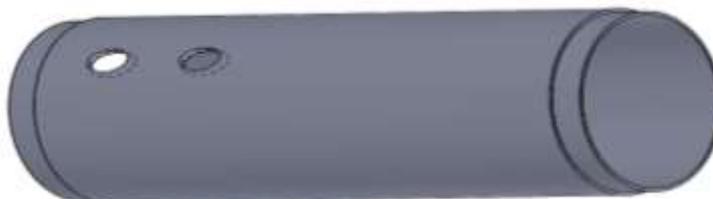


Figura 7.2 Cilindro A de la catalina

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se diseña como base para empotrar la rueda dentada. Este cilindro está formado por dos diámetros el diámetro interior de 56 mm y el diámetro superior de 60mm, la base en la cual se va a empotrar la rueda dentada tiene una dimensión de 8mm torneado 2mm desde el diámetro superior hacia el diámetro inferior, uno de sus laterales posee dos orificios para colocar prisioneros los cuales sujetan el eje del motor con los cilindros, de esta forma se produce el movimiento giratorio de las dos ruedas dentadas.

2.3.5. *Cilindro B de la catalina*



Figura 8.2 Cilindro B de la catalina

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este mecanismo se diseña para sujetar el eje del motor y mediante una tapa transferir el movimiento del eje del motor hacia el cilindro A donde se encuentra la rueda dentada.

Tiene una dimensión de 128mm de cara a cara, de igual manera que el cilindro A está formado por dos diámetros, el diámetro superior diseñado con una dimensión de 30mm y el diámetro inferior con una dimensión de 20 mm de tal forma que pueda caber el eje del motor con un diámetro de 20mm, la base de la tapa tiene una dimensión de 2mm torneado 6mm desde el diámetro superior hacia el diámetro inferior.

2.3.6. *Tapa para la transferencia de movimiento entre cilindros*

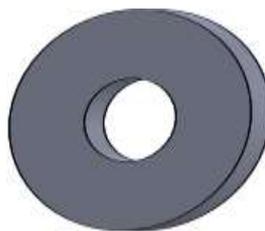


Figura 9.2 Tapa para la transferencia de movimiento entre cilindros

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se diseña específicamente para unir los dos cilindros, el cilindro A con el cilindro B de esta manera se transfiere el movimiento del eje del motor hacia la rueda dentada la cual se encuentra el en cilindro A.

Sus dimensiones se describen en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Dimensiones de la tapa para la transferencia de movimiento entre cilindros

Especificaciones de la tapa	Dimensiones en mm
Diámetro superior	58 [mm]
Diámetro inferior	22 [mm]
Espesor	2 [mm]

Creado por: Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.3.7. *Forma de armar el sistema de tracción para oruga*



Figura 10.2 Forma de armar el sistema de tracción para oruga

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para el ensamblaje y soldado del sistema de tracción para oruga se procede a seguir la figura 9.2. Se inicia introduciendo el cilindro B en el interior del cilindro A, posterior se introduce la tapa en una de las caras del cilindro B y procedemos a soldar de tal forma que este centrada, paso seguido introducimos la rueda dentada hacia la tapa y soldamos dejando alineada las caras tanto de la rueda dentada y de la tapa, una vez soldado se introduce la rueda dentada hasta su base final que se encuentra en la cara del cilindro A y procedemos a soldar. De la misma manera realizamos el mismo proceso en la otra cara de los cilindros, las cotas del sistema se visualizan según el Anexo M.

El ensamblaje final se observa en la figura 10.2 la imagen del software y 11.2 en forma física.

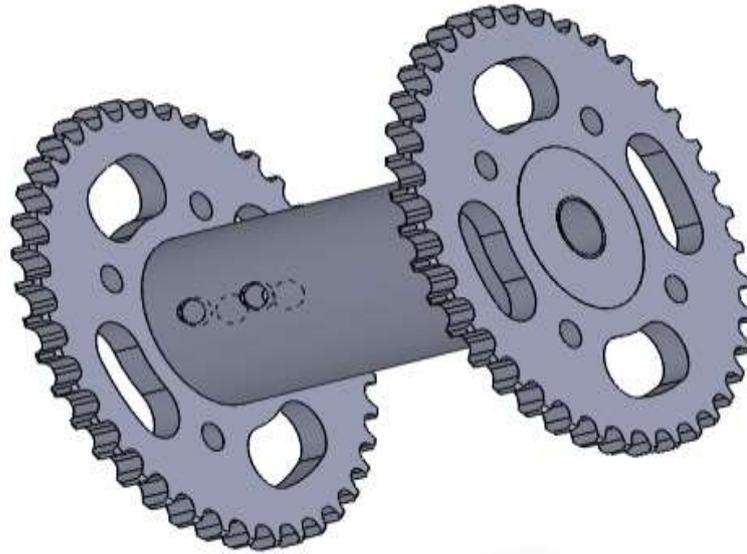


Figura 11.2 Ensamblaje final del sistema de tracción de oruga
Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016



Figura 12.2 Ensamblaje final del sistema de tracción de oruga en forma física
Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.4. SISTEMA MECÁNICO DEL RODILLO FRONTAL

Este sistema mecánico se construye de acero inoxidable para evitar la corrosión del material. Está formado por cinco elementos fundamentales como se describen a continuación.

2.4.1. *Cilindro A del rodillo frontal*



Figura 13.2 Cilindro A del rodillo frontal

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se diseña específicamente para el soporte y giro de la oruga en la parte frontal del robot. El cilindro tiene una dimensión de 150mm de cara a cara formado por dos diámetros, el diámetro superior con una dimensión de 116 mm y el diámetro inferior con una dimensión de 105mm, en la parte del diámetro superior se diseñó dos bases una en cada cara, con una dimensión de 35mm respectivamente y torneado 0.5mm de profundidad desde el diámetro superior hacia el diámetro inferior con el objetivo de soldar los ejes guía de la oruga para evitar descarrilamiento de la misma. No obstante, la parte del diámetro inferior contiene dos bases una en cada cara con una dimensión de 22mm respectivamente y torneado 0.5mm de profundidad hacia el diámetro superior para empotrar la tapa que une los dos cilindros dando forma al rodillo.

2.4.2. *Cilindro B del rodillo frontal*



Figura 14.2 Cilindro B del rodillo frontal

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este cilindro se diseña con una dimensión de 125mm con el objetivo de proporcionar soporte al cilindro A mediante una tapa metálica, el cilindro está empotrado en la parte frontal del robot mediante su eje central.

Su diseño está definido por dos diámetros, el diámetro superior con una dimensión de 44mm, el cual contiene dos bases, una en cada cara del cilindro con un diámetro de 2mm respectivamente, torneadas una profundidad de 0.5mm con el fin de soldar la tapa que permite unir el cilindro B

con el cilindro A. No obstante, el diámetro inferior tiene una dimensión de 40mm, posee dos bases una en cada cara del cilindro en forma de bocín con una dimensión de 7mm torneada una profundidad de 0,5mm hacia la parte superior con el objetivo de formar un área para empotrar los dos rodamientos.

2.4.3. Tapa que permite unir los dos cilindros del rodillo

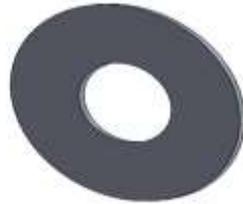


Figura 15.2 Tapa que permite unir los dos cilindros del rodillo

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se construye con el objetivo de unir el cilindro B y el cilindro A del rodillo está diseñada con las medidas que se describen en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Dimensiones de la tapa del rodillo frontal en mm

Especificaciones de la tapa	Dimensiones de la tapa en mm
Diámetro superior	106 [mm]
Diámetro inferior	43 [mm]
Espesor	2 [mm]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.4.4. Carril del rodillo



Figura 16.2 Carril del rodillo frontal

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

El carril se diseña con el objetivo de evitar descarrilamiento de la oruga, es necesario de dos carriles uno en cada cara del cilindro para una mayor seguridad y eficiencia, dado que la oruga gira a alta velocidad. Sus dimensiones se describen en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Dimensiones del carril del rodillo frontal

Especificaciones del carril del rodillo	Dimensiones de la tapa en mm
Diámetro superior	136 [mm]
Diámetro inferior	115 [mm]
Espesor	10 [mm]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.4.5. Eje del rodillo frontal

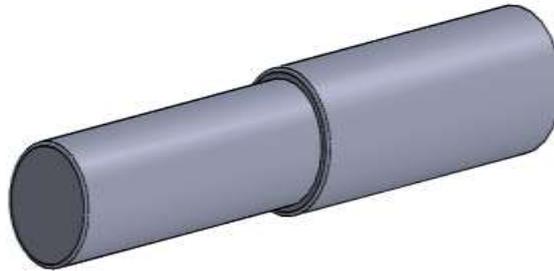


Figura 17.2 Eje del rodillo frontal

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

El eje del rodillo nos permite empotrar todo el rodillo a la parte frontal del robot, las dimensiones de su diseño se describen en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Dimensiones del eje del carril del rodillo frontal

Especificaciones del eje del carril del rodillo frontal	Dimensiones del eje en mm
Diámetro superior	35 [mm]

Diámetro inferior	30 [mm]
Dimensión del total eje	250 [mm]
Profundidad del eje en su diámetro inferior	125.52 [mm]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.4.6. *Forma para armar el sistema mecánico del rodillo frontal*

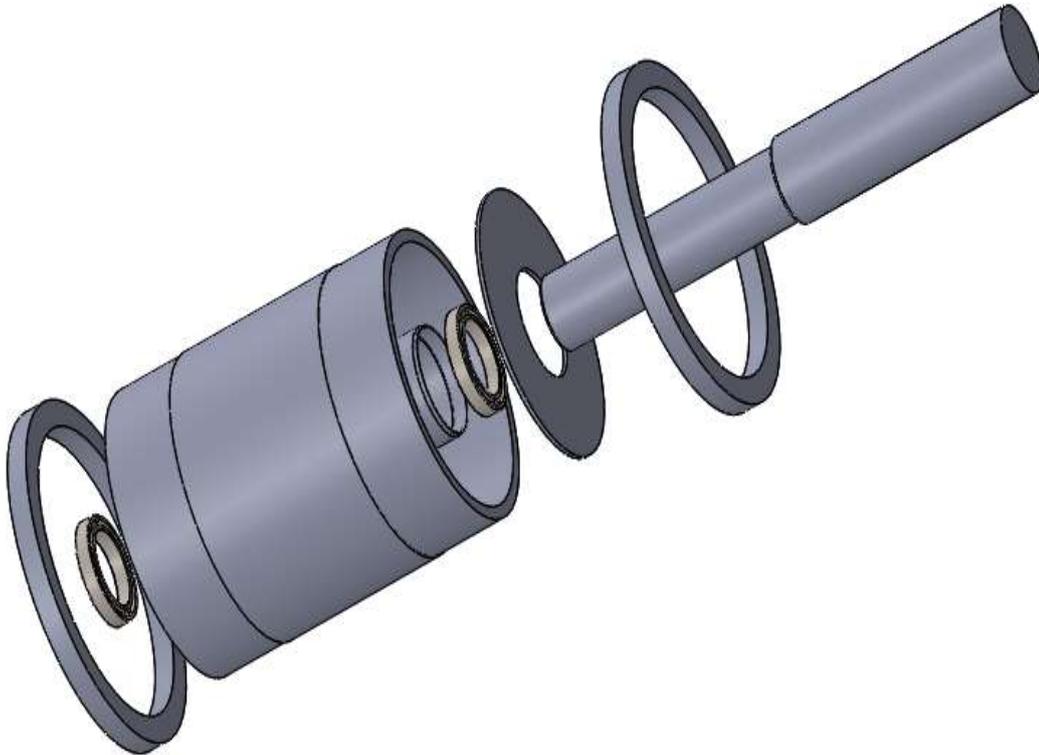


Figura 18.2 Forma del armado del rodillo frontal

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para armar de forma segura el rodillo, se coloca los dos rodamientos en los bocines que se encuentran en la parte interior del cilindro B, el siguiente paso se procede a colocar la tapa en una de las caras del cilindro B. Una vez colocado y centrado la tapa se sueldan estos elementos, posteriormente se introduce el cilindro A para soldar con la tapa que se encuentra en el cilindro B. El mismo procedimiento se realiza en la otra cara del cilindro. Finalmente se coloca los dos carriles del rodillo uno en cada cara y se procede a soldar de tal forma que estén totalmente centrados y alineados.

El ensamblaje final se observa en la figura 19.2 la imagen del software y en la figura 20.2 en forma física.

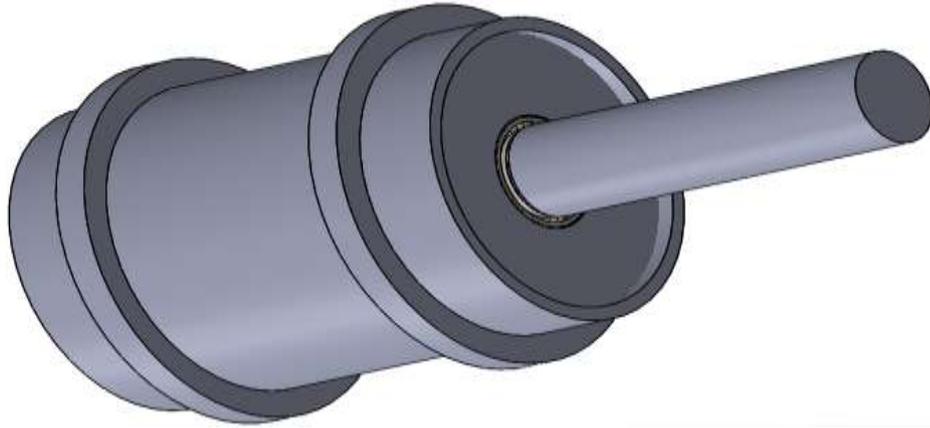


Figura 19.2 Sistema mecánico del rodillo frontal armado

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016



Figura 20.2 Sistema mecánico del rodillo frontal armado en forma física

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.4.7. *Ensamblaje del sistema mecánico del rodillo frontal y del sistema de tracción para oruga al chasis del robot.*

El sistema mecánico del rodillo frontal se empotrado en la parte delantera del robot, uno a su lado izquierdo y el otro a su lado derecho soldados respectivamente con el objetivo de transferir el movimiento de la oruga y producir el desplazamiento del robot. No obstante, el sistema de tracción para oruga esta empotrado en el eje del motor para transferir el giro del motor hacía la

oruga, se requiere dos de este tipo de sistemas, uno para cada lado del robot, las vistas estándar y cotas se visualiza según el anexo N

El ensamblaje se muestra en la figura 21.2.

