



Implementación de un sistema de control electrónico para el sistema de tracción de un banco de entrenamiento de maquinaria pesada para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la unidad de gestión de tecnologías

Paredes Villacis, Marlon Estiven

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica automotriz

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Ing. León Almeida, Jaime Eduardo

7 de septiembre del 2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación De Un Sistema De Control Electrónico Para El Sistema De Tracción De Un Banco De Entrenamiento De Maquinaria Pesada Para La Carrera De Tecnología Superior En Mecánica Automotriz De La Unidad De Gestión De Tecnologías”** fue realizado por el señor **Paredes Villacis Marlon Estiven** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, septiembre del 2020

Ing. León Almeida, Jaime Eduardo

C. C. 1720091238

PORCENTAJE DE PLAGIO URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: PAREDES_V.MARLON_ESTIVEN_TESIS URKUND1.docx
(D78735505)
Submitted: 9/7/2020 7:18:00 PM
Submitted By: meparedes12@espe.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

<https://docplayer.es/58464639-Cristian-javier-velez-gutierrez.html>

Instances where selected sources appear:

1

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "León Almeida", written over a horizontal dotted line.

Ing. León Almeida, Jaime Eduardo

C. C. 1720091238



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Paredes Villacis, Marlon Estiven, con cédula de ciudadanía n°1725905432, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: Implementación De Un Sistema De Control Electrónico Para El Sistema De Tracción De Un Banco De Entrenamiento De Maquinaria Pesada Para La Carrera De Tecnología Superior En Mecánica Automotriz De La Unidad De Gestión De Tecnologías, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, septiembre del 2020

Firma

.....
Paredes Villacis, Marlon Estiven

C.C.: 1725905432



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Paredes Villacis, Marlon Estiven**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de monografía: **“Implementación De Un Sistema De Control Electrónico Para El Sistema De Tracción De Un Banco De Entrenamiento De Maquinaria Pesada Para La Carrera De Tecnología Superior En Mecánica Automotriz De La Unidad De Gestión De Tecnologías”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, septiembre del 2020

Firma

Paredes Villacis, Marlon Estiven

C.C.: 1725905432

DEDICATORIA

El actual trabajo de titulación quiero dedicar a mi familia, especialmente a mis padres que son quienes han estado presentes en cada una de las etapas que me llevaron a la universidad, hasta el día de hoy que finalmente estoy culminando mi carrera para obtener mi título profesional, ayudándome en todos los aspectos para poder alcanzar mi principal objetivo.

Paredes V. Marlon Estiven

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a la Universidad de las Fuerzas Armadas por la oportunidad de formarme académicamente durante todo el proceso y la utilización de las instalaciones y materiales esenciales para las prácticas , también es muy gratificante agradecerá mi familia por su apoyo constante durante todo mi proceso de formación profesional, finalmente es oportuno agradecer al personal docente, encargados principalmente de impartirnos sus conocimientos, con la finalidad de enriquecer nuestro conocimiento de la materia y experiencia, muy esencial para la vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	1
CERTIFICACIÓN.....	2
PORCENTAJE DE PLAGIO URKUND	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABLAS	16
RESUMEN	17
PALABRAS CLAVE.....	17
ABSTRACT	18
CAPÍTULO I.....	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1. Antecedentes.....	19
1.2. Planteamiento del Problema	21
1.3. Justificación	21
1.4. Objetivos	22

1.4.1. General	22
1.4.2. Específicos	22
1.5. Alcance	23
CAPÍTULO II.....	24
2. FUNDAMENTOS TÉCNICOS	24
2.1. Historia de la Retroexcavadora.....	24
2.2. TREN DE POTENCIA	27
2.2.1. Potencia	29
2.2.2. Torque.....	29
2.3. TREN DE FUERZAS	30
2.4. Motor.....	31
2.4.1. Motor Térmico.....	31
2.4.2. Motor Eléctrico	32
2.5. Embrague y Convertidor Par.....	32
2.6. Transmisión Diferencial.....	34
2.7. Mandos Finales	35
2.8. SISTEMA DE DIRECCIÓN	36
2.8.1. Dirección Mecánica	37
2.8.2. Dirección asistida hidráulicamente.....	37
2.8.3. Dirección Hidráulica Semi-Integral.....	39
2.9. SISTEMA DE TRACCIÓN HIDROSTÁTICA.....	40

	10
2.9.1. Hidráulica	40
2.5.2 Motores Hidráulicos	44
2.9.2. Bombas Hidráulicas.....	45
2.10. Electrónica.....	46
2.10.1. Electroválvulas	48
2.11. Válvula de Acción Directa	49
2.12. Electroválvula 5/3 normalmente cerrada pilotada electrónicamente .	51
2.13. Modos de Control.....	53
2.13.1. Joystick	53
2.13.2. Arduino	54
2.13.3. USB Host Shield.....	59
2.13.4. Microcontroladores.....	60
2.13.5. Microprocesador ASIC	68
CAPÍTULO III.....	70
3. DESARROLLO DEL TEMA	70
3.1. Características del Sistema Electrónico	70
3.2. Elementos electrónicos	71
3.2.1. Joystick	71
3.2.2. USB Host Shield.....	73
3.2.3. Arduino Mega	74
3.3. Componentes electromecánicos.....	76

	11
3.4. Componentes Hidráulicos	77
3.5. Instalación del sistema	79
3.5.1. Programación del microcontrolador Arduino	80
3.5.2. Conexión del Módulo y Solenoides de válvulas	82
CAPÍTULO IV	85
4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	85
4.1. Prueba de funcionamiento de los controles de mando del sistema	85
4.2. Prueba de desplazamiento de la máquina con el control del joystick	88
CAPÍTULO V	91
5. MARCO ADMINISTRATIVO	91
5.1. Recursos Humanos	91
5.2. Recursos Tecnológicos	91
5.3. Recursos Materiales	92
5.4. Presupuesto	93
5.5. Cronograma	94
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
ANEXOS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Draga de Pala</i>	24
Figura 2 <i>Retroexcavadora Mecánica</i>	25
Figura 3 <i>Retroexcavadora Moderna</i>	27
Figura 4 <i>Tren de potencia Automotriz</i>	28
Figura 5 <i>Tren de Potencia Maquinaria Pesada</i>	28
Figura 6 <i>Análisis Torque Y Potencia</i>	29
Figura 7 <i>Motor Térmico</i>	31
Figura 8 <i>Motor Eléctrico</i>	32
Figura 9 <i>Kit De Embrague</i>	33
Figura 10 <i>Convertidor par</i>	34
Figura 11 <i>Diferencial</i>	35
Figura 12 <i>Mandos Finales</i>	36
Figura 13 <i>Sistema de Dirección</i>	38
Figura 14 <i>Dirección Semi-Integrada</i>	40
Figura 15 <i>Ley De Pascal</i>	41
Figura 16 <i>Concepto Básico Del Circuito</i>	42
Figura 17 <i>Tren De Potencia Hidrostático</i>	43
Figura 18 <i>Control Hidrostático</i>	43
Figura 19 <i>Motores Hidráulicos</i>	44
Figura 20 <i>Bomba Hidráulica</i>	45

Figura 21 <i>Materiales Aislantes</i>	47
Figura 22 <i>Materiales Conductores</i>	48
Figura 23 <i>Electroválvula</i>	49
Figura 24 <i>Electroválvula De Acción Directa</i>	50
Figura 25 <i>Electroválvula Pilotada</i>	51
Figura 26 <i>Electroválvula 5/3</i>	52
Figura 27 <i>Diagrama válvula 5/3</i>	52
Figura 28 <i>Joystick Maquinaria Pesada</i>	53
Figura 29 <i>Placas Arduino</i>	55
Figura 30 <i>Boceto Inicial</i>	56
Figura 31 <i>Selección de Placa</i>	57
Figura 32 <i>Selección de Puerto</i>	58
Figura 33 <i>Selección de Librerías</i>	59
Figura 34 <i>USB Host Shield</i>	60
Figura 35 <i>Microcontrolador</i>	61
Figura 36 <i>Configuración Interna</i>	61
Figura 37 <i>CPU</i>	62
Figura 38 <i>Memoria RAM</i>	63
Figura 39 <i>Memoria ROM</i>	63
Figura 40 <i>EPROM</i>	64
Figura 41 <i>EEPROM</i>	65

Figura 42 <i>Flash</i>	66
Figura 43 <i>Puertos De Entrada Y Salida</i>	67
Figura 44 <i>Recursos Auxiliares</i>	68
Figura 45 <i>Joystick Genius Maxfighter F-17</i>	72
Figura 46 <i>USB Host Shield</i>	73
Figura 47 <i>Circuito Interno Del USB Host Shield</i>	74
Figura 48 <i>Configuración De Arduino Mega 2560</i>	75
Figura 49 <i>Placa Arduino Mega 2560</i>	76
Figura 50 <i>Electroválvulas 5/3</i>	76
Figura 51 <i>Bomba Hidráulica</i>	77
Figura 52 <i>Regulador de Caudal Manual</i>	78
Figura 53 <i>Acople de Placas</i>	79
Figura 54 <i>Código de Programación del sistema</i>	81
Figura 55 <i>Instalación del código en la placa</i>	81
Figura 56 <i>Simulación de Funcionamiento</i>	82
Figura 57 <i>Conexión de los solenoides</i>	83
Figura 58 <i>Conexión al módulo de relés</i>	83
Figura 59 <i>Conexión Arduino y Módulo de relés</i>	84
Figura 61 <i>Posición de Avance</i>	86
Figura 62 <i>Posición de Retroceso</i>	86
Figura 63 <i>Posición de giro a la derecha</i>	87

Figura 64 Posición de giro a la izquierda	87
Figura 65 <i>Accionamiento mediante el mando Joystick</i>	88
Figura 66 <i>Posición inicial del desplazamiento</i>	89
Figura 67 <i>Posición Final del Desplazamiento</i>	89
Figura 68 <i>Presión Interna del sistema de Tracción Hidrostática</i>	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Historia</i>	26
Tabla 2 Recursos Humanos	91
Tabla 3 <i>Recursos tecnológicos</i>	92
Tabla 4 <i>Recursos Materiales</i>	92
Tabla 5 <i>Presupuesto</i>	93

RESUMEN

Este trabajo de titulación tiene el objetivo de funcionar como material didáctico, mismo que se trata de la implementación del sistema de control electrónico para el sistema de tracción de un banco de pruebas que simula el funcionamiento de una retro excavadora, este sistema junto a otros y el funcionamiento en conjunto permitirán a los docentes de la Unidad de Gestión de tecnologías, explicar las clases de una manera mucho más didáctica, logrando mejorar la calidad de las clases. El trabajo consta de varios capítulos. En el primer capítulo se trata del planteamiento del problema, los objetivos por los cuales se realiza el trabajo y finalmente el alcance que se espera del proyecto. En el segundo capítulo se realiza todo el proceso de investigación respectivo al tema del control electrónico, el modo de diseño e implementación dentro del conjunto de sistemas del banco de pruebas, para poder también analizar el modo de diseño del sistema más óptimo para el funcionamiento. En el tercer capítulo trata sobre la elaboración física del proyecto en el que se explica el modo de elaboración, la selección de materiales y la implementación en el banco para su funcionamiento final.

PALABRAS CLAVE

- **ARDUINO**
- **JOYSTICK**
- **MODULO CENTRAL**

ABSTRACT

The aim of this degree work is to function as teaching material, which is the implementation of the electronic control system for the traction system of a test bench that simulates the operation of a backhoe loader. This system, together with others and the operation as a whole, will allow the teachers of the Technology Management Unit to explain the classes in a much more didactic way, thus improving the quality of the classes. The work consists of several chapters. The first chapter deals with the approach to the problem, the objectives for which the work is carried out and finally the expected scope of the project. In the second chapter, the whole research process is carried out regarding the subject of electronic control, the design and implementation mode within the set of systems of the test bench, in order to be able to also analyse the design mode of the most optimal system for the operation. The third chapter deals with the physical development of the project, explaining how to develop, select materials and implement the system on the test bench for its final operation.

KEYWORDS

ARDUINO

JOYSTICK

CENTRAL MODULE

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO PARA EL SISTEMA DE TRACCIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO DE MAQUINARIA PESADA PARA LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

1.1. Antecedentes

Nuestro país la maquinaria pesada es utilizada para todo tipo de trabajo tanto en empresas, fábricas y varios usos para el desarrollo de la sociedad, generado la necesidad de técnicos capaces de solucionar todo tipo de problemas, para poder trabajar de manera eficiente sin causar pérdidas económicas a los propietarios.

Nuestro país la maquinaria pesada es utilizada para todo tipo de trabajo tanto en empresas, fábricas y varios usos para el desarrollo de la sociedad, generado la necesidad de técnicos capaces de solucionar todo tipo de problemas, para poder trabajar de manera eficiente sin causar pérdidas económicas a los propietarios.

Nuestro país la maquinaria pesada es utilizada para todo tipo de trabajo tanto en empresas, fábricas y varios usos para el desarrollo de la sociedad, generado la necesidad de técnicos capaces de solucionar todo tipo de problemas, para poder trabajar de manera eficiente sin causar pérdidas económicas a los propietarios.

(Comellas, 2010)

El control por medio de la tracción hidrostática atribuye al operador mayor control en bajos rangos de velocidad, junto con la capacidad de trabajar con altos pares mismas características que le permiten a la maquina trabajar con altas cargas y controlarlas con mayor precisión.

El control por medio de la tracción hidrostática atribuye al operador mayor control en bajos rangos de velocidad, junto con la capacidad de trabajar con altos pares mismas características que le permiten a la maquina trabajar con altas cargas y controlarlas con mayor precisión. (López, 2009)

Otro beneficio de este sistema de tracción a diferencia del cambio de velocidades es la capacidad de realizar el cambio sin ningún tipo de cambio brusco, este sistema permite un funcionamiento continuo y estable. De igual forma permitió simplificar la disposición y la cantidad de componentes del sistema de transmisión. (Marquez, 2004)

Finalmente, este modo de transmisión de par motor permite que dicha transmisión sea estable y siempre continua, sin tener la necesidad de realizar los cambios de relaciones de transmisión que genera perdida de eficiencia. También ayuda simplificar el sistema reduciendo el espacio de uso y los materiales utilizados.

1.2. Planteamiento del Problema

La falta de bancos de entrenamiento para técnicos en el campo de la maquinaria pesada ha traído como consecuencia que exista especialistas sin el conocimiento y habilidades necesarias para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo en la maquinaria utilizada actualmente, misma que está controlada electrónicamente a diferencia de los sistemas mecánicos que su funcionamiento lo hacen menos eficiente por mayor tendencia a daños, consumo y mala operatividad.

De no solucionar el problema de capacitación a técnicos especializados, se genera la falta de mano de obra para la reparación y mantenimiento de este vehículo, los mismos que son utilizados en gran cantidad para la construcción de ciudades, minería, etc. Dando como resultado la pérdida económica por las horas de trabajo perdidas y retrasos en el trabajo.

Los sistemas actuales que se implementan en la maquinaria pesada son de control electrónico, gracias al avance de la tecnología que ha permitido realizar cambios en beneficio de las necesidades del hombre, hace de gran importancia que los técnicos estén capacitados en este tipo de sistemas modernos en los que la electrónica ocupa un papel principal.

1.3. Justificación

En la actualidad con el avance de la tecnología existen sistemas de control más actualizados que permiten al operador manipular las máquinas con mayor

precisión, razón por la cual hoy en día estos vehículos son cada vez más utilizados en una mayor cantidad de campos de la industria, en donde influye mucho las horas de trabajo y reparación del equipo, dicha necesidad aporta al mayor uso de sistemas electrónicos como sustituto de los sistemas mecánicos. Por dicha razón es de gran importancia la formación de técnicos calificados con la capacidad de trabajar y atender a cualquier tipo de desperfecto en sus sistemas, es decir es un implemento muy práctico para la formación académica.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Implementar un sistema de control electrónico para el sistema de tracción de un banco de entrenamiento de maquinaria pesada, para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

1.4.2. Específicos

- Investigar los tipos de sistema de control electrónico, características, modo de empleo y funcionamiento para el sistema de tracción hidráulica hidrostática.
- Adaptar el sistema de control electrónico con las válvulas hidráulicas, para poder generar el desplazamiento de todo el banco de entrenamiento.
- Seleccionar los elementos hidráulicos, para poder controlarlos mediante un mando externo, junto con un módulo de control electrónico.

