



**Implementación de un Sistema de Control Electrónico para las herramientas 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**

Guamán Guajala, Walter Iván

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica

Automotriz

Ing. Ramos Jinez, Alex Javier

15 de julio de 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 las herramientas 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”** fue realizado por el señor **CBOP. DE CB. Guamán Guajala, Walter Iván** 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, julio de 2020.

**Ing. Ramos Jinez, Alex Javier**

**C.C. 1804326625**

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS GUAMÁN WALTER.docx  
(D76407861) Submitted: 7/15/2020 8:49:00 PM

Submitted By: loretaibarra@yahoo.es

Significance: 8 %

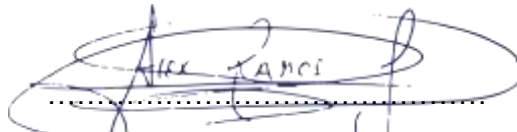
### Sources included in the report:

Proyecto Metodologia.docx (D54249864)

UNIDADES GIRATORIAS EN MAQUINARIA PESADA.docx  
(D58341339) Plan de Trabajo de Grado.docx (D11707267)  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Palanca\\_de\\_mando](https://es.wikipedia.org/wiki/Palanca_de_mando)  
[https://www.slideshare.net/carlosraulyatacolevano/retroexcavador  
a-y-retrocargador](https://www.slideshare.net/carlosraulyatacolevano/retroexcavador-a-y-retrocargador)  
<https://www.mascus.es/construccion/retrocargadoras>  
[https://www.partesdel.com/partes\\_de\\_la\\_retroexcavadora.html#C  
ucharonSCRIBD](https://www.partesdel.com/partes_de_la_retroexcavadora.html#CucharonSCRIBD).  
[https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4193/1/T-ESPEL-  
0215.pdf](https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4193/1/T-ESPEL-0215.pdf)  
[https://www.scribd.com/document/252343685/Funcionamiento-  
electrohidraulico- Retroexcavadora](https://www.scribd.com/document/252343685/Funcionamiento-electrohidraulico-Retroexcavadora)

Instances where selected sources appear:

18



Ing. Ramos Jinez, Alex Javier

**DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

### **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, CBOP. DE CB. Guamán Guajala, Walter Iván, con cédula de ciudadanía n° 1104144389, declaro que el contenido, ideas y criterios, de la monografía: “Implementación de un Sistema de Control Electrónico para las herramientas 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”, 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, julio de 2020.

Guamán Guajala, Walter Iván

C.C. 1104144389



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **CBOP. DE CB. Guamán Guajala, Walter Iván** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un Sistema de Control Electrónico para las herramientas 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”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, julio de 2020.

Guamán Guajala, Walter Iván

C.C. 1104144389

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi esposa Mayra, la mujer que me motivó a seguir con mis estudios y que estuvo en buenos y malos momentos, nunca soltó de mi mano y que permaneció a mi lado apoyándome constantemente; a mi hijo Joseph, quien es mi inspiración y motivación para seguir en mi carrera.

A mis padres Walter y Elena, el pilar fundamental de vida, gracias por el apoyo incondicional, sus palabras, oraciones y bendiciones, siempre estuvieron a mi lado.

A mis hermanos, primos, sobrinos y tíos, las personas que creyeron en mí, alentándome para culminar mi vida como estudiante.

**Guamán G. Walter Iván**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi Dios, y a la Virgencita Santísima Del Cisne, por la vida y salud que me regala cada día, a la familia tan maravillosa que me ha dado, a la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE y a todo el personal de señores docentes, por brindarnos todos sus conocimientos, en especial al Sr. Ing. Alex Ramos Jinez por su dedicación para que este trabajo final culmine de la mejor manera.

**Guamán G. Walter Iván**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	2
Urkund Analysis Result.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	5
DEDICATORIA .....	6
AGRADECIMIENTO .....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	12
ÍNDICE DE FIGURAS .....	13
RESUMEN .....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I .....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.1 Antecedentes .....	17
1.2 Planteamiento del problema .....	19



1.3	<i>Justificación</i> .....	20
1.4	<i>Objetivos</i> .....	21
1.4.1	General.....	21
1.4.2	Específicos.....	21
1.5	<i>Alcance</i> .....	22
<b>CAPÍTULO II</b> .....		<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....		<b>23</b>
2.1	<i>La retroexcavadora</i> .....	23
2.2	<i>Aditamento excavador</i> .....	24
2.2.1	Cucharón.....	26
2.2.2	Tipos de cucharones de servicio para una excavadora.....	27
2.2.3	Pluma.....	29
2.2.4	Brazo.....	30
2.3	<i>Modos de trabajo</i> .....	31
2.4	<i>Giros de la retroexcavadora</i> .....	32
2.5	<i>Joystick</i> .....	34
2.5.1	Tipos de joystick.....	36
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>39</b>
<b>DESARROLLO DEL TEMA</b> .....		<b>39</b>
3.1	<i>Diseño del banco de herramientas</i> .....	39
3.2	<i>Selección de componentes electrónicos e hidráulicos</i> .....	40

3.3	<i>Selección de los elementos para el accionamiento del brazo y la pluma.....</i>	43
3.4	<i>Selección de los elementos para el accionamiento del cucharón .....</i>	45
3.5	<i>Selección de los elementos para el accionamiento de la pala cargadora.....</i>	46
3.6	<i>Selección de válvulas.....</i>	47
3.7	<i>Diseño del simulador de movimientos .....</i>	48
3.8	<i>Selección de elementos electrónicos.....</i>	49
3.8.1	<i>Arduino Mega 2560 .....</i>	49
3.8.2	<i>Arduino Shield USB Host.....</i>	50
3.8.3	<i>Relé 5V 16 Canales.....</i>	51
3.9	<i>Programación del joystick.....</i>	52
3.10	<i>Instalación del mando y control.....</i>	57
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>58</b>
<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>		<b>58</b>
4.1.	<i>Prueba de funcionamiento de los controles de mando.....</i>	58
4.2.	<i>Pruebas de funcionamiento del brazo y la pluma.....</i>	60
4.3.	<i>Pruebas de funcionamiento del cucharón.....</i>	61
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>63</b>
<b>MARCO ADMINISTRATIVO.....</b>		<b>63</b>
5.1	<i>Recursos humanos .....</i>	63
5.2	<i>Recursos tecnológicos.....</i>	63

5.3	<i>Recursos materiales</i> .....	64
5.4	<i>Presupuesto</i> .....	65
5.5	<i>Cronograma</i> .....	65
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>69</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>71</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Recursos humanos</i> .....	63
Tabla 2 <i>Recursos tecnológicos</i> .....	64
Tabla 3 <i>Recursos materiales</i> .....	64
Tabla 4 <i>Presupuesto</i> .....	65
Tabla 5 <i>Cronograma</i> .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>La retroexcavadora</i> .....	24
Figura 2 <i>Aditamento excavador</i> .....	25
Figura 3 <i>Cucharón</i> .....	27
Figura 4 <i>Boom o pluma</i> .....	30
Figura 5 <i>Brazo de la retroexcavadora</i> .....	31
Figura 6 <i>Corona de retroexcavadora</i> .....	33
Figura 7 <i>Joystick de retroexcavadora</i> .....	34
Figura 8 <i>Controles de la excavadora</i> .....	38
Figura 9 <i>Diseño del bastidor</i> .....	39
Figura 10 <i>Construcción del bastidor</i> .....	40
Figura 11 <i>Bomba hidráulica</i> .....	41
Figura 12 <i>Conjunto de electroválvulas</i> .....	43
Figura 13 <i>Diseño de brazo y pluma</i> .....	44
Figura 14 <i>Brazo y pluma contruidos</i> .....	44
Figura 15 <i>Diseño del cucharón</i> .....	45
Figura 16 <i>Diseño de la pala cargadora</i> .....	46

Figura 17	<i>Pala construida</i> .....	47
Figura 18	<i>Electroválvula 5/3</i> .....	48
Figura 19	<i>Joystick Genius MetalStrike 3D</i> .....	49
Figura 20	<i>Arduino Mega 2560</i> .....	50
Figura 21	<i>Arduino Shield USB Host</i> .....	51
Figura 22	<i>Relé 5V 16 canales</i> .....	52
Figura 23	<i>Pruebas y montaje del control electrónico</i> .....	57
Figura 24	<i>Prueba de los controles de mando</i> .....	59
Figura 25	<i>Elevación y descenso de brazo y pluma</i> .....	60
Figura 26	<i>Carga y descarga de la pala</i> .....	61
Figura 27	<i>Movimiento del cucharón</i> .....	62
Figura 28	<i>Indicaciones de movimientos de la palanca</i> .....	62