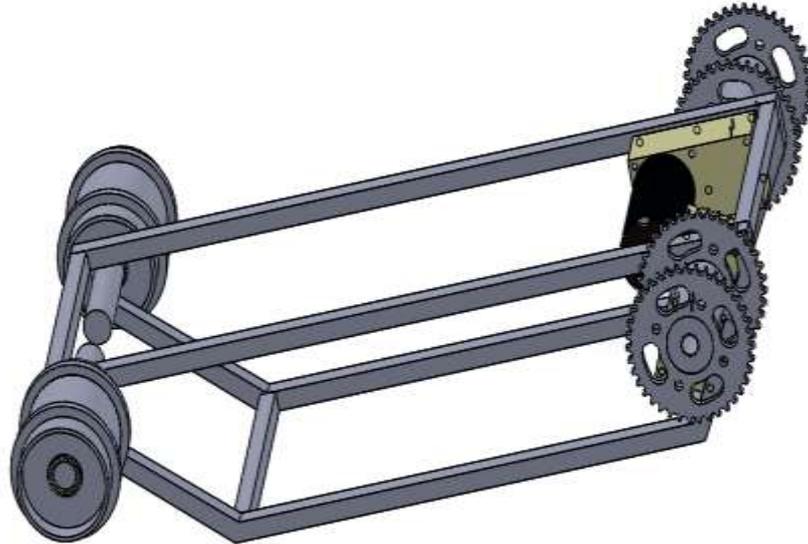


Figura 21.2 Ensamblaje del rodillo y tracción para la oruga

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.5. SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL ROBOT

2.5.1. Selección de la suspensión

Existen básicamente tres tipos de suspensión como:

- Independiente, que permite que cada rueda asimile ondulaciones o accidentes del piso sin transferirlas a las otras
- Semi independiente, en la cual parte de los movimientos se traspasan de una rueda a otra
- Eje rígido, donde todos los movimientos de una rueda se transmiten a la otra

Las mismas que pueden utilizar dos tipos de sistemas tales como:

- Sistema hidráulicos
- Sistema rígidos (Mecánico de resorte)

Para nuestro prototipo se utiliza las suspensiones rígidas (mecánica de resorte) independiente ya que este tipo de sistema tiene la capacidad de acoplarse al terreno en el que se desplaza el robot permitiendo una mayor estabilidad a la plataforma y su implementación es mucho más sencilla y económica, a diferencia del sistema hidráulico que tiene un mayor grado de complejidad y un costo elevado. Siendo el más óptimo para el desarrollo del prototipo.

Para la construcción de la suspensión se utilizó sistema de suspensión tipo Kusoo Huh que presta una mayor adaptabilidad al terreno para este tipo de suspensiones para orugas.

Este sistema es diseñado específicamente para amortiguar toda la estructura del robot dado que va a desplazarse en terrenos irregulares. Este sistema consta de diversos componentes los cuales se describe a continuación.

2.5.2. *Base inferior del sistema de suspensión*

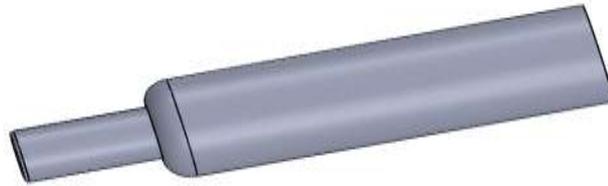


Figura 22.2 Base inferior para el sistema de suspensión del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este componente mecánico está diseñado con el objetivo de empotrar el sistema de suspensión del robot hacia su chasis, está fabricado con acero de transmisión para soportar alta torsión la cual va a ser provocada por la acción del amortiguamiento del robot. Tiene una dimensión total de 85mm de largo, con un diámetro superior de 19mm permitiendo soldar con la parte lateral de la estructura y un diámetro inferior de 10mm con una profundidad de 20mm con el objetivo de empotra el bocín y los rodamientos respectivos.

2.5.3. *Bocín para encajar los rodamientos*



Figura 23.2 Bocín para encajar los rodamientos de la suspensión

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

El bocín se diseña con el propósito de encajar dos rodamientos para que el sistema de suspensión tenga un movimiento sin fricción, centrado y alineado. El espesor total del bocín es de 20mm, el diámetro superior está diseñado con una dimensión de 32mm. No obstante, el diámetro inferior

tiene una dimensión de 26mm en las dos caras del bocín con una profundidad de 8mm respectivamente, dado que es la medida del espesor del rodamiento, los rodamientos están separados por una distancia de 4mm.

2.5.4. Base para el montaje del tren de llantas

Este elemento mecánico se diseña para el montaje del tren de llantas y como base inferior del resorte para la acción del amortiguamiento.

La plataforma del robot se diseña para que encaje ocho bases para el montaje de las llantas, seis de ellas con medidas iguales y dos con diferentes medidas, dado que están empotradas en la parte frontal del robot como se muestra en la figura 24.2 y 25.2 respectivamente.

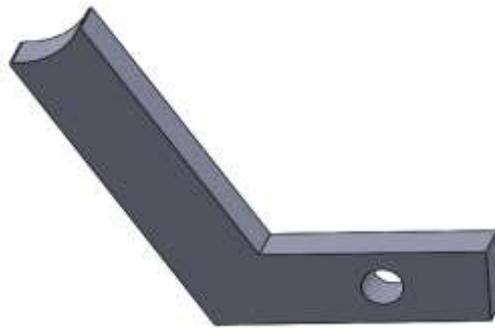


Figura 24.2 Base frontal del tren de llantas

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Tabla 6.2 Dimensiones en mm de la base frontal del tren de llantas

Especificaciones de la base frontal del tren de llantas	Dimensiones en mm
Alto de la base desde el centro del ángulo.	88 [mm]
Largo de la base desde el centro del ángulo.	65 [mm]
Angulo de abertura.	120°
Espesor de la estructura.	20 [mm]
Diámetro para la base del perno del eje de las llantas.	10 [mm]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

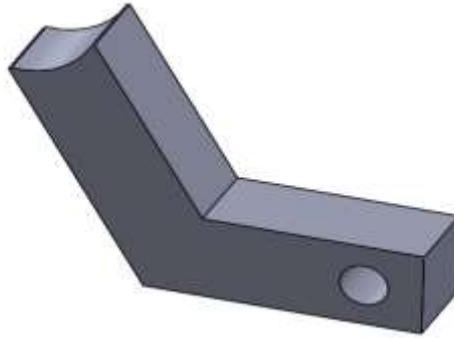


Figura 25.2 Base del tren de llantas parte inferior de la estructura
 Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Tabla 7.2 Dimensiones de la base del tren de llantas parte inferior de la estructura

Especificaciones de la base del tren de llantas parte inferior de la estructura	Dimensiones en mm
Alto de la base desde el centro del ángulo.	58 [mm]
Largo de la base desde el centro del ángulo.	57 [mm]
Angulo de abertura.	120°
Espesor de la estructura.	20 [mm]
Diámetro para la base del perno del eje de las llantas.	10 [mm]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.5.5. Base del amortiguador

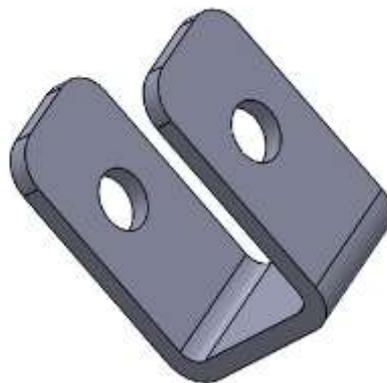


Figura 26.2 Base para empotrar el amortiguador.
 Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se construye con el objetivo de empotrar el amortiguador en la base del tren de llantas y en la base superior de la oruga, sus especificaciones se describen en la tabla 8.2.

Tabla 8.2 Dimensiones de la base del amortiguado

Especificaciones de la base del amortiguado	Dimensiones en mm
Alto de la base del amortiguador.	38 [mm]
Espesor	19 [mm]
Ancho	30 [mm]
Diámetro para la base del perno del eje del amortiguador.	8 [mm]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.5.6. *Amortiguador*

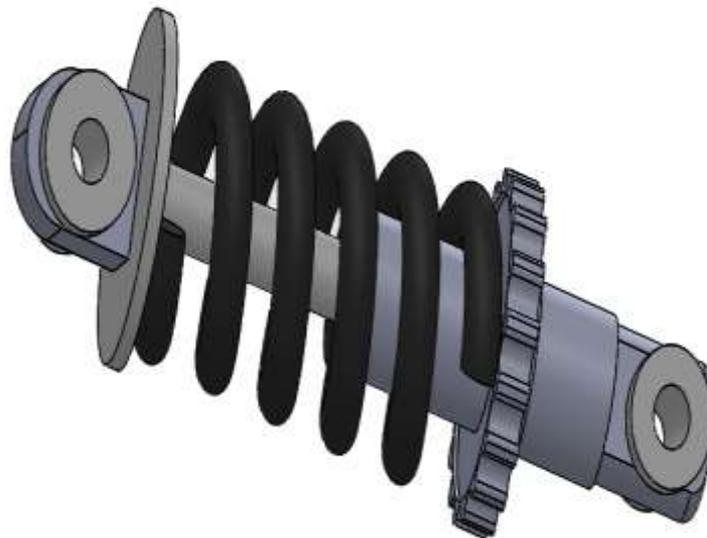


Figura 27.2 Amortiguador

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

La función que cumple es de absorber el golpe en forma de energía provocando una suspensión al robot. Este componente mecánico está compuesto por aleación de aluminio, pesa 460g, soporta hasta 750lb/in según (Anexo L) como lo indica su fabricante.

2.5.7. Rueda



Figura 28.2 Rueda para la suspensión del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

La función que cumple en el robot es como base para todo el sistema de suspensión y como guía para la oruga, tanto en la parte inferior y superior de la misma. Tiene capacidad de 30-150kg, posee una superficie de banda plana, un diámetro total de 100mm la rueda inferior y un diámetro de 80mm la rueda superior, está construida con material tipo rin de polipropileno y banda de poliuretano de color gris, soporta temperaturas hasta 116°C.

2.5.8. Forma de armar el sistema de suspensión



Figura 29.2 Forma de armar el sistema de suspensión del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para armar de forma segura el sistema de suspensión se procede a soldar el bocín de los rodamientos a la base de las llantas, se encaja los dos rodamientos en sus respectivos bocines y el eje de la suspensión en el diámetro inferior del rodamiento de tal manera que se encuentre empotrado de forma centrada y sin fuga de movimiento. La base del amortiguador esta soldada a la base de las llantas para sujetar mediante pernos M8 a su respectivo amortiguador, finalmente

se coloca el tren de llantas de la suspensión con su respectivo perno M10. Las vistas estándar y medidas se visualizan según el (Anexo O)

El ensamblaje final se observa en la figura 30.2 la imagen del software y la figura 31.2 en forma física.

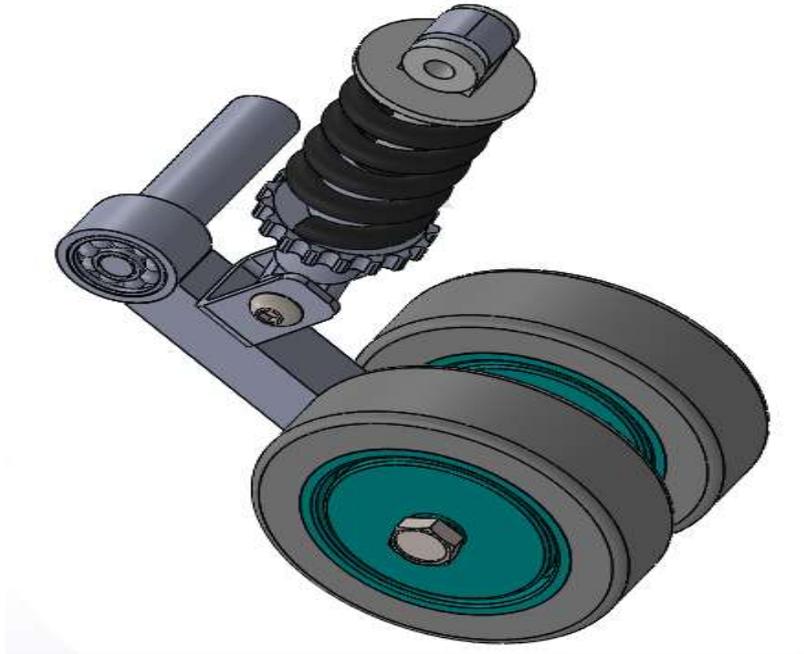


Figura 30.2 Ensamblaje final del sistema de suspensión del robot en el software

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

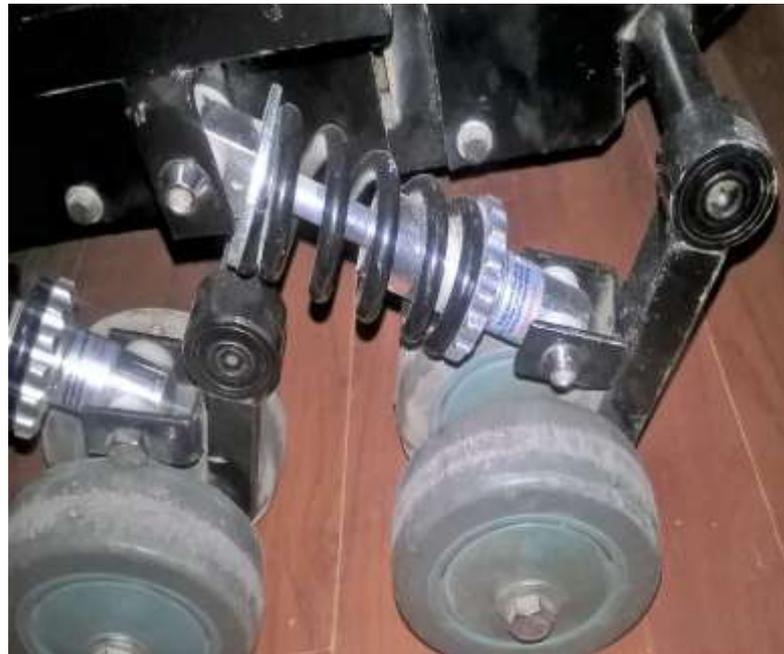


Figura 31.2 Ensamblaje del sistema de suspensión en forma física

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.6. SOPORTE DE LA SUSPENSIÓN Y BASE DEL TREN DE LLANTAS SUPERIOR DE LA ORUGA

Se diseñó con el objetivo de brindar soporte para la suspensión y base superior de la oruga a manera de un tren de llantas. Los elementos se describen a continuación.

2.6.1. *Eje de soporte para el tren superior de llantas y amortiguador*



Figura 32.2 Eje de soporte del tren de llantas y amortiguador
Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se diseña para empotrar la parte superior de la suspensión por medio del amortiguador y como base para el tren superior de llantas las cuales cumple con la función de carril guía para la oruga. Tiene una longitud de 550mm, un ancho de 20mm y un espesor de 2mm.