- Verificar el sistema de control de la tracción del banco de pruebas, en conjunto con todos los sistemas que conforman el banco de entrenamiento de maquinaria pesada.

1.5. Alcance

Este proyecto tiene como alcance la implementación del sistema de control electrónico para el sistema de tracción del banco de entrenamiento, el que tiene la finalidad de formar parte del conjunto de sistemas que simulan el funcionamiento de una retroexcavadora, misma que será utilizada como material de apoyo en las clases de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz para el estudio del sistema de control electrónico de tracción. Al ser un banco de entrenamiento completo, con cada uno de los elementos necesarios para el correcto funcionamiento, resulta óptimo para la conducción y para las prácticas preventivas y correctivas.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

2.1. Historia de la Retroexcavadora

En los inicios el retroexcavadora inicio solo como una draga de pala cuando fue creada en el año 1835, se usada con la finalidad de excavar el suelo y las rocas dura. En esta época la máquina era propulsada a vapor y trabajaba en las minas por estas razones su desplazamiento se situaba simplemente en los carriles diseñados para su recorrido permanente. (Ramirez, 2012)

Figura 1

Draga de Pala



Nota. Se indica la primera draga mecánica y a vapor. Tomado de (Excavalandia, 2012)

Producto del desarrollo de las áreas civiles de los años 50 permitió la evolución de la maquinaria, así nace la retroexcavadora de menor dimensión, esta reducción de

tamaño le otorgó un mejor desplazamiento y manejo. Todo esto ya que la máquina usada esta entonces no satisfacía las necesidades. De esta forma el 1957 Elton Long ideó la retroexcavadora de una forma que pueda cargar y depositar el material detrás de la misma con el pasar del tiempo y su versatilidad se convirtió en una máquina esencial. (Ramirez, 2012)

Figura 2

Retroexcavadora Mecánica



Nota. Retroexcavadora totalmente mecánica. Tomado de (CASE CONSTRUCTION CNH, 2020)

Según la historia el primer cargador frontal se creó en EE. UU antes que la retroexcavadora en 1939 que consistía en un tractor con un cucharón accionado solo mecánicamente mediante cables. Durante estos años la máquina tuvo varias modificaciones como la posición del motor para mejorar la estabilidad, se colocó más cilindros en la pala y un sistema hidráulico, para mejorar la acción del mismo, se implementó la tracción a las cuatro ruedas la servo transmisión e incluso los diseños articulados. (Maquinarias Pesadas, 2017)

Tabla 1*Historia*

AÑO 1939	DÉCADA DE LOS AÑOS 40	DÉCADA DE 50
Apareció el primer cargador accionado por cable a partir de un tractor de ruedas con un lampón en la parte delantera	Mejoras Ubicación del motor Soporte del lampón Sistema hidráulico para las acciones Tracción en todas las ruedas	Se introdujo el sistema de servo transmisión En los años 60 el cargador se diseña con dirección articulado
En los años 70 se empezó a construir vehículos para la minería y obras civiles	En la década de los 80 se usó el cargador en las excavadoras.	Finalmente, en los años 90 se fabrica cargadores de hasta 25m ³ con mejores sistemas hidráulicos y convertidos

Nota. Detalle de la evolución de la maquinaria. Tomado de (Maquinarias Pesadas, 2017)

Actualmente todos los fabricantes de estas máquinas, alrededor del mundo existen muchas, todas se rigen a las funciones base la máquina con respecto a sus trabajos, Con el paso del tiempo y los avances de la tecnología se implementó normalmente ya el sistema hidráulico que le da más suavidad y precisión al sistema de esta manera las máquinas actuales dejan muy atrás a las pioneras del producto. (Saez, Las excavadoras del siglo XXI, 2009)

Esta idea inicia por la necesidad de realizar trabajos más rápidos y más precisos, por esta razón se utiliza los equipos como en este caso el software el cual permite que la máquina trabaje de forma más eficaz, precisa y segura, de esta manera se logra en la industria generar mayor ahorro de recursos. (Arevalo, 2018)

Figura 3

Retroexcavadora Moderna



Nota. Retroexcavadora usada actualmente. Tomada de (Saez, Construcción Panamericana, 2017)

2.2. TREN DE POTENCIA

En la maquinaria se usa diferentes tipos de mecanismos, aunque todas tienen en este caso la misma finalidad de guiar la energía generada para realizar algún trabajo: Es decir la energía que el motor genera se transmite por el tren de potencia que puede

ser de diferentes arquitecturas. El mecanismo que tenga depende del trabajo que tiene que desarrollar, verificando su funcionamiento según lo eficiente que tenga que ser para no generar pérdidas, tema que es de mucha relevancia en la maquinaria pesada.

(TRANSMISIÓN, N/A)

Figura 4

Tren de potencia Automotriz

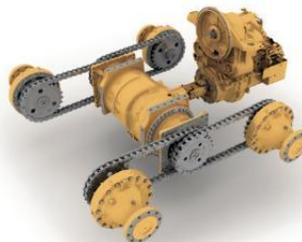


Nota. Tren de potencia utilizado en vehículos livianos y turismo. Tomada de (Palomino, 2017)

En el caso de la maquinaria pesada se utiliza sistemas más robustos por el tema de las cargas que estas van a soportar dicha razón es necesario una arquitectura compleja, de igual forma es muy importante para mejorar el rendimiento de la máquina.

Figura 5

Tren de Potencia Maquinaria Pesada



Nota. Tren de potencia hidráulico de maquinaria. Tomada de (CAT, 2020)

2.2.1. Potencia

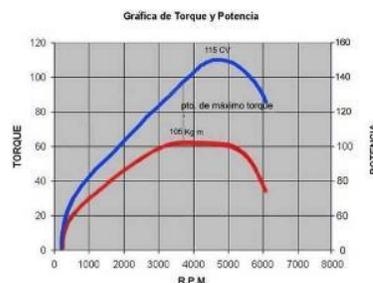
La potencia se define a la rapidez con la que se realiza un trabajo, es decir si se quiere ganar potencia se perdería torque, la potencia no funciona para realizar trabajos de carga pesada, esta magnitud se la mide en watts, entonces un watt se genera cuando se desarrolla el trabajo y consecuentemente un W es un Joule por segundo. (Villanueva, 2018)

2.2.2. Torque

Se conoce como torque a la fuerza que se aplica a un objeto para hacer girar un cuerpo, el torque genera mucha fuerza para realizar los movimientos deseados, mientras mayor sea el brazo con el cual se aplica la fuerza esta disminuirá, por dicha razón el torque es muy importante al momento de realizar trabajos muy pesados, esta fuerza se la mide en N/m. En la maquinaria es un valor muy importante en la maquinaria pesada por la fuerza que requieren sus trabajos incluso para poder desplazar el peso bruto de todos sus componentes. (Redacción Motor, 2020)

Figura 6

Análisis Torque Y Potencia



Nota. Comportamiento del Torque y Potencia según RPM. Tomada de (Eraso, 2012)

2.3. TREN DE FUERZAS

Es el conjunto de elementos indispensables para poder impulsar el vehículo independiente de su modelo u aplicación, todos poseen este sistema, puede variar su diseño, sus componentes dependiendo la aplicación, en el caso de la maquinaria pesada es muy robusto y complejo por las cargas que debe soportar y para brindar un buen funcionamiento, una característica muy importante es transmitir las fuerzas pero también desconectar para dejar de transmitir con el uso de embrague, entre otros elementos. (Lenis, 2017)

Esta es la parte más importante porque se encarga de generar la energía del combustible en movimiento para los neumáticos y así propulsar la máquina, la construcción que este tenga varía dependiendo para el uso que va a tener vehículo. (Instituto tecnológico de Cancún, 2019)

Existen diferentes arquitecturas en el tren de fuerzas según los elementos que se utilice en la conformación de todo el sistema, cada uno de estos se aplica según la necesidad, entre estos podemos encontrar desde el más sencillo y común que es el aplicado en los automóviles hasta mecanismos complejos como en el caso de la maquinaria pesada, las todas las configuraciones se requieren necesariamente de un elemento que conecte y desconecte el flujo de movimiento como un embrague. Estos sistemas van conformados de los siguientes elementos.

- Motor
- Embrague/ Convertidor par
- Transmisión diferencial
- Mandos finales

2.4. Motor

Cuando se habla de un motor nos referimos a la máquina con la capacidad de generar cierto tipo de energía, puede ser eléctrica o química con la finalidad de realizar un trabajo determinado.

2.4.1. Motor Térmico

Son los motores en los que la combustión se produce dentro del motor, el encendido del combustible combustionado genera los gases que generan el trabajo de expansión dentro empujando los cilindros del motor. Este resultado se logra con la combinación controlada del combustible pulverizado y aire. Existen también los motores rotativos que utilizan turbinas de explosión y de combustión. (Hervás, 2017)

Figura 7

Motor Térmico



Nota. Motor de combustión interna. Tomado de (SuperredT, 2018)

2.4.2. Motor Eléctrico

Indudablemente el motor eléctrico se va posesionando como la alternativa al motor de combustión interna, cada vez estos motores se los realiza cada vez para tener mayor autonomía y eficiencia, Los motores en su diseño son más complejo para poder funcionar correctamente pero esta compleja construcción permite eliminar componentes como la caja de cambios e incluso el sistema de refrigeración, de esta forma el usuario no se preocupa por lo mantenimientos periódicos del motor. (Coco Solution, 2019)

Figura 8

Motor Eléctrico



Nota. Conformación del motor eléctrico. Tomada de (Perez, 2018)

2.5. Embrague y Convertidor Par

El embrague es un elemento que genera el rozamiento que conecta o desconecta dos ejes encargados de la transmisión de movimiento, el sistema de embragues se puede comparar con el sistema de frenos ya que en ciertas ocasiones los

embragues también trabajan como freno, la principal diferencia la cantidad de pérdida de calor y el deslizamiento. Es decir, el embrague es el elemento que se encarga de transmitir o no el movimiento a los elementos accionados por el motor, Existen diferentes tipos de embrague con características distintas para diferentes aplicaciones. (Ocañas, 1984)

El convertidor par cumple la misma función que un embrague normal porque es el elemento que transmite el movimiento desde el motor con varias ventajas como la mejor absorción de cargas, transmisión de par gradualmente y la capacidad de hacer multiplicaciones de la transmisión a diferencia del embrague normal que realiza una transferencia 1:1. Su funcionamiento consta de dos turbinas enfrentadas una movida por acción del motor térmico impulsando el fluido dentro hacia la otra turbina de esta forma se logra romper la inercia del eje de salida. (Instituto tecnológico de Cancún, 2019)

Figura 9

Kit De Embrague



Nota. Despiece conjunto de embrague. Tomado de (Salom, 2020)

El embrague y el convertidor par tienen funciones parecidas, con la diferencia de que el convertidor par no solo transmite el movimiento también lo multiplica, pero este nunca se desacopla del motor térmico.

Figura 10

Convertidor par



Nota. Despiece del convertidor par. Tomada de (Turbosquid, s.f.)

2.6. Transmisión Diferencial

El diferencial tiene como principal función distribuir la fuerza de movimiento entre las ruedas izquierdas y derechas en el caso de curvas debido a que la rueda externa da más vueltas que la interna permitiendo dar una curva sin derrapar ni generar desgaste de los neumáticos, existen varios tipos de diferenciales según su diseño y funcionamiento. También otra función es reducir la velocidad de rotación que se transmite a través de la transmisión hacia las ruedas para aumentar el torque en las mismas. (Paredes Acosta & Angamarca Limaico , 2011)

Figura 11*Diferencial*

Nota. Vista interior del sistema diferencial. Tomada de (Mundo Motor, s.f.)

2.7. Mandos Finales

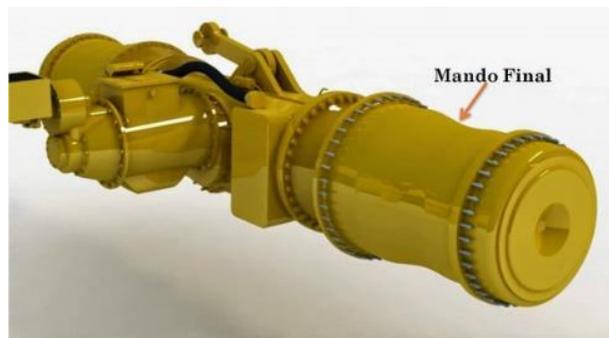
Son conjuntos de mecanismos que en los vehículos livianos y de turismo se encargan de transmitir el movimiento final a las ruedas como es el caso de los palieres, o incluso también los mandos que controlen algún mecanismo. En el caso de la maquinaria pesada estos mecanismos son capaces de realizar tareas sumamente pesadas ya que es el último sistema reductor de la máquina.

Toma este nombre de reductor ya que reduce la velocidad de desplazamiento, pero gracias a esto logra tener un aumento del torque para trabajar con mayor fuerza, todo logrado por un conjunto de engranajes de diferentes tipos que varían según la arquitectura que ocupan. (Luis, 2013)

De todos los elementos mencionados anteriormente la retroexcavadora utiliza algunos de estos elementos y diferentes mecanismos para lograr su trabajo satisfactoriamente, con el desarrollo de la tecnología se ha mantenido la fuente de potencia que sería en este caso el motor térmico posteriormente esta fuerza es aprovechada por bombas y motores colocadas según el circuito hidráulico lo requiere para su correcto funcionamiento. De esta manera se logra suprimir varios elementos como el convertidor par que es el usado en la maquinaria pesada y el resto de elementos mecánicos generando una arquitectura más sencilla.

Figura 12

Mandos Finales



Nota. Ilustración de los mandos finales de maquinaria pesada. Tomada de (TRANSMISIÓN, N/A)

2.8. SISTEMA DE DIRECCIÓN

La principal función del sistema de dirección es poder girar las ruedas directrices, o incluso arrastrarlas en sistemas más complejos para poder cambiar el rumbo de su trayectoria, es un conjunto de mecanismos los cuales permiten al conductor orientar, tiene varios requisitos, como son la maniobrabilidad, suavidad,

velocidad de respuesta, precisión, etc. Todos los parámetros deben ser tomados en cuenta al momento de la construcción referenciándose en los sistemas adyacentes a la dirección debido a que pueden influir en el correcto funcionamiento. (Corrado, 2019)

2.8.1. Dirección Mecánica

Esta configuración se lo utiliza en los vehículos livianos porque no ejerce mucho peso sobre las ruedas causando un bajo par de accionamiento en el volante, existen diferentes configuraciones en la caja de dirección como puede ser el tornillo sinfín, cremallera, ambas brindan beneficios como la suavidad y gran ángulo de giro de las ruedas en el caso del tornillo sin fin y en la cremallera es una construcción un poco más compleja y robusta que brinda los mismos beneficios. (Velasco Sánchez, Oliva Meyer, & Sánchez Lozano, 2016)

- Tornillo sinfín
- Cremallera

2.8.2. Dirección asistida hidráulicamente

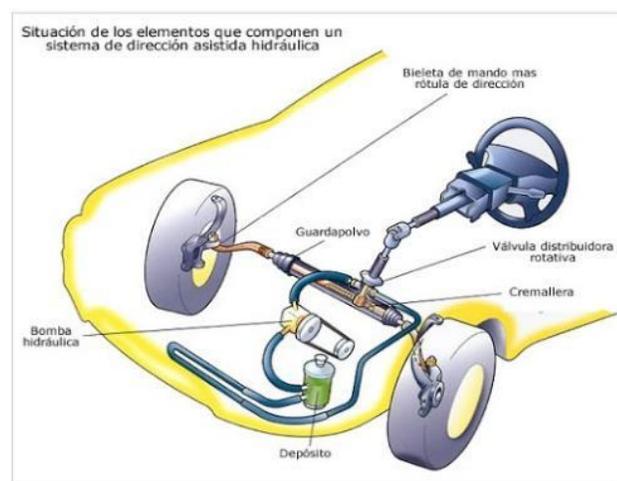
Es un sistema que debido a las necesidades del tráfico actual requiere de ciertas condiciones de seguridad y comodidad, para realizar esfuerzos humanos en la conducción, más precisos y seguros, se aplica determinada carga en el eje de dirección, así se opta por la aplicación del sistema hidráulico. Se incorpora al mecanismo de la dirección mecánica un apoyo hidráulico, que consta de una bomba accionada por una

polea del motor del vehículo que provee de fluido a presión a la cremallera para reducir el esfuerzo del conductor sobre el volante. La otra función del sistema permite eliminar la transmisión de golpes desde las ruedas hacia el volante para evitar perder el control, esto se logra porque la presión hidráulica dentro de la caja de dirección absorbe estos esfuerzos. (Velasco Sánchez, Oliva Meyer, & Sánchez Lozano, 2016)

La fuente de energía utilizada para suavizar el sistema se genera por una bomba que normalmente esta accionada mediante una polea del motor, también con un accionamiento aparte, toda esta presión generada se la direcciona por las cañerías hasta la caja de dirección y así logra empujar la cremallera, de esta manera se reduce la fuerza que el conductor debe aplicar, el sistema trabaja desde que el motor está en ralentí y en altas revoluciones la presión se libera por la válvula limitadora. (Central de Repuestos TR, 2016)

Figura 13

Sistema de Dirección



Nota. Dirección mecánica y sistema hidráulico. Tomada de (R, 2017)

2.8.3. Dirección Hidráulica Semi-Integral

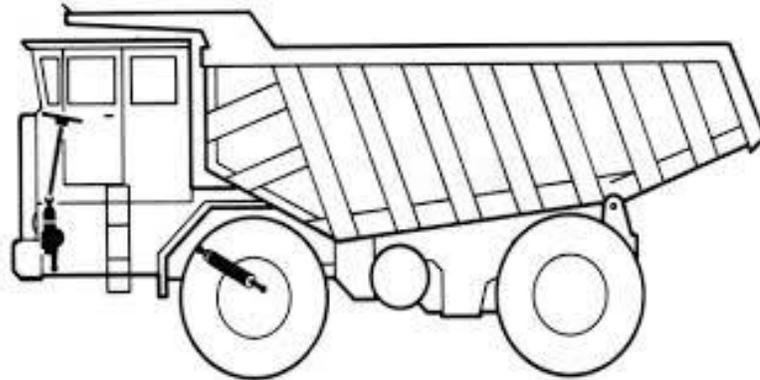
Este sistema de dirección se lo aplica cuando la barra de dirección debido a las dimensiones del vehículo no puede transmitir las fuerzas de giro precisas, por tal razón se utilizan cilindros hidráulicos en cada rueda para girarlas independientemente.