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal la instalación y adaptación de un sistema de control electrónico para un banco de entrenamiento de maquinaria pesada, específicamente de una retroexcavadora. Para lograr el propósito, se ha empleado una programación en Arduino, el mismo que estará conectado a un joystick Genuis MetalStrike 3D. El joystick que hemos seleccionado para este proyecto tiene la finalidad de simular los movimientos y controles que conforman una palanca de mando de una retroexcavadora real, para tal efecto hemos tomado como referencia la retroexcavadora JCB ICX. Con el joystick controlamos los movimientos característicos de las herramientas tales como, pala frontal de carga, cucharón y los aditamentos como la pluma y brazo. El joystick está montado y acoplado al sistema hidráulico del banco de entrenamiento, y mediante la manipulación del operador, envía las señales a las electroválvulas para que la presión sea enviada a los cilindros correspondientes, y por ende se realice el accionamiento de las herramientas de la retroexcavadora. El banco de entrenamiento servirá como material didáctico para los talleres de mecánica automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sede Latacunga; además permitirá en mejor entendimiento de la estructura y funcionamiento de la maquinaria y equipo pesado.

– Palabras clave:

- **RETROEXCAVADORA.**
- **CONTROL ELECTRÓNICO.**
- **PALANCA DE CONTROL.**

## **ABSTRACT**

The main objective of this work is the installation and adaptation of an electronic control system for a heavy machinery training bench, specifically a backhoe. To achieve the purpose, a programming has been used in Arduino, same that will be connected to a Genuis MetalStrike 3D joystick. The joystick that we have selected for this project has the objective to simulate the movements and controls that make up a joystick of a real backhoe. For this purpose, we have taken as reference the JCB ICX backhoe. With the joystick we control the characteristic movements of the tools such as, front loading shovel, bucket and attachments such as boom and arm. Joystick is mounted and coupled to the hydraulic system of the training bench. By manipulating the operator, it sends the signals to the solenoid valves so that the pressure is sent to the corresponding cylinders. Therefore, the backhoe tools are operated. The training bench will serve as teaching materials for the automotive mechanics workshops of the University of the Armed Forces ESPE, Campus Latacunga. It will also allow a better understanding of the structure and operation of heavy machinery and equipment.

– Keywords:

- **BACKHOE.**
- **ELECTRONIC CONTROL.**
- **JOYSTICK.**



# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO PARA LAS HERRAMIENTAS 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”

### 1.1 Antecedentes

La maquinaria pesada es un vehículo automotor destinado exclusivamente a obras industriales incluidas las de minería, construcción y conservación de obras, que por sus características técnicas y físicas no pueden transitar por las vías de uso público o privadas, abiertas al público. La tecnología de la retroexcavadora comenzó en 1835 con la invención de la “draga de pala” que podía excavar el suelo y la roca ruda, y después cargarlo o mover el material extraído. Era una máquina propulsada por vapor y montada en carriles para su movilidad, contaba con un sistema de control de poleas y palancas accionadas mecánicamente. (SCRIBD, 2012).

Desde el comienzo de los años 1900 hasta los años 1950, la retroexcavadora fue incapaz de operar en proyectos de trabajo más pequeños debido a su tamaño, esto

estimuló los cambios en el diseño de la retroexcavadora. En la actualidad existen múltiples modelos de maquinaria pesada, el sistema de mandos que existe en la retroexcavadora se ha desarrollado para que las posiciones de trabajo que posee el operador sean más personalizadas con ajustes longitudinal y lateral, lo cual asegura la precisión de los movimientos, minimizando así el esfuerzo físico del operador, disminuyendo los riesgos a sufrir accidentes dentro de la cabina, esto es rentable tanto para la empresa como para el operador.

Históricamente el Ecuador ha venido creciendo progresivamente y actualmente se encuentra en el proceso del cambio de la matriz productiva, lo que ha implicado que empresas públicas y privadas realicen obras de construcción de gran envergadura tales como carreteras, edificaciones, hidroeléctricas, etc. Y para ello utilizan maquinaria pesada, por tal razón, se crea la necesidad de que el país cuente con profesionales automotrices altamente calificados en esta área, es decir que los técnicos cumplan con los distintos requisitos (estudios) para brindar mantenimiento y operación óptima para maquinaria y equipo pesado.

En la provincia de Cotopaxi es constante el uso de este tipo de vehículo de trabajo, en el mejoramiento vial, así como de uso particular con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas. En la ciudad de Latacunga, específicamente en la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE, existe una constante formación de técnicos automotrices destinados a la operación o manejo de maquinaria pesada, por lo tanto, es indispensable la implementación de un sistema de control electrónico para las

herramientas de un banco de entrenamiento, lo que les permitirá a los profesionales en formación obtener vastos conocimientos que ayudarán en su futuro ejercicio laboral.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Debido a que en nuestro país no existen los suficientes simuladores y/o bancos de entrenamiento para maquinaria, equipo pesado y en especial para retroexcavadoras; este proyecto va enfocado en suplir las falencias e inconvenientes que puedan tener los técnicos automotrices que se dediquen al mantenimiento, reparación y operación de dichos equipos.

Cabe recalcar que el enfoque automotriz en maquinaria pesada no es amplio en nuestro país y provincia. Existen pocas escuelas de capacitación y formación para operadores de maquinaria pesada, que de cierto modo tratan de impartir conocimientos sobre retroexcavadoras, sin embargo, el accionamiento de los accesorios tales como el cucharón, brazos hidráulicos, etc., aún se presentan con palancas mecánicas.

La maquinaria moderna cuenta con accionamiento electrónico que consiste en joysticks que levantan y bajan los brazos hidráulicos, mueven el cucharón y también ayudan al desplazamiento de la maquinaria. Por tanto, es imprescindible que los técnicos automotrices sepan del funcionamiento y accionamiento de este control

electrónico que, combinado con la parte hidráulica, se convierten en la parte motriz de una retroexcavadora.

### **1.3 Justificación**

La importancia de tener un banco de entrenamiento de maquinaria pesada radica en que los estudiantes de la Tecnología Superior en Mecánica Automotriz tengan una formación óptima en todos los ámbitos automotrices y más aún en los que no son explotados al máximo en nuestro país, posicionándolos de este modo como profesionales referentes y capacitados para brindar mantenimiento y operación en retroexcavadoras, tanto en empresas públicas como privadas. Este banco de entrenamiento complementa la formación teórica, garantiza la infraestructura y equipamiento del área automotriz dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, para seguir siendo una de las instituciones referentes en el país, en la formación de profesionales automotrices.

Es necesario que los alumnos estén a la par con los avances tecnológicos automotrices y, sobre todo, conozcan de la estructura, funcionamiento, operación, accionamiento, mantenimiento y reparación de distintos sistemas y equipos automotrices, por tal motivo, este banco de entrenamiento ayudará de manera óptima a la mejor comprensión y conocimiento sobre todo lo que involucra a la maquinaria y equipo pesado, particularmente a las retroexcavadoras.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Implementar un sistema de control electrónico para las herramientas de un banco de entrenamiento de maquinaria pesada.

### **1.4.2 Específicos**

- Escoger los elementos electrónicos idóneos para el control y accionamiento de las herramientas provistas para el banco de entrenamiento.
- Programar la plataforma de creación de electrónica para el control de accionamiento y/o movimiento de las herramientas que conforman una retroexcavadora.
- Armar y montar todos los elementos en el banco de entrenamiento para que el sistema de control funcione de óptima manera y de acuerdo a lo solicitado.

## 1.5 Alcance

El presente proyecto pretende implementar un sistema de control electrohidráulico para las herramientas de una retroexcavadora a escala, que mediante el uso de joystick se pueda controlar o accionar dichas herramientas con un esfuerzo mínimo del operario, o en este caso, del estudiante o persona que trabaje en el banco y se capacite.

Este banco de entrenamiento va enfocado a brindar un mejor equipamiento al material didáctico con el que cuenta la carrera de Tecnología Superior de las Fuerzas Armadas ESPE, siendo los estudiantes y docentes de esta carrera los principales y directos beneficiados para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje. También sería de uso didáctico para estudiantes y docentes de Ingeniería Automotriz, en fin, el beneficio es para toda la comunidad universitaria.