2.6.2. *Base para empotrar el eje de soporte del tren de llantas al chasis*



Figura 33.2 Base para empotrar el eje de soporte del tren de llantas al chasis del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este elemento cumple la función de empotrar el eje de soporte del tren de llantas y base del amortiguador. Tiene una dimensión en longitud de 61mm, un ancho de 20mm y un espesor de 2mm.

2.6.3. *Base del tren superior de llantas*

Está diseñado para empotrar el tren superior de llantas para el carril guía de la oruga. Tiene una dimensión en longitud de 87mm, un ancho de 20mm y un espesor de 2mm, el diámetro de las llantas es de 80mm con un eje M10.

2.6.4. *Eje vertical para el soporte superior de la suspensión y base del tren de llantas*

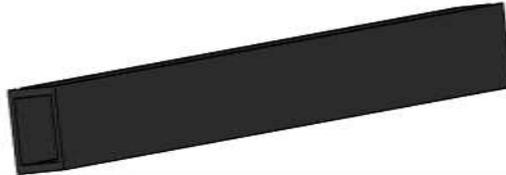


Figura 34.2 Eje vertical del soporte superior de la suspensión y base del tren de llantas del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este elemento permite empotrar todo el soporte de la suspensión y base del tren de llantas superior de la oruga. Tiene una dimensión en longitud de 160mm, un espesor de 2mm y un ancho de 20mm por 20mm.

2.6.5. *Forma de armar el soporte de la suspensión y base del tren de llantas superior de la oruga*



Figura 35.2 Forma de armar el soporte de la suspensión y base del tren superior de llantas

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para armar de forma correcta el soporte de la suspensión y base del tren superior de las llantas, se suelda el eje vertical con la base del eje del tren de llantas conjuntamente con el eje de soporte de las mismas, finalmente en la parte inferior se encuentra empotrado la base de los amortiguadores, las vistas estándar y cotas se visualiza según anexo P. El ensamblaje final se observa en la figura 36.2 la imagen del software y la figura 37.2 en forma física.

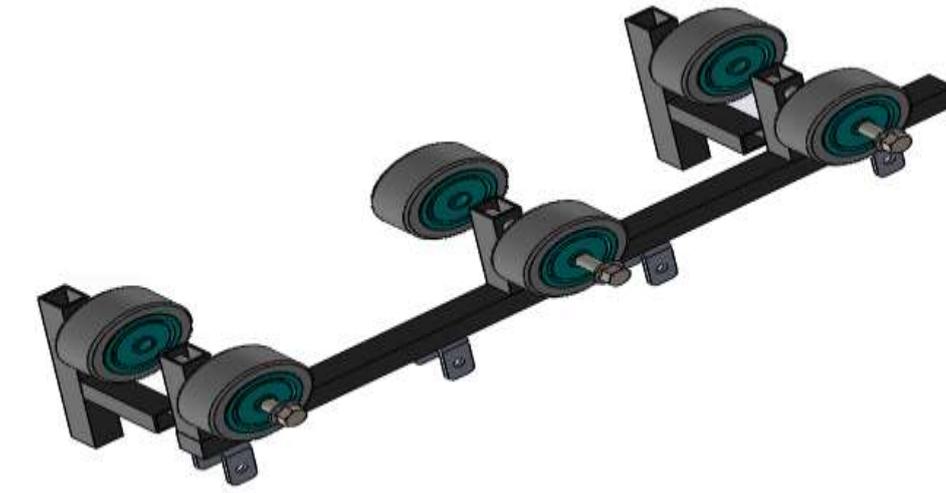


Figura 36.2 Forma de armar el soporte de la suspensión y base del tren superior de llantare en el software

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016



Figura 37.2 Forma de armar el soporte de la suspensión y base del tren superior de llantas en forma física

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.6.6. Empotrado del sistema de suspensión a la estructura del robot

El sistema de suspensión se encuentra empotrado en la parte inferior de la estructura del robot están separados 140mm respectivamente como muestra la figura 38.2. Cumple con dos funciones principales las cuales son: absorbe los movimientos bruscos que se produce en el instante del desplazamiento del robot y está diseñada como carril guía para evitar el descarrilamiento de la oruga en el instante que se produzca giros a alta velocidad.

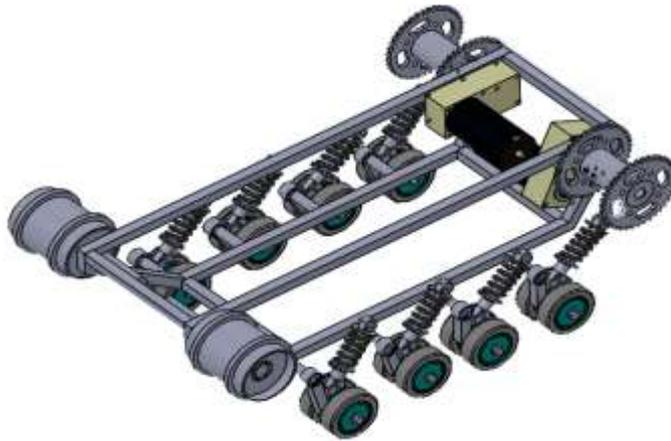


Figura 38.2 Empotrado del sistema de suspensión a la estructura del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.6.7. Empotrado de la base superior del amortiguador y basa para el tren de llantas al robot

Este componente mecánico del robot está empotrado a una distancia de 211mm desde la parte frontal del robot, el eje de soporte para el tren superior de llantas y amortiguador tiene una longitud de separación con una dimensión de 95mm desde la base inferior de la estructura.

El ensamblaje se muestra en la figura 39.2 en el software y figura 40.2 en forma física.

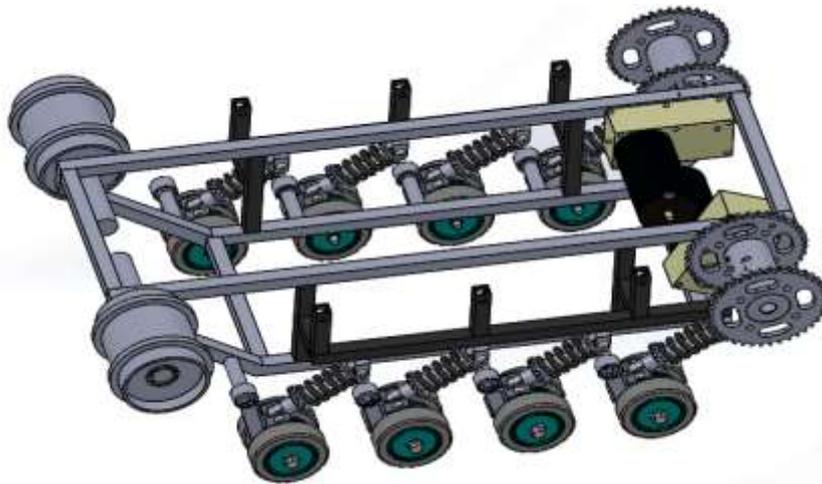


Figura 39.2 Empotrado de la base superior del amortiguador y basa para el tren de llantas superior a la estructura del robot en el software

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016



Figura 40.2 .2 Empotrado de la base superior del amortiguador y basa para el Tren de llantas superior a la estructura del robot en forma física

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.6.8. Empotrado del tren superior de llantas

Este componente mecánico está empotrado en el eje del soporte superior del amortiguador con e, las bases del tren de llantas están separadas con una longitud de 190mm de forma uniforme, con el objetivo de nivelar la parte superior de la oruga como se muestra en la figura 41.2 en el software y figura 42.2 en forma física.

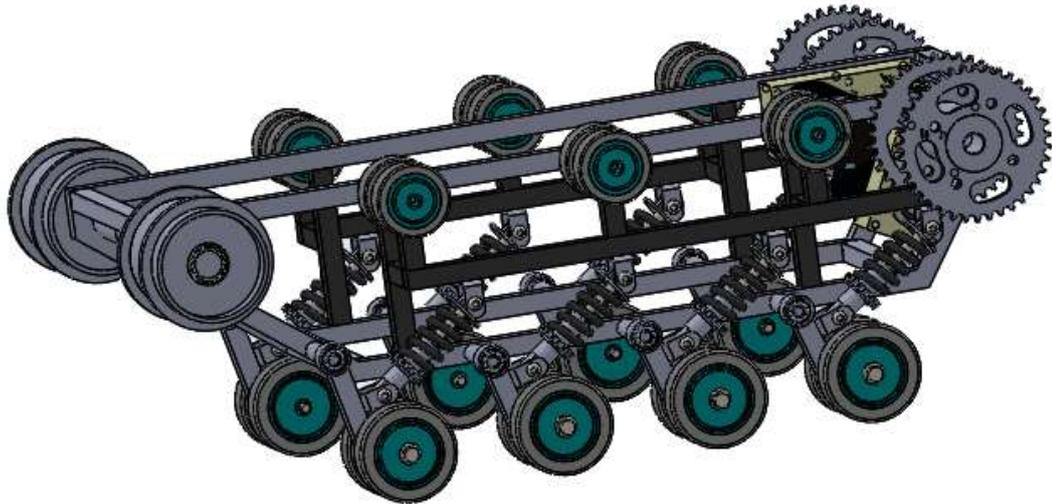


Figura 41.2 Empotrado del tren de llantas superior del robot en el software

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016



Figura 42.2 Empotrado del tren de llantas superior del robot en forma física
Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

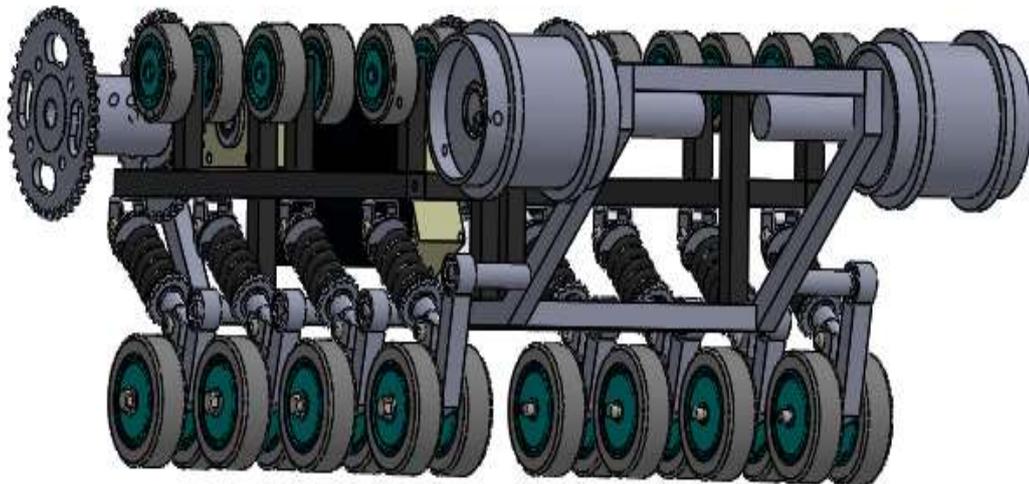


Figura 43.2 Vista frontal del robot explorador
Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.7. TEMPLADOR

Se construye con el objetivo de templar la oruga del robot, en base a que gira a alta velocidad y tiende a descarrilarse de la rueda dentada. Los componentes mecánicos se describen a continuación.

2.7.1. *Base superior del templador*

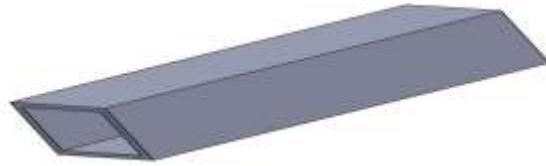


Figura 44.2 Base superior del templador de la oruga

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se diseña para incrustar la base inferior del templador, tiene una longitud con una dimensión de 85mm, un ancho de 24mm por 24mm y un espesor de 2mm.

2.7.2. *Base inferior del templador*



Figura 45.2 Base inferior del templador de la oruga

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este componente mecánico se diseña específicamente para empotrar una tuerca guía para el perno el cual hace el trabajo de un templador, tiene una longitud con dimensiones de 85mm, un ancho de 20mm por 20mm y un espesor de 2mm.

2.7.3. *Tapa superior del templador*

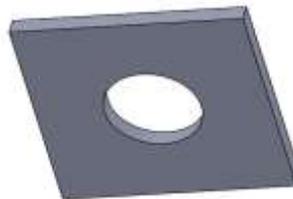


Figura 46.2 Tapa superior del templador

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se diseña para que funcione como base de bloqueo hacia arriba/abajo del perno, de esta manera permite únicamente el desplazamiento de la parte inferior del templador mediante el giro del perno en el interior de la tuerca guía, las vistas estándar y cotas se visualiza según el (Anexo R)

2.7.4. Forma de armar el templador

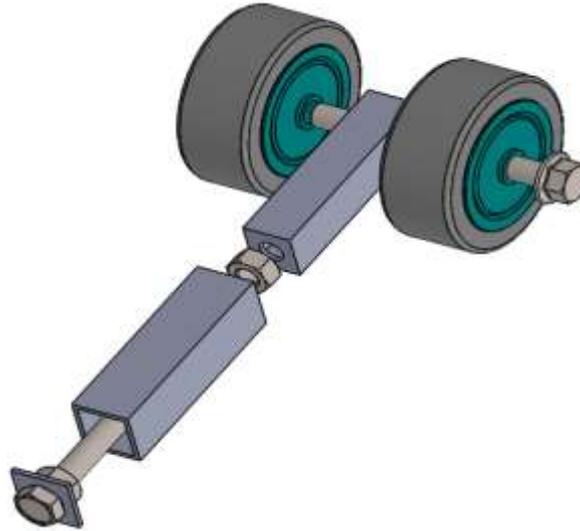


Figura 47.2 Forma de armar el templador de la oruga

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para armar de forma segura el templador se introduce el perno por el centro de la tapa superior del templador y se suelda una tuerca a sí mismo (perno), con la condición de que quede girando libremente, en la parte superior de la base inferior del templador se suelda una tuerca guía la cual permite subir/bajar el tren de llantas, las vistas estándar y cotas se visualiza según el (Anexo R). El ensamblaje final se muestra en la figura 48.2.