También existen otras causas como en los vehículos de alto peso en los que la carga sobre la barra sería excesiva y tendría una conducción muy dura, de esta forma es más económica y viable adaptar los cilindros encada rueda, este sistema se lo aplica en los vehículos en los que el eje soporta cargar superiores a las 8 toneladas. En este caso solo va unido la caja de dirección y la válvula de mando, los cilindros se los comunica por medio de mangueras hidráulicas.

En el caso de vehículos más pesados y con capacidades de carga superiores no es posible manejarlos con el sistema normal por tal razón se utiliza direcciones de doble circuito esta tiene dos válvulas de mando independientes para distribuir aceite en cada circuito. Tienen un beneficio en el caso de ruptura de alguna manguera puede seguir funcionando ya que el un circuito se lo acciona por el motor y el otro por el propio giro de las ruedas en movimiento. (Velasco Sánchez, Oliva Meyer, & Sánchez Lozano, 2016)

Figura 14

Dirección Semi-Integrada



Nota. Sistema de Dirección para vehículos pesados. Tomada de (Velasco Sánchez, Oliva Meyer, & Sánchez Lozano, 2016)

2.9. SISTEMA DE TRACCIÓN HIDROSTÁTICA

2.9.1. Hidráulica

Hay varias razones por las cuales la industria busca la manera de optimizar mayormente las maquinas, en el caso de los sistemas hidráulicos a cambio de los mecánicos con el aporte de un control eléctrico son los temas de la movilidad y el control más cómodo para el operador, así como la multiplicación de potencia, de igual forma se logra mejorar la velocidad y fuerza que requiere la máquina para trabajar, des esta manera también se corrigen temas apartes como la vibración lubricación y control de sobrecargas automatizado. (Aranibar, 2016)

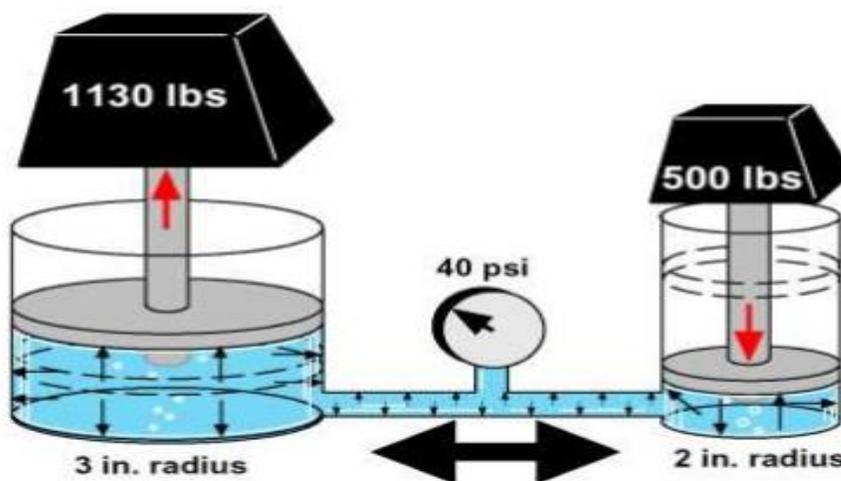
Los circuitos hidráulicos deben ser diseñados primeramente virtualmente en el cual se puede estudiar su comportamiento, todos las pruebas virtuales se las debe generar con condiciones muy extremas para poder asegurar su funcionamiento para

evitar accidentes, también es indispensable utilizar los elementos corrector para generar un buen flujo de hidráulico de tal manera para que pueda cumplir con lo establecido.

(Fernández & Caivinagua, 2020)

Figura 15

Ley De Pascal



Nota. Ilustración del concepto de la Ley de Pascal. Tomado de (Aranibar, 2016)

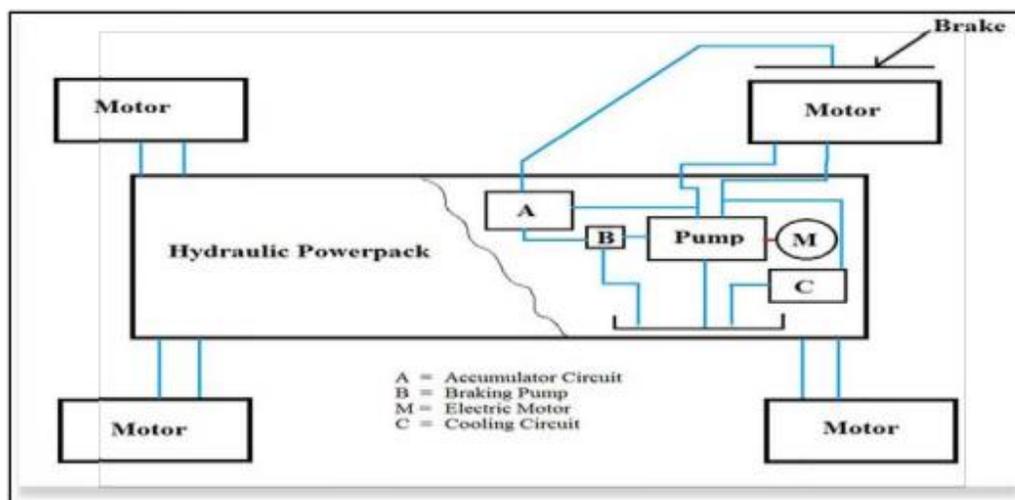
El sistema de transmisión con caja y cambios convencionales fue reemplazado por la tracción hidrostática, esta tecnología se lo aplica en los vehículos que trabajan en terrenos difíciles, como puede ser las obras de construcción silvicultura, minas y canteras. Se nota que la aplicación de este sistema tiene una ventaja en el ahorro de combustible para su funcionamiento, estos resultados sacados con el comportamiento de una bomba axial y un motor de desplazamiento fijo.

Una de las características principales de este circuito es que puede transportar cargas muy pesadas, acción que es muy necesaria en el campo de la industria, en las que no se puede utilizar grúas y otras máquinas. Para lograr este trabajo el sistema

debe estar por elementos muy robustos y precisos para trabajar con eficiencia. Es muy importante conocer que en este sistema se aplican varios mecanismos de seguridad para cuidar de la integridad de los operadores en caso de fallas en su funcionamiento, todo se selecciona verificando catálogos y manuales de funcionamiento de cada uno de los componentes. (Mistry, 2018)

Figura 16

Concepto Básico Del Circuito



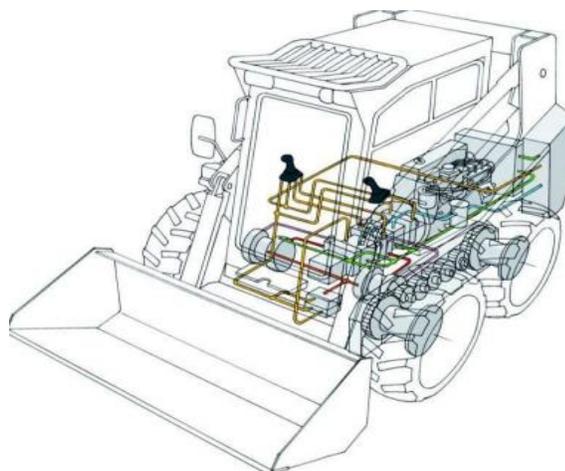
Nota. Esquema hidráulico del circuito hidrostático. Tomado de (Mistry, 2018)

El flujo de presión para el funcionamiento del sistema de tracción hidrostático debe guiarse por cada uno de los elementos que generan presión hacia los generadores de movimiento, a través de las cañerías, válvulas direccionales, elementos de seguridad y mantenimiento.

Figura 17*Tren De Potencia Hidrostático*

Nota. Conjunto del tren de potencia de una pala. Tomado de (Herrera, s.f.)

El sistema de tracción hidrostática controlado electrónicamente, funciona gracias a los mandos principales que según su acción envían cierto voltaje hacia el microcontrolador, dichas señales se las codifica y envía los pulsas para activar las bobinas de las válvulas de esta forma se permite dirigir el flujo a conveniencia.

Figura 18*Control Hidrostático*

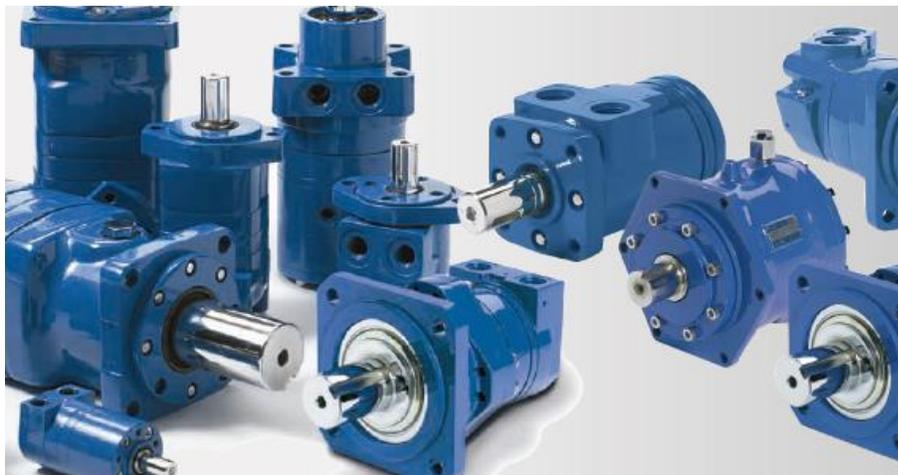
Nota. Diagrama del circuito hidráulico. Tomado de (Mistry, 2018)

2.5.2 Motores Hidráulicos

Los motores hidráulicos convierten la presión del fluido en movimiento giratorio. El fluido presurizado de la bomba hidráulica gira el eje de salida del motor presionando los engranajes, pistones o paletas del motor hidráulico. Los motores hidráulicos se pueden usar para aplicaciones de accionamiento directo, donde hay suficiente capacidad de par disponible, o mediante reducciones de engranajes. La mayoría de los motores hidráulicos deben funcionar en condiciones de rotación y frenado reversibles. Los motores hidráulicos a menudo se requieren para operar a una velocidad relativamente baja y alta presión y pueden experimentar grandes variaciones de temperatura y velocidad en la operación normal. Los motores hidráulicos pueden proporcionar pares extremadamente altos. (Drives, 2019)

Figura 19

Motores Hidráulicos



Nota. Motores hidráulicos de doble sentido. Tomada de (Drives, 2019)

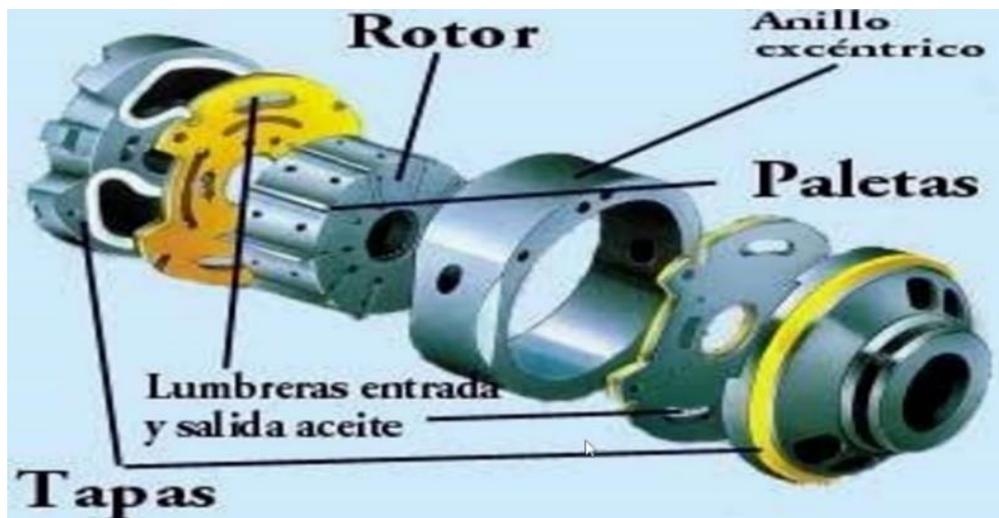
2.9.2. Bombas Hidráulicas

Una bomba hidráulica es una maquina capaz de transformar la energía con la que funciona (generalmente mecánica o eléctrica) en energía del fluido que intenta mover. Dicho de otra forma, suministra al fluido el caudal y la presión necesaria para cumplir determinada función. (Román, 2020)

Una bomba es accionada por un mecanismo de desplazamiento es decir recibe el motor alternativo o de giro de una fuente de energía para poder generar la presión, esta recibe un volumen de líquido, por tanto siempre debe tener fluido extra para poder succionar, para que la cámara de la bomba este siempre llena y pueda expulsar el fluido a presión por la boca de descarga al sistema aplicado. (Solis, 2017)

Figura 20

Bomba Hidráulica



Nota. Despiece de Bomba hidráulica. Tomada de (Román, 2020)

2.10. Electrónica

Los métodos de control para la tracción hidrostática ha evolucionado desde su inicio que consistía del control por medio de actuadores eléctricos, a diferencia de los actuales que consisten de paquetes completos encargado de controlar el sistema generando una optimización completa en el rendimiento de la máquina, como es el caso de una máquina de pavimentación que no solo controla el avance de las ruedas sino el flujo de material, la altura de pavimentación, aceleración entre otros. (MachineDesing, 2002)

EL costo de este sistema es costoso al inicio en el caso de los materiales entre otros, pero este costo se ve recompensado en el menor consumo de combustible y el aumento de las utilidades que brinda la máquina, esto genera mayor productividad. Existe otro beneficio muy importante, el sistema al ser totalmente automatizado, la central tiene la posibilidad de indicar si existe alguna falla, cual es esta incluso que componente esta defectuoso permitiendo dar una respuesta rápida y no perder horas de trabajo.

Los elementos electrónicos que tienen los sistemas sirven para generar un control más preciso de los componentes de inyección en el motor, controles de la transmisión, y todo el conjunto de funciones hidráulicas, los sistemas electrónicos permiten que el sistema se adapte a las condiciones de trabajo a las cual está destinado. (Alvarez, 2016)

Existen diferentes tipos de materiales tanto conductores como aislantes que se utilizan en todo sistema eléctrico o electrónico, que son:

- Conductores. - Oro, Plata, Cobre, Hierro, Bronce, Aluminio, Estaño, Plomo.
- Aislantes. - Caucho, Mica, Cera o Parafina, Porcelana, Baquelita, Plástico, Vidrio, Fibra de vidrio, Madera seca, Pire.