Además, el alcance de este banco de entrenamiento, serviría como instrumento de capacitación para gremios sindicales de operadores de maquinaria y equipo pesado, para personas que sigan el curso de Licencia Tipo G, todo esto, con el convenio entre instituciones, y teniendo en cuenta la apertura que siempre tiene la universidad para la vinculación con la colectividad.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 La retroexcavadora

La retroexcavadora, retrocargadora, excavadora mixta, cargadora mixta o pala mixta (backhoe, en inglés) es una máquina de construcción utilizada para realizar trabajos de excavación. Es una variante de la excavadora y no debe ser confundida con ella. Se diferencia de la excavadora en que dispone de una pala adicional en la parte frontal, además del cazo o cuchara para excavar en el extremo de un brazo articulado montado en su parte trasera.

La retroexcavadora se utiliza habitualmente en obras para el movimiento de tierras, para realizar rampas en solares o para abrir zanjas destinadas al paso de tuberías, cables, drenajes, etc., así como también para preparar el terreno o firme donde se asientan los cimientos de los edificios, en fin, es una maquinaria de mucha utilidad en la ingeniería y construcción.

**Figura 1.**

*La retroexcavadora*



*Nota.* La figura nos indica una retroexcavadora típica. Tomado de (رسولی, n.d.).

El chasis puede estar montado sobre cadenas o bien sobre neumáticos. En este último caso están provistas de gatos hidráulicos para fijar la máquina al suelo. La retroexcavadora, a diferencia de la excavadora frontal, incide sobre el terreno excavando de arriba hacia abajo, y del frente hacia la propia máquina; de ahí su nombre. Es utilizada para trabajar el movimiento de tierras a nivel inferior al plano de apoyo, trabajos por debajo del nivel de donde está posicionada esta máquina, o un poco superior a éste. (Wikipedia, 2020).

## **2.2 Aditamento excavador**

La retroexcavadora es una de las máquinas más versátiles en maquinaria y equipo pesado, especialmente para trabajos de construcción y de obras viales, en lo que se refiere a movimientos de tierra y traslado de materiales. Está diseñada para



cumplir con las más altas exigencias en cuanto a seguridad y por sobre todo de la vida útil de la máquina.

Se caracteriza por un robusto diseño de sección de pluma y balancín, que es además estrecho, de forma que la visibilidad desde la cabina del operario es excelente a todo lo largo de la pluma hasta la cuchara sea cual sea la profundidad a la que se excave. (De, n.d.).

## Figura 2

*Aditamento excavador*



*Nota.* La figura nos indica la herramienta de excavación de esta máquina. Tomado de (Maquinaria PY, 2020).

### **2.2.1 Cucharón.**

Este es un recipiente en el cual se introduce el material excavado, se compone de dientes en su borde los cuales le facilitan el arranque de los materiales. Los cucharones de servicio para una excavadora han sido diseñados con el propósito de cumplir la labor de excavación, sin embargo, la enorme diferencia de tipos de suelo en la cual emplearemos la maquinaria hace necesario que existan diversos tipos de cucharones de servicio.

De manera general, los cucharones de servicio en una excavadora tendrán diferencias específicas en su diseño lo que les permite realizar una labor determinada en un medio definido. Para suelos blandos los dientes del cucharón tienden a ser redondeados y cortos mientras que en procesos de excavación en rocas o hielo suelen ser más alargados permitiendo una óptima concentración de fuerza y apalancamiento. (SECSA, 2017).

**Figura 3***Cucharón*

*Nota.* La figura nos indica un cucharón de retroexcavadora. Tomado de (Cadeco, 2019)

**2.2.2 Tipos de cucharones de servicio para una excavadora.**

- Cucharones para roca:

Los cucharones diseñados específicamente para excavación en rocas presentarán una modificación en los dientes proporcionándoles un filo y longitud mayor en comparación con el cucharón estándar o de propósito general que viene por defecto en las excavadoras. Universalmente estos cucharones de servicio son estrechos y con un radio en las puntas más corta. (SECSA, 2017).

- Cucharón en forma de V o trapezoidal:

Su diseño particular se compone por 3 superficies de corte, dos laterales y una inferior en forma de V, permitiendo un ahorro de energía y aumento en la productividad en aplicaciones como lo son excavaciones de canales y tendido de tuberías. Los ángulos de corte laterales del cucharón proporcionan una mayor facilidad a la hora de la excavación en comparación con el cucharón convencional y la corte inferior proporciona una mayor profundidad de excavación y arrastre de material. (SECSA, 2017).

- Cucharones para limpieza:

Son empleados en las labores de remoción de materiales blandos y de manera general son desprovistos de dientes, es decir, en muchos casos no poseen dientes de excavación; tienen una capacidad mayor para carga y a menudo son empleados para la limpieza de zanjas o labores que involucren el acabado o nivelación del suelo. Los bordes de este tipo de cucharón pueden estar equipados con un revestimiento que prolonga su vida útil. (SECSA, 2017).

- Cucharón tipo esqueleto:

Es un cucharón de servicio que ha sido provisto de huecos de determinado tamaño, a manera de filtro, lo que permite la selección de volumen de partícula,

aquellas que tengan un grosor menor a los orificios presentes escapan durante la excavación. Este tipo de cucharones son especialmente útiles en labores como la segregación de suelos. (SECSA, 2017).

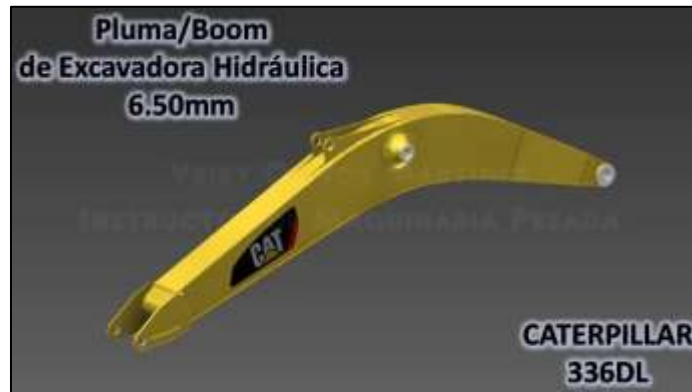
Conociendo los diferentes tipos de cucharones de servicio se puede realizar una correcta selección de los mismos para el trabajo que requerido.

### **2.2.3 Pluma.**

Es un brazo hidráulico de gran dimensión, cuya articulación sirve para ajustar herramientas como garras, pinzas, pulgares, cubos, martillos, herramientas neumáticas, etc. Conocido también como 'boom', es un elemento que se encuentra en una sección variable y se articula en la parte de adelante del tractor, justo a la derecha de la cabina del operador. Puede tener una o dos piezas, los que tienen una sola pieza poseen una longitud constante y los de dos piezas tienen 3 alternativas para cambiar su longitud.

**Figura 4**

*Boom o pluma*



*Nota.* La figura nos indica la pluma de una retroexcavadora, es la parte que comunica las herramientas con los mandos de la máquina. Tomado de (YouTube, 2017).

**2.2.4 Brazo.**

Este es un elemento de sección variable que se articula en la punta de la pluma de uno de los extremos y en el otro extremo se articula al cucharón. Este componente mecánico está unido a la base de la máquina por un extremo, y por el otro se acopla a la pluma, junto a los cilindros da la fuerza para el levantamiento del material contenido en el cucharón. (Partesdel, SF).

**Figura 5**

*Brazo de la retroexcavadora*



*Nota.* La figura nos indica el brazo de esta máquina. Tomado de (Partesdel, SF)

**2.3 Modos de trabajo.**

La retroexcavadora es muy utilizada en obras para mover la tierra, para abrir surcos destinados al pasaje de cables, drenajes y tuberías, para hacer rampas en solares, y también para preparar los sitios donde se colocarán los cimientos de los edificios. La máquina entierra una cuchara sobre el terreno con la que toma los materiales que son arrastrados y depositados en su interior.

El chasis puede estar colocado sobre cadenas y sobre neumáticos. En el caso de los neumáticos, se encuentran provistas de gatos hidráulicos que sirven para unir la máquina al suelo. A diferencia de la excavadora frontal, la retroexcavadora influye en el

terreno excavando desde arriba hacia abajo. Se usa para trabajar el movimiento de tierras a un nivel inferior al plano de apoyo o un poco superior al mencionado.

(Partesdel, SF).