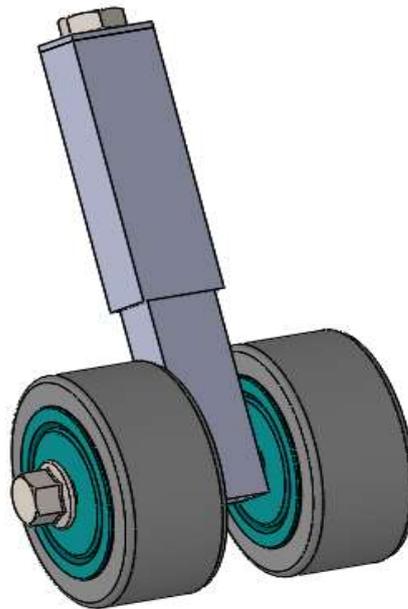


Figura 48.2 Ensamblaje final del templador

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.8. SOPORTE PARA LA TRACCIÓN DE LA ORUGA

Este mecanismo se diseña con el objetivo de proporcionar soporte al mecanismo de tracción para la oruga. Los elementos que forman este mecanismo se describe a continuación.

2.8.1. *Bocín para soporte*



Figura 49.2 Bocín para empotrar el rodamiento

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Está diseñado con un diámetro superior de 58mm y un diámetro inferior de 40mm con una profundidad 16mm de tal forma que encaje el rodamiento.

2.8.2. *Eje para soporte del bocín*

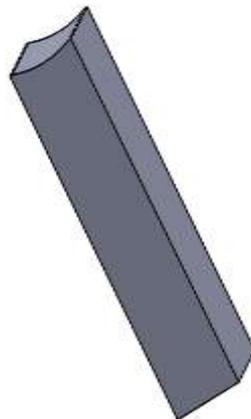


Figura 50.2 Eje para soporte del bocín

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este mecanismo se construye con el objetivo de brindar soporte al bocín, tiene una dimensión de 90mm de largo, 20mm por 20mm de ancho.

2.8.3. *Eje para formar un codo de 90°*

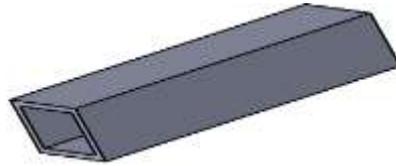


Figura 51.2 Eje para formar un codo de 90°

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se diseña con el objetivo de formar un codo de 90° con el eje para el soporte del bocín, tiene una dimensión de 72mm de largo, 20mm por 20mm de ancho y un espesor de 2mm.

2.8.4. *Forma de armar el soporte para la tracción de la oruga*



Figura 52.2 Forma de ensamblar el soporte para la tracción de la oruga del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para el armado de este mecanismo se suelda el bocín a su eje, el codo de 90° está formado mediante la unión de sus dos ejes descritos anteriormente, finalmente se empotra el rodamiento en su bocín. El ensamblaje final se muestra en la figura 53.2 en el software y en la figura 54.2 en forma física.



Figura 53.2 Ensamble final del soporte para la tracción de la oruga del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016



Figura 54.2 Ensamble final del soporte para la tracción de la oruga del robot en forma física

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.9. CONSTRUCCIÓN DE LA ORUGA DEL ROBOT



Figura 55.2 Oruga del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

La oruga está construida en base a cadenas de transmisión, soldado por platinas en la parte superior con electrodos tipo R91 para evitar la corrosión del material, tiene un ancho de 150mm cada oruga. En la figura 56.2 se visualiza el robot finalizado toda su parte mecánica.



Figura 56.2 Ensamblaje final de la parte mecánica del robot explorador

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016



Figura 57.2 Vista superior del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.10. BRAZO ROBÓTICO



Figura 58.2 Brazo robótico de cuatro GDL

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

El brazo robótico está diseñado con cuatro GDL para mayor libertad de movimiento en el espacio de trabajo, las articulaciones están dotadas de cajas reductoras con el objetivo de aumentar la potencia de los motores y elevar con facilidad los objetos a ser manipulados. Las dimensiones del primer eslabón son de 500mm y el segundo eslabón de 400mm, con un alcance de 1100 mm desde la parte frontal del robot estas dimensiones permiten la manipulación de objetos en un rango de 180° alrededor de la plataforma móvil tipo oruga.

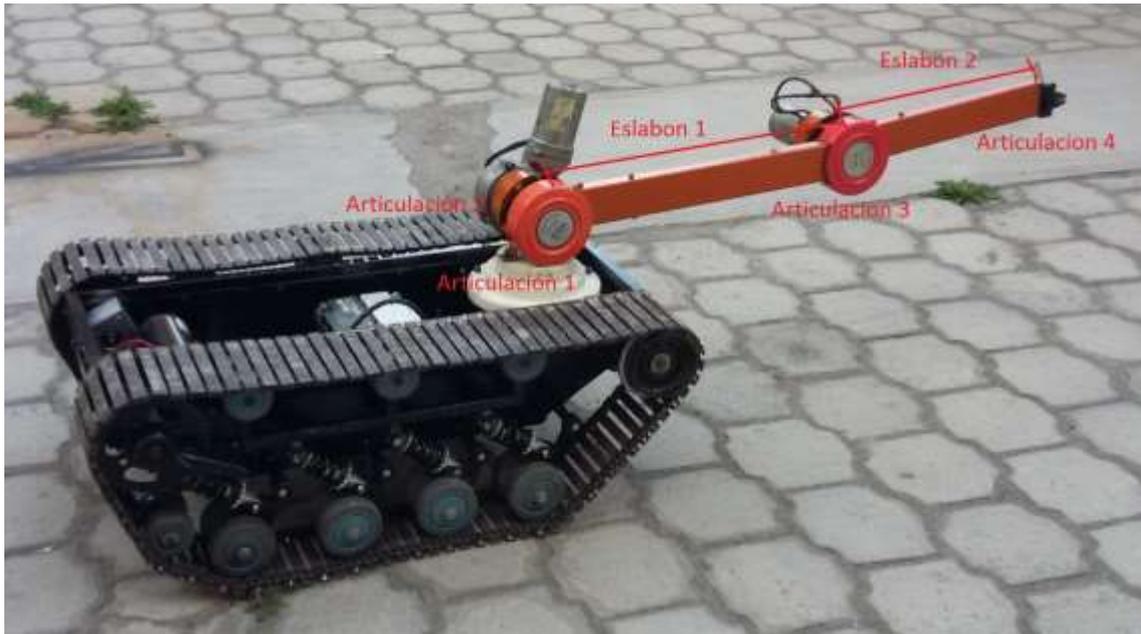


Figura: 59.2 Robot explorador en su fase terminada analisis del brazo.

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se realiza el análisis de cada una de las articulaciones para obtener la capacidad de carga del brazo robótico

2.11. ANÁLISIS DE ESLABONES

2.11.1. Análisis de eslabón 2

El eslabón 2 tiene una longitud de 40cm y está conectada a la articulación 3 la cual tiene una caja reductora con relación 20:1 que se encuentra conectada al eje de un motor que entrega un torque de 8,15Kgm con esto podemos calcular la capacidad de carga de la articulación.

$$l = \frac{d}{r} \quad (\text{Eq. 1.2})$$

$$l = 1/0.4$$

$$l = 2.5$$

$$M = T * l \quad (\text{Eq. 2.2})$$

$$M = 8.15 * 2.5$$

$$M = 20.37 \text{ [Kgm]}$$

En relación al cálculo realizado obtenemos una capacidad de carga de 20.37Kgm en la articulación 3

2.11.2. Análisis del eslabón 1

El eslabón 1 tiene una longitud de 50cm y esta conectada a la articulación 2 la cual tiene un motor que entrega un torque de 8,15Kgm, pero adicionalmente esta articulación cuenta con una caja reductora con relación 20:1 que nos permite amplificar el torque.

En relación al cálculo realizado obtenemos una capacidad de carga de 16.3Kg el mismo que se amplifica con la caja reductora 20 veces su torque obteniendo un valor de 326kgm restándole el peso del eslabón 1, eslabón 2 y la articulación 3. Que es 5.4Kg obtenemos un torque nominal de la articulación 2 de 320,5Kg

2.11.3. Análisis de la articulación 1

La articulación está conectada a un motor que entrega un torque de 8,15Kgm además la articulación cuenta con una caja reductora de 30:1 que permite amplificar el torque disminuyendo su velocidad obteniendo así un torque total de 244.5Kgm

2.11.4. Características de Brazo robótico

- Peso total del brazo robótico 35 [lb].
- Motor de la primera articulación con un torque de 8.15 [kgm].
- Motor de la segunda articulación con un torque de 8.15 [kgm].
- Motor de la base del brazo con un torque de 8.15 [kgm].
- Distancia del primer eslabón 50 [cm].
- Distancia del segundo eslabón 40 [cm].
- Primera articulación con una caja reductora de 30:1.
- Segunda articulación con una caja reductora de 20:1.
- Alcance máximo 110 [cm].

En la figura 59.2 se visualiza el robot explorador y brazo robótico en su fase final.



Figura: 60.2 Robot explorador en su fase terminada

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

2.12. PARTE ELECTRÓNICA DEL ROBOT

2.12.1. Selección de motores

El sistema de tracción tiene la fuerza necesaria para el desplazamiento del prototipo y tiene la capacidad de cargar a una persona promedio de 70Kg para ello se selección el motor que tenga dicha potencia de fábrica (AmpFlow) ver (Anexo S) teniendo en cuenta que la selección de la rueda dentada tiene un radio de 8cm se realiza la siguiente calculo

$$l = \frac{d}{r}$$

$$l = 1/0.08$$

$$l = 12,5$$

$$M = T * l$$

$$M = 8.87 * 12.5$$

$$M = 110 [Kgm]$$

Obteniendo estos resultados y revisando en la tabla de los motores Ampflow seleccionamos el motor Ampflow **E30-400** ya que cuenta con el torque necesario para desplazar el prototipo a si mismo además de llevar una carga de 70Kg, los demás motores no cumplen con las especificaciones necesarias para el prototipo.

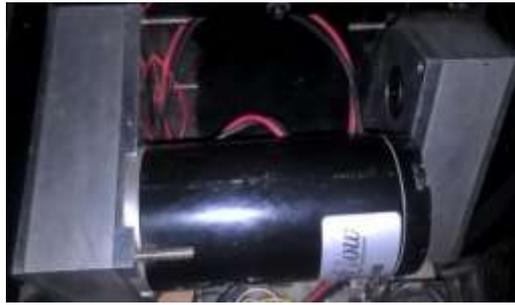


Figura 61.2 Motor dc AmpFlow E30-400 de 24[V]
 Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para que el robot sea funcional y eficiente se requiere empotrar dos motores AmpFlow E30-400 en la parte trasera, uno para cada oruga. Las características y especificaciones se muestran en la tabla 9.2.

Tabla 9.2 Característica y especificaciones del motor AmpFlow E30-400

Características	Especificaciones
Modelo	E30-400
Voltaje nominal	24 [V]
Revoluciones por minuto	680 [RPM]
Potencia	2.1 [HP]
Torque	8.87[Kgm]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Las características y especificaciones de la tabla 9.2 están recomendadas para alimentación de los motores a 24V, los motores también funcionan a 18V y 12V con un rendimiento del 50% menos de las características nominales.

2.12.2. Selección del puente h

Los puentes h son los controladores de dirección y velocidad de los motores, para seleccionar de mejor manera es necesario de los datos de placa del motor como voltaje nominal, y potencia para proceder a calcular la corriente que consumen y de esta forma adquirir un puente h eficiente para el correcto funcionamiento del robot.

2.12.2.1. Cálculos para la selección del puente h

Datos:

Potencia del motor = 2.1 hp

Voltaje del motor = 24 V

$$P = V \times I \quad (\text{Eq. 3.2})$$

$$2.1 \text{ hp} \times \frac{745 \text{ w}}{1 \text{ hp}} = 1575 \text{ [W]}$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1575}{24} = 65.625 \text{ [A]}$$

Para seleccionar el puente h se debe tomar en cuenta la corriente de consumo de los motores que es de 65.625A. El puente h que cumple con esta característica es el Controlador IFI VEX Pro Víctor 885 se muestra en la figura 62.2.



Figura 62.2 Puente H para el control de los motores del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

En la tabla 10.2 se visualiza las especificaciones del controlador IFI VEX Pro Víctor 885.

Tabla 10.2 Características y especificaciones del controlador IFI VEX Pro Víctor 885

Características	Especificaciones
Voltaje de alimentación	24-36 [V]
Corriente nominal	120 [A]
Sobre corriente	200 [A] – 300 [A] durante dos segundos
Tipo de señal	Soporta señal PWM.

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este controlador es independiente es decir uno para cada motor, para su funcionamiento se realiza la alimentación respectiva a 24 V, se conecta los cables del motor a sus respectivas borneras y la señal de PWM conjuntamente con un negativo.

2.12.3. Banco de baterías



Figura 63.2 Banco de baterías para la alineación de los motores del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

El robot funciona a 24V, para lograr este voltaje se necesita de dos baterías 12V conectadas en serie. No obstante, se requiere de baterías independientes para la alimentación y funcionamiento de cada componente electrónico del robot tales como: radio control, cámaras, transmisor y receptor de las cámaras, placa de control, pantallas, inversor dc-a de 12V-110V etc.

2.12.4. *Inversor DC- AC*



Figura 64.2 Inversor DC- AC de 12 V-110V

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

El inversor es de 12V a 110V con una potencia de 500W, este dispositivo electrónico se utiliza en el robot para alimentar las pantallas en base a que funcionan a 110V AC.

2.12.5. *Pantallas para visualizar las imágenes emitidas por el robot*



Figura 65.2 Pantallas empotradas en la base de control del robot

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para una mejor visualización del entorno de trabajo del robot se necesita dos pantallas una para observar la trayectoria del robot y la otra para observar el trabajo que realiza el brazo robótico, las pantallas que se encuentran empotradas en la base de control del robot son de siete pulgadas.

2.12.6. Cámaras



Figura 66.2 Cámara Gopro

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Para una mejor operación por parte del usuario al robot es necesario de dos cámaras una para cada pantalla, esto permite una mejor recopilación de datos del entorno en el cual se encuentra operando el robot.

2.12.7. Transmisor de la cámara

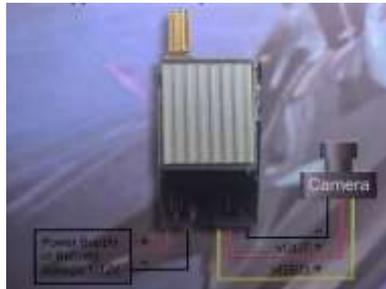


Figura 67.2 Transmisor de la cámara Gopro

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Las características del transmisor son:

- Frecuencia 5645-5945 [Mhz]; ocho canales.
- Formato del video NTSC/PAL.
- Voltaje de alimentación 7-14 [V].
- Corriente 150 [mA].

Este dispositivo está conectado a la cámara Gopro para la transmisión de datos así a la base de control.

2.12.8. *Receptor de la cámara*



Figura 68.2 Receptor de la cámara

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Este dispositivo está empotrado en la base de control del robot conectado a la pantalla para visualizar las respectivas imágenes transmitidas por la cámara Gopro.