Figura 21

Materiales Aislantes



Nota. Ilustración de los materiales conductores y aislantes. Tomado de (Alvarez, 2016)

Existe una alta variedad de materiales conductores cada uno con mejores características como son la capacidad de conducir la corriente, dichas características las hacen óptimas para cierto trabajo según las necesidades de los circuitos, principalmente se verifica el material para generar una buena transmisión, así como para evitar recalentamientos, el material que más se utiliza comúnmente es el cobre.

Figura 22

Materiales Conductores



Nota. Muestra de los materiales conductores. Tomado de (Alvarez, 2016)

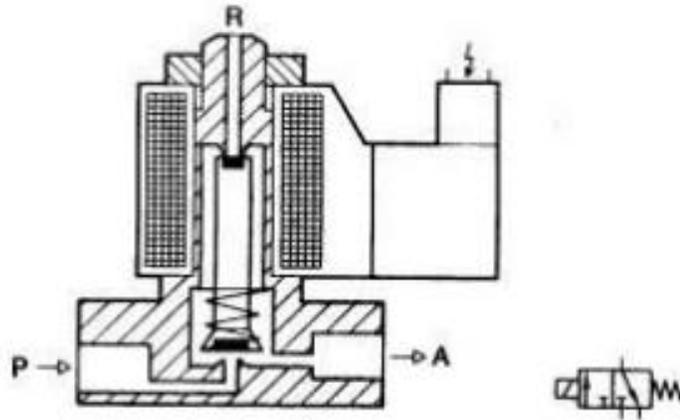
2.10.1. Electroválvulas

Las válvulas utilizan la señal que proviene del temporizador eléctrico, finales de carrera, presóstatos o por medio de controles electrónicos, se puede conectar mandos de largas distancias en un tiempo muy corto por su accionamiento eléctrico, tenemos válvulas de mando directo o indirecto para su control, estos tipos corresponden a las válvulas electromagnéticas. (Pacheco, 2006)

Se las aplica siempre que se quiera controlar un circuito hidráulico automáticamente, estas se encargan de bloquear o desviar el flujo del líquido a través de su cuerpo, esta construcción consta de un imán que al energizarse por medio de la bobina esta se mueve hacia la posición establecida, normalmente estas retornan a su posición inicial al momento de quitar la corriente por acción de un muelle. (Barba, 2017)

Figura 23

Electroválvula



Nota. Configuración interna de una electroválvula. Tomada de (Pacheco, 2006)

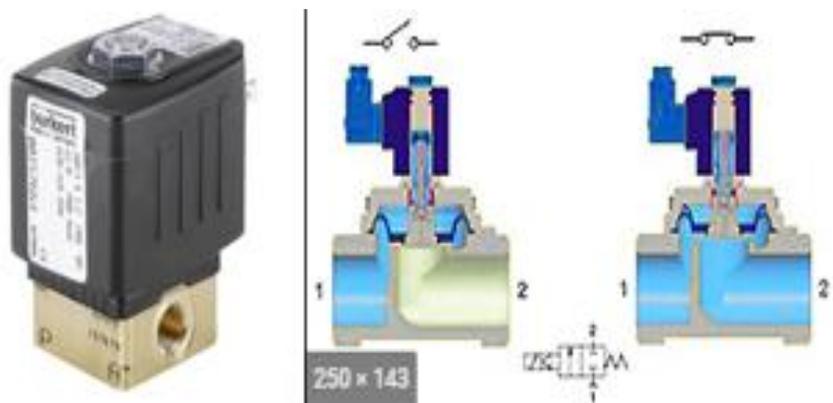
Según el modo en el que actúan las válvulas se las puede distinguir entre válvulas de acción directa o pilotas interna o externamente, pero también se las clasifica por el número de conexiones y las vías de flujo que posee. (Omega, 2019)

2.11. Válvula de Acción Directa

La válvula es normalmente cerrada y se controla por medio del solenoide, el momento en el que la bobina no está con corriente se cierra el paso de fluido, es el sistema que más se utiliza por ser el más rentable, el funcionamiento puede variar según la arquitectura de la válvula, pero el modo de funcionamiento es el mismo, en el caso de mantenimiento estas válvulas tienen una larga vida de trabajo antes de presentar complicaciones. (Burkert, 2017)

Figura 24

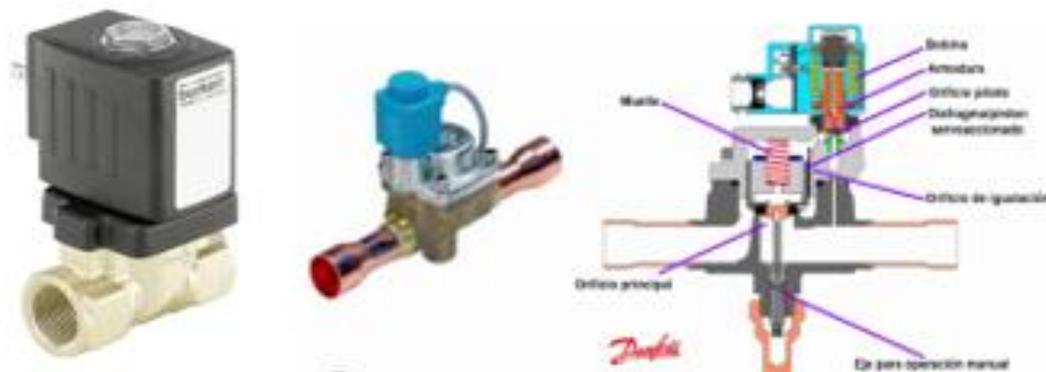
Electroválvula De Acción Directa



Nota. Configuración interna electroválvula acción directa. Tomada de (Burkert, 2017)

Válvulas pilotadas Interna y Externamente

Las válvulas solenoides piloto utilizan la presión diferencial del medio sobre los puertos de la válvula para abrir y cerrar. También conocidas como solenoides servo asistidos, estas válvulas proporcionan altos caudales y pueden funcionar a mayores rangos de presión y temperatura, con un menor consumo de energía. Una válvula solenoide de diafragma servo asistida con control piloto emplea el uso de una pequeña cámara directamente sobre el diafragma para ayudar en el funcionamiento de la válvula. Se permite que el fluido del proceso ingrese a la cámara a través de un pequeño orificio en el puerto de entrada, y en una válvula normalmente cerrada, se comprime contra el diafragma y se fuerza contra el asiento para mantener el sello de cierre. Una vez que se aplica corriente al solenoide piloto, el diafragma se empuja hacia arriba contra la presión del resorte, y el fluido piloto en la cámara se ve obligado a retroceder a través del orificio en el puerto de entrada donde se une al flujo principal a través del cuerpo de la válvula. (Burkert, 2017)

Figura 25*Electroválvula Pilotada*

Nota. Válvula pilotada electrónicamente. Tomada de (Burkert, 2017)

Existe en el mercado varias configuraciones diferentes de válvulas según el accionamiento y también las posiciones, en estos casos varía las posiciones en las que se enclava el dispositivo y los caminos que toma el aceite en cualquier posición.

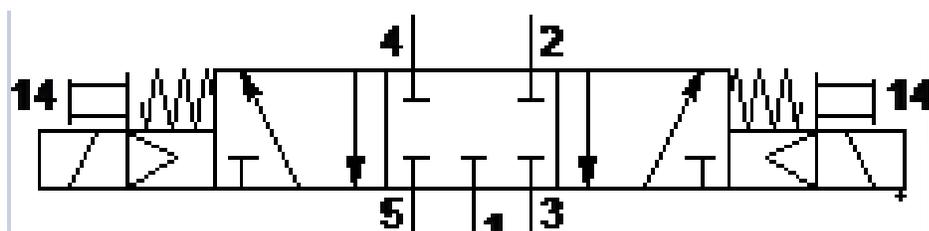
2.12. Electroválvula 5/3 normalmente cerrada pilotada electrónicamente

Esta disposición de la válvula tiene 5 vías diferentes para el flujo, todas estas en tres posiciones que se alcanzan activando el solenoide correspondiente que mueva su posición deseada, se lo activa mediante pulsos eléctricos enviados ya sea a través de un módulo o simplemente pulsos eléctricos. Según la válvula pueden trabajar con diferentes voltajes o incluso pueden trabajar con la corriente. (Festo, 2020)

Figura 26*Electroválvula 5/3*

Nota. Válvula y solenoides. Tomada de (Festo, 2020)

Existen diferentes configuraciones de las válvulas direccionales, varía en la cantidad de posiciones y la cantidad de vías de flujo, cada válvula tiene un diagrama en el que se muestran las acciones según las posiciones de la misma.

Figura 27*Diagrama válvula 5/3*

Nota. Electroválvula 5/3 pilotada electrónicamente y retorno por muelle, vista de vías posiciones. Tomada de (Festo, 2020)

2.13. Modos de Control

En el control de toda válvula o cualquier dispositivo encargado de realizar alguna operación, utiliza toda corriente de entrada, es decir señales de control que tienen como objetivo realizar un movimiento o una acción operativa.

2.13.1. Joystick

En resumen, el sistema de control por joystick es un controlador para generar el cierre de interruptores que son controlados por los movimientos mecánicos en X-Y, con el mango pivote dispuesto para generar movimientos radiales en las posiciones del mango. El sistema puede estar construido para que cada movimiento realice acciones diferentes en elementos distintos, o para poder realizar movimientos regulados según en ángulo de inclinación del pivote. (Hayashi, 1977)

Figura 28

Joystick Maquinaria Pesada



Nota. Mando utilizado en las maquinas industriales. Tomada de (Hayashi, 1977)

- Es un dispositivo de entrada que facilita el manejo con una mano, integra botones básicos para controlar los videojuegos, y dependiendo el modelo también puede tener opcionalmente una serie de botones extras en la palanca.
- El tamaño de la palanca es grande, ya que se toma con toda la mano brindando un mejor control al usuario.
- Ha habido 2 tipos básicos de palanca en el Joystick; los digitales (basado en mecanismos que permiten 2 estados lógicos: encendido y apagado por medio de pequeños pulsadores) y los análogos que tienen potenciómetros para detectar las posiciones).

Cuando se iniciaba este dispositivo tenía el puerto de entrada llamado game port, este permitía conectar dispositivos MIDI que es el lenguaje de comunicación, pero posteriormente se lanza el puerto USB quedando este como de uso común para los dispositivos en la mayoría de aplicaciones y el más comercializado en el mercado. (ZATIZABAL, 2016)

2.13.2. Arduino

Es una placa con hardware libre que contiene el microcontrolador reprogramable se puede resetear la placa para poder insertar otro código, su arquitectura es muy cómoda y versátil porque permite conectar fácilmente los dispositivos externos. (Artero, 2013)

Es la plataforma con código abierto que se basa en una placa que contiene un microcontrolador que permite que se creen programas y utilizarlas en la misma. La

placa cuenta también con varios pines de entrada que son utilizadas como entradas digitales para poder leer sensores y cualquier tipo de entrada y de igual forma en el caso de los puertos de salida. (ZATIZABAL, 2016)

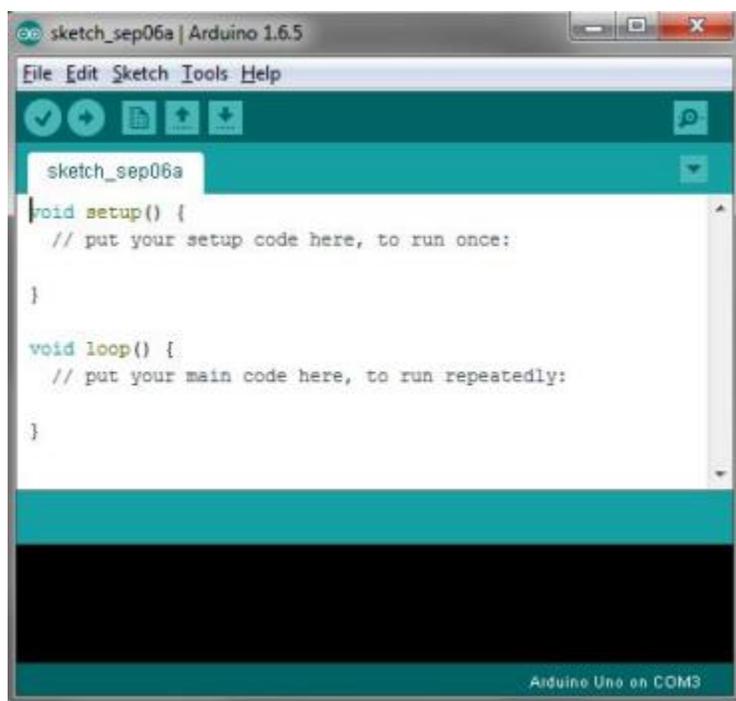
Figura 29

Placas Arduino



Nota. Diferentes presentaciones y tipos de placas. Tomado de (Documentacion Arduino, 2015)

Arduino para la programación utiliza el lenguaje de programación C, en este tipo de programación se logra obtener una enorme librería para programar, dicha librería está constantemente actualizándose. El programa que se desee realizar se lo realiza en un el programa de Arduino, el cual el momento de abrir genera un boceto básico en el que se debe empezar a escribir el programa, para realizar esto se debe configurar la placa y verificar los puertos para operar el sistema, El modo de instalar el código a la placa es mediante un cable USB hacia el puerto de conexión para la PC. (Documentacion Arduino, 2015)

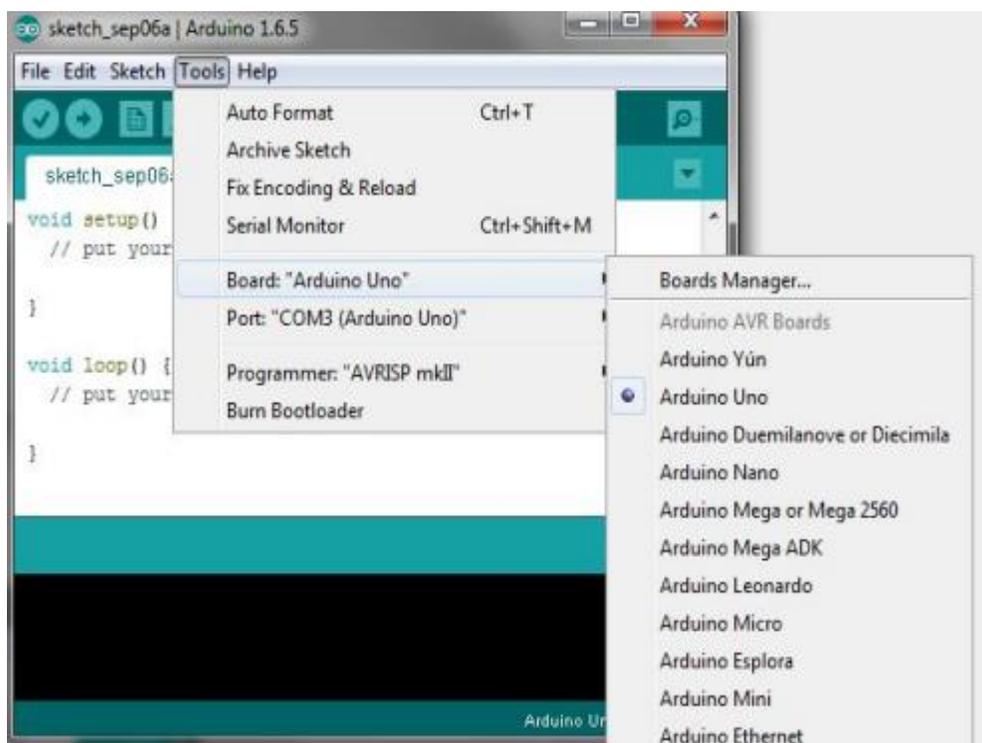
Figura 30*Boceto Inicial*The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "sketch_sep06a | Arduino 1.6.5". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for saving, undo, redo, and other functions. The main text area contains the following code:

```
sketch_sep06a  
  
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
}
```

The bottom status bar indicates "Arduino Uno en COM3".

