



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

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

**AUTORES: SÁNCHEZ LARA CRISTINA DEL ROCÍO**

**MULLO CASILLAS MARÍA DEL CARMEN**

**TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU  
DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE  
MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL  
PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL.**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ QUIROZ**

**CODIRECTOR: ING. WILSON TRÁVEZ**

**Latacunga, agosto 2014**

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

**CERTIFICADO**

Ing. José Quiroz (DIRECTOR)

Ing. Wilson Trávez (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el proyecto titulado **“OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL”** realizado por las señoritas: Mullo Casillas María Del Carmen Y Sánchez Lara Cristina Del Rocío; ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la UNIVERSIDAD, en el Reglamento de estudiantes de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE.

Latacunga, Agosto del 2014.

---

ING. JOSÉ QUIROZ

DIRECTOR

---

ING. WILSON TRÁVEZ

CODIRECTOR

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

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

NOSOTRAS: SÁNCHEZ LARA CRISTINA DEL ROCÍO

MULLO CASILLAS MARÍA DEL CARMEN

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado titulado “**OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Agosto del 2014.

---

SÁNCHEZ LARA CRISTINA DEL ROCÍO

C.C: 080308844-2

---

MULLO CASILLAS MARÍA DEL CARMEN

C.C: 050335512-5

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

**AUTORIZACIÓN**

NOSOTRAS: SÁNCHEZ LARA CRISTINA DEL ROCÍO

MULLO CASILLAS MARÍA DEL CARMEN

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“Optimización del Tablero a bordo mediante su Digitalización Y Elaboración Del Manual De Mantenimiento Con Sus Respective Protocolos Del Prototipo de Tractor Agrícola Monoplaza A Diésel”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2014.

---

SÁNCHEZ LARA CRISTINA DEL ROCÍO

---

MULLO CASILLAS MARÍA DEL CARMEN

C.C: 080308844-2

C.C: 050335512-5

## DEDICATORIA

Dedico a todos quienes estuvieron a mi lado durante el desarrollo de mi vida estudiantil.

Cristina de Rocío Sánchez L.

## DEDICATORIA

A mis padres y maestros por su constante apoyo

María del Carmen Mullo C.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres y mis hermanos José Luis, Juan Pablo, Doris, Jackeline por su constante apoyo.

**Cristina de Rocío Sánchez L**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por guiarme cada día en el camino del bien.

**María del Carmen Mullo C.**

## ÍNDICE GENERAL

<b>CARÁTULA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICADO</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>xxi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xxii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
“OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL”. .....	<b>1</b>
1.1. Antecedentes. ....	<b>1</b>
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	<b>3</b>
1.3. DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO .....	<b>3</b>
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	<b>4</b>
1.5. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS .....	<b>5</b>
1.5.1. OBJETIVO GENERAL .....	<b>5</b>
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	<b>5</b>

1.6. METAS.....	6
1.7. HIPÓTESIS .....	7
1.8. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN .....	7
CAPÍTULO 2.....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL .....	8
2.2. SISTEMAS MECÁNICOS, ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DEL TRACTOR.....	9
2.2.1. Sistemas Eléctricos.....	9
2.2.2. Componentes del sistema eléctrico. ....	10
2.3 ELEMENTOS HIDRÁULICOS.....	12
2.3.1. Transmisión Hidráulica .....	12
a. Válvulas de control. ....	13
b. Bomba. ....	14
c. Cilindros. ....	14
d. Motores de los sistemas hidráulicos.....	15
e. Conexiones (tuberías y mangueras). ....	15
f. Filtro.. ....	15
g. Acoples .....	15
2.4. ORUGAS DE GOMA.....	16
2.5. SISTEMA DE LUBRICACIÓN. ....	16
a. Depósito o cárter. ....	17
b. Canales de conducción de aceite.....	17
c. Lubricantes .....	18
2.6. DEGRADACIÓN DEL ACEITE.....	19
2.7. CONTAMINACIÓN DEL ACEITE .....	20

2.8. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	21
2.8.1. Bomba de alimentación. ....	21
2.8.2. Filtro.....	21
2.8.3. Bomba de inyección.....	21
2.8.4. Inyector. ....	22
2.9. SISTEMA DE INYECCIÓN.....	22
a. Inyector-Bomba. ....	22
b. Entrada de aire. ....	22
2.10. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO .....	22
2.10.1. Enfriamiento por aire.....	23
2.10.2. Enfriamiento por agua.....	23
2.11. SISTEMAS ELECTRÓNICOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL.....	23
2.11.1. Sensores.....	23
2.11.2. Horómetro.....	26
2.11.3. Electroventilador .....	26
2.11.4. PLC.....	27
a. Unidad de Entradas. ....	28
b. Unidad de Salidas. ....	29
c. Unidad Lógica. ....	29
d. Memoria.....	29
2.11.5. SOFTWARE H.M.I.....	29
a. Interfaz Hombre - Máquina .....	30
b. Tipos de HMI:.....	30
c. Comunicación. ....	31
d. Panel View.....	31

2.11.6. Interfaz de Comunicación .....	31
2.12. Mantenimientos del Tractor Agrícola Monoplaza a Diésel .....	33
a. Mantenimiento por avería. ....	33
b. Mantenimiento Preventivo. ....	33
c. Mantenimiento Predictivo.....	33
d. Mantenimiento correctivo.....	34
e. Mantenimiento Proactivo. ....	34
2.13. Plan de Mantenimiento del Tractor Agrícola Monoplaza a Diésel .....	34
2.14. Diagnóstico previo a la operación del tractor. ....	35
CAPÍTULO 3.....	37
PARÁMETROS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL TABLERO A BORDO DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL .....	37
3.1 HIPÓTESIS .....	37
3.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN .....	37
3.2.1. Independientes .....	37
3.2.2. Variable Dependiente .....	38
3.3 ESTADO INICIAL DEL TRACTOR.....	39
3.4 LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS. ....	40
3.5.1. PLC elemento principal del panel .....	41
3.5.2. Selección del puerto de Comunicación.....	42
3.5.3. Señales De Entrada.....	43
3.5.4. Señales Análogas .....	44
3.5.5. Temperatura refrigerante y aceite hidráulico. ....	45
3.5.6. Presión de aceite motor e hidráulico.....	47
3.5.7. Medición de nivel de combustible y fluido hidráulico.....	48

3.5.8. Medición de la inclinación.....	49
3.5.9. Sensor de rpm.....	50
3.5.10. Carga de la batería.....	52
3.5.11. Tiempo De Funcionamiento Acumulado.....	53
a. Horómetro.....	54
3.5.12. Fuente De Alimentación.....	54
3.5.13. Conversor de voltaje.....	54
3.5.14. Fuente de voltaje.....	56
CAPÍTULO 4.....	57
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL TABLERO A BORDO DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL.....	57
4.1. IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA.....	57
4.1.1. Implementación de la base del sensor de nivel del aceite hidráulico.....	57
4.1.2. Implementación de la batería.....	58
4.1.3. Implementacion del eje base para el sensor de presión aceite motor.....	59
4.1.4. Implementación del sensor de presión aceite hidráulico.....	60
4.1.5. Implementación del sensor de temperatura agua motor.....	60
4.1.6. Montaje de la touch screen.....	60
4.1.7. Montaje de los módulos.....	61
4.1.8. Implementación de los circuitos eléctricos.....	62
4.1.9. Montaje del sensor de RPM.....	63
4.1.10. Implementación del inclinómetro.....	64
4.1.11. Implementación del pedal del acelerador.....	64
4.1.12. Interruptor de encendido sistema electrónico.....	65

4.1.13. Conexiones a tierra del sistema eléctrico y electrónico .....	67
4.2 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DE LOS SENSORES. ....	67
4.2.1 Sensor de nivel combustible .....	68
4.2.2 Sensor de temperatura del refrigerante .....	72
4.3 DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.....	73
4.3.1 Circuito de carga de batería.....	73
4.4. MONTAJE E INSTALACIÓN DEL PLC. ....	73
4.5 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA VISUALIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL. ....	74
4.5.1. DISEÑO DEL HMI.....	75
4.5.2. Acoplamiento de los Componentes Electrónicos .....	75
4.6 PROGRAMACIÓN DEL PLC'S. ....	76
4.7 CONFIGURACIÓN DEL PLC.....	77
4.8 PROGRAMACIÓN DEL HMI.....	81
4.9 IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA DEL TABLERO EN EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL. ....	81
4.9.1. Pantalla.....	82
CAPÍTULO 5.....	85
DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA .....	85
5.1 INTRODUCCIÓN. ....	85
5.2 Pruebas del sistema a bordo de monitoreo del tractor en diferentes condiciones de operación.....	85
5.2.1. Apagado .....	85
5.2.2. Tractor encendido .....	86

5.2.3. Tractor en movimiento .....	86
a. Sensor de nivel.....	87
b. Sensor de presión. ....	88
c. Sensor de temperatura. ....	89
d. Sensor de proximidad para rpm. ....	89
5.3 ANÁLISIS COMPUTARIZADO DE LA INCLINACIÓN DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL. ....	92
5.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	93
5.5.1. Cálculo de rendimiento. ....	97
CAPITULO 6.....	98
MARCO ADMINISTRATIVO .....	98
6.1 RECURSOS.....	98
6.1.1 RECURSOS HUMANOS.....	98
6.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS. ....	99
6.1.3 RECURSOS MATERIALES. ....	99
6.2 PRESUPUESTO. ....	101
6.3 FINANCIAMIENTO.....	102
6.4 CRONOGRAMA.....	102
6.5 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS. ....	102
CAPÍTULO 7.....	104
7.1 CONCLUSIONES:.....	104
7.1 RECOMENDACIONES: .....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106
NETGRÁFÍA .....	107
GLOSARIO .....	110
ANEXOS.....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Comparación neumáticos, orugas. ....	9
Tabla 3.1: Operación de la variable independiente.....	38
Tabla 3.2: Operación de la variable dependiente.....	39
Tabla 3.3: Disposición de conectores para comunicación serial.....	43
Tabla 3.4: Distribución de entradas del módulo .....	44
Tabla 3.5: Valores de voltaje/ temperatura refrigerante .....	45
Tabla 3.6: Voltaje de ingreso al PLC.....	53
Tabla 4.1: Botones principales del tablero. ....	83
Tabla 5.1: NIVEL DE COMBUSTIBLE EN LÍNEA RECTA.....	94
Tabla 5.2: CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN PENDIENTE .....	94
Tabla 5.3: NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.....	94
Tabla 5.4: INDICADOR DE VALORES DE PRESIÓN MOTOR.....	95
Tabla 5.5: INDICADOR DE VALORES DE PRESIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	95
Tabla 5.6: INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO TEMPERATURA MOTOR .....	96
Tabla 5.7: INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO DE TEMPERATURA ACEITE HIDRÁULICO.....	96
Tabla 5. 8: INCLINACION.....	96
Tabla 6.1: Recursos Humanos.....	98
Tabla 6. 2: Recursos tecnológicos.....	99
Tabla 6.3: Recursos materiales.....	100
Tabla 6.4: Recursos eléctricos y electrónicos.....	100
Tabla 6.5: Lista de materiales y precios.....	101

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1.1: Tractor agrícola monoplaza a diésel .....	2
Figura 1.2 Problemas y soluciones tecnológicas del prototipo .....	3
Figura 2.1: Tablero inicial del Tractor agrícola monoplaza a diésel. ....	8
Figura 2.2: Sistema de encendido de un motor .....	10
Figura 2.3: Trasmisión hidráulica.....	12
Figura 2.4: Componentes del sistema hidráulico .....	13
Figura 2.5: Sistema hidráulico de levante de tres puntos. ....	16
Figura 2.6: Orugas de goma. ....	16
Figura 2.7: Circuito de lubricación.....	17
Figura 2.8: Problemática asociada a la lubricación de los motores de combustión interna.....	19
Figura 2.9: Sensor de RPM. ....	24
Figura 2.10: Sensor de presión.....	24
Figura 2.11: Acelerómetro MMA7361L .....	25
Figura 2.12: Sensor de temperatura motor .....	25
Figura 2.13: Sensor de nivel .....	26
Figura 2.14: Horómetro.....	26
Figura 2.15: Electroventilador .....	27
Figura 2.16: estructura de un PLC .....	27
Figura 2.17: estructura de un PLC .....	28
Figura 2.18: PLC V350 .....	31
Figura 2.19: tipos de conectores serial (DB 25 y DB9) .....	32
Figura 3.1: Sensor de temperatura. ....	46
Figura 3.2: Curva valores resistencia vs temperatura.....	46
Figura 3.3: Conexión sensor de temperatura al PLC .....	47
Figura 3.4: Sensor de presión.....	48
Figura 3.5: Sensor de nivel tipo boya.....	49
Figura 3.6: Acelerómetro MMA7361L. ....	50
Figura 3.7: Sensor de rpm inductivo. ....	51
Figura 3.8: Conexión del sensor de RPM. ....	52