2.12.9. *Antena de 20 dBi.*



Figura 69.2 Antena de 20 dBi para aumentar la señal de transmisión de la cámara

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Estas antenas están ubicadas dos en el router y una en la cámara para aumentar la transmisión y recepción de su respectiva señal.

2.12.10. *Base de control del robot*



Figura 70.2 Base de control del robot explorador

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

La base de control del robot está equipada con tecnología de punta para el control del robot y brazo robótico. Contiene dos controles remotos, uno para pilotar el robot y otro para el control de brazo robótico. Además, está equipado con una Raspberry, un convertidor DC-AC con su respectiva batería para alimentar las pantallas en donde se visualizará las imágenes transmitidas por el robot.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

3.1. TAMAÑO MUESTRAL

Para definir el número de muestras se la aplica la ecuación para determinar el tamaño del a muestra para estimar una media estadística.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * \sigma^2}{e^2} \quad (\text{Eq. 1.3})$$

Donde:

- n = número de muestras
- Z_{α} = es 1.96
- σ^2 = variación presentada
- e^2 = error deseado

3.2. PRUEBAS Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

Al finalizar la construcción del robot explorador, se procedió a verificar el funcionamiento de sus diferentes sistemas como: tracción, comunicación, autonomía, estabilidad, brazo robótico. Las pruebas se realizaron en ambientes controlados detallados en el siguiente escenario.

3.3. ESCENARIO

El robot móvil tipo oruga para exploración en terrenos irregulares bajo las condiciones de diseño fue probado en un escenario bajo las siguientes características.

3.3.1. Lugar del escenario

Las pruebas del prototipo se realizaron en la ciudad de Riobamba en el parque del estudiante de dimensiones (170m x 170m), ubicado en los interiores de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, bajo condiciones climáticas normales a 18°C en un día despejado a 2750 msnm como se muestra en la figura 1.3.



Figura 1.3. Parque del estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
 Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

3.4. UBICACIÓN DE LA BASE DE CONTROL



Figura 2.3. Ubicación de la base de control del prototipo en el Parque del estudiante ESPOCH
 Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

La ubicación de la base de control se establece en las coordenadas de latitud -1.657386 S y longitud de -78.678640 W con el fin de ejecutar las pruebas de la misma, ya que desde esta posición permite la amplia visualización de toda la extensión del parque.

3.4.1. Características del suelo

El terreno del parque del estudiantado presenta varias características respecto a la composición y obstáculos presentes en el suelo, las mismas que son tomadas en cuenta para la ejecución de las pruebas a las cuales debe estar sometido. Estos suelos se pueden enumerar y clasificar de la siguiente manera:

- Suelo arenoso
- Suelo irregular (lastrado).
- Suelo con inclinación
- Hormigón.
- Obstáculos como cavidad hueca, piedras, escombros de árboles, etc.

Bajo estas condiciones de cada uno de los suelos el prototipo es evaluado.

3.4.2. Ambiente de transmisión

La transmisión desde la estación base de control hacia el prototipo es ejecutado en un abierto sin interferencias de transmisión directa, y una distancia máxima de 240 metros medidos desde el punto de ubicación de la estación de control. Figura 3.3.



Figura 3.3. Ambiente para las pruebas de transmisión del prototipo.

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Las tecnologías de comunicación que se utilizan son:

- **Wifi 2.4 Ghz.** – **El estándar de** comunicación inalámbrico 802.11 o Wifi se usa para transmisión de información de la cámara IP la cual se enlaza a través del direccionamiento estático y procesado por el enrutador instalado. La parte física de transmisión original es reemplazada por una antena omnidireccional de potencia de 20dBi con el fin de incrementar el alcance de transmisión y cobertura.
- **Wimax 5.8 Ghz.**- El transmisor de video de la cámara Gopro usa el estándar de comunicación inalámbrico 802.16 o Wimax, según el fabricante (Anexo I) indica que su máxima transmisión de video es de 2Km en condiciones normales es decir en línea de vista directa.
- **Radio Control 2.4Ghz.** - El radio control utilizado en el control de tracción y manipulación del brazo robótico el mismo que tiene una potencia de 26dBm. Ver (Anexo J).

3.4.3. *Autonomía del prototipo del modo de tracción*

El robot tipo oruga está alimentado con dos baterías secas de 12V - 17 Ah, conectadas en serie, proporcionando una alimentación de 24V. Las características mencionadas satisfacen las necesidades eléctricas para el funcionamiento de la oruga.

La autonomía del prototipo depende del torque generado por los motores utilizados, los cuales entregan 87 Nm con 680 RPM a 24V sin carga.

3.4.4. *Estabilidad de la plataforma*

Las pruebas de estabilidad se realizaron en pendientes con variaciones entre 0°- 45° encontradas dentro del parque. Las pruebas de giro se realizaron en un escenario plano de hormigón e inclinado.

3.4.5. *Brazo robótico*

El brazo robótico situado sobre la plataforma del robot ejecuta movimientos de cuatro GDL elevando diferentes objetos de pesos variados.

3.5. PRUEBAS

Las pruebas para determinar el correcto funcionamiento de cada sistema del prototipo se han ejecuta bajo las condiciones descritas en los escenarios anteriores.

3.5.1. Sistema de Tracción

En cada tipo de terreno a 20 metros los resultados obtenidos son los siguientes :

Tabla 1.3. Datos en tiempo [s] d demora el robot en cruzar diferente terrenos para probar el sistema de tracción

Tipo de terreno	Tiempo [s]
Suelo arenoso	17 [s]
Suelo irregular (lastrado).	14 [s]
Suelo con inclinación	16 [s]
Hormigón.	12 [s]
Obstáculos.	22 [s]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

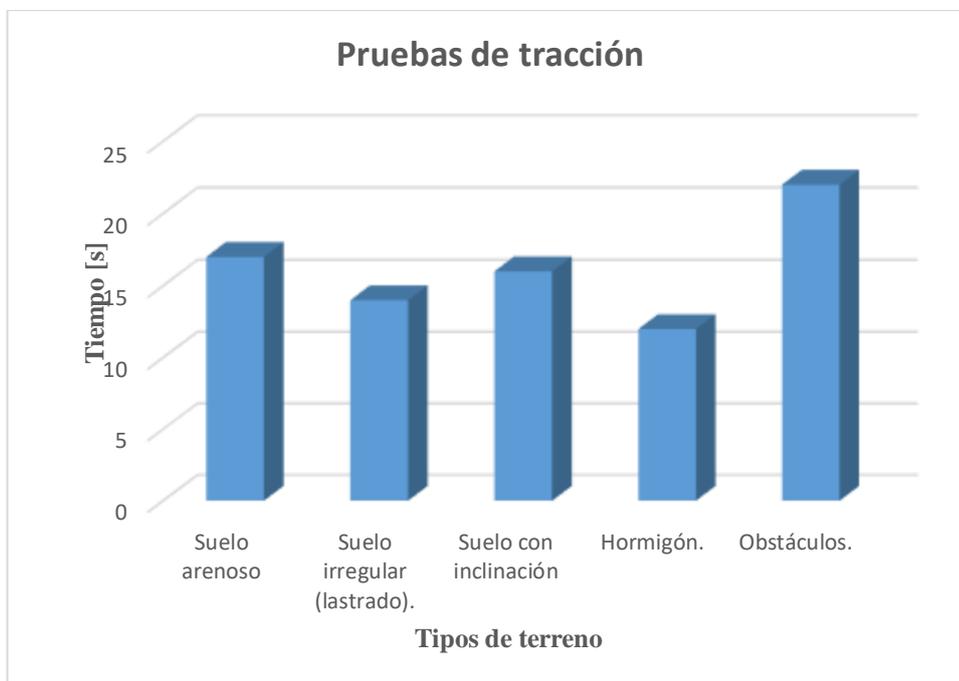


Gráfico 1.3. Resultado de la prueba de tracción

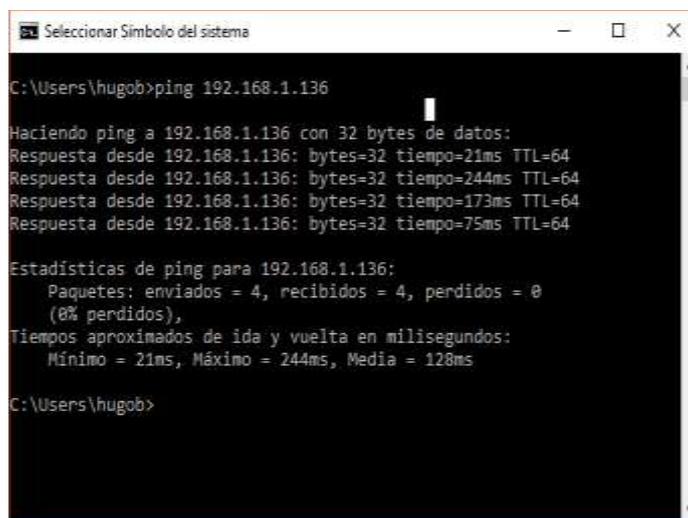
Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Al realizar las pruebas en el escenario propuesto se observó que el sistema de tracción logro atravesar en todos los tipos de terreno propuestos mostrando variaciones en el tiempo de llegada como se visualiza en el grafico 1.3.

3.5.2. Sistema de Comunicaciones

3.5.2.1. Wifi Omnidireccional

Las pruebas de comunicación se realizaron a diferentes distancias como se muestra en la figura 4.3 y figura 5.3.



```
Selecionar Símbolo del sistema
C:\Users\hugob>ping 192.168.1.136

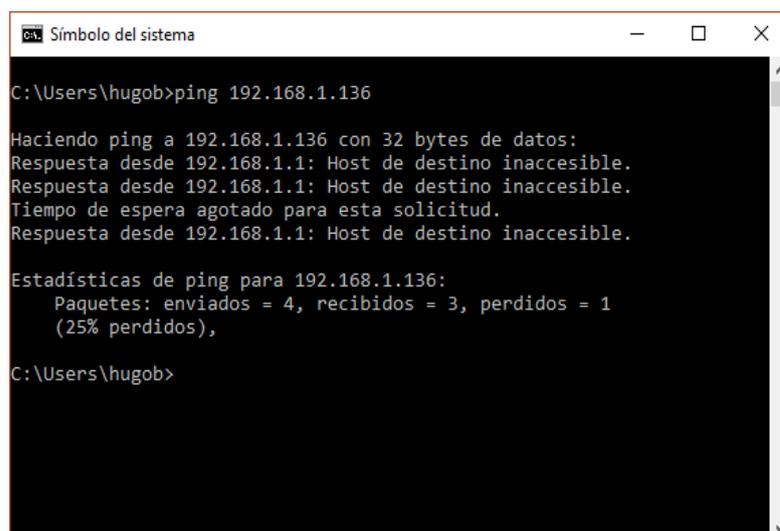
Haciendo ping a 192.168.1.136 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.136: bytes=32 tiempo=21ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.136: bytes=32 tiempo=244ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.136: bytes=32 tiempo=173ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.136: bytes=32 tiempo=75ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.136:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 21ms, Máximo = 244ms, Media = 128ms

C:\Users\hugob>
```

Figura 4.3. Ping a la cámara IP de la cámara a una Distancia de 50 – 200 [m]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016



```
Símbolo del sistema
C:\Users\hugob>ping 192.168.1.136

Haciendo ping a 192.168.1.136 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: Host de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Host de destino inaccesible.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 192.168.1.1: Host de destino inaccesible.

Estadísticas de ping para 192.168.1.136:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 3, perdidos = 1
              (25% perdidos),

C:\Users\hugob>
```

Figura 5.3. Ping a la cámara IP de la cámara a una distancia de 250 [m]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Se demuestra que a 250m la comunicación es inalcanzable ya que el alcance de transmisión de la Wifi es limitado por lo que la transmisión de video se garantiza hasta los 200m.

Tabla 2.3. Datos [m] del terrenos para comprobar el sistema de comunicación Wifi del prototipo

Distancia [m]	Resultado de conexión
50	Si (x) No ()
100	Si (x) No ()
150	Si (x) No ()
200	Si (x) No ()
250	No hay respuesta

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

3.5.2.2. Radio control

Al utilizar la tecnología Wifi, el radio control posee las mismas características de comunicación a 2.4 GHz. Por lo que los resultados obtenidos son los mismos para este sistema de comunicación.

3.5.2.3. Wimax

A diferencia del estándar de comunicación inalámbrico Wifi, Wimax posee características de transmisión a mayor distancia (Ver Anexos I). Se ejecuta las pruebas en la transmisión bajo los mismos valores evaluados en wifi y se comprueba su comunicación. Ver Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Datos m del terrenos para comprobar el sistema de comunicación wimax del prototipo

Distancia [m]	Resultado de conexión
50 [m]	Si (x) No ()
100 [m]	Si (x) No ()
150 [m]	Si (x) No ()
200 [m]	Si (x) No ()
250 [m]	Si (x) No ()

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Los datos obtenidos mostraron que la trasmisión de video se realizó con éxito en todas las distancias de prueba.

3.5.3. Sistema de autonomía del banco de baterías

La autonomía de las baterías depende de potencia necesaria para atravesar los obstáculos en los diferentes tipos de suelos del escenario, así, se obtiene el tiempo de autonomía máxima del prototipo en minutos. Ver tabla 4.3.