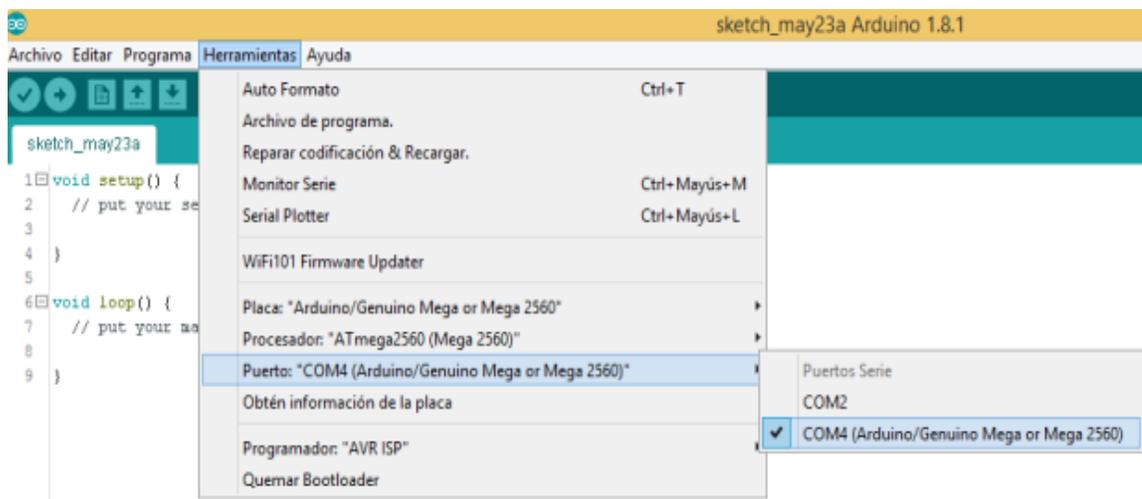
Nota. Boceto inicial para empezar a escribir la programación. Tomada de (Documentacion Arduino, 2015)

La placa Arduino Mega 2560 tiene el chip central que trabaja a 16Mhz y con un voltaje fuente de 5V, esta tiene mejores capacidades que sus predecesores como el Arduino Uno, también tiene un microcontrolador de 8 bits y una RAM de 8Kb, 4Kb de memoria EEPROM es decir solo se graba y borra datos electrónicamente y finalmente 256Kb de memoria flash, la configuración cuenta con 54 pines digitales y 16 analógicos, es ideal para programaciones que requieran de más pines y más potencia. Para programar esta placa en el programa de Arduino se debe seleccionar el modelo en el cual vamos a programar. (Aula de Robótica, 2017)

Figura 31*Selección de Placa*

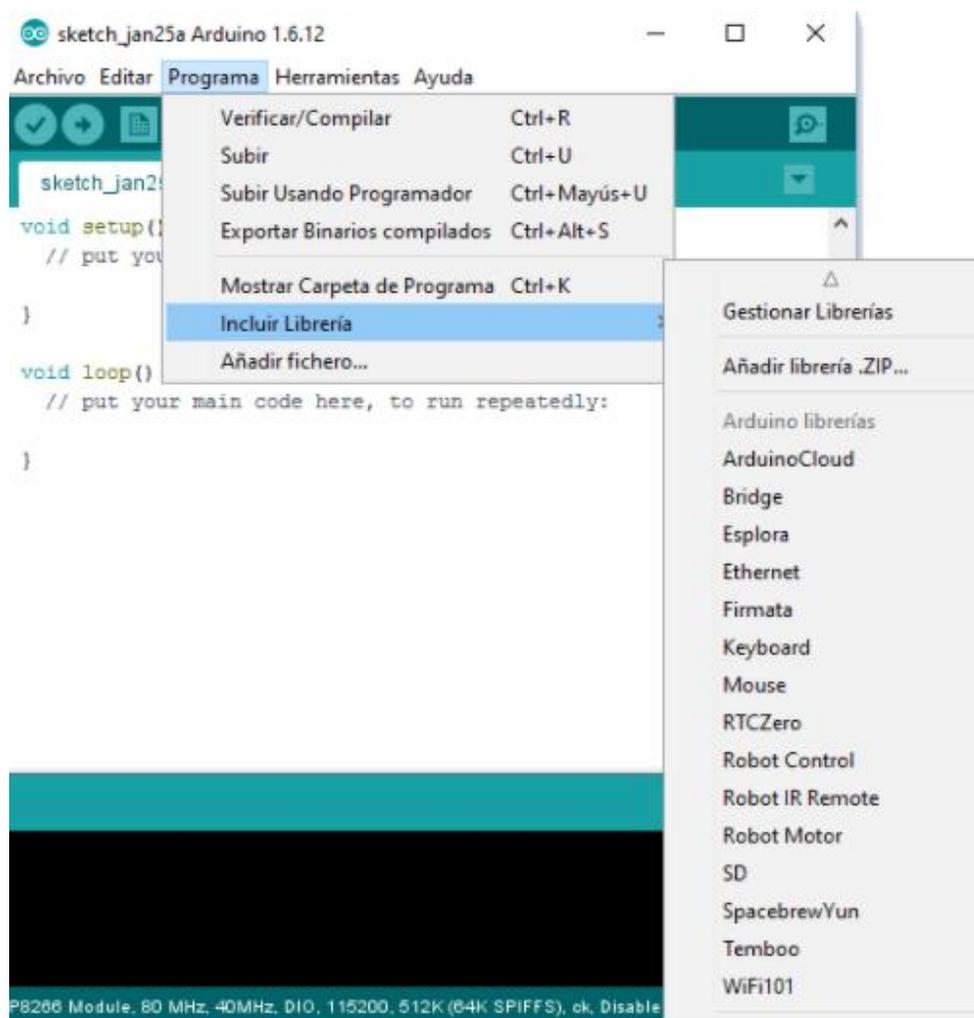
Nota. Selección de placa a programar en el cuadro de herramientas. Tomada de (Aprendiendo Arduino, 2018)

Finalmente se debe seleccionar el puerto que vamos a usar por el cual se cargara el programa a la placa, las configuraciones de Arduino permiten que el programa se cargue automáticamente sin necesidad de usar un software externo, el programa que se genere se graba en la memoria flash de la placa, para poder verificar que el código está instalado en la placa el foco led debe parpadear y así se confirma que este correctamente instalado. (Aprendiendo Arduino, 2018)

Figura 32*Selección de Puerto*

Nota. Puerto de conexión para instalación del programa. Tomada de (Aprendiendo Arduino, 2018)

Las librerías se tratan del código en el cual se agrupan las funciones parecidas y de esta forma se puede realizar una acción, existen muchas librerías creadas por las personas las cuales permiten conectarse con los sensores, circuitos, incluso para que exista comunicación entre las placas, es decir las librerías son códigos que podemos agregar a nuestro programa para darle más funciones. Para poder utilizar cierta librería basta solo con seleccionarle y automáticamente esta generara una línea en el inicio del cuadro de programación. También estas se diferencian entre librerías estándar y no estándar con la diferencia que el estándar es generado por Arduino y ya vienen en el programa, las no estándar son básicamente lo mismo pero desarrolladas por personas externas a Arduino. (Hernández, 2020)

Figura 33*Selección de Librerías*

Nota. Selección de librerías para programar. Tomada de (Hernández, 2020)

2.13.3. USB Host Shield

Esta es otra placa que le da a Arduino la posibilidad de conectar un dispositivo USB, gracias al controlador que contiene la lógica digital y circuitos analógicos para poder utilizar el dispositivo, el sistema trabaja con una velocidad muy alta, utiliza el puerto USB 2.0. (Arduino, 2020)

Figura 34*USB Host Shield*

Nota. Placa para transmite los datos desde el mando hacia Arduino. Tomada de (Arduino, 2020)

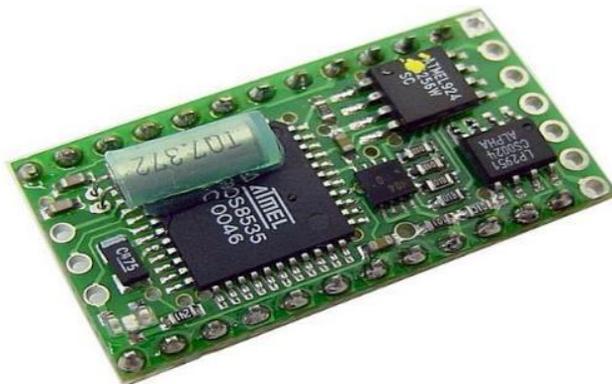
2.13.4. Microcontroladores

Los microcontroladores aparecieron en los años ochenta, es un circuito integrado que se puede programar, y tiene toda la estructura de una computadora. En la memoria del microcontrolador está destinado solo para poder realizar alguna acción destinada por medio de sus líneas de conexión de mandos y de entrada de señal.

(Pacheco, 2006)

Figura 35

Microcontrolador

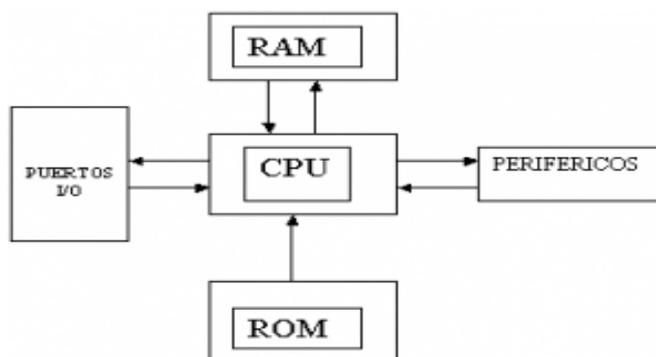


Nota. Componentes internos del microcontrolador. Tomada de (Pacheco, 2006)

El microcontrolador cuenta con una configuración interna establecida con cada una de las memorias en las que se guarden datos, importantes para su funcionamiento, así como los datos que ingresan en tiempo real, todos estos valores viajan a través del microcontrolador para codificar las señales.

Figura 36

Configuración Interna



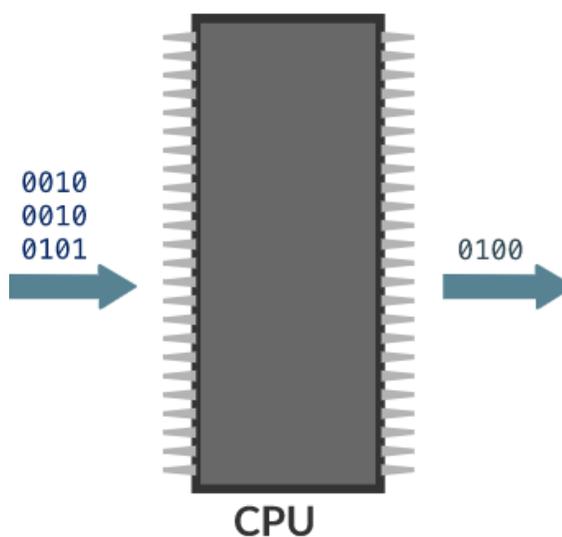
Nota. EL cuadro de la figura 16 nos indica las memorias que posee el microcontrolador mediante el que se realizan todas las operaciones. (Pacheco, 2006)

2.13.4.1. Unidad Central de Proceso CPU

El CPU es el centro de la computadora porque es el cerebro de la misma, porque esta contiene todos los circuitos necesarios para que trabaje procesando las señales de entrada, posteriormente almacenar los datos u generar la señal de salida, estas se generan siguiendo los pasos que los programas le indican que debe realizar. (Fox, 2019)

Figura 37

CPU



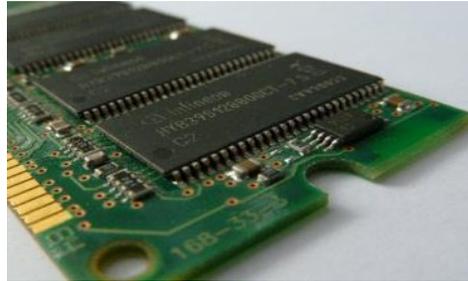
Nota. Descripción del funcionamiento del CPU. Tomada de (Fox, 2019)

2.13.4.2. Memoria RAM

Esta memoria es una memoria de lectura y escritura, en esta se almacenan todos los datos de realimentación, se usa en las aplicaciones que no necesitan mucho almacenamiento, pero que debe trabajar a altas velocidades, tiempo en el que compara con otras señales para definir una acción. (Armano, 2005)

Figura 38

Memoria RAM



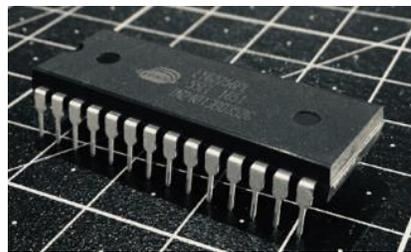
Nota. Apariencia física de la RAM. Tomada de (Armano, 2005)

2.13.4.3. Memoria ROM

Esta es una memoria no volátil, con esta configuración en el caso que el equipo se apague no se pierden los datos guardados, es decir tiene las instrucciones base para que un sistema funcione, esta memoria es no volátil y solo de lectura, la configuración se graba durante la elaboración del chip. Es decir, el funcionamiento de este consiste en almacenar los valores establecidos para cierta función y compararlas con las ingresadas en tiempo real de la memoria RAM para compararlas y generar la acción correspondiente. (Pacheco, 2006)

Figura 39

Memoria ROM



Nota. Apariencia Física Memoria ROM. Tomada de (Tecnología Fácil, 2019)

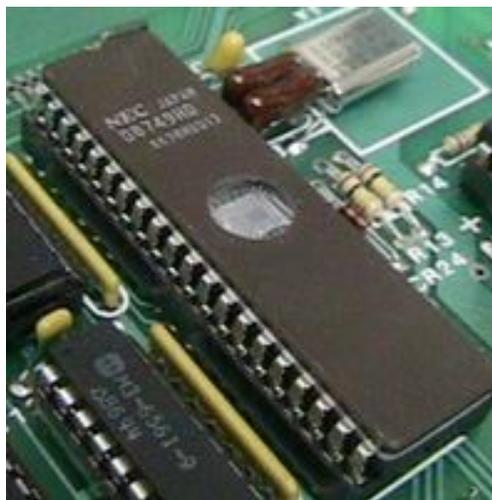
2.13.4.4. Memoria EPROM

Es la memoria de solo lectura que se puede programar y también borrar los datos insertados en la misma, el modo de eliminar los datos de su programación es mediante los rayos UV aquí se puede guardar información, su principal riesgo es que se pueden eliminar los datos por su sencillo proceso de borrado. (BRITO, 2019)

Los microcontroladores tienen una memoria EPROM, estos consisten en que pueden guardar y borrar datos muchas veces, la grabación se realiza por medios electrónicos con un casco OTP y un grabador de PC y para la acción de borrado se debe someter a los rayos UV por algunos minutos. Estas cápsulas son de material cerámico por dicha razón son más caras que los microcontroladores elaborados con materiales plásticos. (Pacheco, 2006)

Figura 40

EPROM



Nota. Apariencia física de la EPROM. Tomada de (Viejo, 2003)

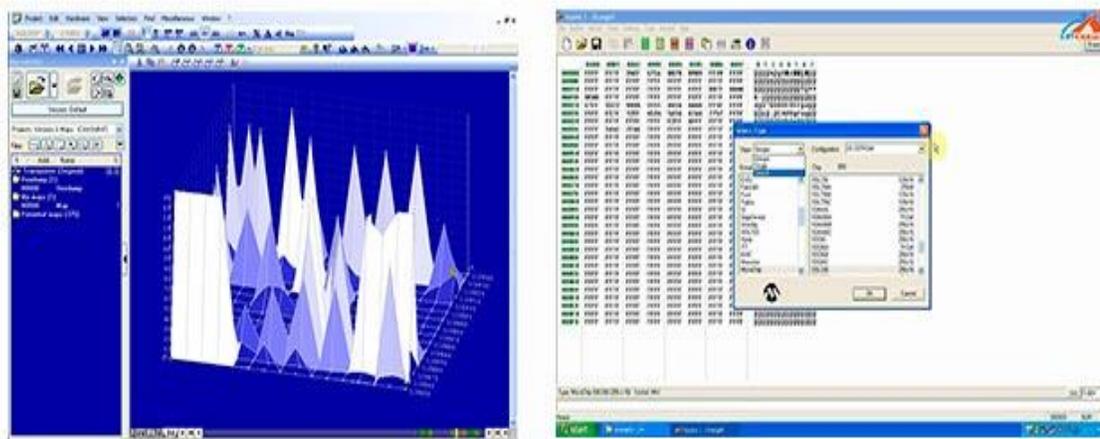
2.13.4.5. Memoria EEPROM

De igual manera esta es una memoria de solo lectura que puede ser programada, la diferencia con la EPROM es que su grabado y borrado de datos solo puede ser realizar mediante la aplicación de pulsos eléctricos en cierto pin, esta configuración de borrado hace más difícil que se eliminen los datos. (BRITO, 2019)

Esta memoria no tiene un número ilimitado de reprogramaciones tanto como para grabar y borrar, por esta razón no se recomienda tener una reprogramación continua, es muy buena para la enseñanza en la ingeniería para el diseño, esta memoria es relativamente lenta con respecto a las otras. (Pacheco, 2006)

Figura 41

EEPROM



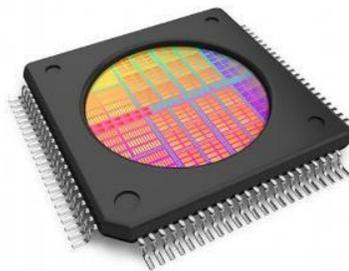
Nota. Memoria EEPROM y su programación totalmente electrónica. Tomada de (Master Chip, 2020)

2.13.4.6. Flash

Esta es una memoria no volátil, que tiene bajo consumo con la capacidad de escribir y borrar. Esta puede funcionar tanto como ROM y RAM, pero en espacio es más pequeña y también tiene menos consumo, Se diferencia de la ROM porque se puede programar dentro del circuito, también tiene una velocidad mayor que las EEPROM, entonces se recomienda está en vez de la EEPROM cuando se tiene gran cantidad de memoria no volátil. (Utrilla, 2018)

Figura 42

Flash



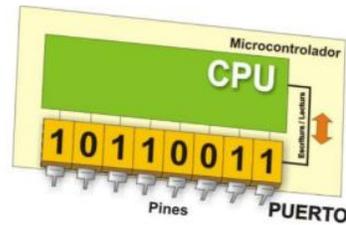
Nota. Apariencia física de la memoria flash. Tomada de (Utrilla, 2018)

2.13.4.7. Líneas de Entrada y Salida

Los microcontroladores son dispositivos que necesitan de una señal de entrada para poder generar o calcular un resultado y reflejarlo en alguna acción mediante un pin de salida, esta entrada y salida puede ser de datos o de señales digitales, dentro de la rama de la electrónica son conocidos como puertos, Los controladores pueden tener 8 o más puertos para poder controlar más registros, es decir un BITS por cada pin. Los puertos se los identifica con letras.