Figura 3.9.- Circuito para monitorear la carga de la batería.....	52
Figura 3.10.- Voltaje al PLC (en función a la carga de la batería).....	53
Figura 3.11 Inversor de corriente .....	55
Figura 3.12 Fuente de voltaje 110/ 24v.....	56
Figura 4.1 Base del sensor de nivel.....	57
Figura 4.2. Implementación de la base del sensor de nivel aceite hidráulico. ....	58
Figura 4.3 Implementación de la base del sensor de nivel de combustible. 58	
Figura 4.4 Tapa metálica de la batería. ....	59
Figura 4.5 Acople de un eje como base para el sensor de presión motor. ..	59
Figura 4.6 Implementación del sensores de presión aceite hidráulico.....	60
Figura 4.7 Instalación del sensor de temperatura agua motor.....	60
Figura 4.8 Instalación de la pantalla del tablero.....	61
Figura 4.9 Montaje módulos. ....	61
Figura 4.10 Fuente de 24v a 2.5 A.....	62
Figura 4.11 Caja de circuitos electrónicos (sensores de nivel). ....	62
Figura 4.12 Caja de circuitos eléctricos. ....	63
Figura 4.13 Sensor de proximidad. ....	63
Figura 4.14 Caja de protectora del inclinómetro. ....	64
Figura 4.15 Sensor de inclinación.....	64
Figura 4.16 Pedal del acelerador.....	65
Figura 4.17 Mecanismo del pedal de aceleración y apagado. ....	65
Figura 4.18 encendido y apagado del tractor.....	66
Figura 4.19 Potafusibles. ....	66
Figura 4.20 Interruptor de encendido sistema electrónico. ....	67
Figura 4.21 Masa. ....	67
Figura 4.22: Circuito conversor de resistencia a corriente .....	68
Figura 4.23: Circuito conversor de resistencia a corriente .....	69
Figura 4.24: Circuito no inversor .....	70
Figura 4.25: Circuito sumador no inversor .....	71
Figura 4.26: Circuito sumador no inversor .....	71
Figura 4.27: Placa conversor de resistencia a corriente .....	72

Figura 4.28: Circuito conversor de resistencia a voltaje.....	72
Figura 4.29: Circuito de carga de la batería.....	73
Figura 4.30: Cable de comunicación.....	74
Figura 4.31: Módulo de expansión de I/O analógicas.....	74
Figura 4.32: Diagrama de bloques del PLC.....	75
Figura 4.33: Diagrama de bloques acoplamiento electrónico.....	76
Figura 4.34: Diagrama de bloques lectura de datos.....	77
Figura 4.35 Selección PLC.....	78
Figura 4.36 Selección del la tarjeta Snap in I/O.....	78
Figura 4.37 Selección del módulo de expansión I/O ATC8/A18.....	79
Figura 4.38 Declaración de variables en el módulo de expansión I/O ATC8/A18.....	79
Figura 4.39 Declaración de variables en el Snap in I/O (V350- 35- TR20) .	80
Figura 4.40 Sintonización del PLC y PC (test en línea).....	80
Figura 4.41 Diagrama de flujo del programa principal.....	81
Figura 4.42: Pantalla principal del HMI.....	82
Figura 4.43: Implementación del diseño mecánico.....	84
Figura 5.1 Botón de apagado.....	86
Figura 5.2 sistema de monitoreo.....	86
Figura 5.3: Recorrido de 100 metros.....	87
Figura 5.4 Llenado de combustible.....	87
Figura 5.6 Visualización nivel.....	87
Figura 5.7: Monitoreo de presión tractor apagado.....	88
Figura 5.8: Monitoreo de presión tractor encendido.....	88
Figura 5.9: Monitoreo de presión sistema hidráulico tractor.....	89
Figura 5.10 Monitoreo temperatura.....	89
Figura 5.11: Monitoreo velocidad lineal y RPM.....	90
Figura 5.12: monitoreo de la carga de la batería.....	90
Figura 5.13: monitoreo de la carga de la batería.....	91
Figura 5.14: Monitoreo de la inclinación.....	91
Figura 5.15 Tractor agrícola sobre plataforma de prueba.....	92
Figura 5.16 Inicio de simulación.....	93

Figura 5.17 Máximo grado de inclinación del tractor..... 93

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Cálculo de rpm.....	50
Ecuación 3.2 Velocidad lineal.....	50
Ecuación 4.1 Cálculo de impedancias.....	68
Ecuación 4.2 Cálculo del voltaje de entrada.....	68
Ecuación 4.5 Factor de ganancia sumador.....	68
Ecuación 4.6 Voltaje de entrada seguidor de corriente.....	69
Ecuación 4.7 Valor de resistencia.....	69
Ecuación 4.8 Voltaje de salida del amplificador.....	69
Ecuación 4.9 Ley de OHM.....	69
Ecuación 4.10 Voltaje total.....	69
Ecuación 4.11 Factor de ganancia.....	70
Ecuación 4.12 Voltaje de salida.....	72

## RESUMEN

Este proyecto de investigación consiste en la implementación de un sistema de monitoreo a través de la visualización de datos y gráficos, que representan el funcionamiento de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos en estado actual de la máquina, con el fin de llevar un control para evitar el desgaste de los componentes y partes móviles del tractor. Las variables a monitorear son: presión de aceite motor e hidráulica de la transmisión, temperatura del motor y aceite hidráulico, estado de carga de la batería (voltímetro), nivel de combustible y aceite hidráulico, medidor de inclinación del tractor, RPM y tiempo de funcionamiento acumulado. Mantener el registro de estas variables es fundamental para realizar futuras correcciones, ajustes y calibraciones necesarias. Además que las variables pueden ser convertidas en datos para planificar el mantenimiento periódico en función de las horas de trabajo del tractor, disminuyendo la probabilidad de tener que realizar mantenimientos correctivos. Estas variables entregan señales digitales o analógicas según sea el requerimiento, a un dispositivo PLC (Controlador lógico programable), los mismos que se presentan de manera digitalizada en el tablero mejorando la interfaz entre el operador y la máquina. Esto permitirá efectuar la elaboración del manual de mantenimiento, para el cual se iniciará con la recolección de datos obtenidos durante la operación del tractor, además se obtendrán valores de las variables instaladas en el tablero, las recomendaciones técnicas obtenidas por el fabricante del motor y la información referencial que finalmente serán evaluadas de manera periódica logrando una revisión completa del tractor.

Palabras claves: tractor agrícola monoplaza a diésel, tablero digital del tractor, manual de mantenimiento del tractor, medidor de inclinación del tractor, horómetro del tractor.

## SUMMARY

This research project involves the implementation of a monitoring system through data visualization and graphics, it involves mechanical systems operations, electrical and electronic systems in current state of machine, for to keep track prevent wear of components and moving tractor parts. The variables to be monitored are: engine oil pressure and hydraulic transmission, engine temperature and hydraulic oil, state of battery charge (voltmeter), level of fuel and hydraulic oil, tilt meter, RPM and fuction time accumulated. Keeping track of these variables is crucial for future fixes, adjustments and calibrations necessary. In addition the variables can be converted into data to plan regular maintenance according to the tractor working hours, reducing the likelihood of having to perform corrective maintenance. These variables deliver digital or analog signals as the requirement to a PLC (Programmable Logic Controller) device, the same way they are presented on the board digitized improving the interface between the operator and the machine. This will make the development of maintenance manual, for which will begin with the collection of data obtained during the tractor operation, also variable values installed on the board will be obtained, the technical recommendations obtained by the engine manufacturer and the reference information that will eventually be evaluated periodically making a complete tractor review.

Keywords: car to diesel farm tractor, tractor dashboard, maintenance manual of tractor, tractor tilt meter, hour meter tractor.

## CAPÍTULO 1

### “OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL”.

#### 1.1. Antecedentes.

Considerando la situación actual del Ecuador se ve limitado al avance tecnológico en el sector automotriz debido a inexistencias de empresas constructoras de tractores agrícolas.

El prototipo de tractor agrícola monoplaza a diésel fue creado con el fin de satisfacer las necesidades en la agricultura. Su diseño está basado en la integración de distintos elementos de varios fabricantes de la industria automotriz, además la inexistencia de un control de operación en tiempo real, es necesario la optimización del tablero electrónico y desarrollo del manual de mantenimiento del prototipo en el que se detallan las actividades de inspección o reemplazo según sea su requerimiento con el fin de alargar la vida útil del mismo.

El proyecto muestra el resultado de la búsqueda del diseño más adecuado del tablero a bordo del tractor agrícola monoplaza a diésel, acorde a cumplir con todos los requerimientos de monitoreo de todas las variables presentes en el motor, seguridad, manejo y ergonomía establecidos para este prototipo.

Buscando la facilidad en el monitoreo y eficiencia del almacenamiento de las variables presentes en el prototipo, se utilizará un PLC (Controlador lógico programable), que adquiere las diferentes señales emitidas por los diferentes sensores que serán digitalizadas y visualizadas en la pantalla,

obtenidas durante la operación del tractor, con el registro de estos datos permitirá la elaboración del manual de mantenimiento y finalmente serán evaluadas de manera periódica logrando una revisión completa.

Tomando como punto de partida la medición de presión de aceite motor e hidráulica de la transmisión, temperatura del motor y aceite hidráulico, estado de carga de la batería (voltímetro), nivel de combustible y aceite hidráulico, medidor de inclinación, tiempo de funcionamiento acumulado, revoluciones por minuto; variables que deben ser revisadas durante la operación del tractor para garantizar un correcto funcionamiento que serán monitoreadas en el presente proyecto.

La ubicación de los diferentes sensores, así como; de las especificaciones técnicas que poseen los diferentes sistemas del tractor para su buen funcionamiento, semejantes presentes en el mercado y sin menospreciar el aspecto económico disponible para su construcción, se determinaron las principales características con las que debe contar el tractor agrícola monoplaza a diésel.

Los análisis desarrollados permitirán detectar las anomalías que pudieran haberse producido en el rodaje del tractor, lo que servirá de gran ayuda al operario que requiere de esta información para realizar los distintos mantenimientos como son: preventivo, predictivo y correctivo.



**Figura 1.1: Tractor agrícola monoplaza a diésel**

Elaborado por: Solís, J.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Considerando la situación actual del Ecuador se ve limitada al avance tecnológico en el sector automotriz debido a inexistencias de empresas constructoras de tractores con estas características.