El sistema de comandos que existe en la retroexcavadora se ha desarrollado para que las posiciones de trabajo que posee el operador sean más personalizadas con ajustes longitudinal y lateral, lo cual asegura la precisión de los movimientos minimizando así el esfuerzo físico del operador. Disminuyendo así los riesgos que sufra accidentes dentro de la cabina.

Debido a la ergonomía que tiene el operador, es rentable tanto para la empresa como para el operador, puesto que esto incide directamente en el ahorro de recursos y la disminución sustancial de riesgos laborales. (De, n.d.).

#### **2.4 Giros de la retroexcavadora.**

Una excavadora hidráulica y/o retroexcavadora ha sido diseñada para excavar, además de muchas otras funciones dependiendo de la aplicación, del implemento o de la herramienta instalada. Pero toda esa versatilidad de poco sirve si, a cada ciclo, la máquina tuviera que cambiar las orugas para, por ejemplo, cambiar de posición o cargar un camión. Por esa razón, las excavadoras poseen un sistema de giro “infinito” entre el chasis inferior (en donde se quedan las orugas) y la plataforma superior (en donde



quedan la cabina, el motor y las bombas hidráulicas), lo que permite que el equipo pueda hacer dicha rotación sin enrollar las mangueras a través de un dispositivo especial llamado junta rotativa. (mercadovial.TV, 2019).

El giro es parte fundamental de la excavadora hidráulica. Es, por tanto, la corona de la retroexcavadora la encargada de que la máquina gire 360°, sin moverse de su posición original. (MAQUIPEDIA, SF).

### **Figura 6**

*Corona de retroexcavadora*



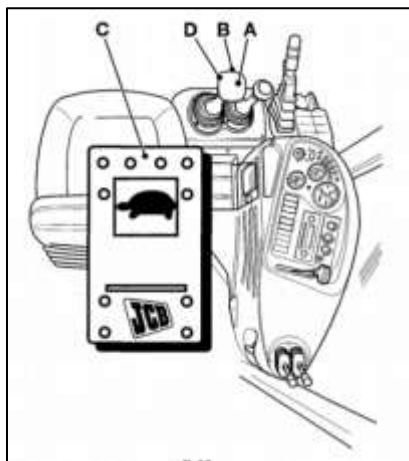
*Nota.* La figura nos indica la corona de una retroexcavadora, que es el centro de rotación de la máquina. Tomado de (mercadovial.TV, 2019)

## 2.5 Joystick.

Una palanca de mando o joystick (del inglés joy, alegría, y stick, palo) es un periférico de entrada que consiste en una palanca que gira sobre una base e informa su ángulo o dirección al dispositivo que está controlando. Es el dispositivo de control principal en la cabina de vuelo de muchos aviones civiles y militares, ya sea como una palanca de control central o una palanca de control lateral. Algunas palancas poseen interruptores suplementarios para controlar diversos aspectos del vuelo de la aeronave. (Wikipedia, 2020).

### Figura 7

*Joystick de retroexcavadora*



*Nota.* La figura nos indica la el joystick de control de mando de la retroexcavadora.

Tomado de (ObraPlaza, 2019)

En las máquinas corrientes la pala se acciona con una sola palanca de mando 'A', como se indica en la figura anterior. Oprimiendo el pulsador 'B' de desconexión de la

transmisión, que está en el pomo de la palanca, se desconecta rápidamente la transmisión del motor. Se da más fuerza a la cargadora.

Para efectuar los diversos movimientos de la cargadora (elevación/descenso/giro hacia delante/hacia atrás) se mueve la palanca en forma de +. Pueden efectuarse movimientos combinados moviendo la palanca en direcciones comprendidas entre las cuatro principales. Por ejemplo, la pala se hace subir tirando de la palanca hacia atrás en línea recta, en tanto que para girarla hacia atrás para el movimiento de recogida hay que mover la palanca hacia la izquierda. Así pues, si se tira de la palanca diagonalmente hacia atrás y la izquierda, la pala sube y al mismo tiempo gira hacia atrás. (ObraPlaza, 2019).

La velocidad de las maniobras de la cargadora depende de la distancia que se corra la palanca. Cuanto más se desplace la palanca más rápida es la acción. La palanca está cargada por muelles que la ponen en su posición del centro. La cargadora permanecerá en su posición actual hasta que el operador la mueva con la palanca de mando, excepto para las operaciones de Flotación y Retorno a Excavación.

Los movimientos de la palanca y las acciones que afectan la cargadora se indican mediante símbolos en una calcomanía ubicada al lado de la palanca de mando. Los símbolos, los movimientos de la palanca y las acciones de la cargadora.

- Control de velocidad hidráulica Oprimiendo los botones del control de velocidad hidráulica (HSC) hace que el caudal de aceite de la segunda sección de la bomba hidráulica regrese directamente al depósito hidráulico.
- El interruptor basculante 'e' es de 2 posiciones:
  - (1) Las dos bombas hidráulicas producen caudal para trabajos de excavación o de carga.
  - (2) La bomba hidráulica 2 se conecta de vuelta al depósito para conducción en carretera y trabajos más lentos.
- Para usar el HSC al conducir en carretera, oprima el interruptor basculante e a la posición encendida (ON).
- Para utilizar el control HSC de forma intermitente (por ejemplo, al apilar una carga) o para anular temporalmente el interruptor basculante 'e' al estar en la posición ON, oprima el botón 'D' según se requiera. (ObraPlaza, 2019).

### **2.5.1 Tipos de joystick.**

Los joysticks tienen dos variaciones principales de acuerdo al tipo de control o modo de operación con el cual vienen configurados. Tanto para retroexcavadoras, como para excavadoras, se especifican maneras de cómo un operador humano controla los componentes de excavación (es decir, media vuelta, pluma, brazo, etc.) de una pieza de maquinaria pesada.

- Joystick con control ISO.

El patrón de control más comúnmente usado en todo el mundo es mediante el control ISO. En el patrón de control ISO, los controles de palanca de la mano izquierda controlan la oscilación (izquierdo y derecho) del Boom Stick y (lejos y cerca), y el joystick de la derecha controla la pluma principal (arriba y abajo) y los movimientos del cucharón (cerrar y volteo).

- La mano izquierda/izquierda = girar a la izquierda.
- La mano izquierda/derecha = girar hacia la derecha.
- La mano izquierda/hacia adelante = palillo de la pluma (Osa Mayor) de distancia.
- Volver = Boom mano izquierda Stick (Osa Mayor) cerca.
- Derecha, dejó a = rotación del cucharón en (cerrado).
- La derecha de la derecha = cucharón rizo (dump)
- La mano derecha hacia adelante = pescante principal hacia abajo.
- La mano derecha de nuevo = el brazo principal. (Wikipedia, SF).

- Joystick con control SAE.

Al lado de la ISO, los controles SAE es una de los patrones de control más comunes en los Estados Unidos. Se diferencia del patrón de control ISO sólo en que los controles de SAE intercambian las manos que controlan el auge y el palo. La norma SAE J1814 es relevante.

En el patrón de control SAE, los controles de palanca de la mano izquierda manejan la oscilación (izquierdo y derecho) y la pluma principal (arriba y abajo); y el joystick de la derecha controla el Boom Palo (lejos y cerca) y los movimientos del cucharón (cerrar y volteo). (Wikipedia, SF).

- La mano izquierda/izquierda = girar a la izquierda.
  - La mano izquierda/derecha = girar hacia la derecha.
  - Media punta izquierdo mano = pescante principal hacia abajo.
  - La mano izquierda hacia atrás = el brazo principal.
  - La mano derecha, dejó a = rotación del cucharón en (cerrado)
  - La derecha de la derecha = cucharón rizo (dump)
  - La mano derecha hacia adelante = palillo de la pluma (Osa Mayor) de distancia.
  - Mano hacia atrás = Boom stick derecho (Osa Mayor) cerca.
- (Wikipedia, SF).