Figura 43

Puertos De Entrada Y Salida

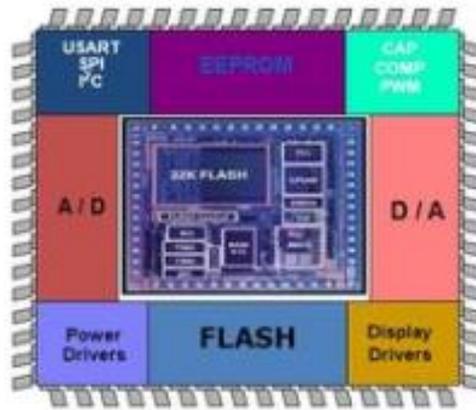


Nota. Diagrama de pines del CPU. Tomada de (Vasquez, 2011)

2.13.4.8. Recursos Auxiliares

Según la serie de aplicaciones que vaya a tener el microcontrolador puede contener diferentes complementos que permiten mejorar las capacidades del dispositivo. Existen varios, los cuales son:

- Conversores A/D y D/A, son los que nos dan la capacidad de poder realizar conversiones de las señales entre analógicas y digitales y viceversa.
- Perro guardián es el que permite reiniciar el dispositivo cuando este se bloquea.
- Temporizador permite controlar el tiempo de varios de los procesos para realizar las actividades.
- Circuito reloj o sincronizador que tiene la finalidad de generar impulsos eléctricos que permiten generar el funcionamiento sincronizado de todo el sistema.
- Circuito e reposo que permite utilizar el mínimo de energía cuando el sistema está sin usarse.

Figura 44*Recursos Auxiliares*

Nota. Arquitectura interna del CPU. Tomada de (Lasso, 2014)

2.13.5. Microprocesador ASIC

La necesidad de la adaptación de la tecnología para la evolución de la industria ha generado el nacimiento de ASIC, sus siglas significan Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas, es un chip diseñado para tener un uso en concreto. En general el chip puede ser muy común, pero tiene aplicaciones específicas dependiendo el equipo al que se lo inserte, son configurables por el usuario y trabaja con funciones analógicas y digitales o ambas.

Completamente configurables

Todos los elementos que lo compone se pueden configurar incluyendo las capas, puede diseñar todas las celdas lógicas y circuitería.

Semiconfigurables

En este las celdas lógicas ya vienen preconfiguradas, de esta forma facilita el trabajo del diseñador, este ASIC se divide en:

- ASIC basado en celdas estándar
- ASIC basado en arreglos de compuertas

Dispositivos Lógicos Programables

Estos dispositivos se pueden programar y así crear partes configurables para realizar alguna acción específica, se ausentan las máscaras y celdas lógicas configurables. (Intertronic, 2019)

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Características del Sistema Electrónico

Este sistema electrohidráulico tiene la finalidad de lograr controlar los componentes hidráulicos que otorgan de la potencia al sistema para lograr su desplazamiento, de igual forma le proveen a la maquina la capacidad de realizar maniobras con gran precisión y agilidad.

Una de las principales características del sistema es la fácil operación, este tipo de control electrónico le otorga a la maquinaria la capacidad de poder realizar movimientos más precisos y exactos, de tal manera que se puedan realizar operaciones con exactitud, así como la de realizar una gran cantidad de trabajo aplicando la menor cantidad de esfuerzo sobre los controles.

Todo el sistema que será controlado electrónicamente es hidráulico, por motivo que los líquidos al ser incompresible pueden realizar mayor cantidad de esfuerzos mismos que son de gran importancia en el campo de la maquinaria pesada. Este tipo de combinación entre la electrónica y la hidráulica es el modo de operación más eficiente antes del totalmente electrónico.

Tiene un caudal regulable en el funcionamiento de las bombas y motor que son los encargados de entregar la potencia a todo el sistema, gracias al control de las electroválvulas que reciben pulsos enviado por la posición del joystick.

Tiene un modo de operación sencillo para su desplazamiento ya que solo es accionado mediante el joystick que según su posición el desplazamiento da dirección y entrega cierta cantidad de potencia. Junto con otra ventaja que hace el sistema muy amigable con el operador.

A diferencia de los antiguos sistemas totalmente hidráulicos, tiene la facilidad de tener una disposición mucho más sencilla, junto con la reducción de elementos mecánicos para realizar movimientos, con el sistema de control electrónico mucho más fácil de verificar alguna falla.

3.2. Elementos electrónicos

La selección de cada uno de los componentes que conforman los sistemas debe ser basado a los cálculos para tener una mecánica eficiente, y el diseño de un sistema electrónico con la capacidad de poder controlar las acciones de gran precisión.

3.2.1. Joystick

Para el control del sistema de la tracción del banco de pruebas se eligió el Joystick Genius MaxFighter F-17 por su disposición de fácil control con ambas manos, misma característica que facilita su configuración dentro de la cabina del ocupante. Así

como por los botones extras que nos permitirá programar más acciones como en este caso el bloqueo de la tracción al presionar el botón de parking.

El Joystick también tiene una conexión mediante USB, característica muy importante en este caso para poder realizar una programación que controle los elementos electrohidráulicos posteriores, esta entrada permitirá codificar la señal enviada por el joystick y sus demás mandos hacia las válvulas que proveen de fluido a ambos motores.

Figura 45

Joystick Genius Maxfighter F-17



Nota. Joystick utilizado para el control de la tracción.

3.2.2. USB Host Shield

Este dispositivo dispone de cualquier microprocesador ASIC o DSP gracias a la gran colección de periféricos USB en la función como Host USB, es muy útil en trabajos de punto a punto, es decir el trabajo de un periférico. Internamente el traductor permite que el sistema funcione con un voltaje entre 1.4 y 1.6V de entrada, también la placa cuenta con ocho entradas para uso general. Tiene una gran variedad de aplicaciones como para cámaras, instrumentación, dispositivos médicos, dispositivos USB personalizados, microprocesadores, entre otras aplicaciones.

Figura 46

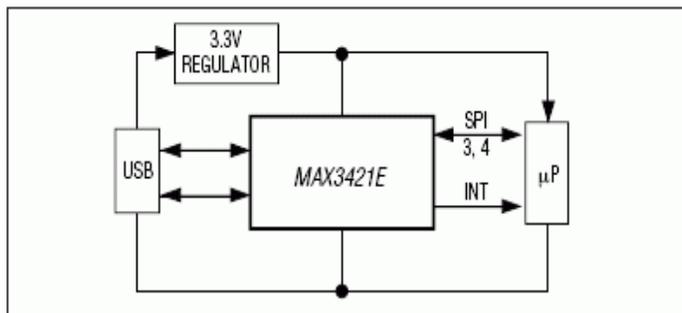
USB Host Shield



El circuito de la placa integrada permite, codificar las señales que provengas de las fuentes externas para codificarlas, la corriente dentro del módulo circula en un flujo ya diseñado para efectuar las acciones deseadas.

Figura 47

Circuito Interno Del USB Host Shield



Nota. Flujo de corriente en el USB Host. Tomada de (Arduino, 2020)

3.2.3. Arduino Mega

Es un microcontrolador el cual se basa en el ATmega2560, la configuración de esta tarjeta consta de 54 pines los mismos que pueden ser usados 14 como salidas PWM, 16 entradas analógicas y 4 puertos seriales para los hardware. Otro elemento es el oscilador de 16 MHz, la entrada USB, tiene un cabezal ICSP y su botón de reinicio para realizar otra programación, Este Arduino tiene también la capacidad de trabajar conectado a un cable USB o trabajar directamente con un adaptador alimentándolo de corriente continua o alterna. Además, es compatible con la mayoría de los elementos Arduino.

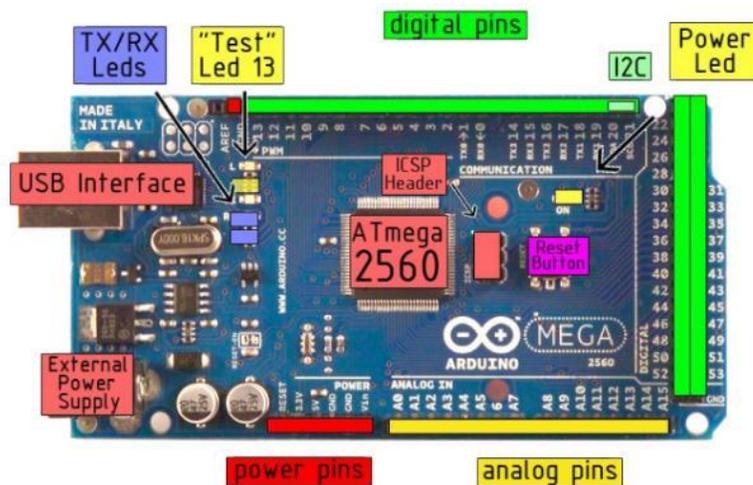
El modelo Arduino 2560 consta de la siguiente especificación técnica:

- Voltaje de operación 5V
- Voltaje de entrada recomendado 7-12V
- Voltaje de entrada límite 6-20V
- Pines digitales 54

- Pines análogos 16
- Corriente continua en pin I/O 40mA
- Corriente continua en pin 3.3V 50mA
- Memoria flash 256KB
- SRAM 8KB
- EEPROM 4KB
- Velocidad 16MHz

Figura 48

Configuración De Arduino Mega 2560



Nota: Imagen tomada del datasheet del Arduino Mega. (Arduino, 2020)

La placa en la cual se grabará la programación, es la que recibe las señales enviadas a través del UBS Host, aquí fluye por medio de todos los componentes eléctricos indispensables y la señal final sale por los puertos de salida que vienen integrados en la placa para poder controlar elementos externos.

Figura 49

Placa Arduino Mega 2560

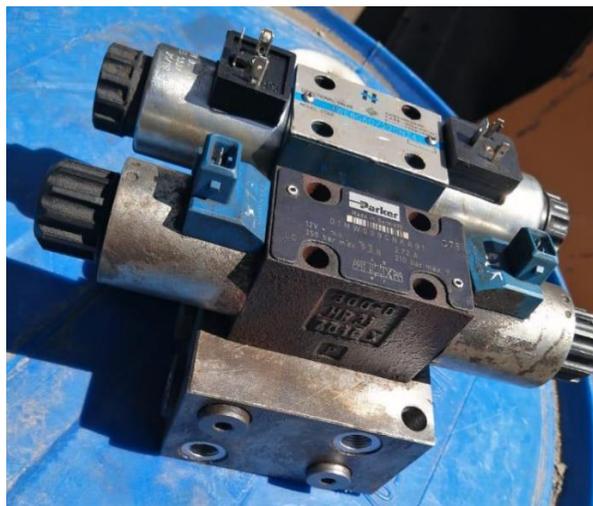


3.3. Componentes electromecánicos

En cada una de las acciones de la maquina intervienen elementos electrónicos que permiten controlar el flujo del aceite en el sistema, en este caso se eligió una electroválvula 5 vías 3 posiciones accionado electrónicamente normalmente cerrado, controlada por medio del voltaje que trabaja con 12V.

Figura 50

Electroválvulas 5/3



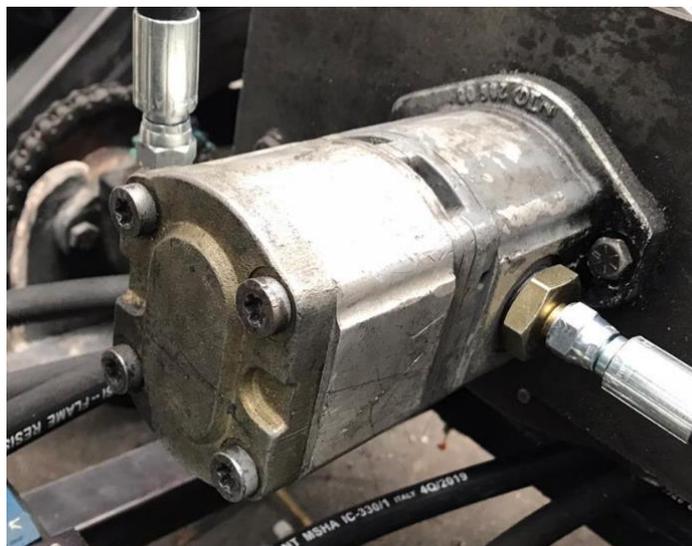
En este caso las dos electroválvulas están conformada por un mismo cuerpo, pero cada una de ellas permite el flujo de aceite a cada uno de los motores en ambos ejes, de esta manera se logra permitir o no el flujo a cada motor y hacerlo rotar en el sentido que movilice el banco en el rumbo deseado.

3.4. Componentes Hidráulicos

Como elemento principal se utilizó una bomba hidráulica de doble sección, esta bomba se acciona por acción del giro del motor térmico, de esta forma absorbe fluido del depósito y lo envía a presión circuito de la tracción y el circuito de las herramientas. La bomba puede regular el caudal que envía a cada sistema regulando el rpm con las que gira el motor térmico.

Figura 51

Bomba Hidráulica



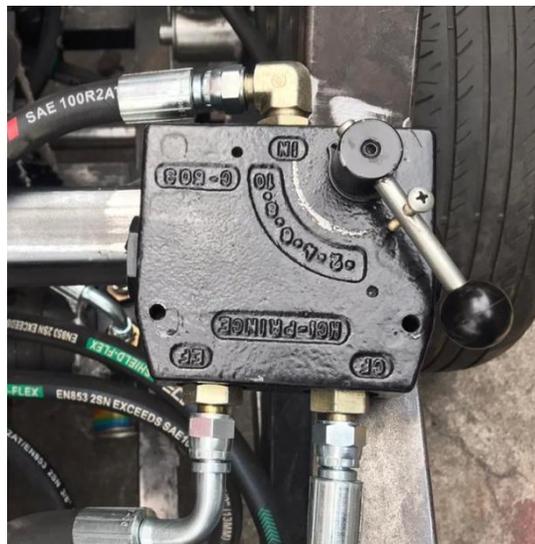
Nota. Bomba hidráulica de doble sección de un sentido.