Tabla 4.3. Datos en [min] para comprobar la duración el banco de baterías del robot

Tipo de terreno	Resultado
Suelo arenoso	12 [min]
Suelo irregular (lastrado).	20 [min]
Suelo con inclinación	10 [min]
Hormigón.	25 [min]
Obstáculos.	7 [min]

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

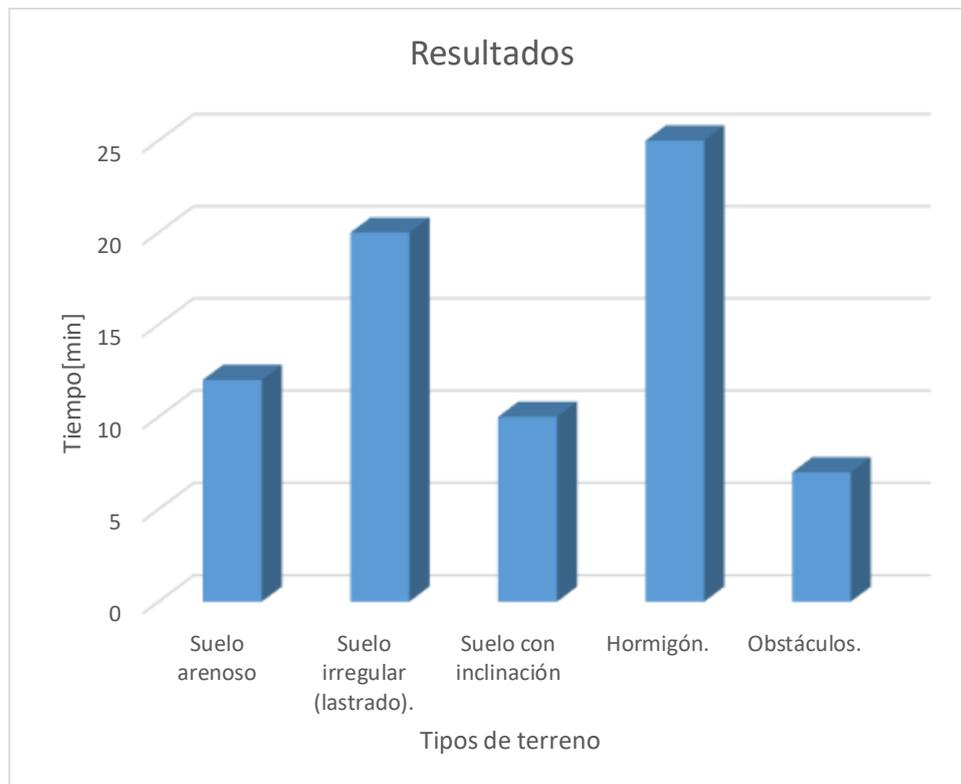


Gráfico 2.3. Resultado de las pruebas de la autonomía de la batería

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Los resultados obtenidos muestran que la duración de la batería se ve afectada por las dificultades que presenta cada tipo de terreno obteniendo una mayor duración en terrenos de hormigón en base a que su consumo de energía es menor. No obstante, en terrenos que presentan obstáculos se tiene un mayor consumo de energía lo que implica una menor duración en la carga de la batería.

3.5.4. Sistema de Estabilidad de la plataforma

3.5.4.1. Estabilidad en terrenos inclinados

Bajo el rango de inclinación de 10° a 50° los resultados obtenidos son los siguientes: Ver tabla 6.3

Tabla 5.3. Datos en grados de inclinación del terreno para probar la estabilidad del prototipo.

Grado de inclinación del terreno	Resultado de estabilidad
10°	Si (x) No ()
20°	Si (x) No ()
30°	Si (x) No ()
40°	Si (x) No ()
50°	Si () No (x)

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Los resultados de las pruebas realizadas muestran una estabilidad de la plataforma hasta los 40° de inclinación del terreno no obstante al ser una pendiente mayor se produjo un volcamiento de la plataforma hacia atrás.

3.5.4.2. Estabilidad en los giros de alta velocidad

La prueba de estabilidad se realizó girando el robot a su máxima velocidad en terreno plano de hormigón, los resultados obtenidos son los esperados. Ver Tabla 7.3.

Tabla 6.3. Datos en grados de giro del robot para probar la estabilidad del prototipo.

Grado de giro del robot	Resultado
90°	Si (x) No ()
180°	Si (x) No ()
270°	Si (x) No ()
360°	Si (x) No ()

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Los resultados de las pruebas de giro a máxima velocidad demostraron estabilidad en todos sus ángulos de giro sin producirse volcamiento o levantamiento de la plataforma.

3.5.5. Sistema del Brazo robótico

3.5.5.1. Prueba de levantamiento de cargas

Las pruebas del levantamiento de cargas se las realizo con diferentes pesos como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 7.3. Datos en [lb] para probar la capacidad de levantamiento de objetos según su peso

Peso[lb]	Resultado
5	Si (x) No ()
10	Si (x) No ()
15	Si (x) No ()
20	Si (x) No ()
30	Si (x) No ()
>30	Si () No (x)

Realizado por: Roberto Borja & Hugo Bravo, 2016

Los resultados de las pruebas demostraron la capacidad de carga que puede levantar el brazo robótico no obstante cuando la carga sobre pasa las 30 libras la plataforma se empieza a elevar en su parte contraria al brazo robótico.

CONCLUSIONES:

- El diseño e implementación del robot móvil tipo oruga para exploración en terrenos irregulares cumple con todas las pruebas de funcionamiento que demanda este tipo de dispositivos tecnológicos como: el desplazamiento en terrenos irregulares en diferentes superficies demostrando estabilidad.
- La tracción de tipo oruga del robot demuestra tener, mayor adaptabilidad a cada uno de los terrenos que fueron seleccionados para las pruebas, logrando obtener una mayor estabilidad en la plataforma.
- El circuito de mando que utiliza el robot para el acondicionamiento de los sensores permite obtener las revoluciones por minuto que nos entrega el motor y la temperatura interna del robot permitiendo monitorear el estado del prototipo.
- Los dispositivos seleccionados que conforman los sistemas de control, comunicación y potencia operan normalmente estableciendo el buen funcionamiento del prototipo.
- El brazo robótico extendido, para la manipulación de objetos, tiene un alcance máximo de ciento diez centímetros, en base a su diseño, y una capacidad de carga de hasta treinta libras.
- EL tiempo de funcionamiento del prototipo se ve afectado de forma inversamente proporcional a la energía necesaria en el instante de superar obstáculos presentes en los diferentes terrenos.
- El prototipo demuestra un correcto funcionamiento de todos sus sistemas evaluado bajo los escenarios propuestos.

RECOMENDACIONES:

- El brazo robótico demuestra una capacidad de carga hasta de treinta libras siendo necesario utilizar un contrapeso en su extremo para el caso de una carga mayor.
- El controlador de potencia para el control de los motores se debe dimensionar de acuerdo a la potencia del motor para evitar que el dispositivo sufra daños.
- Las pruebas del prototipo fueron realizadas en ambientes abiertos con línea de vista directa, en ambientes cerrados sin línea de vista se sugiere implementar una estación base como repetidora de comunicaciones o utilizar otro tipo de tecnología de comunicación.
- En el instante de proceder a tele-operar el robot se debe tener precaución con el sistema de tracción ya que puede causar daños a personas que se encuentre como obstáculos en su desplazamiento hacia su objetivo.
- La fabricación del circuito impreso para el control del robot debe ser robusto, tomando en cuenta el dimensionamiento de las pistas y las soldaduras de las mismas, para evitar el levantamiento por sobre-corriente.

BIBLIOGRAFÍA

- **Bonell Sanchez, Marc. 2011.** Diseño y construcción de un robot humanoide [en línea] (Tesis Pregrado). Universidad Politécnica de Catalunya (UPC).Barcelona-España. 15 de Junio de 2011.p.40.[Consultado el: 14 de agosto 2016]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12840/Mem%C3%B2ria%20t%C3%A8cnica.pdf>.
- **Cadena Contreras, Raul Hernando & Moreno Bernal, Jhonattan Fredy.** Diseño y construcción de una plataforma robótica cooperativa basada, en el sistema enbebido primer-2 para la gestión y manejo de inventarios. [en línea] (Tesis Pregrado) Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. Bucaramanga .2011. p.55 [Consultado el: 20 de Agosto de 2016.].Disponible en: <file:///C:/Users/pc/Desktop/Libros%20de%20Robotica/tesis%20bucaramanga.pdf>.
- **H.Rashid, Muhammad.** *Mosfet de potencia.* México : Pearson Educación, 2000, pp.137.
- **Landa Cosio & Nicolás Arrijoja.** *Concepto de engranajes.* Bamfield-Lomas de Zamora: Gradi Alfaomega, 2010 p.73.
- **McCOMB Gordon.** *La robótica al rescate.* 4ª ed. Madrid : Estribor S.L, 2012 pp.5-6.
- **Ollero Baturone, Aníbal.** *Robots manipuladores.* 4ª ed .Sevilla : Marcombo Editores, 2001 p.5.
- **Reyes Cortés, Fernando.** *Concepto de Robótica.* .México : Alfaomega Grupo Editor.S.A.de C.v..Mexico, 2011, pp.3-9.

ANEXOS



Anexo A. Pruebas del brazo robótico



Anexo B. Vista isométricos del robot explorador.



Anexo C. Robot explorador con el brazo extendido.



Anexo D. Vista superior del robot explorado.



Anexo E. Vista frontal del robot explorado.



Anexo F. Vista isométrica del robot explorado.



Anexo G. Vista lateral derecha del robot explorado.



Anexo H. Vista posterior del robot explorado.

RC832

Instruction Manual

Specification:

1. Technical specification

RC832 5.8GWireless receiver	Sensitivity	≤-90dBm
	Working Frequency	ISM 5.8GHz
	Available Channel	32CH
	Power supply	DC 12V
	Consumption Current	200mA, Max.
	Antenna Input Impedance	50ohm Typ.
	Antenna Connector	SMA
	Antenna Gain	2dBi
	Video Output Level	1.0Vp-p Typ, 75Ω
	Audio Output Level	1.0Vp-p Typ, 10KΩ
	Audio Carrier	6.5MHz
	Type Standard	NTSC/PAL
	Dimension (L x W x H)	80x65x15 mm
	Weight	85 g

Anexo I Hoja de datos del receptor RC 832

6. Transmitter parameters

- *Channels: 6
- *Charger port: Yes
- *Frequency band: 2.4GHz
- *Simulator port: PS-2
- *Power resource: 1.5V*8 "AA" Battery
- *Program type: GFSK
- *Modulation type: FM
- *RF power: 19db
- *Static current: \approx 250mA
- *Voltage display type: LED
- *Size: 189*97*218mm
- *Weight: 575g
- *Color: black
- *Antenna length: 26mm
- *Heli-140/Heli-120/Heli-90/Acro
- *Sub Trim: Yes
- *Thro Cuv: Programmable
- *Pitch Cuv: Programmable (Pitch curve)
- *Support multiple user model
- *Support trim movement
- *Support rudder angle overturned (Sorry, this is too strange to even guess about - DBacon)
- *Support rudder angle adjustment
- *Support both hand software adjustment (Mode setup)
- *Support swashplate adjustment
- *Support programmable channel output

7. Receiver parameters

- *Channels: 6
- *Frequency band: 2.4GHz
- *Power resource: 1.5V*4 "AA" Battery
- *Program type: GFSK
- *Modulation type: FM
- *RF Receiver sensitivity: 76db
- *Static current: \approx 85mA
- *Size: 45*23*13.5mm
- *Size: 25*16.8*6.5mm
- *Weight: 12g
- *Color: Gray semi-transparent
- *Antenna length: 26mm

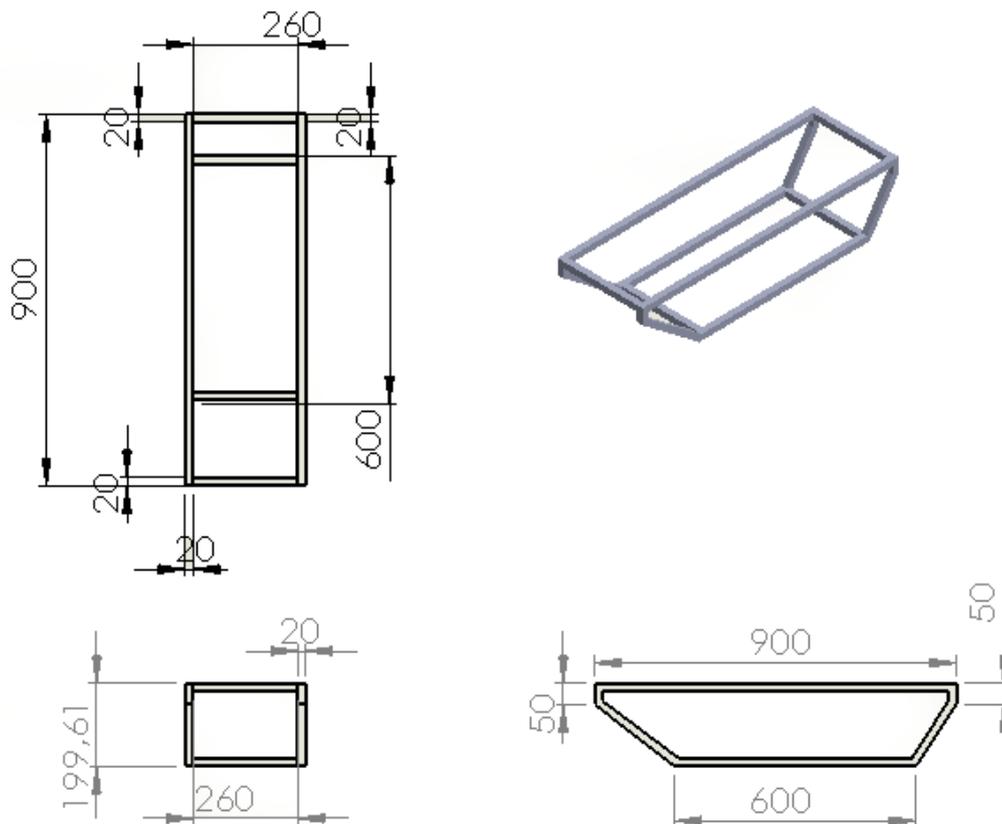
Anexo J Hoja de datos del radio control T6

RESORTES HEFTY: CARGA PESADA (COLOR NEGRO)