### Figura 8

*Controles de la excavadora*



*Nota.* La figura nos indica los controles de accionamiento para las herramientas de una retroexcavadora. Tomado de (Wikipedia, SF)

## CAPÍTULO III

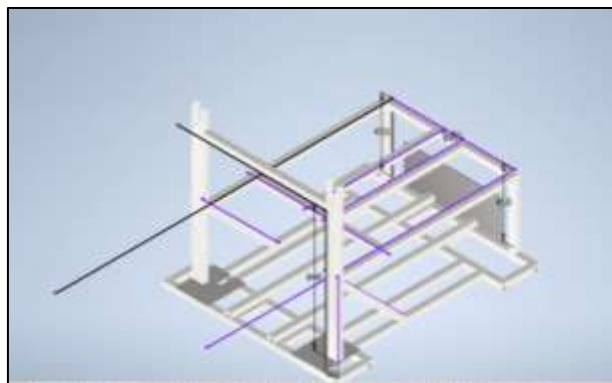
### DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 Diseño del banco de herramientas

El banco de entrenamiento de maquinaria pesada ha sido construido de acuerdo a un diseño dibujado con la asistencia del software SolidWorks, para lo cual nos basamos en catálogos y medidas de la retroexcavadora JCB ICX, además, es importante recalcar que para la mayoría de elementos, herramientas, y accesorios, el diseño y la construcción ha sido realizado bajo criterio propio del grupo de trabajo y de acuerdo a los recursos materiales y económicos disponibles.

#### **Figura 9**

*Diseño del bastidor*



Según el diseño ya realizado y de acuerdo al tamaño y peso del motor, fue construido el bastidor, que es la estructura central y/o primordial para nuestro banco de entrenamiento.

### **Figura 10**

*Construcción del bastidor*



### **3.2 Selección de componentes electrónicos e hidráulicos**

Los materiales electrónicos e hidráulicos que son necesarios para el banco de entrenamiento, son fundamentalmente para el sistema de transmisión, ya que éste será de accionamiento electrohidráulico, por lo tanto, los componentes necesarios serán la bomba hidráulica y electroválvulas para el control de flujo y presión del fluido hidráulico.

- Bomba hidráulica.

La bomba hidráulica es uno de los componentes más importantes de un sistema hidráulico, debido a que su función resulta en precisión y eficiencia.



Convierte la energía mecánica del motor en energía en forma de flujo de aceite, expresado en galones por minuto (GPM); estos, determinan la velocidad en que el sistema operará. (bezaresmexico, 2019).

- Funcionamiento

Una bomba produce el flujo requerido para la creación de presión, que es una función de resistencia de flujo de fluidos en el sistema hidráulico. Crea un vacío en la entrada de la bomba que permite que la presión atmosférica fuerce el líquido desde el depósito a la línea de entrada a la bomba. Si está conectada a un sistema, la presión del fluido en la salida de la bomba se elevará al nivel y dirección necesarios para superar la resistencia de la carga. (bezaresmexico, 2019).

### **Figura 11**

*Bomba hidráulica*



Las bombas hidráulicas se usan en cualquier máquina hidráulica móvil o industrial: excavadoras, grúas, cajas de volteo, tractores, camiones de vacío, máquinas

para minas, etcétera. Por lo tanto, la selección de la bomba hidráulica se basa en cómo se usará. La bomba hidráulica que hemos seleccionado para el banco de entrenamiento tiene dos regímenes de funcionamiento muy bien definidos.

- Genera 3500 psi de presión en alto régimen.
- Genera 2000psi de presión en bajo régimen.

- Electroválvulas.

La válvula de Solenoide o Electroválvula Direccional puede iniciar, detener o cambiar la dirección del flujo en un circuito hidráulico por medio de una señal eléctrica. Se utiliza principalmente para el manejo de actuadores, en el caso de la retroexcavadora se usa para el sistema de transmisión y para el accionamiento de sus herramientas; permitiendo el desplazamiento de cilindros o el giro de motores en ambos sentidos.

Se designan en principio según la cantidad de posiciones posibles, vías o conexiones de puerto, y el tipo de centro en el caso de 3 posiciones.  
(UTECSA, 2020).

**Figura 12**

*Conjunto de electroválvulas*

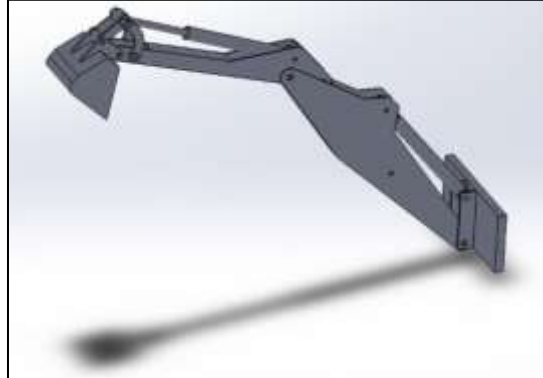
**3.3 Selección de los elementos para el accionamiento del brazo y la pluma**

Para el accionamiento del brazo como de la pluma, y lógicamente, siguiendo el proceso secuencial de construcción del banco de entrenamiento, el brazo y la pluma fueron también diseñados en SolidWorks, con dimensiones de acuerdo al criterio del grupo de trabajo y diseño basado en la retroexcavadora JCB ICX.

Y antes de iniciar con el proceso de construcción, también se realizó la respectiva simulación de esfuerzos y carga para determinar la resistencia e idoneidad del diseño.

**Figura 13**

*Diseño de brazo y pluma*



Una vez aprobado el diseño de estos componentes, seleccionamos y compramos el material para la construcción de la pluma y brazo. El material seleccionado fue acero al carbono de 10 milímetros de espesor, y para el cortado de las distintas piezas que forman los componentes en mención, se realizó mediante proceso de oxicorte.

**Figura 14**

*Brazo y pluma contruidos*

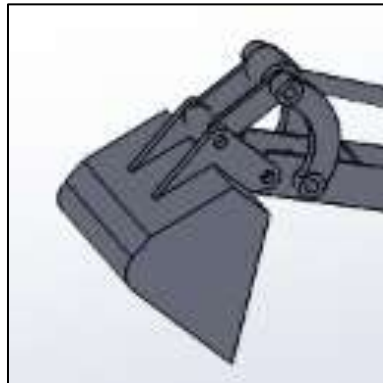


### 3.4 Selección de los elementos para el accionamiento del cucharón

Del mismo modo que los elementos anteriores, para el cucharón fue indispensable el dibujo y diseño en el software de CAD. Se tuvo en cuenta las distintas consideraciones de peso que pueda levantar el cucharón y obviamente la potencia y presión que suministra la bomba hidráulica para el accionamiento de esta herramienta, por tal motivo el diseño realizado quedó de la siguiente manera.

#### Figura 15

*Diseño del cucharón*



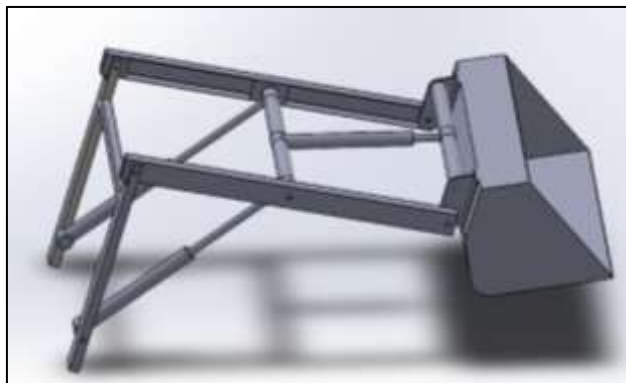
Para el accionamiento del cucharón se seleccionaron los cilindros hidráulicos adecuados que cumplan con todos los requerimientos para los movimientos característicos de esta herramienta.

### 3.5 Selección de los elementos para el accionamiento de la pala cargadora

Para la pala cargadora, no está por demás indicar el diseño realizado, tomando en cuenta todas las características con las que deba cumplir esta herramienta.

#### Figura 16

*Diseño de la pala cargadora*



Los elementos seleccionados para el accionamiento de esta herramienta son básicamente 3 cilindros hidráulicos, los cuales van dispuestos como se observa en la figura anterior, siendo los 2 cilindros de los costados los que levantan o bajan la herramienta, la empujan o retraen, y el cilindro central que está más cercano a la pala es el que ayuda en la función de llenado y vaciado de la misma.

Esta herramienta fue construida en el mismo taller en el que se ha realizado toda la construcción del banco de entrenamiento, y los cilindros que accionan a la pala,

también han sido seleccionados de acuerdo al peso permisible que podría soportar esta máquina.

### **Figura 17**

*Pala construida*



### **3.6 Selección de válvulas**

Las válvulas, o más bien, las electroválvulas han sido seleccionadas de acuerdo a las necesidades que requieren el accionamiento de las herramientas del banco de entrenamiento, de tal modo que permitan el flujo de la cantidad necesaria de fluido hidráulico. Además, se ha tomado en cuenta las especificaciones de la bomba para que estas válvulas sean las idóneas en flujo y dirección de la presión y/o accionamiento que requiere ser enviado hacia cada cilindro.