Para poder generar un movimiento de las ruedas proporcional se implementó un regulador de caudal manual, este va colocado después de la bomba hidráulica y antes de las electro válvulas con esta disposición se permite regular el flujo que hace girar a los motores después de permitir el paso por la válvula. De esta manera se permite a la maquina desplazarse a altas o bajas velocidades.

Esta válvula mecánica se la selecciono con la finalidad de lograr simular el funcionamiento de las válvulas proporcionales, dichas válvulas generan el paso de un caudal diferente según el voltaje que se envié, las mismas no se colocaron por costos elevados que sobrepasan el presupuesto, es decir las válvulas colocadas son on/off para permitir o no el flujo de hidráulico y su control de caudal se lo realiza abriendo el paso proporcionalmente en la válvula de caudal manual.

Figura 52

Regulador de Caudal Manual



Nota. Regulador manual con puertos de entrada, salida y drenaje.

Finalmente, para finalizar el sistema están dos motores colocados uno en cada eje longitudinal de la máquina, los motores giran en ambos sentidos por esta razón se puede generar el avance y retroceso en los dos ejes independientemente y así logramos conseguir todos los giros necesarios para operar la máquina.

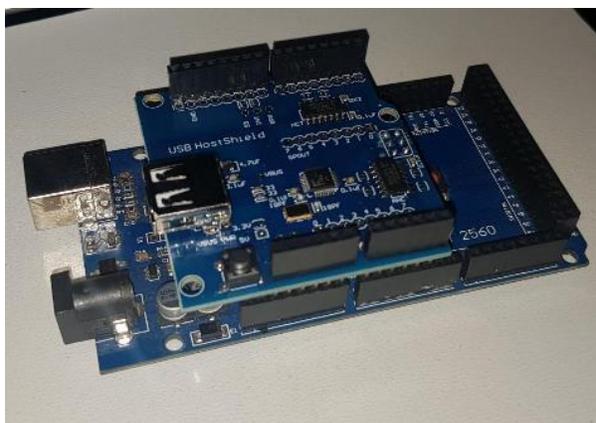
El eje de los motores está unido a una catalina centrada, con la tarea de transmitir mediante la cadena el movimiento a cada eje delantero y trasero en los dos lados de la máquina, dispuestos con una relación de transmisión verificada para generar un correcto arrastre del banco de pruebas.

3.5. Instalación del sistema

Para poder generar la comunicación entre el mando Joystick se debe unificar la placa Arduino con el USB Host Shield, en este procedimiento se unifican los puertos de corriente y tierra, incluso los pines de entrada y salida de datos.

Figura 53

Acople de Placas



Nota. Acople de la placa Arduino Mega con USB Host Shield

3.5.1. Programación del microcontrolador Arduino

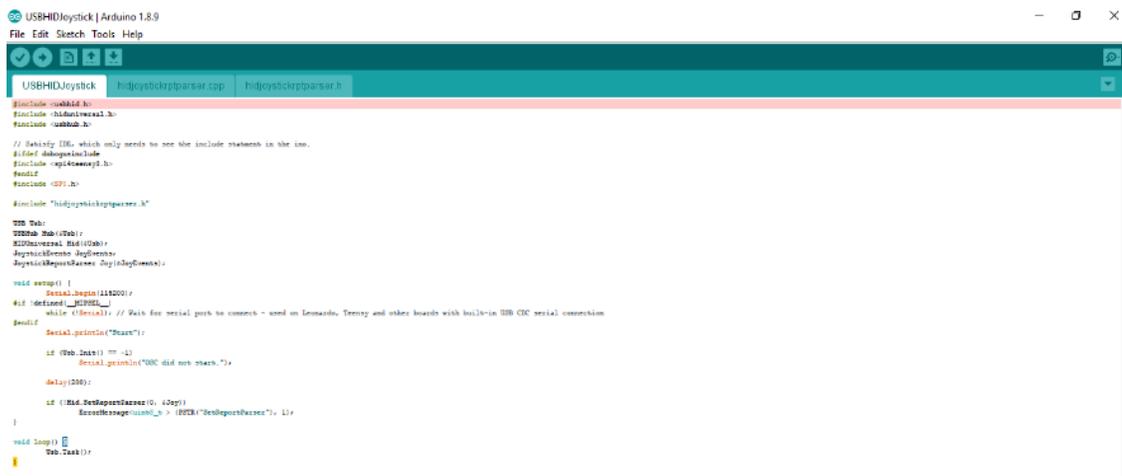
Para la programación del sistema controlador se realizó mediante la placa UBS host Shield que codifica la entrada de las señales analógicas, esta señal permite ingresar los valores de esta forma se logró programar los controles más precisos, el USB codifica las señales y las envía hacia la placa Arduino, a la que se le programa el código para realizar la acción específica según la posición del joystick y al ángulo de inclinación del mando, es decir mientras más pronunciado el ángulo mayor será la apertura de las válvulas y consecuentemente en el sistema de la tracción se moverá con mayor velocidad.

Entonces la programación se la realiza con los movimientos que realiza el pivote en todo el plano X, Y según su inclinación enviara cierto voltaje a la electro válvula correspondiente, para dicha programación se incorpora valores de accionamiento en cada una de las diferentes posiciones del plano, es decir se lo programa en el eje +X, -X, +Y y -Y, con todas las posiciones entre ellas.

Después de haber generado el código de programación se debe instalar el programa en la placa para que, de esta forma, la placa reciba las señales de voltaje y según el código realice una acción comandada por los pines de salida, para la instalación del código en la placa se debe conectar la placa con el computador y seguir el procedimiento de instalación.

Figura 54

Código de Programación del sistema



```

USBHIDJoystick | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help
USBHIDJoystick | hidjoystickppbarsat.cpp | hidjoystickppbarsat.h
#include <usbhid.h>
#include <hidapi/hidapi.h>
#include <usbhub.h>

// Setting USB, which only needs to see the include statements in the i/o.
#ifdef __cplusplus
#include <string.h>
#endif
#include <SPI.h>

#include "hidjoystickppbarsat.h"

USB Hub:
USBHub Hub(1784);
HIDDevice* Hid(1784);
JoystickDevice Joystick;
JoystickReportAccess JoystickAccess;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  #if !defined(__AVR__)
  while (!Serial) // Wait for serial port to connect - used on Leonardo, Trinkit and other boards with built-in USB CDC serial connection
  #endif
  Serial.println("Start");
  if (Hub.begin() == -1) Serial.println("USB did not start.");
  delay(1000);
  if (!Hid.beginReportAccess(0, 4096)) Serial.println("USB ReportAccess failed.");
}

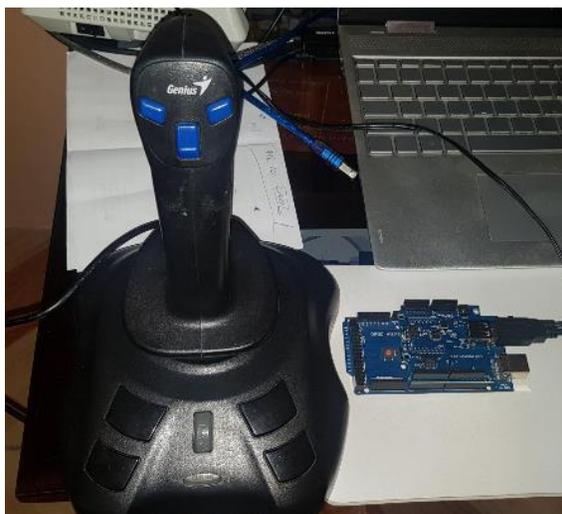
void loop() {
  Hub.Task();
}

```

Dicho código programado debe ser instalado en la placa de esta forma este código permite que el mando Joystick se comunique, de tal forma que arroje las señales de entrada para codificarlas.

Figura 55

Instalación del código en la placa



Después de haber instalado el código en la placa se genera un circuito básico con leds, de esta manera se puede realizar la simulación de funcionamiento y verificar si existe errores y el modo de funcionamiento, la prueba consiste en generar los movimientos con el mando y según esta posición n la placa comanda los pulsos de corriente para que encienda uno de los leds correspondiente a cada posición del mando.

Figura 56

Simulación de Funcionamiento

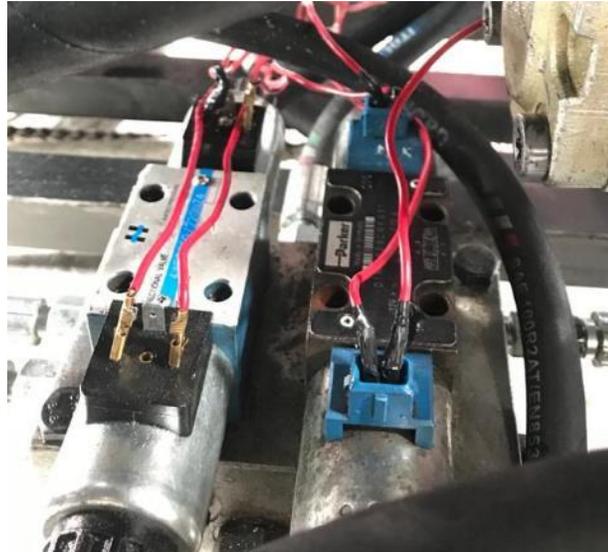


3.5.2. Conexión del Módulo y Solenoides de válvulas

Los solenoides de las válvulas se activan con 12V, al activar uno varía una vía del flujo de aceite, en este se utilizó 2 válvulas 5/3, cada una de ellas tiene dos solenoides que abren el flujo en su momento en dos direcciones diferentes, es decir cada uno de estos controladores tiene dos pines, uno negativo común y el de control de masa que permite activar y no el mismo.

Figura 57

Conexión de los solenoides

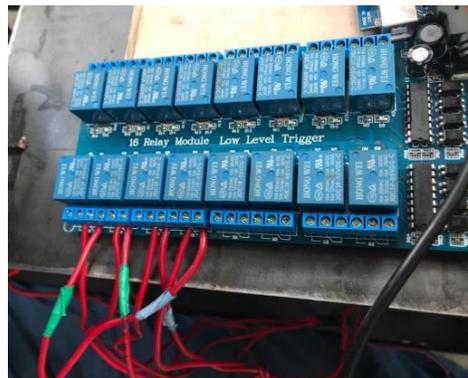


Nota. Alimentación de cada solenoide hacia el control de 12V.

En el otro extremo cada uno de los pines envía la señal negativa de los solenoides, esta se las conecta a la masa del chasis de la máquina, y el otro cable del control de masa en el terminal de la regleta de relés que se activan cuando por medio del módulo central se envía los pulsos según la posición del mando.

Figura 58

Conexión al módulo de relés



Finalmente se implementó el circuito programado en la placa Arduino, para poder codificar las señales enviadas por el joystick y generar una acción por los pulsos eléctricos enviados por todo el circuito antes mencionado, en este proceso se interviene la placa Arduino mega 2560 cargado el programa, y so modulo USB ara poder codificar la señal recibida desde el joystick.

También se utilizó optoacopladores para lograr transmitir la energía con el uso de ondas de luz, de esta forma se logra un acoplamiento con aislamiento eléctrico entre la señal de entrada de salida, la función que tiene es proteger al circuito de los picos de voltaje que se general y altas tensiones altas que causen daños en este, es decir permite transmitir las señales, pero las asila de manera óptica. Se aplica para su funcionamiento corriente en la entrada para que el led puede emitir una luz proporcional a la corriente que recibe, esta incide en el fotodetector y si la luz es suficiente permite el flujo de corriente por el circuito.

Figura 59

Conexión Arduino y Módulo de relés.



Nota. Incorporación del circuito protector.

CAPÍTULO IV

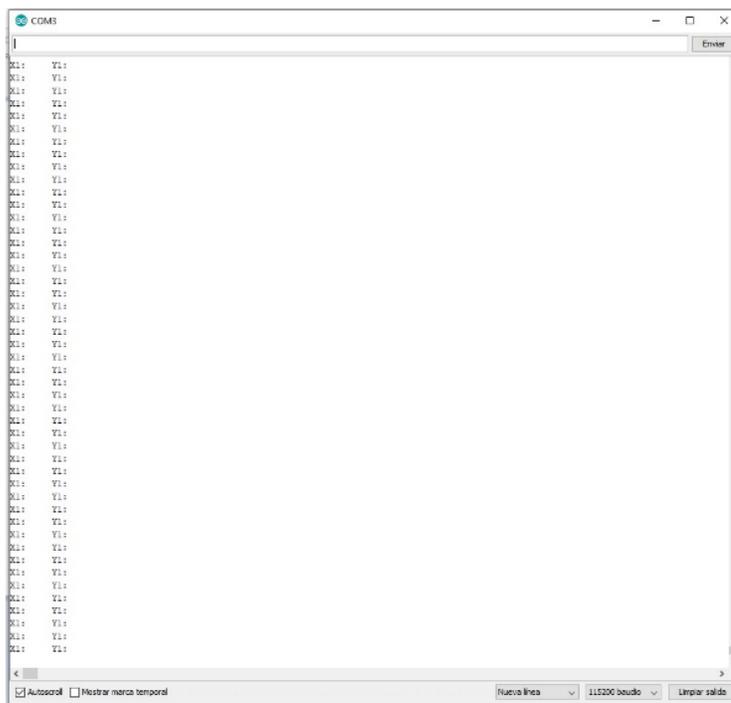
4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1. Prueba de funcionamiento de los controles de mando del sistema

Se verifica la correcta conexión entre los mandos el módulo central y las electro válvulas, accionando el mando y verificando si el programa está enviando los pulsos eléctricos por sus puertos de salida, para así verificar el funcionamiento del código programado en el módulo central, se lo prueba en cada una de las posiciones del mando, según esta debe haber pulsos en el puerto de salida correspondiente.

Figura 60

Posición de Reposo



Nota. Resultados de la posición de reposo

4.2. Prueba de desplazamiento de la máquina con el control del joystick

Después de haber realizado la instalación de todo el sistema de control electrónico conjuntamente con los elementos electromecánicos, se puede realizar la prueba final de funcionamiento de desplazamiento de la máquina accionando por los mandos electrónicos.

Figura 65

Accionamiento mediante el mando Joystick



Nota. Accionamiento del mando en todas las direcciones

Verificación del desplazamiento físico de la máquina, dicha prueba demuestra la capacidad de la máquina de realizar todos los movimientos necesarios para poder trasladar la máquina.

Figura 66

Posición inicial del desplazamiento



Después de accionar el mando central la máquina demuestra que es capaz de desplazar su peso bruto, a conveniencia del operador para realizar cualquier trabajo.

Figura 67

Posición Final del Desplazamiento



Finalmente se verifica la presión generada en el circuito, de esta forma podemos ver las variaciones de presión que tenemos al momento de utilizar la máquina y hacerla desplazar.

Figura 68

Presión Interna del sistema de Tracción Hidrostática



CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos Humanos

El proyecto de titulación actual tuvo colaboraciones específicas de las siguientes personas listadas en la tabla, cada uno con diferentes aportes oportunos en su momento que dieron como resultado la finalización favorable del banco de pruebas.

Tabla 2

Recursos Humanos

Nombre	Aporte
Marlon Estiven Paredes Villacis	Programación e Instalación del sistema
Ing. Jaime Eduardo León Almeida	Tutor Designado
Ing. Cristian Chuchico Arcos	Asesoría en la Automatización

5.2. Recursos Tecnológicos

Se refiere a todos los materiales eléctricos y electrónicos que aportan para el funcionamiento final del sistema, cada uno de ellos cumple funciones específicas, mismos que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3*Recursos tecnológicos*

Orden	Recurso Tecnológico	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Microsoft Office	1	\$100	\$100
2	Arduino	1	\$25	\$25
3	USB Host Shield	1	\$25	\$25
4	Joystick Max Fighter M16	1	\$25	\$25
			Total:	\$175

5.3. Recursos Materiales

En los recursos materiales se considera todos los elementos físicos que se utilizaron para la construcción del sistema, todos los componentes que conforman el banco físicamente, mismos que son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 4*Recursos Materiales*

Orden	Recurso Material	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Motor de combustión	1	\$300	\$300
2	Bomba Hidráulica	1	\$150	\$150
3	Motores Hidráulicos	2	\$100	\$200

ORDEN	Recurso Material	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
4	Electroválvulas	2	\$80	\$160
5	Regulador de Caudal	1	\$40	\$40
6	Mangueras hidráulicas	8	\$10	\$80
7	Cables	25	\$1	\$25
8	Estaño	2	\$1	\$2
9	Cautín	1	\$10	\$10
			Total:	\$967

5.4. Presupuesto

Después de un análisis de todos los componentes y materiales que se utilizarán para el desarrollo del proyecto, se realiza un cálculo de todos los montos invertidos.