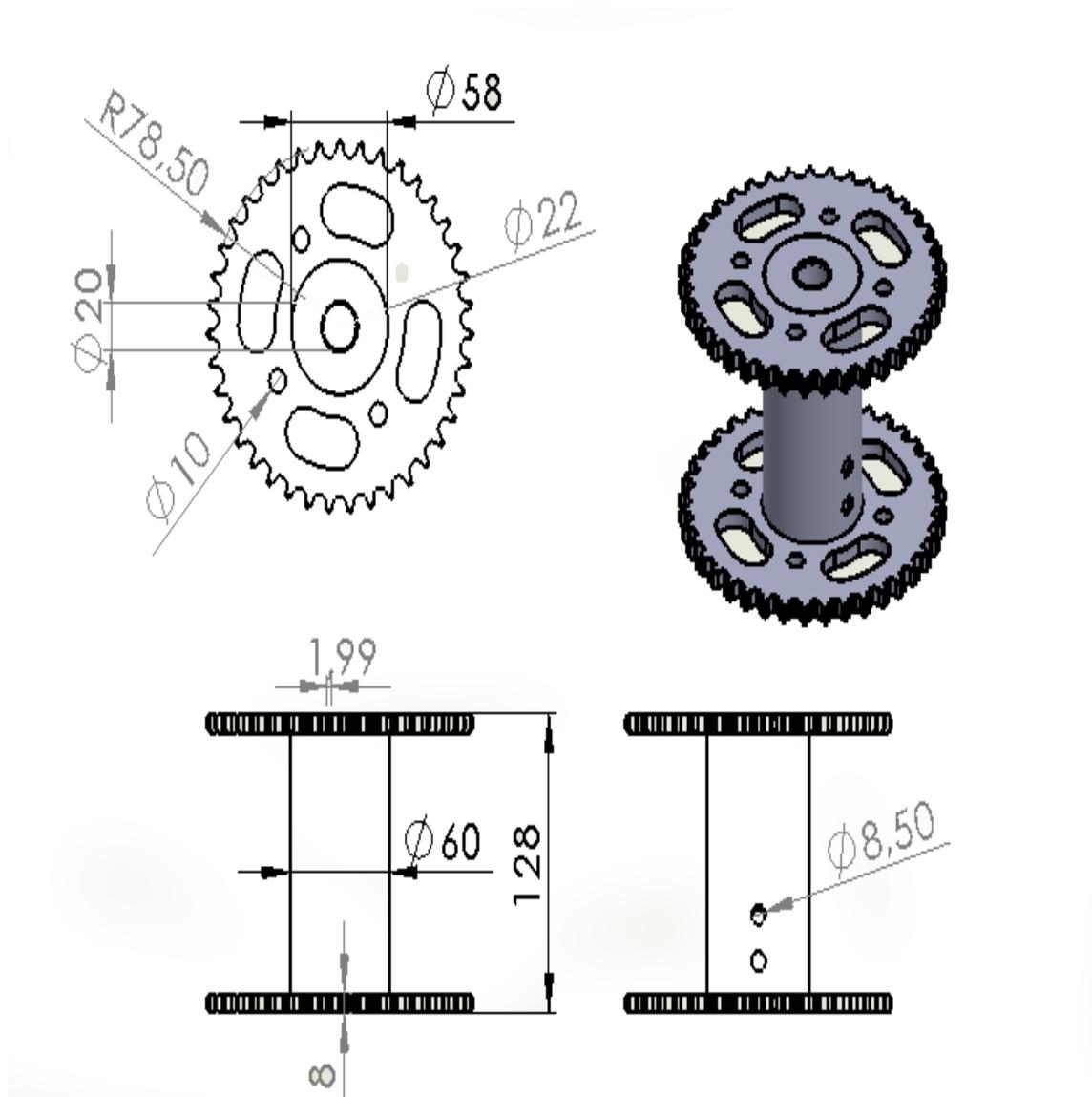
ALAMBRE REDONDO • Alambre de Piano (M) o Cromo Silicio (C) [Rango Ideal de Funcionamiento: 15% a 20% de Longitud sin Carga]

NUMERO DE PARTE LEE	DIAMETRO DEL AGUJERO		DIAMETRO DEL PERNO		DIAMETRO* EXTERIOR	MATERIAL	DIAMETRO DEL ALAMBRE		LONGITUD SIN CARGA		CARGA A DEFLEXION DEL 30%		CONSTANTE		ALTURA SOLIDA	
	PULG.	MM	PULG.	MM			PULG.	MM	PULG.	MM	PULG.	MM	LBS.	KG	LBS/PULG.	KG/MM
LHL 1000C 01					.975 24.77		.170 4.32	1	25.40	330.00	149.39	1100.0	19.643	.700	17.78	
LHL 1000C 02					.965 24.52		.177 4.50	1 1/4	31.75	375.00	170.10	1000.0	17.858	.865	21.97	
LHL 1000C 03					.915 23.24		.177 4.50	1 1/2	38.10	405.00	183.71	900.0	16.072	1.045	26.54	
LHL 1000C 04					.890 22.61		.177 4.50	1 3/4	44.45	420.00	190.51	800.0	14.286	1.220	30.99	
LHL 1000C 05					.915 23.24		.183 4.65	2	50.80	441.00	200.04	735.0	13.126	1.395	35.43	
LHL 1000C 06					.935 23.75		.187 4.75	2 1/2	63.50	442.50	200.72	590.0	10.536	1.715	43.56	
LHL 1000C 07	1	25.40	1/2	12.70	.935 23.75	C	.187 4.75	3	76.20	432.00	195.95	480.0	8.572	2.020	51.31	
LHL 1000C 08					.935 23.75		.187 4.75	3 1/2	88.90	420.00	190.51	400.0	7.143	2.350	59.69	
LHL 1000C 09					.935 23.75		.187 4.75	4	101.60	414.00	187.79	345.0	6.161	2.660	67.56	
LHL 1000C 10					.935 23.75		.187 4.75	4 1/2	114.30	411.75	186.77	305.0	5.447	2.960	75.18	
LHL 1000C 11					.960 24.38		.192 4.88	5	127.00	427.50	193.91	285.0	5.090	3.300	83.82	
LHL 1000C 12					.960 24.38		.192 4.88	5 1/2	139.70	429.00	194.59	260.0	4.643	3.580	90.93	
LHL 1000C 13					.960 24.38		.192 4.88	6	152.40	423.00	191.87	235.0	4.197	3.915	99.44	
LHL 1000C 14					.960 24.38		.192 4.88	7	177.80	420.00	190.51	200.0	3.572	4.524	114.91	
LHL 1250C 01					1.190 30.23		.225 5.72	1 1/2	38.10	607.50	275.56	1350.0	24.108	1.045	26.54	
LHL 1250C 02					1.190 30.23		.225 5.72	1 3/4	44.45	577.50	261.95	1100.0	19.644	1.185	30.10	
LHL 1250C 03					1.190 30.23		.225 5.72	2	50.80	600.00	272.16	1000.0	17.858	1.380	35.05	
LHL 1250C 04					1.190 30.23		.234 5.94	2 1/2	63.50	682.50	309.58	910.0	16.251	1.740	44.20	
LHL 1250C 05					1.180 29.97		.234 5.94	3	76.20	675.00	306.18	750.0	13.394	2.060	52.32	
LHL 1250C 06	1 1/4	31.75	5/8	15.88	1.200 30.48	C	.243 6.17	3 1/2	88.90	750.75	340.54	715.0	12.768	2.435	61.85	
LHL 1250C 07					1.195 30.35		.243 6.17	4	101.60	750.00	340.20	625.0	11.161	2.755	69.98	

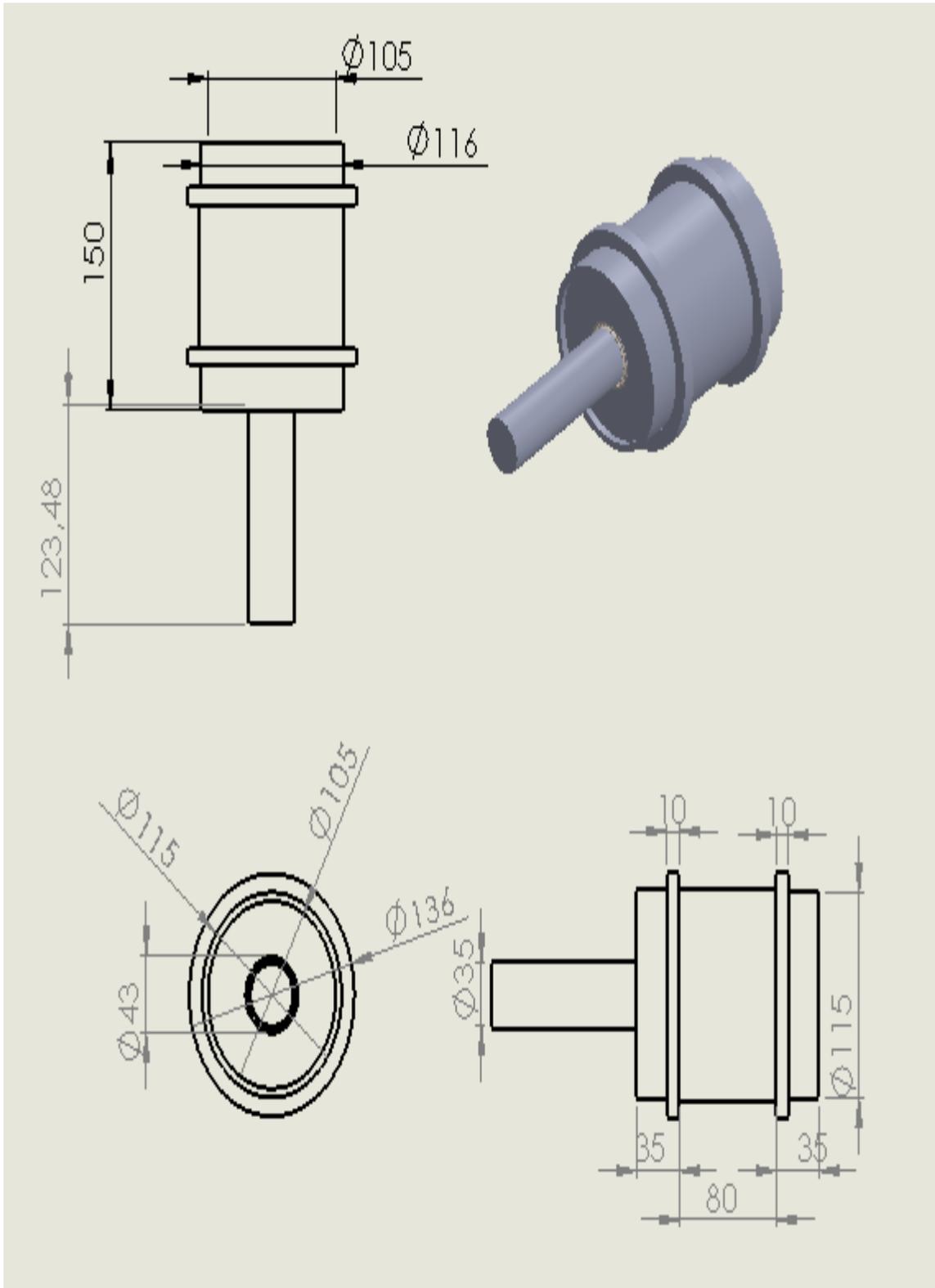
Anexo K Hoja de datos del resorte de la suspensión



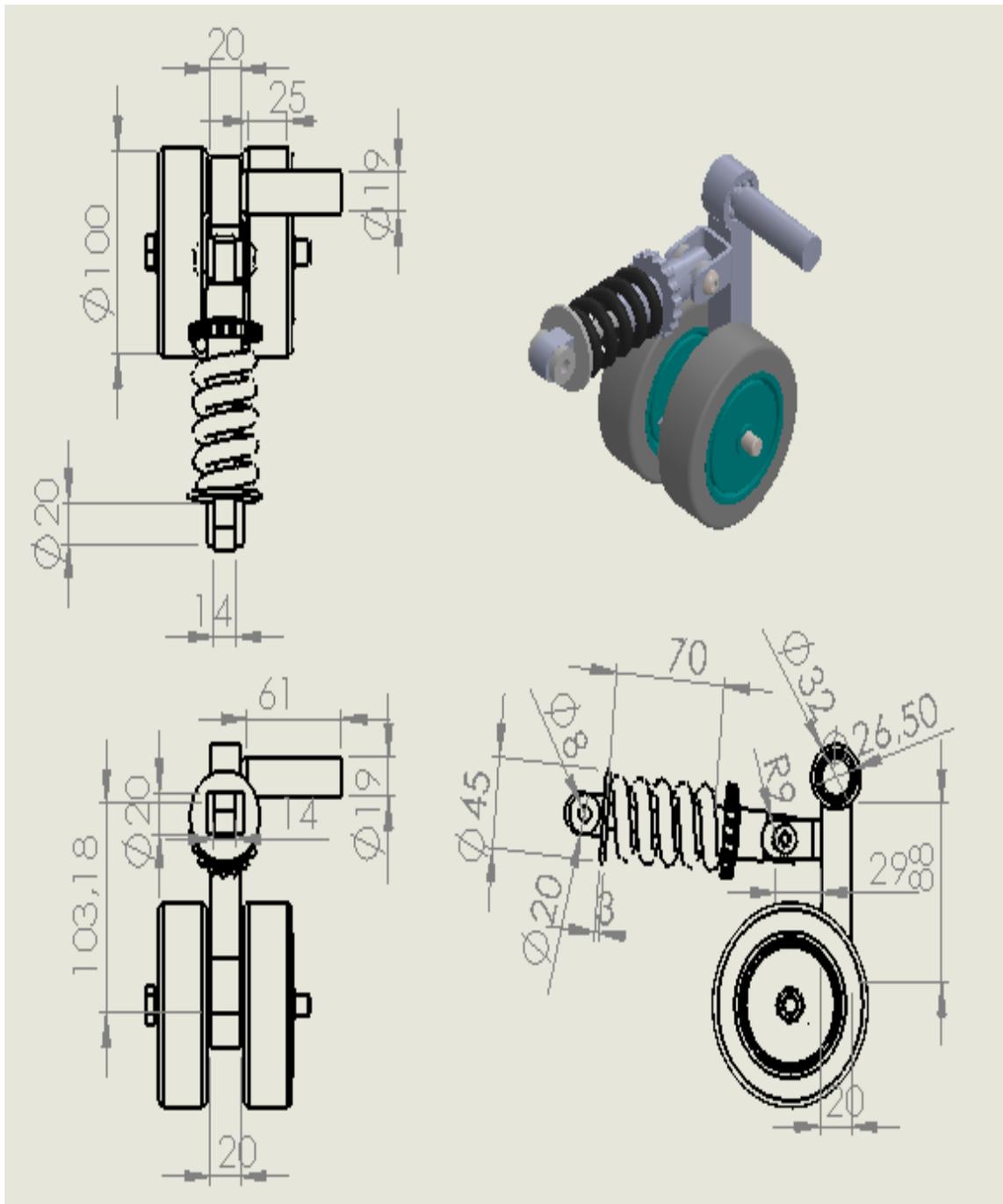
Anexo L Vistas estándar del chasis del robot.