El cuerpo de electroválvulas es '4/3', que quiere decir 4 posiciones y 3 vías, mismas que están acopladas a una válvula adicional para obtener una electroválvula '5/3' (5 posiciones y 3 vías); la electroválvula accionará a cada cilindro.

**Figura 18**

*Electroválvula 5/3*

**3.7 Diseño del simulador de movimientos**

El simulador de movimientos consiste en un joystick, para lo cual se realizó la indagación de información para la selección del mando y control de las herramientas. Se adquirió joystick GENIUS METALSTRIKE 3D, el mismo que cumple con las normas de calidad y simulará los movimientos de las herramientas.

- Características:
  - 4 ejes x, y, z, y timón; pero para realización de la simulación solo tomaremos en cuenta tres grados de libertad x, y, z.
  - 13 botones programables.
  - Puerto USB disponible



**Figura 19**

*Joystick Genius MetalStrike 3D*

**3.8 Selección de elementos electrónicos**

Los elementos netamente electrónicos necesarios para este proyecto de titulación, son materiales que nos ayuden a la programación, conexión e instalación del joystick en el banco de entrenamiento. A continuación, detallaremos cada componente electrónico con sus respectivas características.

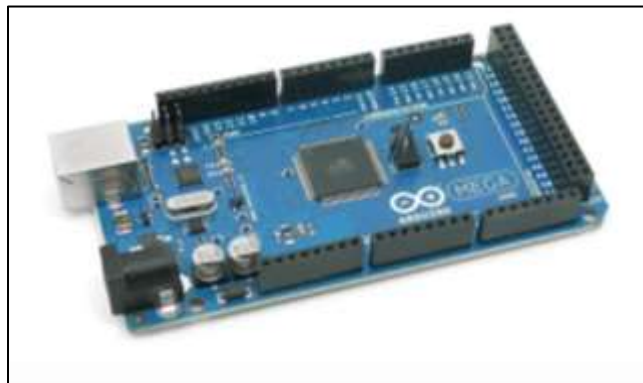
**3.8.1 Arduino Mega 2560**

- Microcontrolador: ATmega2560.
- Voltaje de operación: 5 voltios.
- Voltaje de entrada recomendado: 7 – 12 Voltios.
- Voltajes de entrada mínimo y máximo: 6 – 20V

- Pines de entrada y salida: 54 (de los cuales 15 son de salida PWM)
- Pines de entrada analógica: 16
- Corriente CC por cada pin entrada y salida 20Ma
- Memoria flash: 256KB (8KB usados por el bootloader).
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Longitud: 101.52 mm
- Ancho: 53.3 mm
- Peso: 37gr

### Figura 20

*Arduino Mega 2560*



### 3.8.2 Arduino Shield USB Host

- Basada en el circuito integrado MAX3421.
- Dispositivos HID: Joystick
- Convertidores USB a serie: FTDI, PL-2303

- Dispositivo de almacenamiento masivo: memorias: memorias USB, lectores de tarjeta de memoria,
- Conector USB Tipo A hembra.
- Provee alimentación para el dispositivo esclavo.
- Interfaz SPI de 3 o 4 hilos.
- Es posible trabajar con el ADK de Android con este shield.
- Convierte tu Arduino Mega en un dispositivo compatible con el ADK de Android.

**Figura 21**

*Arduino Shield USB Host*



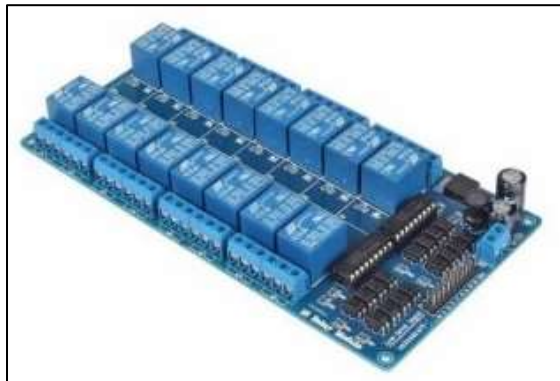
### **3.8.3 Relé 5V 16 Canales**

- Voltaje de Operación: 5V DC.
- Señal de Control: TTL (3.3V o 5V).
- Número de Relays (canales): 16 CH.
- Modelo Relay: SRD-05VDC-SL-C.

- Capacidad máx: 10A/250VAC, 10A/30VDC.
- Corriente máx: 10A (NO), 5A (NC).
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms.
- Para activar salida NO: 0 Voltios.
- Entradas Optoacopladas.
- Indicadores LED de activación.

**Figura 22**

*Relé 5V 16 canales*



### **3.9 Programación del joystick**

Para la programación del control electrónico del banco de entrenamiento, que es la parte medular de este proyecto, en realidad la programación se realiza en el circuito integrado Arduino, y desde ahí se guardará las configuraciones que tenga la palanca de

mando. A continuación, se verá reflejada la programación realizada para el control y accionamiento de las herramientas del banco de entrenamiento.

```
#include "hidjoystickrptparser.h"

JoystickReportParser::JoystickReportParser(JoystickEvents *evt) :
joyEvents(evt),
oldHat(0xDE),
oldButtons(0) {
    for (uint8_t i = 0; i < RPT_GEMEPAD_LEN; i++)
        oldPad[i] = 0xD;
}

void JoystickReportParser::Parse(USBHID *hid, bool is_rpt_id, uint8_t len,
uint8_t *buf) {
    bool match = true;

    // Checking if there are changes in report since the method was last called
    for (uint8_t i = 0; i < RPT_GEMEPAD_LEN; i++)
        if (buf[i] != oldPad[i]) {
            match = false;
            break;
        }

    // Calling Game Pad event handler
    if (!match && joyEvents) {
```

```

joyEvents->OnGamePadChanged((const GamePadEventData*)buf);

for (uint8_t i = 0; i < RPT_GEMEPAD_LEN; i++) oldPad[i] = buf[i];
}

uint8_t hat = (buf[5] & 0xF);

// Calling Hat Switch event handler
if (hat != oldHat && joyEvents) {
    joyEvents->OnHatSwitch(hat);
    oldHat = hat;
}

uint16_t buttons = (0x0000 | buf[6]);
buttons <<= 4;
buttons |= (buf[5] >> 4);
uint16_t changes = (buttons ^ oldButtons);

// Calling Button Event Handler for every button changed
if (changes) {
    for (uint8_t i = 0; i < 0x0C; i++) {
        uint16_t mask = (0x0001 << i);

        if (((mask & changes) > 0) && joyEvents) {
            if ((buttons & mask) > 0)
                joyEvents->OnButtonDn(i + 1);
            else
                joyEvents->OnButtonUp(i + 1);
        }
    }
}

```

```

        }
    }
    oldButtons = buttons;
}
}

```

```

void JoystickEvents::Salida(int pin,int pin1,int pin2,int pin3){

}

```

```

void JoystickEvents::OnGamePadChanged(const GamePadEventData *evt) {

    pinMode(val1_ad,OUTPUT);
    pinMode(val1_at,OUTPUT);

    pinMode(val2_ad,OUTPUT);
    pinMode(val2_at,OUTPUT);
    Serial.print("X1: ");
    Serial.print(evt->X);

    if(evt->X >= 230) digitalWrite(val1_ad,HIGH);else
digitalWrite(val1_ad,LOW);
    if(evt->X <= 25) digitalWrite(val1_at,HIGH);else digitalWrite(val1_at,LOW);

    Serial.print("\tY1: ");
    Serial.print(evt->Y);
}

```

```

        if(evt->Y >= 230) digitalWrite(val2_ad,HIGH);else
digitalWrite(val2_ad,LOW);
        if(evt->Y <= 40) digitalWrite(val2_at,HIGH);else digitalWrite(val2_at,LOW);

        Serial.print("\tX2: ");
        PrintHex<uint8_t > (evt->Z1, 0x80);
        Serial.print("\tY2: ");
        PrintHex<uint8_t > (evt->Z2, 0x80);
        Serial.print("\tRz: ");
        PrintHex<uint8_t > (evt->Rz, 0x80);
        Serial.println("");
    }

void JoystickEvents::OnHatSwitch(uint8_t hat) {
    Serial.print("Hat Switch: ");
    PrintHex<uint8_t > (hat, 0x80);
    Serial.println("");
}

void JoystickEvents::OnButtonUp(uint8_t but_id) {
    Serial.print("Up: ");
    Serial.println(but_id, DEC);
}

void JoystickEvents::OnButtonDown(uint8_t but_id) {
    Serial.print("Dn: ");
    Serial.println(but_id, DEC);
}