Tabla 5

Presupuesto

Orden	Recurso	Valor Total
1	Recursos tecnológicos	\$175
2	Recursos Materiales	\$967
3	Imprevistos 20%	\$228.4
Total:		\$1370.4

5.5. Cronograma

Se detalla en la siguiente tabla el avance de cada una de las partes del desarrollo del banco de pruebas.

Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración	oct. 2019		nov. 2019				dic. 2019				ene. 2020				feb. 2020				mar. 2020				abr. 2020				may. 2020				jun. 2020				jul. 2020				ago. 2020				sep. 2020				
					29/9	6/10	13/10	20/10	27/10	3/11	10/11	17/11	24/11	1/12	8/12	15/12	22/12	29/12	5/1	12/1	19/1	26/1	2/2	9/2	16/2	23/2	1/3	8/3	15/3	22/3	29/3	5/4	12/4	19/4	26/4	3/5	10/5	17/5	24/5	31/5	7/6	14/6	21/6	28/6	5/7	12/7	19/7	26/7	2/8	9/8	16/8
1	Estudio del sistema hidráulico para realizar la selección de componentes	25/9/2019	23/10/2019	4,2s	█																																														
2	Verificación de las características de los solenoides de las válvulas	23/10/2019	13/11/2019	3,2s	█																																														
3	Selección de componentes electrónicos y los para el sistema	13/11/2019	11/12/2019	4,2s	█																																														
4	Instalación del sistema hidráulico para el control de la tracción	11/12/2019	22/1/2020	6,2s	█																																														
5	Programación del código de control del sistema	22/1/2020	26/2/2020	5,2s	█																																														
6	Elaboración del módulo central	26/2/2020	8/4/2020	6,2s	█																																														
7	Pruebas de funcionamiento de la programación de Arduino	8/4/2020	29/4/2020	3,2s	█																																														
8	Conexión entre mando electrónico y Válvulas	29/4/2020	27/5/2020	4,2s	█																																														
9	Instalación y adaptación del mando Joystick	27/5/2020	17/6/2020	3,2s	█																																														
10	Simulación de movimientos del banco de pruebas	17/6/2020	8/7/2020	3,2s	█																																														
11	Pruebas de funcionamiento	8/7/2020	5/8/2020	4,2s	█																																														
12	Desarrollo del marco teórico	5/8/2020	2/9/2020	4,2s	█																																														
13	Defensa del proyecto	2/9/2020	11/9/2020	1,6s	█																																														

CONCLUSIONES

- Se consiguió implementar el sistema de control electrónico al banco de pruebas de maquinaria pesada, mismo que posee una construcción sencilla y muy práctica para poder utilizarlo en la Universidad de las Fuerzas Armadas como material didáctico para las clases de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz.
- Mediante el estudio de los tipos de control electrónico se logró conocer más sobre el funcionamiento y los usos, por tal motivo se eligió los materiales correctos para la automatización del sistema de tracción hidrostáticos.
- Se diseñó satisfactoriamente el sistema hidráulico, por dicha razón se consiguió el mando electrónico y el módulo central del funcionamiento, para ejecutar los movimientos de avance, retroceso y giro con el accionamiento del Joystick.
- Se verifico el funcionamiento en conjunto de toda la maquina incorporando ambos sistemas eléctricos, sistema hidráulico, herramientas y tracción, de esta manera se logró realizar la simulación del desplazamiento y trabajo de las herramientas.

RECOMENDACIONES

- Después de haber concluido el proyecto satisfactoriamente, en base a la investigación realizada de distintas fuentes bibliográficas, se recomienda estudiar temas sobre sistemas alternos de construcción y funcionamiento, así como aditamentos extra al banco de pruebas.
- A continuación, se detalla varias recomendaciones, mismas que al implementarlas mejoran el rendimiento y funcionamiento del banco, como realizar mantenimiento periódico, verificar nivel de fluidos, estado del motor y elementos hidráulicos, y una buena limpieza en los sistemas electrónicos.
- Implementar el banco de pruebas en el estudio de campo en las clases de maquinaria pesada, realizando verificaciones visuales, desmontaje y montaje de componentes y pruebas de funcionamiento final, para impartir los conocimientos eficientemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, L. M. (2016). *Sistema Electrico de la Retroexcavadora*. Recuperado el 03 de septiembre de 2020
- Aprendiendo Arduino. (febrero de 2018). *Aprendiendo Arduino*. Recuperado el 7 de agosto de 2020, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/06/18/ide-arduino-y-configuracion/>
- Aranibar, P. N. (2016). *West Coast Training*. Recuperado el 07 de septiembre de 2020, de Maqiomarias Pesadas: <file:///C:/Users/Ordenador/Downloads/curso-sistemas-impulsion-hidrostaticos-hydrodrive-sistemas-hidraulicos.pdf>
- Arduino. (2020). *Arduino*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de Arduino: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-usb-host-shield>
- Arevalo, L. (26 de marzo de 2018). *Construir América Central y Caribe*. Recuperado el 17 de agosto de 2020, de Construir América Central y Caribe: <https://revistaconstruir.com/seis-sistemas-marcaran-el-futuro-de-la-maquinaria/>
- Armano, M. (2005). *Memoria RAM Estática Asíncrona de 1 kbit*. Argentina: Universidad Nacional del Sur.
- Artero, Ó. T. (2013). *Arduino*. Recuperado el 8 de agosto de 2020
- Aula de Robótica. (27 de abril de 2017). *Aula de Robótica*. Recuperado el 11 de agosto de 2020, de Aula de Robótica: <http://roboticclassroom.blogspot.com/2017/04/arduino-tipos-de-placas.html>
- Barba, R. E. (2017). *DESARROLLO DE PRÁCTICA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE*. Latacunga: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
- BRITO, Á. A. (2019). *“Dispositivos Lógicos Programables”*. Mexico: TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO. Recuperado el 4 de 08 de 2020

- Burkert. (2017). *Burkert Fluid Control System*. Recuperado el 14 de agosto de 2020, de <https://www.burkert-usa.com/en/Company-Career/What-s-New/Press/Media/Technical-Reports/Technical-Reports-additional-topics/Direct-acting-vs-pilot-solenoid-valves>
- CASE CONSTRUCTION CNH. (2020). *Case Construction*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de Case Construction: <https://www.casece.com/latam/es-la/dentro-case/historia>
- CAT. (2020). *Finning CAT*. Recuperado el 22 de agosto de 2020, de Finning CAT: https://www.finning.com/es_CL/parts/new/spare-parts-solutions/power-train.html
- Central de Repuestos TR. (2016). *Centras de Repuestos TR*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <http://centralderepuestostr.com/sistema-direccion-asistida-hidraulica/>
- Coco Solution. (2019). *Coco Solution*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <https://www.lovesharing.com/como-funciona-un-motor-electrico-de-coche/>
- Comellas, A. (2010). *Análisis de Funcionamiento Transmisión Hidrostática*. España: Asociación de Ingeniería Mecánica.
- Corrado, R. (2019). *El Sistem de Dirección*. Groelandia: Instituto Provincial de Educación terciaria. Recuperado el 19 de agosto de 2020
- Documentacion Arduino. (2015). *What is Arduino?* Arduino Documentation. Recuperado el 08 de septiembre de 2020
- Drives, I. t. (2019). *Science Direct*. Recuperado el 01 de agosto de 2020, de Science Direct: Los motores hidráulicos convierten la presión del fluido en movimiento giratorio. El fluido presurizado de la bomba hidráulica gira el eje de salida del motor presionando los engranajes, pistones o paletas del motor hidráulico. Los motores hidráulicos se
- Eraso, E. (2012). *Torque y Potencia*. Mexico. Recuperado el 06 de septiembre de 2020

- Excavalandia. (26 de febrero de 2012). *Excavalandia*. Recuperado el agosto 21 de 2020, de Excavalandia: <http://www.excavalandia.cat/2012/02/pala-otis.html>
- Fernández, J., & Caivinagua, J. (2020). *Modelación Hidráulica en 2D del Tramo Calle Ciudad de Cuenca (Puente de Misicata) – Av. De las Américas, del Río Yanuncay*. Cuenca: Universidad de Azuay.
- Festo. (2020). *Festo*. Recuperado el 21 de agosto de 2020, de Festo: <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/equipos-de-practicas/neumatica/componentes/electrovalvula-de-5-3-vias,normalmente-cerrada.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC41NjQuNzQ0NQ>
- Fox, P. (2019). *Khan Academy*. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de Khan Academy: <https://www.khanacademy.org/computing/ap-computer-science-principles/computers-101/computer--components/a/central-processing-unit-cpu>
- Hayashi, G. R. (1977). *Mecanismo Controlador del Joystick*. EE.UU: Atari Corporation. Recuperado el 28 de agosto de 2020
- Hernández, L. d. (2020). *Programar fácil*. Recuperado el 01 de septiembre de 2020, de Programar fácil: <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/instalar-una-libreria-de-arduino/>
- Herrera, M. (s.f.). *CAT*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de Cat D6K Manual de Usuario: <https://www.manualsdir.com/manuals/268413/milton-cat-d6k.html?page=7>
- Hervás, V. (2017). *Motores Térmicos*. IES. Recuperado el 29 de agosto de 2020
- Instituto tecnológico de Cancún. (2019). *StuDocu*. Recuperado el 04 de septiembre de 2020, de StuDocu: <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-cancun/maquinas-hidraulicas/apuntes/12-tren-de-fuerzas-apuntes-13/4793522/view>
- Intertronic. (5 de marzo de 2019). *Intertronic*. Recuperado el 24 de agosto de 2020, de

- Intertronic.es: <https://intertronic.es/tendencias/asic-que-es/>
- Lasso, V. (2014). *Slide Player*. Recuperado el 03 de agosto de 2020, de Slide Player:
<https://slideplayer.es/slide/1057434/>
- Lenis, M. R. (2017). *Mecanico Automotriz.org*. Recuperado el 28 de agosto de 2020, de Manual Tren de Fuerzas:
<https://drive.google.com/file/d/0B4uwxwKUzRinZV9ITENCa1I3cEk/view>
- López, M. J. (2009). *Diseño de una Transmisión Hidrostática*. Suecia: Universidad Linkopinkgs. Recuperado el 19 de agosto de 2020
- Luis, R. V. (24 de octubre de 2013). *Maqpe*. Recuperado el 26 de agosto de 2020, de Maqpe.com: <https://maqpe.com/mando-final/>
- MachineDesing. (2002). *Hydrostatic Drives*. EE.UU: Machine Desings. Recuperado el 23 de agosto de 2020
- Maquinarias Pesadas. (12 de marzo de 2017). *maquinariaspesadas*. Recuperado el 28 de agosto de 2020, de Maquinarias Pesadas Maravillas de la Ingeniería:
<https://drive.google.com/file/d/0B1WvXuSVyhHqT29Jc0FUOS1UNEU/view>
- Marquez, L. (2004). *Transmisión Hidrostática*. Motores y Transmisiones. Recuperado el 06 de septiembre de 2020
- Master Chip. (2020). *Master Chip*. Recuperado el 27 de agosto de 2020, de Master Chip: <http://masterchip.es/servicios/archivos-EEPROM-flash/>
- Mistry, K. A. (2018). *Design and Analysis of Hydrostatic Transmission System*. Gandhinagar-382721, Gujarat, India: Alpha College of Engineering and Technology(ACET).
- Mundo Motor. (s.f.). *Mundo motor*. Recuperado el 29 de agosto de 2020, de Mundo motor: <https://www.mundodelmotor.net/diferencial/>
- Ocañas, J. L. (1984). *Análisis de Embragues*. San Nicolás: Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Omega. (17 de abril de 2019). *Omega Spectris Company*. Recuperado el 30 de agosto de 2020, de <https://www.omega.ca/en/resources/valves-technical-principles>
- Pacheco, M. (2006). *Diseño y Construcción*. Latacunga: ESPE.
- Palomino, D. A. (17 de junio de 2017). *Nitro*. Recuperado el 30 de agosto de 2020, de Nitro: <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/como-se-divide-el-tren-de-potencia-de-un-vehiculo.html>
- Paredes Acosta , K. M., & Angamarca Limaico , C. J. (2011). *BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DIFERENCIAL*. Latacunga: Escuela Politecnica del Ejercito.
- Perez, A. (23 de enero de 2018). *Auto Bild*. Recuperado el 12 de agosto de 2020, de Auto Bild: <https://www.autobild.es/noticias/como-funciona-motor-electrico-186528>
- Prats, D. A. (2011). *Introduccion a los Procesadores Digitales*. España: Tecnología Electrónica. Recuperado el 25 de agosto de 2020
- R, J. L. (2017). *Como Funciona*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de Como Funciona: <https://como-funciona.co/sistema-de-direccion/>
- Ramirez, L. C. (2012). *Historia de la Retroexcavadora*. Mexico. Recuperado el 22 de agosto de 2020
- Redacción Motor. (06 de septiembre de 2020). *Motor Actualidad*. Recuperado el 29 de agosto de 2020, de Motor Actualidad: <https://www.motor.com.co/actualidad/tecnologia/mejor-torque-caballos/7741>
- Román, J. L. (2020). *Como funciona*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de Como funciona: <https://como-funciona.co/una-bomba-hidraulica/>
- Saez, E. (2009). Las excavadoras del siglo XXI. *Minería Panamericana*, 1. Recuperado el 25 de agosto de 2020
- Saez, E. (2017). *Construcción Panamericana*. Recuperado el 17 de agosto de 2020, de Construcción Panamericana: <https://www.construccion-pa.com/uncategorized/la-retroexcavadora-jcb-la-mas-vendida-del-mundo/>

- Salom, J. (21 de agosto de 2020). *Neo Motor*. Recuperado el 29 de agosto de 2020, de Neo Motor: <https://www.neomotor.com/conduccion/cuatro-consejos-para-no-romper-el-embrague.html>
- Solis, V. m. (2017). *DISEÑO DE BOMBA HIDRÁULICA DE PISTONES ACCIONADA*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 18 de agosto de 2020
- SuperredT. (15 de mayo de 2018). *100cia.site*. Recuperado el 04 de 08 de 2020, de 100cia.site: <https://100cia.site/index.php/fisica/item/9621-que-es-un-motor-termico>
- Tecnología Fácil. (2019). *Tecnología Fácil*. Recuperado el 05 de septiembre de 2020, de Tecnología Fácil: <https://tecnologia-facil.com/que-es/la-memoria-rom/>
- TRANSMISIÓN, S. D. (08 de noviembre de N/A). *MAQUINARIAS PESADAS*. Recuperado el 27 de agosto de 2020, de MAQUINARIAS PESADAS: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/2861-manual-maquinaria-tren-potencia-transmision-sistemas-locomocion>
- Turbosquid. (s.f.). *Motor.es*. Recuperado el 29 de agosto de 2020, de Motor.es: <https://www.motor.es/que-es/convertidor-de-par>
- Utrilla, R. (21 de mayo de 2018). *B105 Lab*. Recuperado el 13 de agosto de 2020, de B105 Lab: <http://elb105.com/stm32f4-consideraciones-para-el-uso-de-la-memoria-flash-parte-i/>
- Vasquez, I. L. (18 de julio de 2011). *Slide Share*. Recuperado el 03 de septiembre de 2020, de Slide Share: <https://es.slideshare.net/mcmax911/el-mundo-de-los-microcontroladores-parte2>
- Velasco Sánchez, E., Oliva Meyer, M. A., & Sánchez Lozano, M. (2016). *Sistema de Dirección*. Transmison. Recuperado el 02 de septiembre de 2020
- Viejo, C. B. (2003). *Electrónica Digital*. España: Uniersidad de Oviedo. Recuperado el

20 de agosto de 2020

Villanueva, A. (2018). *Física I*. Recuperado el 22 de agosto de 2020, de Física I

Potencia mecánica: <https://sites.google.com/site/fisicacbtis162/in-the-news/5-7---potencia-mecanica>

ZATIZABAL, H. X. (2016). *CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE UN BRAZO ROBOT A ESCALA*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

ANEXOS

Anexo A. Manual de electroválvulas

Anexo-B. Manual Arduino 2560