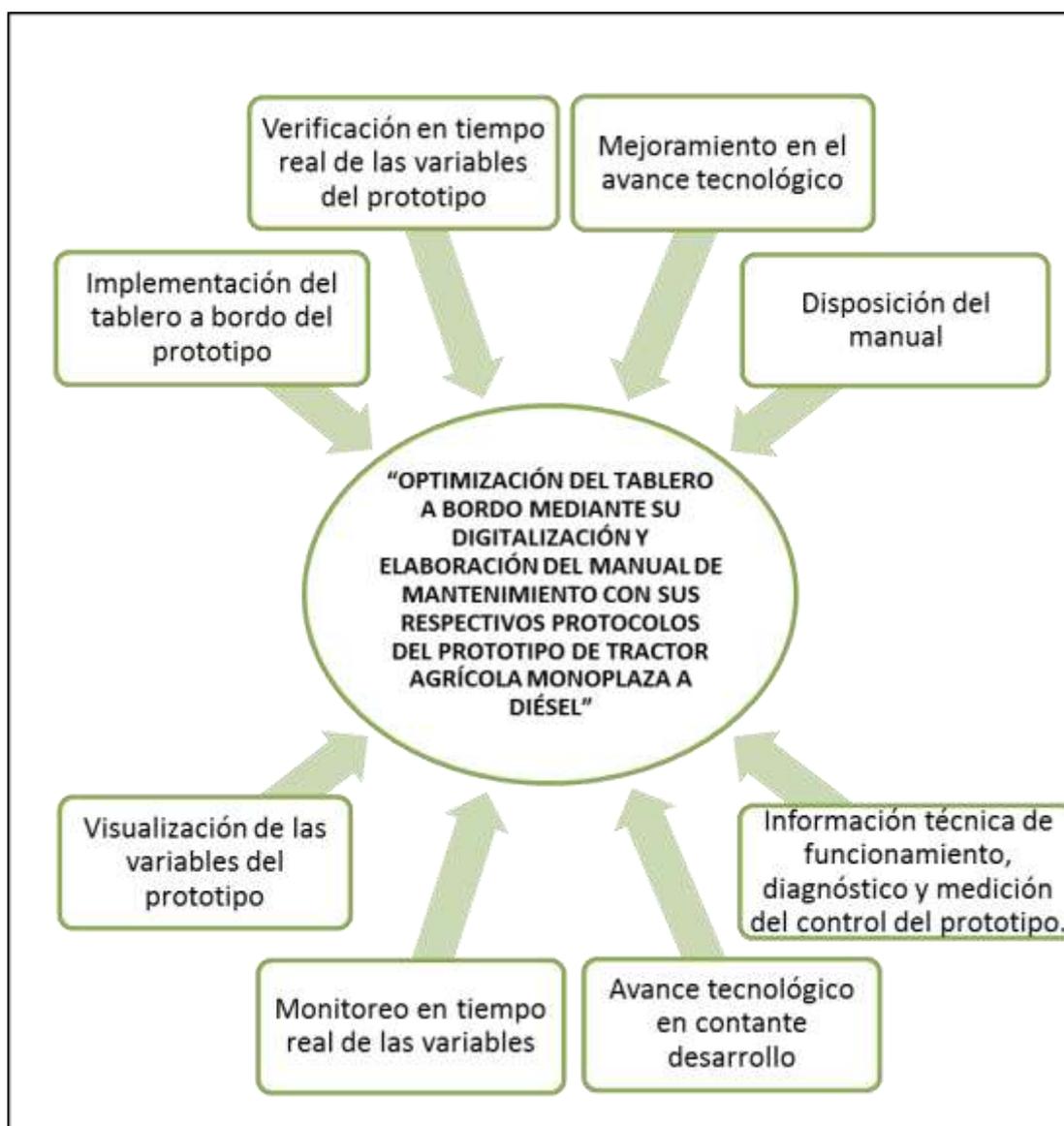


Figura 1.2 Problemas y soluciones tecnológicas del prototipo

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### **1.3. DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO**

Se optimizó el tablero a bordo mediante su digitalización y la elaboración del manual de mantenimiento con sus respectivos protocolos del prototipo de tractor agrícola monoplaza a diésel

Este proyecto de investigación consistió en la implementación de un sistema de monitoreo de las variables que intervienen en el funcionamiento del tractor como: presión de aceite motor e hidráulica de la transmisión, temperatura de refrigerante de motor y aceite hidráulico, estado de carga de la batería (voltímetro), nivel de combustible y aceite hidráulico, medidor de inclinación del tractor, RPM y tiempo de funcionamiento acumulado. El proceso de monitoreo se realizó a través de sensores que emiten señales de 4 a 20 mA y de 0 a 10V

El no control de estas variables con llevan al desgaste de los componentes del motor y partes móviles del tractor. Mantener el registro de las variables es fundamental para realizar futuras correcciones, ajustes y calibraciones necesarias. Además que estas variables pueden ser convertidas en datos para planificar el mantenimiento preventivo y predictivo en función de las horas de trabajo del tractor, disminuyendo la probabilidad de tener que realizar mantenimientos correctivos.

Apoyados en diferentes software computacional de diseño mecánico, diseño hidráulico y programación, se permite el desarrollo y construcción del tablero a bordo.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Con este proyecto se consiguió optimizar el monitoreo de las variables presentes en el tractor mediante la visualización digitalizada en el tablero a bordo y la elaboración del manual de mantenimiento en tiempo real y los cambios que se deben realizar en los periodos de trabajo.

Estimando la importancia del desarrollo de este proyecto y tomando en cuenta la creación innovadora de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, es fundamental la actualización tecnológica que presentan los tractores actuales para mejorar la vida útil de la maquinaria agrícola. Debido a esta razón al implementar este proyecto se mejora el desempeño de la maquinaria en las diversas condiciones de uso y operación.

Basándose en un registro de las horas de trabajo del tractor se establece el protocolo de mantenimiento de los diferentes sistemas del motor tales como los sistemas mecánicos, hidráulicos eléctricos y electrónicos, facilitando las correcciones que se deban hacer en caso de que sean necesarias.

## **1.5. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Optimizar el tablero a bordo mediante su digitalización y elaborar el manual de mantenimiento con sus respectivos protocolos de un tractor agrícola monoplaza a diésel.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Implementar un sistema digital de registro de las variables del automotor como presión de aceite del motor, presión hidráulica de la transmisión, temperatura del motor, estado de carga de la batería, nivel de combustible, medidor de estabilidad, tiempo de funcionamiento acumulado y revoluciones por minuto.
- Desarrollar la Interfaz Humano Máquina (HMI) para monitoreo de las variables descritas en un sistema a bordo del tractor que puedan ser visualizadas en tiempo real.

- Evaluar el rendimiento mecánico de los sistemas que conforman el motor de combustión interna del tractor en tiempo real mediante diferentes pruebas de funcionamiento en diversos ambientes de trabajo del tractor.
- Establecer valores óptimos de funcionamiento del tractor agrícola monoplaza a diésel para el mantenimiento programado.
- Crear el protocolo o manual de mantenimiento en función de las horas de trabajo de los sistemas del tractor mediante la información obtenida de en monitoreo e inspecciones previas.
- Proporcionar seguridad en el funcionamiento del prototipo, mediante la implementación de instrumentos de información y mantenimiento.

#### **1.6. METAS**

- Recolección de información para la implementación de los sistemas.
- Construcción e implementación del tablero digital a bordo y registro de las variables para el desarrollo del HMI y su respectiva programación.
- Evaluación del rendimiento y desarrollo del protocolo de mantenimiento del tractor en distintas condiciones de operación.

## **1.7. HIPÓTESIS**

La optimización del tablero a bordo y la elaboración de un manual de mantenimiento del tractor agrícola monoplaza a diésel permitirán prevenir daños en el prototipo cuándo esté sometido a diferentes condiciones de trabajo para aumentar su vida útil.

## **1.8. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

### **Independientes**

- Tablero optimizado con panel digital y manual de mantenimiento
- Parámetros de presión de aceite, presión hidráulica, temperatura, carga, estabilidad, tiempo, nivel de combustible y revoluciones.

### **Dependientes**

- Prevención de daños y vida útil del prototipo.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL



**Figura 2.1:** Tablero inicial del Tractor agrícola monoplaza a diésel.

Elaborado por: Solís, J.

El ser humano, inteligente, pero poco potente para la realización de trabajos tan arduos y poco atractivos como muchas de las faenas agrícolas, ha buscado desde la antigüedad el desarrollo de máquinas que le sustituyan, mejorando de esta forma su calidad de vida.

El término Mecanización Agraria indica la realización con máquinas de los trabajos que en el campo en otros tiempos se hacían con fuerza animal o mediante la actividad del hombre.

Dos son los objetivos básicos de la mecanización agrícola:

- ✓ Aumentar la productividad.
- ✓ Mejorar la ergonomía del trabajo agrícola.

El tractor es un vehículo de trabajo que posee motor propio diseñado para desplazarse por sí mismo, traccionar o arrastrar y empujar los distintos implementos o equipos utilizados en las labores agrícolas.

**TABLA 2.1. Comparación neumáticos, orugas.**

<b>Neumáticos</b>	<b>Orugas</b>
Poseen mayor velocidad	Peso bien distribuido
Mas compactación del suelo	Mejor compactación
Radio de giro de 360 grados	Giro limitado
Centro de gravedad alto	Centro de gravedad bajo
	Mejor potencia en barra de tiro

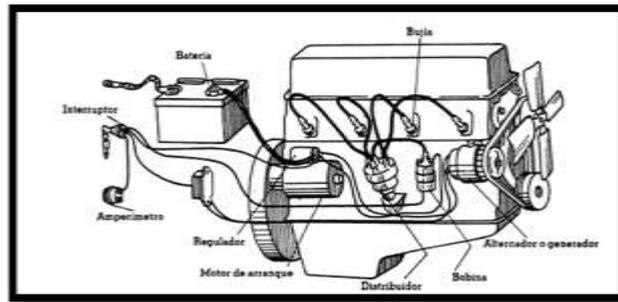
Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

## **2.2. SISTEMAS MECÁNICOS, ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DEL TRACTOR**

El tractor agrícola monoplaza a diésel presenta los siguientes componentes principales como son sistema eléctrico, sistema hidráulico sistema electrónico, sistema de lubricación, sistema de alimentación y sistema de enfriamiento.

### **2.2.1. Sistemas Eléctricos**

Los sistemas eléctricos de los tractores agrícolas, son similares a los utilizados en los automóviles. En el caso del tractor con motor a diésel, el sistema eléctrico es más sencillo porque comprende el sistema de encendido del motor de gasolina.



**Figura 2.2: Sistema de encendido de un motor**

Fuente: (eeacarboni , 2010)

### Funciones

- Recargar la batería o acumulador eléctrico, por medio del circuito de carga.
- Producir el movimiento inicial del motor para ponerlo en funcionamiento por medio del circuito de arranque.
- Proveer la corriente eléctrica para accionar todos los accesorios eléctricos de la máquina.

#### 2.2.2. Componentes del sistema eléctrico.

Los componentes del sistema eléctrico de un tractor son:

- Batería
- Interruptor
- Generador eléctrico
- Regulador
- Motor de arranque
- Medidores
- Caja de fusibles
- Cables y conexiones
- Accesorios

- a. **Batería.** La batería es un dispositivo que almacena energía eléctrica usando procedimientos electroquímicos y permite tener corriente

eléctrica cuando el alternador no se encuentra funcionando. Está constituida por unidades de almacenamiento positivas y negativas.

- b. Interruptor.** El interruptor de corriente (“switch” de ignición) de los tractores agrícolas tiene tres posiciones: con la batería desconectada del sistema eléctrico, con la batería conectada con el sistema eléctrico y una tercera, que conecta el motor de arranque a la batería para ponerlo en funcionamiento.
- c. Generador eléctrico.** Dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica, esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator).  
(wikipedia, 1995)
- d. Alternador.** es el elemento del circuito eléctrico del automóvil que tiene como misión transformar la energía mecánica en energía eléctrica, proporcionando así un suministro eléctrico durante la marcha del vehículo; proporciona corriente eléctrica necesaria para la carga de la batería así como suministrar corriente a todos los demandantes eléctricos que lo requieran.  
(electromecanicafacil, 2012).
- e. Regulador.** es el encargado de mantener una tensión máxima de salida del alternador de 14.5 voltios. A mayor rpm mayor campo magnético y a su vez se produce más voltaje, es por eso que a más revoluciones suministra menos corriente al rotor (inductor).  
(electromecanicafacil, 2012)
- f. Motor de Arranque.** es un dispositivo que transforma la energía eléctrica que le es suministrada en energía mecánica para dar la

inercia necesaria al motor térmico para empezar la combustión por sí solo, produce una potencia suficientemente alta como para mover con facilidad el motor térmico y arrancarlo ya sea en frío o en caliente. Consiste básicamente en un motor de corriente continua y un contactor que se encarga de cerrar el circuito para accionar el sistema. (fácil, 2011)

## **2.3 ELEMENTOS HIDRÁULICOS.**

Las máquinas transmiten energía desde el motor hasta algún elemento de las mismas encargado de efectuar un esfuerzo. La energía se transmite mediante una corriente de aceite, se puede transportar de un lugar a otro a través de elementos portadores de energía (tuberías).



**Figura 2.3: Trasmisión hidráulica.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### **2.3.1. Transmisión Hidráulica**

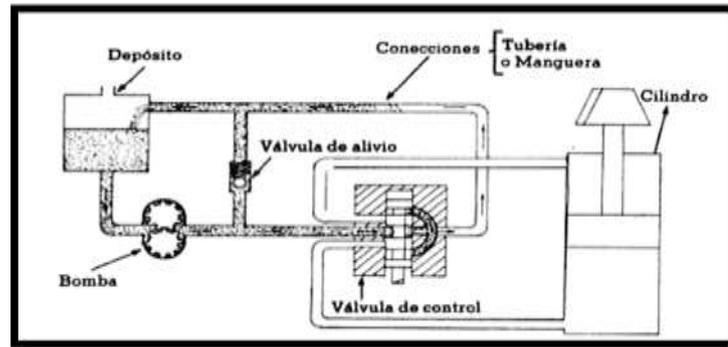
El sistema hidráulico ha reemplazado al mecánico, en el accionar de dispositivos de conducción o control del propio tractor, tales como dirección, freno, traba diferencial. También se ha incorporado al control o manejo de los implementos a través del enganche de tres puntos.