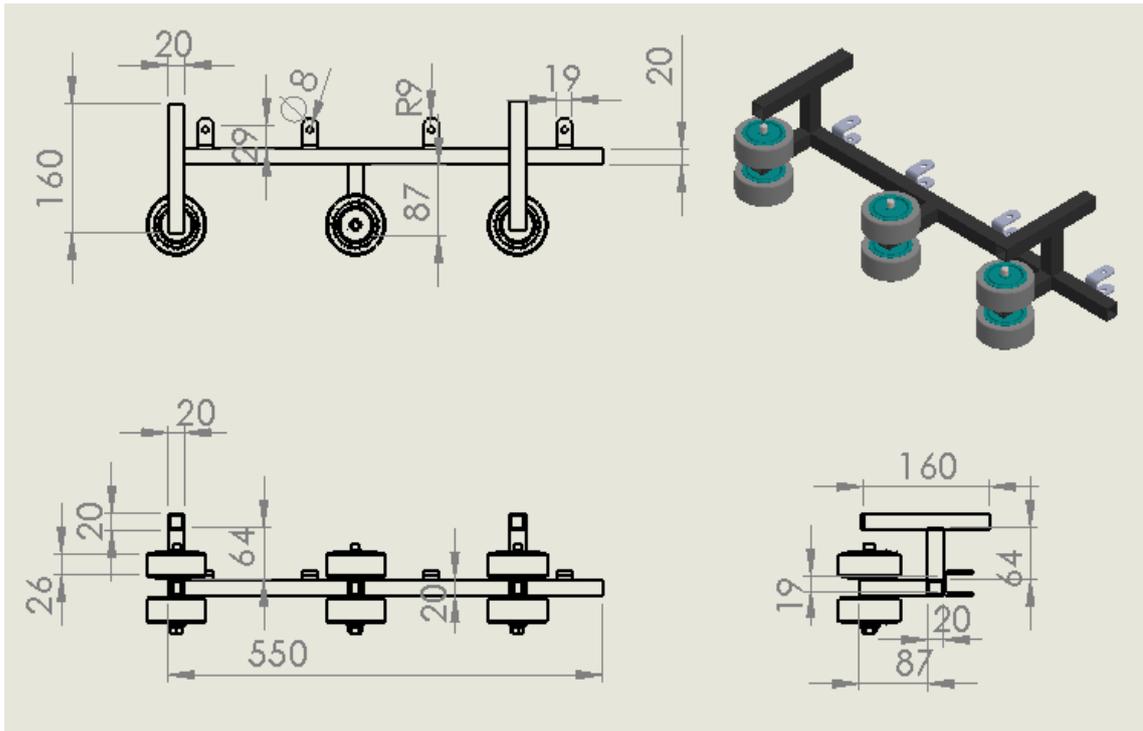
Anexo M Vistas estándar del sistema de tracción del robot.



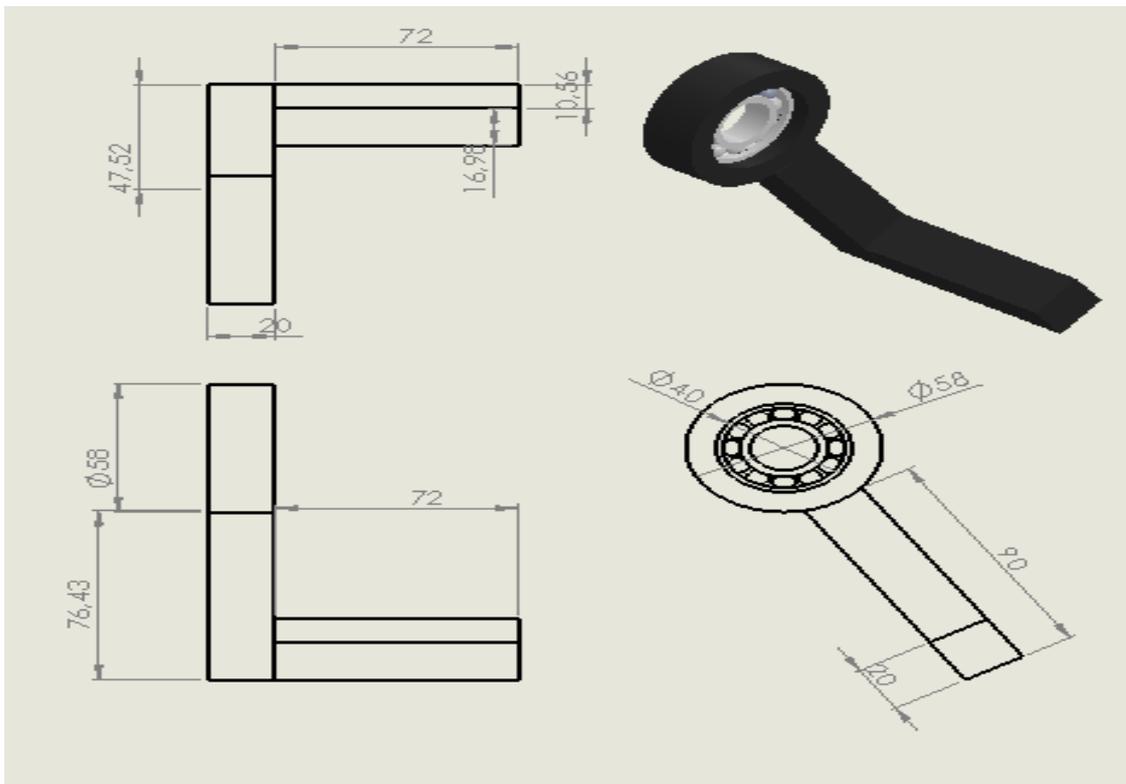
Anexo N Vistas estándar del rodillo frontal del robot.



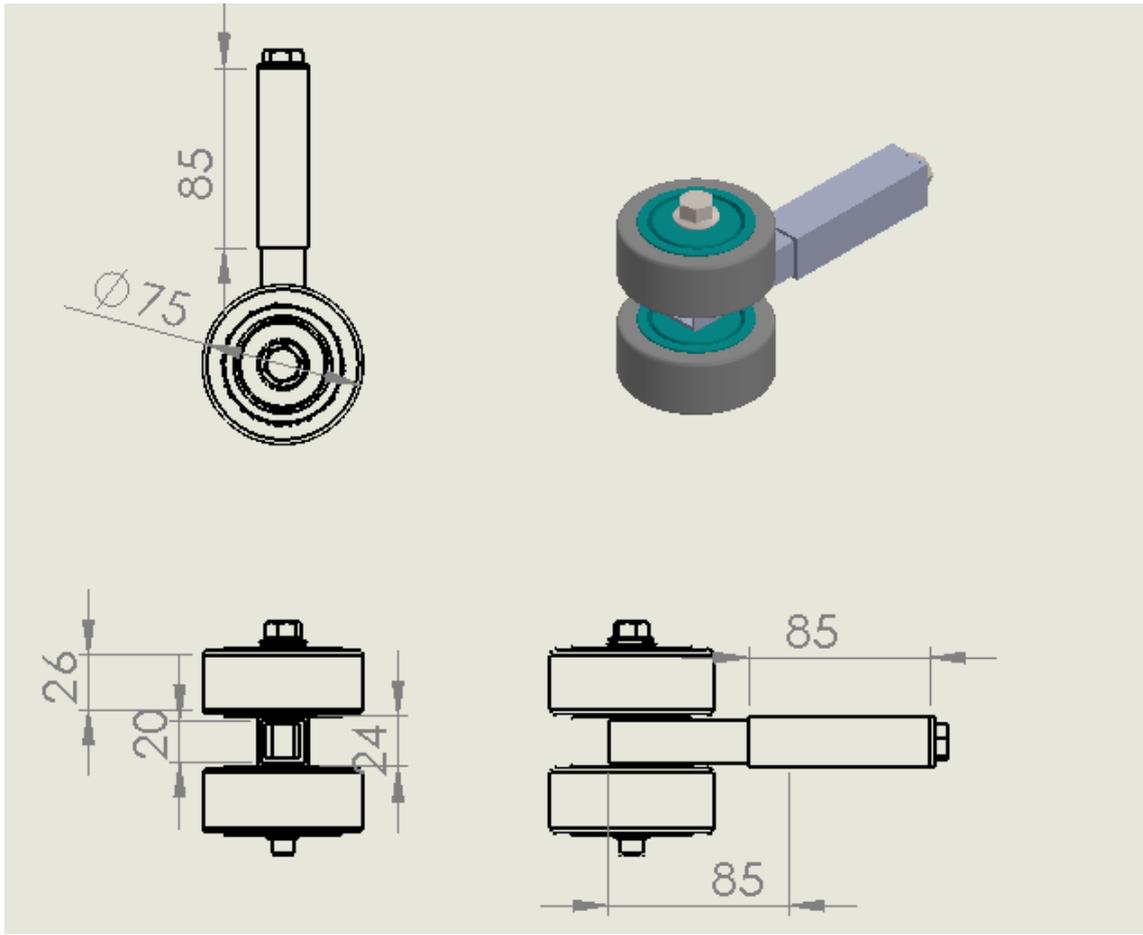
Anexo O Vistas estándar del sistema de suspensión del robot.



Anexo P Vistas estándar del soporte de la suspensión y base del tren de llantas del robot.



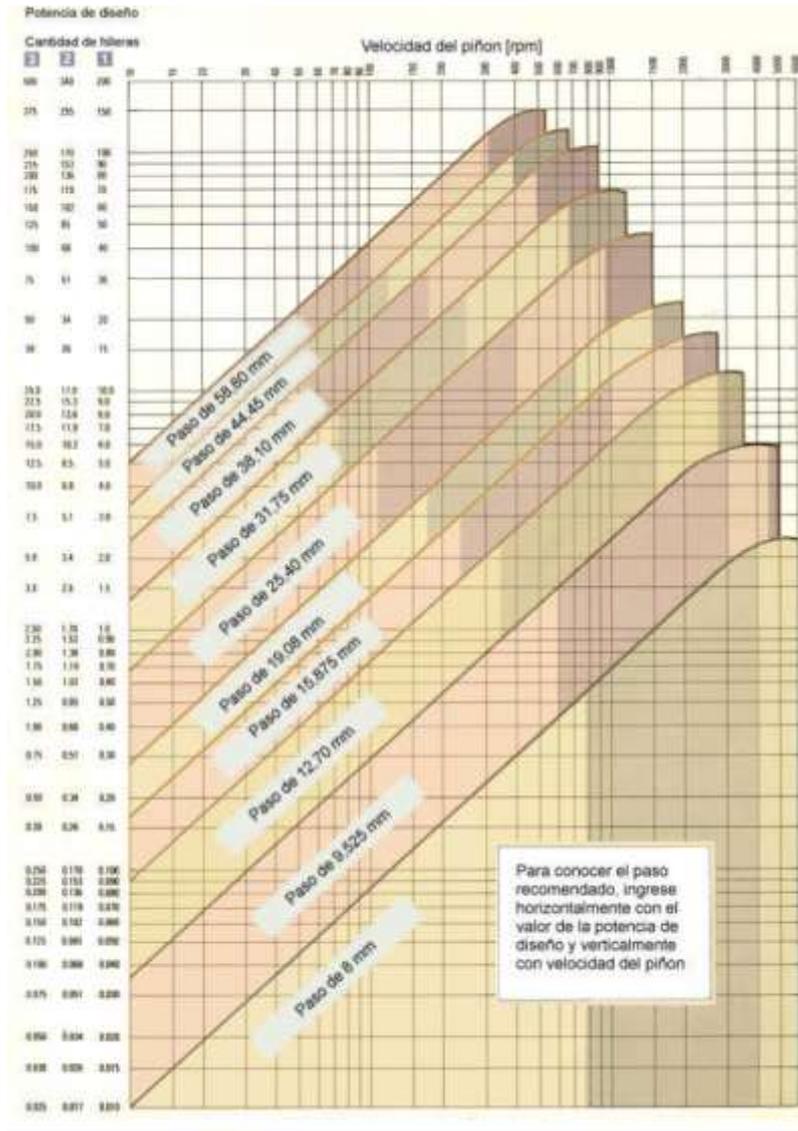
Anexo Q Vistas estándar acotadas del soporte para la tracción de la oruga del robot.



Anexo R Vistas estándar del templador de la oruga del robot.

Type	High-Performance		Mid-Range		Economy	
Model	A28-400-G	A28-150-G	F30-400-G	F30-150-G	E30-400-G	E30-150-G
Peak Horsepower	4.3	3.0	2.5	2.3	2.1	1.0
Motor Diameter (inches)	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1
Reduction Ratio	8.3:1	8.3:1	8.3:1	8.3:1	8.3:1	8.3:1
Stall Torque (in-lbs)	1930	1020	1160	710	770	360
Nominal Voltage	24*	24*	24*	24*	24*	24*
No-Load RPM	580	720	540	830	680	670
Pounds	10.4	7.3	11.8	8.2	9.4	7.1
Price	\$579	\$489	\$439	\$389	\$289	\$259
Pictures	A28-400-G	A28-150-G	F30-400-G	F30-150-G	E30-400-G	E30-150-G
Drawings	A28-400-G	A28-150-G	F30-400-G	F30-150-G	E30-400-G	E30-150-G
Performance Charts	A28-400-G	A28-150-G	F30-400-G	F30-150-G	E30-400-G	E30-150-G
Order	Add to Cart					

Anexo S Tipos de motores Ampflow



Anexo T Tabla estandarizada para selección de cadena

No. de Dientes	Número de Parte	Diámetro Exterior	Tipo	Barreno (Pulg.)		Maza (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
				Piloto	Barreno Máximo	Diámetro	Largo Total	
7		3.350						
8	100B8	3.770	B	1	1½	2¼★	1¼	2.3
9	100B9	4.180	B	1	1½	2¼★	1¼	3.2
10	100B10	4.600	B	1	1½	3¼★	1¼	4.1
11	100B11	5.010	B	1	2¼	3¼★	1¼	5.3
12	100B12	5.420	B	1	2¼	4★	1¼	6.4
13	100B13	5.820	B	1	2¼	3¼	1¼	6.6
14	100B14	6.230	B	1¼	2¼	4¼	1¼	7.4
15	100B15	6.630	B	1¼	3	4¼	1¼	9.2
16	100B16	7.030	B	1¼	3	4¼	1¼	9.9
17	100B17	7.440	B	1¼	3	4¼	1¼	10.8
18	100B18	7.840	B	1¼	3	4¼	1¼	11.5
19	100B19	8.240	B	1¼	3	4¼	2	13.1
20	100B20	8.640	B	1¼	3	4¼	2	14.2
21	100B21	9.040	B	1¼	3	4¼	2	15.3
22	100B22	9.440	B	1¼	3	4¼	2	16.1
23	100B23	9.840	B	1¼	3	4¼	2	17.2
24	100B24	10.250	B	1¼	3	4¼	2	19.2
25	100B25	10.650	B	1¼	3	4¼	2	19.5
26	100B26	11.050	B	1¼	3¼	5	2	21.7
27	100B27	11.440	B	1¼	3¼	5	2	23.0
28	100B28	11.840	B	1¼	3¼	5	2	24.4
29	100B29	12.240	B	1¼	3¼	5	2	25.0
30	100B30	12.640	B	1¼	3¼	5	2	26.9
31		13.040						
32	100B32	13.440	B	1¼	3¼	5	2	29.8
33		13.840						
34		14.240						
35	100B35	14.640	B	1¼	3¼	5	2¼	36.9
36	100B36	15.040	B	1¼	3¼	5	2¼	38.6
37		15.440						
38	100B38	15.840	B	1¼	3¼	5	2¼	41.5
39	100B39	16.230	B	1¼	3¼	5	2¼	43.8
40	100B40	16.630	B	1¼	3¼	5	2¼	46.9
41		17.030						
42	100B42	17.430	B	1¼	3¼	5	2¼	50.4

Anexo U Selección de rueda dentada