```

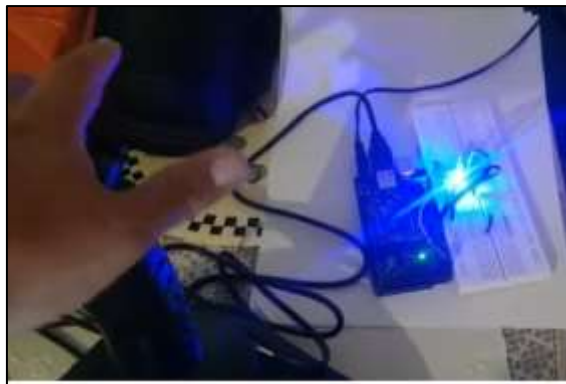


### 3.10 Instalación del mando y control

Para la instalación del mando y control, nos atrevemos a decir que esta es la parte final del ensamblaje general del banco de entrenamiento, es por tal motivo que todos los proyectos de titulación que engloban este banco ya están terminados y acoplados, la instalación del control electrónico es esencialmente la fijación y conexión del joystick para simular los movimientos de las herramientas que integran la retroexcavadora.

#### Figura 23

*Pruebas y montaje del control electrónico*



## **CAPÍTULO IV**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

#### **4.1. Prueba de funcionamiento de los controles de mando**

Como bien ya sabemos, la palanca de mando que simulará o reflejará el trabajo de una palanca de mando de una retroexcavadora real está basada en el joystick de Genius MetalStrike 3D es ideal para los juegos de simulación de vuelo de diseño a cuatro ejes y dispone de controles de alerón, elevación, aceleración y potencia.

Luego de haber programado el circuito integrado y conectado a nuestro joystick para que accione los cilindros hidráulicos, mismos que mediante el flujo presurizado de líquido hidráulico dará los movimientos correspondientes a las herramientas del banco de entrenamiento, como son brazo, pluma, pala de carga y cucharón, por tal motivo, la programación se ha basado para que el joystick actúe de forma idéntica a una palanca de mando de una retroexcavadora.

De acuerdo a las funciones de una palanca de mando de retroexcavadoras reales tenemos comúnmente lo siguiente:

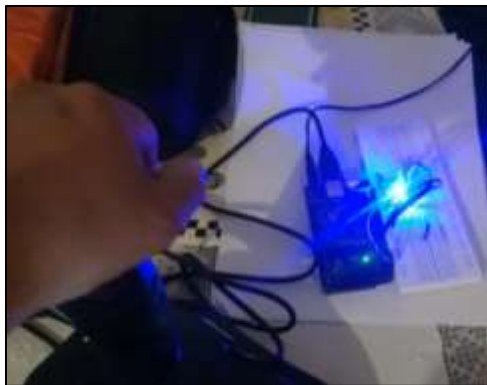
En las máquinas con transmisión Powershift (caja automática robotizada para bajar tanto el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes)

solamente, cuando el selector de velocidades está en la posición de la 48 velocidad o en la posición de modo automático 'A', se selecciona automáticamente la función HSC. Si se estaciona la máquina y se usa la retroexcavadora, asegúrese de que el selector de velocidades no está en la posición de la 48 velocidad o en la posición de modo automático 'A', ya que de lo contrario será lento el funcionamiento de la máquina. La palanca de marcha al frente/atrás debe estar en punto muerto para seleccionar la función HSC. (ObraPlaza, 2019).

De este modo verificamos el funcionamiento de nuestro joystick, montado ya en el banco de entrenamiento y también conectado a un protoboard y según el movimiento de la palanca se verificó el accionamiento o mando con el encendido de luces LED.

#### **Figura 24**

*Prueba de los controles de mando*



#### 4.2. Pruebas de funcionamiento del brazo y la pluma

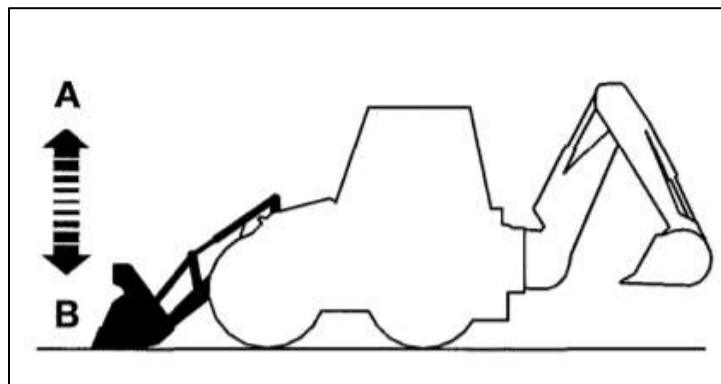
Tanto el brazo como la pluma del banco de entrenamiento accionan la pala de la cargadora, que es la herramienta en la que verificamos el correcto y adecuado movimiento de la misma. Teniendo las siguientes consideraciones:

- Elevación: Para alzar la pala (movimiento A), hale de la palanca hacia atrás. Al subir la pala se mantendrá formando el mismo ángulo con respecto al suelo. Es debido a que las bielas de articulación paralelas en los brazos de la cargadora.
- Descenso: Para bajar la pala (movimiento B), empuje la palanca hacia el frente. La pala conserva el mismo ángulo con respecto al suelo, como se ha explicado en Elevación.

De este modo, los movimientos simulados corresponden a siguiente figura:

**Figura 25**

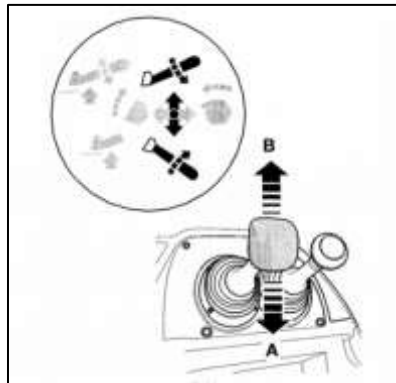
*Elevación y descenso de brazo y pluma*



Además, los movimientos de carga y descarga se pueden apreciar en la siguiente ilustración, los mismos que han sido verificados de forma correcta y también están indicados mediante calcomanía ubicadas en el banco de entrenamiento para que las personas que operen dicho banco, comprendan de forma simple el funcionamiento de este control electrónico.

### Figura 26

*Carga y descarga de la pala*



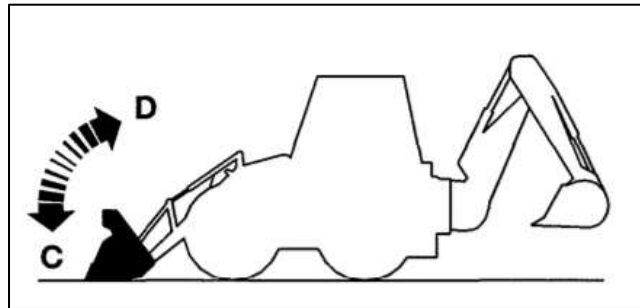
#### 4.3. Pruebas de funcionamiento del cucharón

El cucharón, al igual que las demás herramientas y/o aditamentos de la retroexcavadora, es accionado por cilindros hidráulicos, los mismos que envían líquido hidráulico presurizado de acuerdo al control electrónico que es manipulado por el operario mediante el joystick.

- Giro hacia delante: Para rodar el cucharón hacia el frente (movimiento C), mueva la palanca hacia la derecha.
- Giro hacia atrás: Para rodar el cucharón hacia atrás (movimiento D), mueva la palanca hacia la izquierda.

### Figura 27

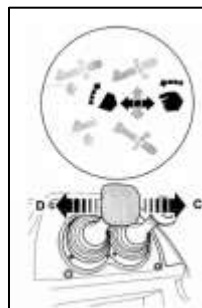
*Movimiento del cucharón*



Estos movimientos también están ilustrados en el banco de entrenamiento, mediante calcomanías, para mejor comprensión del operario.

### Figura 28

*Indicaciones de movimientos de la palanca*



## CAPÍTULO V

### MARCO ADMINISTRATIVO

#### 5.1 Recursos humanos

Las personas que aportaron en el desarrollo de este proyecto de titulación se detallan en la siguiente tabla, en la misma que se describe el aporte específico de cada uno de los colaboradores.