Además transmite la potencia desde el motor a las orugas a la velocidad y el torque requerido por las condiciones de operación.

Son utilizadas para transferir el movimiento a distancias largas o a sitios de difícil acceso, utilizando bombas accionadas por motores eléctricos,

válvulas, motores hidráulicos, mangueras y un fluido a presión que en el caso de la maquinaria es un aceite sintético.

El sistema hidraulico transmite energía mediante un fluido (aceite). (Sierra, 1998 )



**Figura 2.4: Componentes del sistema hidráulico**

FUENTE: (Sierra, 1998 )

El sistema esta integrado por:

- Válvulas de control
- Bombas
- Cilindros
- Motores
- Conexiones
- Filtro
- Depósito de aceite

#### a. Válvulas de control.

Es un Mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema; como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. (wikipedia, wikipedia, 2014)

- **Valvulas de control de dirección.** Dirige el aceite hacia un determinado punto del circuito, envían el aceite a un lado del cilindro para que este se elongue o hacia el lado opuesto del cilindro para que se retraiga.

### **b. Bomba.**

Su funcionamiento es de desplazamiento positivo con un sello entre la entrada y la salida de la bomba. Para velocidad constante en el eje, estas bombas desplazan la misma cantidad de aceite, independiente de la presión.

Las bombas de uso más común usadas en el prototipo son:

**Bombas de engranes.** Consta de dos engranes dentro de una carcasa. Los engranajes al girar, acarrean aceite entre los dientes desde la entrada a la salida de la bomba. Son adecuadas para presiones máximas de  $175\text{kg}/\text{cm}^2$ .

**Bombas de pistones.** Tienen la función de succionar y expulsar el aceite hacia el circuito.

De pistones axiales. Esta bomba tiene una serie de cilindros colocados en forma axial en una mazorca similar a la de revolver, gira accionada por un eje.

### **c. Cilindros.**

Los cilindros están constituidos por un tubo cilíndrico dentro del cual se desplaza un pistón con un vástago.

Hay dos tipos principales de cilindros hidráulicos:

De doble acción. El pistón hace fuerza tanto en la carrera de extensión como en la de retracción, por la acción del aceite que puede entrar por ambos lados del cilindro.

**d. Motores de los sistemas hidráulicos.**

Son similares a las bombas. La gran diferencia es que estos reciben un flujo de aceite que acciona el eje, el cual produce potencia mecánica.

**e. Conexiones (tuberías y mangueras).**

El aceite es conducido a los diferentes componentes del sistema por tubos o mangueras flexibles, las cuales tienen una, dos o tres mallas de acero. deben tener un diámetro interno adecuado para evitar altas caídas de presión.

**f. Filtro.**

Todos los sistemas hidráulicos deben estar dotados de un filtro, el cual generalmente se coloca en la tubería de succión de la bomba. Dicho filtro es de suma importancia, debido a la gran limpieza requerida en estos sistemas.

**g. Acoples**

El tractor posee mecanismos y lugares específicamente construidos para acoplar y transmitir potencia, estos son:

- Barra de tiro
- Toma de potencia
- Acople de tres puntos
- Polea
- Acoples hidráulicos

**Acople de tres puntos.** Los tractores agrícolas modernos están dotados de un mecanismo accionado por aceite hidráulico que sirve para levantar los implementos con los que trabaja el tractor.



**Figura 2.5: Sistema hidráulico de levante de tres puntos.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **2.4. ORUGAS DE GOMA**

Las orugas de goma mejoran la tracción significativamente sin reducir las capacidades de velocidad, a la vez son capaces de transitar en concreto sin dañarlo y son capaces de operar a más altas velocidades. Como se muestra en la figura. (ritchiewiki, 2010)



**Figura 2.6: Orugas de goma.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **2.5. SISTEMA DE LUBRICACIÓN.**

En los motores diesel de los tractores agrícolas, el aceite es distribuido dentro del motor mediante el circuito de lubricación:

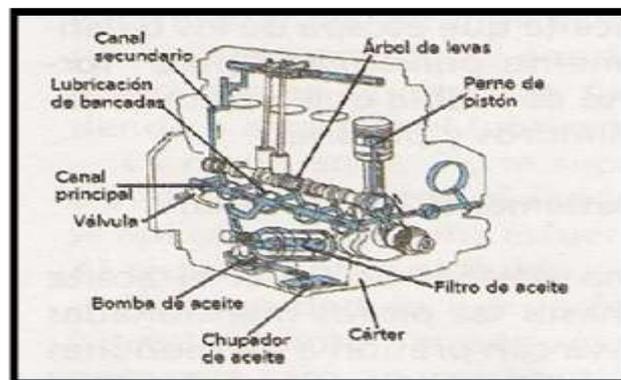
**Presión y salpicado.** Este sistema combinado envía el aceite, por medio de una bomba a una canalización tallada dentro del bloque del motor hacia

el árbol de levas, bielas y eje de balancines, donde una parte del aceite que escapa de los balancines es pulverizado en forma de niebla para lubricar la cabeza de los cilindros y pistones.

### **Circuito de lubricación.**

Se denominan sistemas de lubricación a los distintos métodos de distribuir el aceite por las piezas de los motores el encargado de mantener lubricadas todas las partes móviles de un motor.

Este circuito presenta los siguientes componentes: (eeacarboni , 2010)



**Figura 2.7: Circuito de lubricación.**

FUENTE: (eeacarboni , 2010)

#### **a. Depósito o cárter.**

Su función es almacenar el lubricante. Se ubica en la parte más baja del motor, engrasa a todos los elementos y en la parte más profunda, lleva una bomba que, movida por un eje engranado al árbol de levas, lo aspira a través de un colador. A la salida de la bomba, el aceite pasa a un filtro donde se refina, y si la presión fuese mayor de la necesaria, se acopla una válvula de descarga.

#### **b. Canales de conducción de aceite.**

Aquellos elementos que permiten el mejor transporte del aceite y son:

- Bombas.
- Filtros.
- Válvulas
- Radiador de aceite.

### **c. Lubricantes**

Se llama lubricante a toda sustancia sólida, semisólida o líquida, de origen animal, mineral o sintético que, puesto entre dos piezas con movimiento entre ellas, reduce el rozamiento y facilita el movimiento.

Los aceites lubricantes tienen entre sus funciones: no permitir la formación de gomosos, no permitir la formación de lodos, mantener limpias las piezas del motor, formar una película continua y resistente y permitir la evacuación de calor.

Además, los lubricantes, según sus características, pueden cumplir otras misiones:

**Sellar el espacio entre piezas:** Dado que las superficies metálicas son irregulares a nivel microscópico, el lubricante llena los huecos. En los motores de explosión este sellado evita fugas de combustible, gases de escape y permite un mejor aprovechamiento de la energía.

**Mantener limpio el circuito de lubricación:** en el caso de los lubricantes líquidos estos arrastran y diluyen la suciedad, depositándola en el filtro.

**Contribuir a la refrigeración de las piezas:** En muchos sistemas, de hecho, el lubricante es además el agente refrigerante del circuito.

**Transferir potencia de unos elementos del sistema a otros:** Tal es el caso de los aceites hidráulicos.

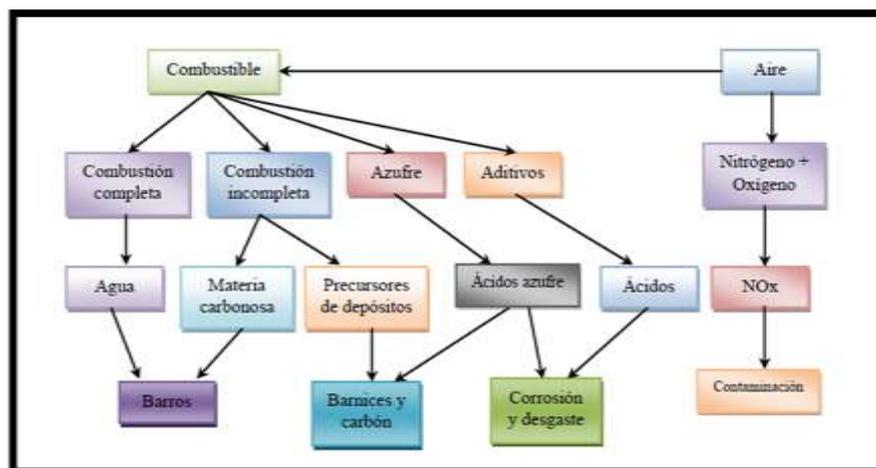
**Neutralizar los ácidos que se producen en la combustión. Proteger de la corrosión:** El lubricante crea una película sobre las piezas metálicas, lo que las aísla del aire y el agua, reduciendo la posibilidad de corrosión.

## 2.6. DEGRADACIÓN DEL ACEITE

Se define como el proceso por el cual se va reduciendo la capacidad del aceite para cumplir las funciones para las que se diseña, esto es: lubricar, proteger, refrigerar, limpiar y sellar.

Todo ello originado por la propia alteración de las propiedades físicas y químicas.

Las variaciones de las propiedades físicas y químicas del aceite se deben a las condiciones a las que se ve sometido durante su uso, y que en el caso de combustión alternativa son muy significativas factores como elevadas temperaturas, grandes velocidades de sellamiento, ambientes corrosivos, contaminación, etc. Favorecen la velocidad de la degradación del aceite lubricante.



**Figura 2.8: Problemática asociada a la lubricación de los motores de combustión interna.**

Fuente: (LUIS VITERI, 2011)

La velocidad de degradación del aceite es la rapidez con la que el aceite pierde sus propiedades físico-químicas iniciales. Depende básicamente del estado y mantenimiento del motor, de la calidad de partida del aceite, del

tipo de combustible empleado, y del tipo de servicio al que está destinado el motor.

La utilización de aceites de mejor calidad, definida como una mayor adaptación del aceite a las condiciones de servicio y tipo de motor, retardan el proceso de degradación del mismo.

La velocidad y nivel de degradación del aceite aumentan cuando se producen fallos o condiciones en el motor que introducen contaminantes o deterioran los componentes propios del aceite.

## **2.7. CONTAMINACIÓN DEL ACEITE**

La contaminación del aceite se define como la presencia de materias extrañas en el mismo. Se produce básicamente por tres causas principales:

- Contaminación externa, a través de los añadidos del aceite fresco que se realiza, por la admisión, por la ventilación del cárter, etc.
- Origen interno, por desgaste de los componentes mecánicos, fugas interna y degradación propia del lubricante.
- Por los propios procesos de fabricación y o mantenimiento, donde pueden quedar sustancias utilizadas para la limpieza de las piezas, residuos del mecanizado, etc.

Los elementos contaminantes que se pueden encontrar en los aceites de motor son fundamentalmente los siguientes: Elementos metálicos de desgaste propio de las piezas, impurezas y polvos atmosférico, productos carbonosos, productos de la degradación propia del aceite (lacas o barnices), agua, glicol, combustible, ácidos, etc.

La contaminación y la degradación del aceite están íntimamente relacionadas. La contaminación altera las propiedades físicas y químicas del aceite acelerando el desgaste del motor y la degradación del aceite. Por otra parte, la degradación produce partículas sólidas no solubles en el aceite y facilita los procesos de desgaste.

## **2.8. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

Es un sistema de inyección a alta presión (en el orden de los 200 Kg/cm<sup>2</sup>). Sirve para inyectar, de acuerdo a la secuencia de encendido de un motor, cierta cantidad de combustible a alta presión y finamente pulverizado en el ciclo de compresión del motor, el cual, al ponerse en contacto con el aire muy caliente, se mezcla y se enciende produciéndose la combustión.

Este sistema consta fundamentalmente de una bomba de desplazamiento positivo con capacidad para inyectar cantidades variables de combustible y con un émbolo por inyector o cilindro del motor; encargado de la inyección directamente en la cámara de combustión (inyección directa) o en una cámara auxiliar (inyección indirecta). (eeacarboni , 2010).

### **2.8.1. Bomba de alimentación.**

Toma el combustible desde el depósito y da cierta presión para que atraviese el cartucho filtrante y llegue hasta la bomba inyectora

### **2.8.2. Filtro.**

Filtrado y limpieza del gas-oil. Esta situado entre la bomba de alimentación y la bomba de inyección. Algunos tractores van equipados con dos filtros, colocados en serie, de forma que el gas-oil filtrado en el primero pasa a filtrarse nuevamente en el segundo.

### **2.8.3. Bomba de inyección.**

La bomba de inyección dosifica la cantidad en el momento indicado y da presión al combustible, enviándolo a cada uno de los inyectores.

La bomba inyectora cumple tres funciones fundamentales:

- Dosifica la cantidad de combustible que, en cada momento, debe entrar al motor.
- Da una presión elevada al combustible para que pueda entrar al cilindro y se pulverice finamente.
- Manda el combustible a los cilindros en su momento oportuno.

Los tractores pueden ir equipados, con bomba de inyección lineal, bomba de inyección rotativa o conjunto bomba-inyector.

#### **2.8.4. Inyector.**

Introduce el combustible pulverizado finamente al cilindro y repartirlo uniformemente para que se mezcle muy bien con el aire y se queme en su totalidad.

### **2.9. SISTEMA DE INYECCIÓN**

La bomba de inyección de combustible distribuye una cantidad medida y exacta de diésel al inyector bajo alta presión y en un tiempo específico. (Gil, 2002)

#### **a. Inyector-Bomba.**

Es una unidad que une la generación de presión, con la inyección de combustible dentro de la cámara de combustión donde el cilindro tiene su propio inyector-bomba.

Consta de una alimentación de combustible a baja presión, una a alta presión y el combustible debe ser alimentado en una cantidad correcta, al momento preciso y con una alta presión. Está ubicado en la parte frontal del motor.

#### **b. Entrada de aire.**

Consiste en el ingreso de aire con una restricción mínima a través de una tubería dirigiéndola hacia un elemento filtrante que está en conexión al múltiple de admisión., separando del aire los materiales finos como el polvo, arenas.

### **2.10. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**

El sistema de enfriamiento tiene como finalidad mantener una temperatura adecuada de funcionamiento del motor evitando que sus piezas se dañen. (Gilardi, 1978)

### **2.10.1. Enfriamiento por aire.**

El aire tiene como propósito conseguir un enfriamiento por medio de una corriente de aire producida por un ventilador debido a su abundancia y disponibilidad.

### **2.10.2. Enfriamiento por agua.**

Una bomba hace circular agua por el motor mediante conductores en las paredes del bloque. El agua al salir caliente del motor, es enfriada en el radiador. El radiador esta hecho por una serie de tubos cubiertos con aletas para la transmision de calor del agua al aire. Por estas aletas pasa aire movido por un abanico extrayendo el calor del agua que sale del motor, para que una vez fria, retorne nuevamente a enfriarlo.

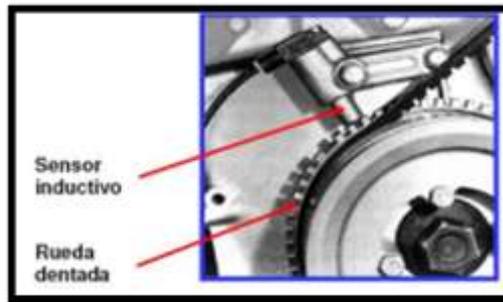
## **2.11. SISTEMAS ELECTRÓNICOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL**

Son los dispositivos encargados de monitorear las condiciones de operación del prototipo y enviar su información a la computadora para que esta ordene a los actuadores operar sobre ciertos parámetros, de acuerdo a las situaciones cambiantes de funcionamiento del motor.

### **2.11.1. Sensores**

Los sensores convierten las condiciones de funcionamiento del motor como: temperatura, presión de aceite, movimientos mecánicos, entre otros, generando en su salida señales análogas o digitales y en otro caso solo se modifican para ser enviadas a la computadora para que sean procesadas y comparadas con datos de referencia grabados en sus memorias.

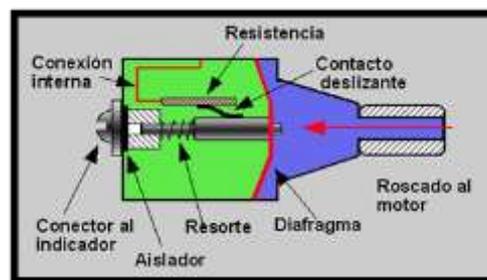
**Sensor de R.P.M.** Sensor de tipo inductivo, es empleado para detectar las revoluciones por minuto, funciona mediante la variación del campo magnético generada por el paso de los dientes de una rueda dentada, ubicada en el interior de la oruga.



**Figura 2.9: Sensor de RPM.**

FUENTE: (meganeboy, 2011)

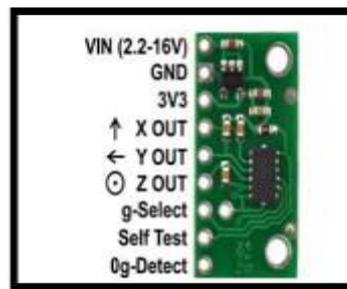
**Sensor de presión.** Los vehículos utilizan en el panel de instrumentos un indicador visual alertando al conductor en caso de que exista baja presión de aceite en el sistema de lubricación para informar si existe lubricación de las partes móviles del motor y evitar el desgaste innecesario por fricción.



**Figura 2.10: Sensor de presión.**

FUENTE: (meganeboy, 2011)

**Sensor de inclinación.** Estos elementos convierten una magnitud física en eléctrica; en este caso, la inclinación es la magnitud física, el rango puede partir de 0° a 90° grados o de 0° a 360° con mucha precisión hasta el giro necesario en la inclinación. En cuanto a la señal de salida puede ser proporcional al ángulo o proporcional al seno del ángulo, pudiendo ser en corriente, tensión o digital. (Freescale Semiconductor, 2008)



**Figura 2.11: Acelerómetro MMA7361L**

FUENTE: (Freescale Semiconductor, 2008)

**Sensor de temperatura del refrigerante.** Los motores diésel funcionan a elevadas temperaturas bajo el requerimiento de un control exacto durante sus ciclos de trabajo por esta razón se ha instalado en el block del motor un sensor de temperatura del refrigerante el cual mide la temperatura del motor variando internamente su resistencia, es un sensor tipo NTC.



**Figura 2.12: Sensor de temperatura motor**

FUENTE: (meganeboy, 2011)

**Sensor de nivel.** Un fluido combustible diésel y un fluido hidráulico por lo general se coloca en un depósito. El cuerpo metálico del sensor está montado en la superficie del depósito y tiene un flotador en el extremo de una palanca giratoria cuya posición dependerá del nivel del líquido. El otro extremo de la palanca del flotador tiene un contacto deslizante sobre una resistencia eléctrica que se mueve en sincronización con él, de manera que la posición del contacto sobre la resistencia también dependerá del nivel del líquido en el depósito. (sabelotodo.org, 2010).



**Figura 2.13: Sensor de nivel**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 2.11.2. Horómetro

Un horómetro es un dispositivo que registra el número de horas en que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la última vez que se ha inicializado el dispositivo. Estos dispositivos son utilizados para controlar las intervenciones de mantenimiento preventivo de los equipos.

Cuenta con un contador interno de tiempo, el mismo que se va incrementando de acuerdo a la señal de entrada, la cual indica si el equipo se encuentra en funcionamiento o no. (@NestorL, 2012)



**Figura 2.14: Horómetro**

FUENTE: (@NestorL, 2012)

### 2.11.3. Electroventilador

Es un dispositivo eléctrico formado de paletas para mantener la temperatura del motor a condiciones óptimas de funcionamiento.

- **Funcionamiento.**

Cuando encendemos el vehiculó en motor esta frio y poco a poco comienza a calentarse, una vez que llega a 90 grados de temperatura el sensor de temperatura activa el electroventilador, el motor comienza a enfriarse dependiendo de las condiciones de uso. (Romero, 2012)

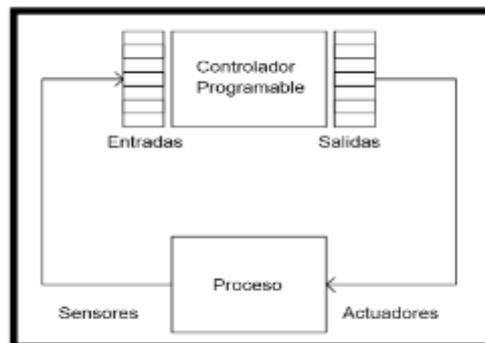


**Figura 2.15: Electroventilador**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 2.11.4. PLC

Un PLC (Programmable Logic Controller - controlador lógico programable) es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar secuencialmente procesos en tiempo real, se encuentra trabajando bajo etapas consecutivas almacenadas en memorias de instrucciones lógicas. Maneja un conjunto amplio de I/O (entradas y salidas digitales) y analógicas dependiendo de las condiciones de operación. Como se muestra en la figura. (Borger, 2002)



**Figura 2.16: estructura de un PLC**

FUENTE: (Borger, 2002)

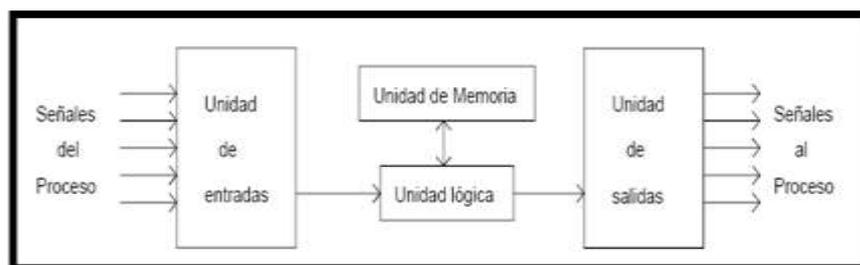
### ❖ Funciones de los PLC's

- Adquirir datos del proceso por medio de las entradas digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a reglas programadas.
- Almacenar datos en memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre dispositivos externos mediante las salidas digitales y analógicas.
- Comunicarse con otros sistemas externos

### ❖ Estructura básica de un PLC

Un controlador lógico programable se compone de cuatro unidades funcionales:

- Unidad de entradas
- Unidad de salidas
- Unidad lógica
- Unidad de memoria



**Figura 2.17: estructura de un PLC**

FUENTE: (Borger, 2002)

#### a. Unidad de Entradas.

Proporciona el aislamiento eléctrico necesario y realiza el acondicionamiento de las señales eléctricas de voltaje, provenientes de los

switches de contactos ON-OFF de terreno. Las señales se adecúan a los niveles lógicos de voltaje de la Unidad Lógica.

**b. Unidad de Salidas.**

Acepta las señales lógicas provenientes de la Unidad Lógica, en los rangos de voltaje que le son propios y proporciona la aislación eléctrica a los switches de contactos que se comandan hacia el terreno.

**c. Unidad Lógica.**

Ejecuta las instrucciones programadas en memoria, para desarrollar los esquemas de control lógico que se especifican.

**d. Memoria.**

Almacena el código de mensajes o instrucciones que ejecuta la Unidad Lógica. La memoria se divide en PROM o ROM y RAM.

- ROM Memoria de sólo lectura (Read Only Memory). Memoria no volátil que puede ser leída pero no escrita. Es utilizada para almacenar programas y datos necesarios.
- RAM Memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory). Memoria volátil que puede ser leída y escrita según sea la aplicación.

**2.11.5. SOFTWARE H.M.I.**

Un operario continuamente esta interactuando con los objetos que lo rodean y crea expectativas sobre estas, dando órdenes sobre cómo deben comportarse, basándose en experiencias con los objetos.

Este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos mediante la comunicación. Se configura la aplicación deseada, y luego queda corriendo en el PC un software de ejecución (Run Time).

### a. Interfaz Hombre - Máquina

HMI que significa “Human Machine Interface”, es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.

### b. Tipos de HMI:

- **Terminal de Operador.** Dispositivo construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touch screen).

Existen tres puntos de vista distintos en una HMI:

- Modelo del usuario. La pantalla de interface debe permitir que el operario pueda distinguir todos los equipos a controlar y tenga en la pantalla iconos o botones que permitan la interacción directa con la máquina de manera clara.
- Modelo del programador. El programador es el encargado de manejar la base de datos–agenda electrónica. Estas acciones deben ser escondidas al operario; ofrece al operario pantallas en las cuales este pueda trabajar mediante modelos adecuados.
- Modelo del diseñador. El diseñador mezcla las necesidades, ideas, deseos del usuario y los materiales de que dispone el programador para diseñar un producto de software. El modelo tiene tres partes: presentación, interacción y relaciones entre los objetos.

### c. Comunicación.

La comunicación con los dispositivos de las máquinas o proceso se realiza mediante comunicación de datos empleando las puertas disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en los PLC's.