**Tabla 1**

*Recursos humanos*

<b>Nombre</b>	<b>Aporte</b>
Cbop. de CB. Walter Iván Guamán Guajala.	Construcción y elaboración del proyecto
Ing. Alex Ramos Jinez.	Director y asesor general de tesis.
Ing. Jaime León Almeida.	Asesoría en diseño y construcción del bastidor y herramientas.
Ing. Cristian Chuchico Arcos.	Asesoría en programación y electrónica

#### 5.2 Recursos tecnológicos

Se consideran recursos tecnológicos a todas las herramientas que facilitaron la realización del proyecto de titulación, tanto en la parte escrita como en el desarrollo práctico del mismo; dichos recursos se detallan en la siguiente tabla con sus respectivos valores.

**Tabla 2***Recursos tecnológicos*

<b>Orden</b>	<b>Recurso tecnológico</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Software Arduino	1	\$ 120.00	\$ 120.00
2	Microsoft Office	1	\$ 100.00	\$ 100.00
3	Joystick Genius MetalStrike 3D	1	\$ 100.00	\$100.00
			<b>Total:</b>	\$ 320.00

**5.3 Recursos materiales**

Se consideran recursos materiales a todos los elementos físicos utilizados para el desarrollo del proyecto de titulación, dichos recursos se detallan en la tabla detallada a continuación, con sus correspondientes valores.

**Tabla 3***Recursos materiales*

<b>Orden</b>	<b>Recurso material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Motor de combustión interna	1	\$ 300.00	\$ 300.00
2	Bomba hidráulica	1	\$ 150.00	\$ 150.00
3	Electroválvulas	5	\$ 40.00	\$200.00
4	Cautín	1	\$15.00	\$ 15.00
5	Estaño	20	\$ 0.60	\$ 12.00
6	Cables	20	\$ 2.00	\$ 40.00
7	Impresiones	200	\$ 0.15	\$ 30.00
			<b>Total:</b>	\$ 747.00



## 5.4 Presupuesto

Una vez determinados los gastos de los recursos tecnológicos y materiales que permitió la ejecución del proyecto de titulación, se realiza la tabla que a continuación refleja los valores invertidos en la misma.

**Tabla 4**

*Presupuesto*

<b>Orden</b>	<b>Recurso</b>	<b>Valor Total</b>
1	Recursos tecnológicos	\$ 320.00
2	Recursos materiales	\$ 747.00
3	20 % Imprevistos	\$213.00
<b>Total:</b>		<b>\$ 1280.00</b>

## 5.5 Cronograma

En la siguiente tabla se detalla el tiempo empleado en el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 5

## Cronograma

CRONOGRAMA		2020							LUGAR
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	
ORD	ACTIVIDAD								
1	Selección y adquisición de componentes.	■							Almacenes y proveedores – Quito.
2	Montaje y conexión del sistema hidráulico.		■						Quito
3	Diseño y construcción de herramientas.			■					Quito
4	Acoplamiento y ensamblaje de herramientas.				■				Quito
5	Adaptación del control electrónico en el banco.				■				Quito
6	Programación y pruebas del joystick.					■			Quito
7	Pruebas de funcionalidad.						■		Quito
8	Desarrollo Marco Teórico.							■	Quito
9	Defensa del Proyecto.							■	Campus ESPE – Centro

## CONCLUSIONES

- El proyecto planteado como tema de titulación pudo ser concluido, cumpliendo todos los objetivos planteados y el desarrollo del banco en general.
- Mediante este proyecto se entendió la importancia de la maquinaria y equipo pesado, especialmente de las retroexcavadoras en la construcción, minería y obras viales.
- El banco de entrenamiento simula las condiciones reales de una retroexcavadora, y será el material didáctico adecuado para el área automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Este banco de entrenamiento es de fácil entendimiento y trabajo en el mismo, para el mantenimiento y uso adecuado del mismo no se necesitan herramientas especializadas.
- El control electrónico de la retroexcavadora está simulado de tal manera que es lo más parecido a una palanca de control real, simulando todos los movimientos y controles que posee esta máquina y sus herramientas como tal.
- Los materiales empleados para la construcción del banco de entrenamiento fueron seleccionados en base a una simulación de esfuerzos, al material comercialmente disponible y para ciertos componentes, reciclando material en buen estado, para contribuir al medio ambiente.
- La programación en Arduino fue la mejor opción para simular los movimientos y controles de las herramientas de la retroexcavadora.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar un mantenimiento periódico a este banco de entrenamiento para mantenerlo siempre en óptimas condiciones de funcionamiento, y sobre todo para que sirva como material didáctico adecuado y operativo para estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz.
- Si el banco de entrenamiento presenta fallas o anomalías durante su funcionamiento, deténgalo inmediatamente e inspeccione detenidamente todos sus componentes.
- No se debe usar las herramientas con un peso superior al admitido, puesto que podría ocasionar daños en el control electrohidráulico del banco.
- Si es necesario el desmontaje y/o desarmado de partes, sistemas o componentes de este banco de entrenamiento, realizarlo con todas las medidas de seguridad, de forma ordenada y siguiendo una secuencia el desarmado y armado para evitar inconvenientes posteriores que afecten al correcto funcionamiento de este equipo.
- Si existen fallas en el funcionamiento del control electrónico o joystick, verificar la programación del Arduino, y de ser necesario corregir las fallas.

## BIBLIOGRAFÍA

- bezaresmexico. (6 de Marzo de 2019). *www.bezares.com/es-mx*. Recuperado el 29 de enero de 2020, de <https://bezares.com/es-mx/que-es-una-bomba-hidraulica/>
- Cadeco. (2019). *www.cadeco.com.mx*. Recuperado el 15 de noviembre de 2019, de <https://www.cadeco.com.mx/herramientas-de-corte/cucharones>
- Maquinaria PY. (2020). *www.maquinariapy.cl*. Recuperado el 15 de mayo de 2020, de <https://maquinariapy.cl/maquinaria-arriendo/aditamento-excavador/>
- MAQUIPEDIA. (SF). *www.maquipedia.com*. Recuperado el 03 de junio de 2020, de <https://maquipedia.com/maquinas/construccion/retroexcavadora/partes-y-funciones/>
- mercadovial.TV. (18 de Febrero de 2019). *www.mercadovial.tv*. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://mercadovial.tv/2019/02/18/sistema-de-giro-una-parte-fundamental-de-las-excavadoras-hidraulicas/>
- ObraPlaza. (5 de Julio de 2019). *www.obraplaza.com*. Recuperado el 15 de noviembre de 2019, de <https://www.obraplaza.com.mx/post.php?id=441>
- Partesdel. (SF). *www.partesdel.com*. Recuperado el 23 de mayo de 2020, de [https://www.partesdel.com/partes\\_de\\_la\\_retroexcavadora.html#Cucharon](https://www.partesdel.com/partes_de_la_retroexcavadora.html#Cucharon)
- SCRIBD. (21 de Noviembre de 2012). *es.scribd.com*. Recuperado el 06 de marzo de 2020, de <https://es.scribd.com/doc/114036915/Historia-de-La-Retroexcavadora>

SECSA. (2017). *www.ventamaquinaria.mx*. Recuperado el 08 de diciembre de 2019, de <http://ventamaquinaria.mx/tipos-cucharones-servicio-una-excavadora/>

UTECSA. (2020). *www.utecsa.cl*. Recuperado el 20 de mayo de 2020, de <https://www.utecsa.cl/portfolio/valvulas-direccionales-solenoides/>

Wikipedia. (25 de Junio de 2020). *es.wikipedia.org*. Recuperado el 30 de junio de 2020, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Retroexcavadora>

Wikipedia. (9 de Julio de 2020). *es.wikipedia.org*. Recuperado el 13 de julio de 2020, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Palanca\\_de\\_mando](https://es.wikipedia.org/wiki/Palanca_de_mando)

Wikipedia. (SF). *es.qwe.wiki*. Recuperado el 06 de febrero de 2020, de [https://es.qwe.wiki/wiki/Excavator\\_controls](https://es.qwe.wiki/wiki/Excavator_controls)

YouTube. (19 de Junio de 2017). *www.youtube.com*. Recuperado el 05 de abril de 2020, de <https://www.youtube.com/watch?v=1-3UhYISBoQ>

## **ANEXOS**