### d. Panel View

El Panel View es un dispositivo electrónico de interface de operador, proporciona un poderoso control de planta y capacidades de monitoreo de datos para una mayor productividad. Todos los terminales Panel View están diseñados para ofrecer capacidad de escalado, confiabilidad y compatibilidad. Las características que presentan son:

- Fácil de usar, robustos y confiables.
- Ahorran valioso espacio de panel.
- Diseñados para una fácil modificación a medida que se expande o cambia el proceso.



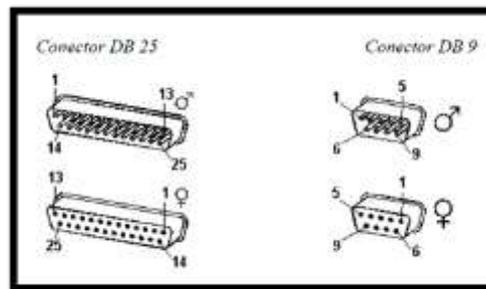
**Figura 2.18: PLC V350**

FUENTE: (unitronics, 2006)

#### 2.11.6. Interfaz de Comunicación

**Mediante puerto serie.** El puerto serie no es más que una interfaz de comunicaciones entre ordenadores y periféricos o terminales, en donde la información es transmitida bit a bit siendo enviado un solo bit a la vez, ya que puede utilizar desde 3 cables hasta 25; en su forma más básica utiliza

un cable para el envío de datos, otro cable para la recepción de datos y otro cable para la tierra. Para la comunicación serial se utilizan 2 tipos de conectores en la fabricación de los cables de comunicación, como son el conector DB 25 que consta de 25 pines pero de los cuales la mayoría de pines no se utilizaba por lo cual se redujo el número de pines y se creó el conector de 9 pines denominado DB 9. ( Fundación Wikimedia, Inc., 2011)



**Figura 2.19: tipos de conectores serial (DB 25 y DB9)**

FUENTE: ( Fundación Wikimedia, Inc., 2011)

Así mismo el PC para controlar el puerto serie utiliza un dispositivo UART (Transmisor Receptor Asíncrono Digital), siendo este dispositivo el que determina la velocidad de transmisión, que se mide en baudios (bits/segundo), utilizando los siguientes niveles lógicos de voltaje:

- Un “1” lógico es un voltaje comprendido entre  $-5v$  y  $-15v$  en el transmisor y entre  $-3v$  y  $-25v$  en el receptor.
- Un “0” lógico es un voltaje comprendido entre  $+5v$  y  $+15v$  en el trasmisor y entre  $+3v$  y  $+25v$  en el receptor.

En resumen lo que ocurre en la transmisión es lo siguiente:

- 1 bit de comienzo o “start”.
- 7 u 8 bits de datos.
- 1 o 2 bits de parada o “stop”
- 1 bit de paridad

## **2.12. Mantenimientos del Tractor Agrícola Monoplaza a Diésel**

Los operarios a cargo de un tractor ya sea para labores agrícolas o de transporte deben conocer la forma correcta de funcionamiento del mismo, desde cómo debe operarlo y realizar las tareas de mantenimiento que se establecen para prolongar la vida útil del mismo. (norberto, 2004)

### **Tipos de Mantenimiento**

#### **a. Mantenimiento por avería.**

La máquina opera hasta que se produce la avería que le impide funcionar normalmente, procediendo en ese momento a su reparación. Las averías producidas en estas condiciones suelen ser graves y costosas.

#### **b. Mantenimiento Preventivo.**

Este mantenimiento indica un sistema de programación anticipada del estado de la maquinaria. Se le da un servicio al equipo antes de que estos fallen lográndolo a través de los manuales del operador para conocer el procedimiento de trabajo de cada sistema. Hay que considerar los efectos sobre la producción, seguridad personal y del equipo mismo con esto evitar posibles daños a futuro.

#### **c. Mantenimiento Predictivo.**

El mantenimiento predictivo basado en la determinación del estado de la máquina en operación. Las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones. Este mantenimiento requiere identificar las variables físicas como temperatura, presión, densidad, entre otros, cuyas variaciones indicaran los problemas que puedan aparecer y conseguiremos un control diario del equipo.

**d. Mantenimiento correctivo.**

Ejecuta las correcciones que se van presentando a medida que el equipo se va deteriorando durante su operación.

**e. Mantenimiento Proactivo.**

Es el tipo de mantenimiento más adelantado, en él se emplea una herramienta sofisticada para el diagnóstico de las posibles averías; es similar al mantenimiento predictivo, solo que de una manera más completa y con el uso de alta tecnología, ya sea por medio de rayos X, o por el uso de material electrónico, para detectar fisuras, desgaste de piezas indispensables para el funcionamiento de la maquinaria, las cuales no se podría detectar por simple inspección. Es de mucha utilidad para un programa de mantenimiento preventivo, aunque por el alto costo de las herramientas de alta tecnología, solamente es utilizado por empresas grandes, que al aumentar la producción de dicha herramienta y al bajar los precios en un futuro, podría ser de uso más común. (norberto, 2004).

**2.13. Plan de Mantenimiento del Tractor Agrícola Monoplaza a Diésel**

Un programa de mantenimiento preventivo tienen como objetivo poder mantener constantemente en perfecto estado de funcionamiento la maquinaria para lograr su máximo rendimiento y con un mínimo costo.

Un plan de mantenimiento preventivo provee una guía detallada de cada tipo de equipo, descomponiendo la máquina entera en sus diversos sistemas y componentes, es decir, que debe contar con una gama de manuales o catálogos para poderlo realizar.

Los registros de la maquinaria deben llevarse fielmente. Se debe producir un registro consecutivo de todo el trabajo mecánico y de servicio hecho en una máquina o equipo. Estos deben ser fáciles de llevar, fáciles de leer, y que puedan estar siempre disponibles y al día.

#### **2.14. Diagnóstico previo a la operación del tractor.**

La interacción de los parámetros de deslizamiento y rodadura con el suelo influye desfavorablemente en el aprovechamiento de la potencia del motor y en el consumo de combustible de los tractores, incidiendo sobre sus requerimientos energéticos. Existen estudios donde se evalúa la resistencia a la rodadura y el consumo de combustible de un tractor agrícola operando bajo diferentes condiciones de labranza (ocho niveles) y niveles de carga en la barra de tiro (tres niveles) en un diseño de parcelas grandes. Basándose en análisis teóricos realizadas a nivel mundial, operar el tractor es aparentemente fácil, pero hay que tener en cuenta ciertas consideraciones.

- Antes de operar el tractor hay que hacer una detallada revisión preliminar, para ver el estado de las orugas de goma; los niveles de aceite en el cárter y del sistema hidráulico, del tanque del combustible y del agua de refrigeración.
- Observar el suelo debajo de la máquina para ver si no hay derrames o fugas. Una vez hecha esta revisión, se puede poner en funcionamiento el motor del tractor y en los primeros minutos no exigir altas velocidades ni grandes esfuerzos.
- La velocidad de operación del tractor y por tanto la fuerza disponible, depende de la operación que se esté realizando y del tipo de suelo, lo cual está ligado con el cultivo a establecer.
- En primer término se debe tener en cuenta el suelo. Un suelo muy arenoso es suelto, es liviano, por ello no opone resistencias altas para ser trabajado y aparentemente puede aplicarse alta velocidad de trabajo, pero esta apreciación es incorrecta y puede ser grave para las características físicas de ese suelo. Si por el contrario el suelo tiene alto contenido de arcilla, es un suelo pesado que exige esfuerzos grandes para ser laborado; a mayores esfuerzos de tracción, menos disponibilidad de velocidad.
- Si la operación de labranza es a profundidades considerables, se requiere esfuerzos altos y eso sacrifica la disponibilidad de velocidad.

Si la operación es pasando el implemento muy superficial, la posibilidad de velocidades alta. Todo esto está ligado con el cultivo para el cual se está realizando la operación agrícola mecanizada, pues no es lo mismo preparar el suelo para sembrar soya que para sembrar algodón o para caña.

- Una vez terminada la actividad diaria, el tractor debe quedar en reposo en su sitio habitual, donde se tanqueará de combustible para la próxima faena. Se revisará en el horómetro sus horas de trabajo para saber cuándo debe hacerse el próximo mantenimiento periódico.

## **CAPÍTULO 3**

### **PARÁMETROS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL TABLERO A BORDO DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL**

#### **3.1 HIPÓTESIS**

La optimización del tablero a bordo y la elaboración de un manual de mantenimiento del tractor agrícola monoplaza a diésel ayudarán a prevenir daños en el mismo cuando esté sometido a diferentes condiciones de trabajo aumentando su vida útil.

#### **3.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1. Independientes**

- Tablero optimizado con panel digital y manual de mantenimiento.
- Parámetros de presión de aceite, presión hidráulica, temperatura, carga, estabilidad, tiempo, nivel de combustible y revoluciones.

**Tabla 3.1: Operación de la variable independiente**

OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL			
Concepto	Categoría	Indicador	Preguntas
		Variables: Temperatura Presión Nivel Inclinación RPM Horómetro Carga batería	¿Qué variables debemos monitorear?
Computadora	Tecnológica	Número de sensores a utilizar: 6 sensores	¿Cuántos sensores se necesitan para el monitoreo de las variables del tractor agrícola monoplaaza a diésel?
Software de simulación mecánico, eléctrico, hidráulico.		Tipo de señal: Analógica de 4 a 20mA y 0 a 10v.	¿Qué tipo de señal recibirá el PLC?
		VisiLogic – Unitronics	¿Cuál es el software de programación del PLC?
		Mantenimiento: Preventivo Correctivo Predictivo	¿Cuál es el proceso de diagnóstico a utilizarse en este proyecto?

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 3.2.2 Variable Dependiente

Monitoreo de variables en tiempo real

**Tabla 3.2: Operación de la variable dependiente**

MONITOREO DE VARIABLES DE OPERACIÓN EN TIEMPO REAL DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL				
Concepto	Categoría	Indicador	Preguntas	
Seguimiento de operación de funcionamiento del tablero a bordo del tractor agrícola monoplaza a diésel.	Tecnológica	<b>Motor</b>		
		Temperatura		
		Mínima 15°C		
		Máxima 90°C		
		Presión		¿Qué precisión
		Mínima 0 PSI		presentan las
		Máxima 60 PSI		herramientas?
		Nivel		
		Mínima 2 lts.		
		Máxima 8 lts.		
		<b>Hidráulico</b>		
		Temperatura		
		Mínima 20°C		
		Máxima 100°C		
Presión		¿Qué rangos de		
Mínima 0 PSI		medición presenta		
Máxima 1200 PSI		cada variable?		
Nivel				
Mínima 2 lts.				
Máxima 20 lts.				
<b>Inclinación</b>				
Mínima 0°				
Máxima 445°				

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### **3.3. ESTADO INICIAL DEL TRACTOR.**

El prototipo del TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL no contempla la medición y monitoreo de variables importantes como: presión de aceite motor, presión hidráulica de la transmisión, temperatura del motor, temperatura aceite hidráulico, nivel de combustible, nivel aceite hidráulico, medidor de inclinación, tiempo de funcionamiento acumulado, carga de la batería, revoluciones por minuto, velocidad; para el desempeño eficiente durante la operación del tractor; además, no cuenta con un seguimiento del estado de estas variables en el transcurso del tiempo de trabajo, siendo una consecuencia directa de esto no disponer de registros de mantenimientos necesarios para complementar con el óptimo funcionamiento del tractor.

### **3.4 LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS.**

Mediante un PLC (Controlador lógico programable), las variables mencionadas presentan señales digitalizadas, obtenidas durante la operación del tractor, con el registro de estos datos permitirá la elaboración del manual de mantenimiento y finalmente serán evaluadas de manera periódica logrando una revisión completa.

Las variables del tractor a monitorear son:

- Temperatura del motor, aceite hidráulico
- Presión de aceite motor, aceite hidráulico (orugas)
- Nivel de combustible, aceite hidráulico
- Carga de la batería
- Revoluciones del motor
- Velocidad
- Medidor de inclinación
- Contador de tiempo de funcionamiento acumulado

Cada uno de estos parámetros al no ser controlados a tiempo causa deterioro en el motor y sistemas del automóvil o a su vez accidentes, mismos que podemos minimizar instalando un buen sistema de monitoreo y

alarmas para que puedan ser corregidas a tiempo y evitar cualquier percance en el vehículo o en sus ocupantes.

### **3.5.1. PLC elemento principal del panel**

El PLC (control lógico programable) controlara los procesos secuenciales, detección de datos, mando a los accionadores y preaccionadores, dialogo hombre máquina, programación o lenguaje autónoma es decir, procesos compuestos de varias etapas consecutivas, que se ejecutaran cuando se hayan cumplido una serie de condiciones fijadas en el programa.

#### **❖ Selección del PLC.**

Se seleccionó este módulo debido a que en la actualidad, en el mercado existen elementos con gran capacidad de comunicación comparado con otros dispositivos, así como el número de entradas y salidas, ya sean estas analógicas o digitales en cuanto al proceso de monitoreo y control se requiera utilizar.

Debido al bajo costo, facilidad de adquisición y versatilidad, se seleccionó como elemento principal de la etapa de control al PLC Unitronics Visilogic OPLC V350-35-TR20, con las siguientes características requeridas en el desarrollo de proyecto:

#### **I/Os a bordo**

- 12 Entradas digitales, configurable a través del cableado, incluye 2 entradas analógicas (corriente / voltaje 24 VDC) y 3 HSC en las entradas de codificador.
- Puertos: suministrados con RS232/RS485; dos puertos adaptables a Serial/Ethernet/Profibus y uno a CANbus.
- Módulo de expansión a 8 entradas analógicas de 0 a 10v / 0 a 20 mA / 4 a 20mA , 14 bit
- 6 salidas a relé
- 2 altas velocidades de salidas de transistor npn

- I/O configuraciones se pueden ampliar incluir hasta 256 I/O a través de módulos de expansión.
- Voltaje de entrada 24 VDC (Rango permisible 20.4 VCD a 28.8 VDC)
- Entradas análogas (Corriente/voltaje)
- Número de entradas: 2
- Tipo de entrada: Rango múltiple de entradas: 0-10V, 0-20mA, 4-20mA
- Rango de entradas: 0-20mA, 4-20mA, 0-10 VCD

### **3.5.2. Selección del puerto de Comunicación**

Debido a la robustez del tractor agrícola monoplaza a diésel se seleccionó el puerto de comunicación a RS232, y su fácil disponibilidad en el mercado local.

Son dos las razones para utilizar esta tecnología:

- Al trabajar con voltajes más diferenciados (alrededor de 24V entre los dos niveles lógicos), la comunicación entre los módulos se hace menos susceptible a posibles inserciones de bits errados, provocados por la interferencia electromagnética existente en el prototipo.
- Las comunicaciones bajo estándar RS232 son altamente difundidas entre los sistemas computacionales, lo que hace a los dos módulos que conforman el sistema, fácilmente accesibles y compatibles con computadores y asistentes personales. Esta característica aporta a la universalidad de los módulos fabricados.

#### **Características:**

Puerto de Comunicación 1: 1 canal, RS232/RS485.

Velocidad de transmisión: 300-115200 bps

**RS232**

Voltaje de entrada:  $\pm 02$ VDC máximo absoluto

Longitud del cable: Máxima de 15 m (50')

**Tabla 3.3: Disposición de conectores para comunicación serial.**

<b>Conector 25 pines</b>	<b>Conector 9 pines</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
1	1	-	Masa chasis
2	3	TXD	Transmit data
3	2	RXD	Receive data
4	7	RTS	Requeste to send
5	8	CTS	Clear to send
6	6	DSR	Data set ready
7	5	SG	Signal ground
8	1	DCD	Data carrier detect
15	-	TXC	Transmit clock
17	-	RXC	Receive clock
20	4	DTR	Data terminal ready
22	9	RI	Ring indicator
24	-	RTXC	Transmit receive clock

Fuente: ( Fundación Wikimedia, Inc., 2011)

### 3.5.3. Señales De Entrada

La misión de cada una de las líneas de entrada está determinada según la variable a medir y también las tomadas de acuerdo al programa que son como indica la Tabla 3.2.

**Tabla 3.4 Distribución de entradas del módulo**

V350 – 35 - TR20	
Entrada analógica	Señal adquirida
AN0	Sensor de Inclinación
I0	Sensor de RPM
MODULO DE EXPANXION IO – ATC8/A18	
Entrada analógica	Señal adquirida
AN0	Sensor de nivel combustible
AN1	Sensor de nivel aceite hidráulico
AN2	Sensor de presión motor
AN3	Sensor de presión bomba hidráulica
AN4	Sensor de temperatura refrigerante
AN5	Sensor de temperatura aceite hidráulico
AN7	Carga batería
V350 – 35 - TR20	
Salida analógica	Señal adquirida
I0	Encendido del Electroventilador

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 3.5.4. Señales Análogas

Las señales análogas son aquellas que varían constantemente desde un valor mínimo hasta un valor máximo, para nuestro proyecto tenemos 9 señales análogas a monitorear mismas que manejan diferentes rangos como son:

- Carga de la batería de 0 a 10v
- Nivel de gasolina , aceite hidráulico de 4 a 20 mA
- Temperatura del motor, aceite hidráulico de 0 a 10v
- Velocidad del vehículo.
- Presión aceite motor, aceite hidráulico (orugas) de 4 a 20 mA
- Medidor de inclinación de 0 a 10v

En todas estas señales análogas intervine una variación de voltaje que es proporcional a la variación física y en otras la variación de corriente, lo importante es que antes de que ingrese al PLC esta variación de voltaje tiene que ser tratado a fin de que solo ingrese los rangos establecidos, lo demás es programación.

### 3.5.5. Temperatura refrigerante y aceite hidráulico.

Esta señal se toma en el punto de conexión entre el fluido y el sensor de temperatura mediante la disminución del voltaje incrementa la temperatura. El máximo voltaje que se medirá corresponde al valor nominal del regulador de voltaje que incorpora el sistema (5V).

Al no conocerse la hoja de datos del sensor, se interpreta en el PLC mediante una medición obtenida con el multímetro (temperatura, grados), obtenido mediante la implementación de una tabla de valores. Estas características se detallan en la tabla 3.3.

**Tabla 3.5 Valores de voltaje/ temperatura refrigerante**

<b>Voltaje</b>	<b>Temperatura</b>
<b>4.27v</b>	<b>28°C</b>
<b>4.17v</b>	<b>32.3°C</b>
<b>4.01v</b>	<b>58°C</b>
<b>3.99v</b>	<b>60°C</b>
<b>3.92v</b>	<b>65°C</b>
<b>3.88v</b>	<b>79.9°C</b>
<b>3.50v</b>	<b>80°C</b>
<b>2.99v</b>	<b>87°C</b>

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **Características:**

- Posee una protección de cuerpo de latón resistivo.
- Optimo a fuerte condensación sobre las paredes internas del múltiple de admisión.
- Fácil instalación

- Costo accesible

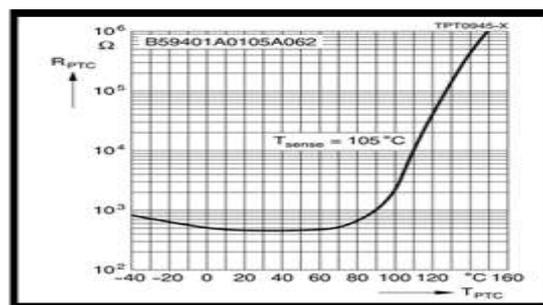
Para este propósito el sensor a ser utilizado es un sensor de temperatura del refrigerante ECT mide la temperatura del refrigerante del motor a través de una resistencia, que provoca la caída de voltaje al PLC.



**Figura 3.1: Sensor de temperatura.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

El sensor determina su medición con la variación de la resistencia interna que posee para lo cual hacemos referencia la siguiente curva.



**Figura 3.2: Curva valores resistencia vs temperatura.**

Fuente: (medir temperatura, 2012)

### ❖ Temperatura Aceite hidráulico

En la medición de la temperatura del aceite hidráulico se utiliza el mismo sensor debido a manejar los mismos parámetro logrando la comunicación optima con el PLC, al recibir del sensor la información de la temperatura del fluido, efectúa una corrección enviando a encender el electroventilador, con la lógica de apagarlo mientras se mantenga el aceite con su temperatura normal de funcionamiento.



- Fuente de alimentación: 24 VDC  $\pm$  10%
- Conexión de presión: M20 x 1.5 o solicitud
- Tiempo de respuesta: 10ms
- Sobrepresión permitida: 2.5 tiempos de escala
- Forma de presión: presión relativa
- Estabilidad a largo plazo:  $\pm$ 0.2% F.S. por año
- Compensación de temperatura: de -10°C a +60°C
- Temperatura de trabajo: de -40°C a +80°C



**Figura 3.4: Sensor de presión.**

Fuente: (Santander, 2005)

### **3.5.7. Medición de nivel de combustible y fluido hidráulico.**

A partir de la capacidad que poseen los tanques de reservorio del combustible y aceite hidráulico se determinó la utilización de un instrumento de tipo flotador que se encuentra ubicado en el seno del fluido, la señal enviada por este instrumento es a través de la variación de un potenciómetro en un divisor de voltaje hacia el PLC. Mide la diferencia de alturas y determina el llenado de combustible en el depósito.

El brazo del flotador activa el contacto de seguimiento, que se desplaza en el devanado y, con el aumento o reducción de la resistencia, hace que el indicador de nivel muestre la cantidad de combustible que hay en el depósito.

Características:

- Niveles máximos para temperatura +1000° F
- Método de medición probado y confiable

- Fácil adquisición
- Presión de proceso para flotadores 5000 psi
- Gravedades específicas tan bajas como 0.32.
- Fácil instalación
- No requiere calibración
- Exactitud de medición a 1/4 plg.
- Turbulencia y espuma en la superficie del líquido no afectan de manera significativa la medición



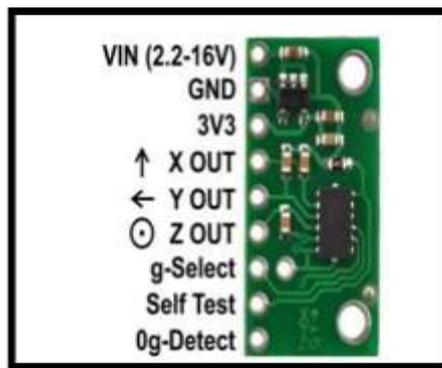
**Figura 3.5: Sensor de nivel tipo boya.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### **3.5.8. Medición de la inclinación.**

Para el desarrollo del proyecto es necesario conocer la inclinación máxima a la que puede someterse el tractor monoplaza a diésel en diferentes terrenos, por lo tanto se utiliza el acelerómetro MMA7361L, el cual es un acelerómetro analógico de 3 ejes (x, y, z) el cual soporta una fuerza máxima de hasta 6g. La salida del acelerómetro es proporcional al seno del ángulo de inclinación con respecto al horizonte. Este esquema permite que los ángulos de inclinación sean de  $-90^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  ( $180^{\circ}$  de rotación) que deben medirse en el proyecto.

Es un dispositivo capacitivo, que posee compensación bajo temperatura y auto seteo.



**Figura 3.6: Acelerómetro MMA7361L.**

Fuente: (Freescale Semiconductor, 2008)

### **Características:**

- Dos rangos de medición seleccionables ( $\pm 1.5g$ ,  $\pm 6g$ ).
- Bajo consumo de corriente:  $400 \mu A$
- Sleep mode:  $3 \mu A$ .
- La placa tiene un regulador lineal de  $3,3 V$
- Bajo voltaje de operación:  $2.2 V - 16 V$
- Alta sensibilidad ( $800 mV/g$  a  $1.5g$ ).
- Rápido tiempo de encendido ( $0.5 ms$  de tiempo de respuesta).
- Autoprueba para detección de caída libre.
- Acondicionamiento de señal con filtro pasabajo.
- Diseño robusto, alta resistencia al impacto.
- Temperatura de funcionamiento  $-40$  a  $85^{\circ}C$ .

### **3.5.9. Sensor de rpm.**

Se diseñó un sistema completamente electrónico, el cual se basa en la información generada por un sensor de proximidad de efecto hall, ubicado en el piñón del motor de las orugas del tractor agrícola monoplaza a diésel, el sensor posee una diana metálica (arriba) que absorbe la energía generada por el oscilador, cuando el objeto se halla próximo, dispuesto para medir la velocidad. (Arriaga, 2009).

Por estas razones genera señales de corriente alterna, tantas veces como número de dientes (de la rueda fónica o piñón) pasen junto a él. Esta información es "traducida" por el PLC que indicara la velocidad lineal del tractor agrícola monoplaza a diésel mediante los siguientes cálculos.

**Datos:**

Radio del piñón de la oruga

$$r = 0.180 \text{ m}$$

$$2\pi = 6,2832$$

Velocidad angular

$$1 \text{rpm} = \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{min}} * \frac{1 \text{min}}{60 \text{seg}} = 0,10472 \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$w = 0,10472$$

Velocidad lineal

$$V = w * r \quad \text{Ec. 3.2}$$

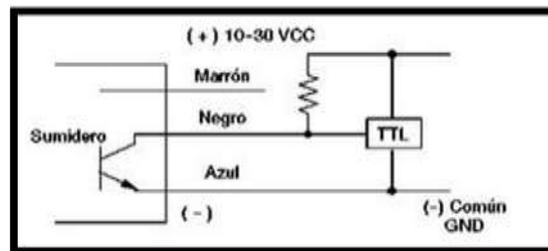
$$V = \frac{0,10472 \text{rad}}{\text{seg}} * 0.180 \text{m} * \frac{60 \text{seg}}{1 \text{min}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$V = 1,13098 \text{ m/min}$$



**Figura 3.7: Sensor de rpm inductivo.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.



**Figura 3.8: Conexión del sensor de RPM.**

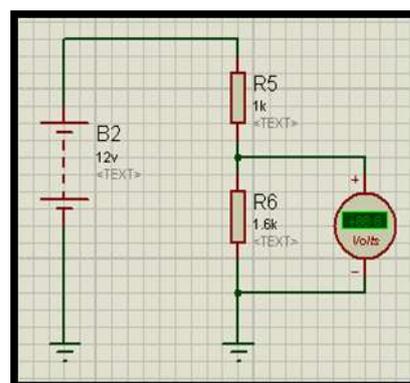
Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 3.5.10. Carga de la batería.

Conociendo que el voltaje de carga tolerado para un sistema de 12V está entre 13,8 y 14,4V, es necesario leer el valor directamente desde el acumulador a través de un divisor de tensión.

Para el monitoreo de este parámetro se diseñó un divisor de tensión a fin de que la variación de la carga de la batería sea proporcional a la variación de voltaje que ingresa al PLC, asumiendo que el máximo de voltaje que pueda cargar la batería sea de 13.8 voltios, esto representara 5 voltios de ingreso al PLC y también será lo máximo.

$$V_0 = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) * V_{in} \quad \text{Ec. 3.4}$$



**Figura 3.9.- Circuito para monitorear la carga de la batería.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

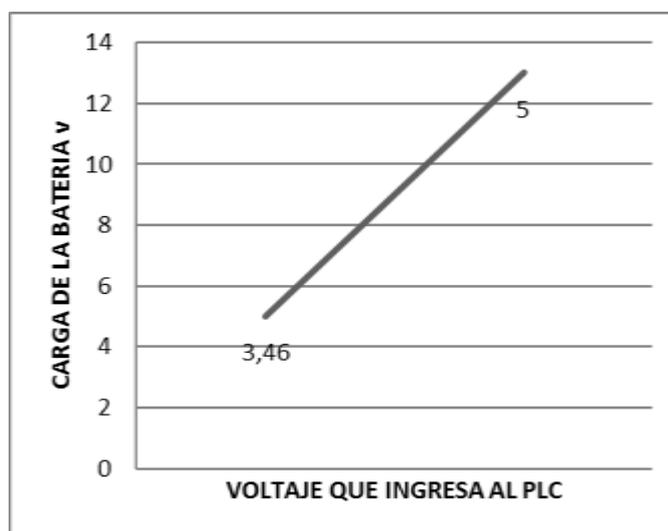
De acuerdo a la Fig. 3.9, calcular el voltaje que ingresa al PLC según sea la carga de la batería, misma que será de 0 a 10 voltios como indica en la tabla 3.4

**Tabla 3.6 Voltaje de ingreso al PLC**

Carga de la batería (voltios)	Corriente total (mA)	Voltaje que ingresa al PLC V
13	5	5
12.5	4.81	4.81
12	4.61	4.61
11.9	4.58	4.58
11.5	4.42	4.425
10	3.85	3.84
9	3.46	3.46

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Con la tabla 3.4 podemos obtener la gráfica y la ecuación de la recta de variación del voltaje que ingresa al PLC en función de la carga de la batería Fig. 3.10, misma que nos servirá para la programación de esta variable en el PLC y obtener los resultados en la pantalla.



**Figura 3.10.- Voltaje al PLC (en función a la carga de la batería).**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### **3.5.11. Tiempo De Funcionamiento Acumulado**

#### **a. Horómetro**

Se necesita medir el tiempo transcurrido de trabajo, para lo cual se diseñó un horómetro digital cuya función principal es el conteo de las horas de trabajo del tractor, el mismo que se va incrementando de acuerdo a la señal de entrada, la cual indica si el equipo se encuentra en funcionamiento o no. Esta información es desplegada a través del visualizador.

### **3.5.12. Fuente De Alimentación**

El tractor dispone de una fuente de alimentación de 12V, nivel de tensión que debe ser regulado de acuerdo a los requerimientos especificados de cada elemento electrónico, por lo que se necesita 2 niveles de tensión que se detalla a continuación:

- Para la medición de la temperatura e inclinación se requiere una tensión de 5V.
- Unitronics Visilogic OPLC V350-35-TR20 y el sensor de proximidad requiere una tensión de 24 V.

Bajo estos parámetros se seleccionó dos fuentes de voltaje que garanticen trabajar en estos rangos

### **3.5.13. Conversor de voltaje**

Se utilizó un conversor de corriente de 12 v a 110v con una potencia de 400w.

#### **a. Características técnicas**

#### **ENTRADA**

- Tensión: 12 V
- Corriente: 40 A

- Descarga de acumulador sin carga:  $< 0,5 \text{ A}$  (con entrada de  $12 \text{ V}$  )
- Punto de activación de alarma por carga baja del acumulador  $11 \text{ V}$
- Punto de auto-apagado por carga baja del acumulador (nominal)  $10,5 \text{ V}$
- Punto de auto-apagado por carga alta del acumulador (nominal)  $15,5 \text{ V}$
- Fusible deslizante de  $25 \text{ A} \times 2$
- Portafusibles de  $20 \text{ A} \times 2$

### **SALIDA**

- Tensión:  $120 \text{ V} \sim$
- Frecuencia:  $60 \text{ Hz}$
- Potencia:  $400 \text{ W}$
- Potencia pico:  $800 \text{ W}$
- Puerto USB salida
- Tensión:  $5 \text{ V}$
- Corriente:  $500 \text{ mA}$
- Forma de onda: Onda senoidal modificada



**Figura 3.11 Inversor de corriente**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 3.5.14. Fuente de voltaje

Para regular la alimentación del sistema se utilizó una fuente de voltaje de 110v / 24v a 2.5 A para optimizar su funcionamiento.



**Figura 3.12 Fuente de voltaje 110/ 24v**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL TABLERO A BORDO DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL.

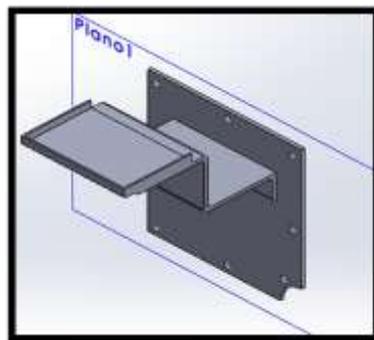
Este capítulo muestra el diseño y construcción del sistema de control del prototipo de tablero a bordo del tractor monoplaza a diésel, capaz de realizar el monitoreo de las diferentes variables presentes en el tractor.

#### 4.1. IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA

La construcción y montaje del prototipo se diseñó en el software para ingeniería, SolidWorks en el cual fue realizado el estudio de los diferentes acoples de los sensores para el ensamble final (Figura 5.1) y los planos de construcción para ser ocupados en la fabricación del prototipo.

##### 4.1.1. Implementación de la base del sensor de nivel del aceite hidráulico

Con ayuda del software Solidworks, se obtuvo las dimensiones, formas y perfiles más adecuados que garanticen un funcionamiento satisfactorio y seguro de las bases de los sensores de nivel bajo condiciones críticas de trabajo.



**Figura 4.1 Base del sensor de nivel**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Se utilizó una platina de acero de tol de 2 mm de espesor con una dimensión de 11cm por 9 cm. Sujetada con tornillos de 1¼ plg. al tanque.



**Figura 4.2. Implementación de la base del sensor de nivel aceite hidráulico.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Para el sensor de nivel de combustible igualmente se diseñó la base del sensor de nivel del combustible como se muestra en la figura.



**Figura 4.3 Implementación de la base del sensor de nivel de combustible.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **4.1.2. Implementación de la batería**

Buscando la facilidad de manipulación de los bornes de la batería se realizó una tapa metálica en la plancha estriada ASTM A1011/ A1011M Tipo B en el piso. Ubicada en la parte baja de los pies del operador.



**Figura 4.4 Tapa metálica de la batería.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **4.1.3. Implementacion del eje base para el sensor de presión aceite motor**

Debido a existir una presión en el circuito cerrado de la bomba de inyección se acopló un eje de transmisión de acero de 2 ½ pulgadas de diámetro, a la salida del filtro debido a que presenta la misma presión en cualquiera de los puntos del sistema.



**Figura 4.5 Acople de un eje como base para el sensor de presión motor.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.1.4. Implementación del sensor de presión aceite hidráulico

Se utilizó un acople tipo T acero inoxidable para altas a la salida de la manguera de la bomba hidráulica donde se puede obtener la variación de la presión presente en la bomba.



**Figura 4.6 Implementación del sensores de presión aceite hidráulico.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.1.5. Implementación del sensor de temperatura agua motor

Se instaló el sensor de temperatura externo, en el lugar de la calefacción del block de manera que se encuentre en contacto con la cámara interior del vehículo, los cables del mismo van al socket de conexión



**Figura 4.7 Instalación del sensor de temperatura agua motor.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.1.6. Montaje de la touch screen

Se construyó una caja metálica para el alojamiento del OPLC y cables de comunicación. Propiciando su protección en un mismo plano vistos por el conductor.



**Figura 4.8** Instalación de la pantalla del tablero.

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.1.7. Montaje de los módulos

En la parte posterior de la caja metálica está montado un riel DIN que sujeta al módulo de expansión de entradas analógicas y la fuente de alimentación de 24v.



**Figura 4.9** Montaje módulos.

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.



**Figura 4.10 Fuente de 24v a 2.5 A.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **4.1.8. Implementación de los circuitos eléctricos**

Se utilizó una caja metálica de 12cm por 6,5 cm para protección de las placas eléctricas del sensor de nivel de combustible y sensor de nivel aceite hidráulico dentro del alojamiento metálico (carrocería).



**Figura 4.11 Caja de circuitos electrónicos (sensores de nivel).**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Seguido a esto se colocó una caja plástica de 3,5 cm por 2 cm que contendrá la placa del sensor de temperatura del refrigerante, sensor de temperatura aceite hidráulico, dentro del alojamiento metálico (carrocería).



**Figura 4.12 Caja de circuitos eléctricos.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **4.1.9. Montaje del sensor de RPM**

Se utilizó una platina de 2mm de espesor como base para el sensor de proximidad a 0.5 mm de distancia al diente del engrane.



**Figura 4.13 Sensor de proximidad.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.1.10. Implementación del inclinómetro

Se utilizó una caja plástica de 5cm por 2cm que contendrá el inclinómetro, ubicado en la parte posterior del tractor.



**Figura 4.14 Caja de protectora del inclinómetro.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.



**Figura 4.15 Sensor de inclinación.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.1.11. Implementación del pedal del acelerador

Se utilizó una platina de 2mm de espesor como base del pedal del acelerador el mismo que está sujeto al cable de freno de bicicleta el cual está sobre un sistema de poleas que le permitirá su movilidad.



**Figura 4.16 Pedal del acelerador.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.



**Figura 4.17 Mecanismo del pedal de aceleración y apagado.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **4.1.12. Interruptor de encendido sistema electrónico**

Se utilizó un relé conectado al switch de arranque donde se conectó el cable de alimentación (12V), el cual se tomó a la caja de contactos bajo el tablero, con el fin de que el computador abordo se encienda al momento de poner la llave en accesorios (ACC), esto para que pueda ser manipulado sin necesidad de encender el auto, de igual manera permanecerá funcionando mientras esté encendido el automóvil; también se instaló el porta fusible.



**Figura 4.18 encendido y apagado del tractor.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.



**Figura 4.19 Potafusibles.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### ❖ FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de ambos sistemas es independiente y a su vez trabajan en conjunto. Para encender el sistema electrónico basta poner en contacto (ON) el automóvil. Para encender el Computador a Bordo solo hay que girar la llave a la primera posición del switch (ACC).

Posee tres interruptores uno de encendido del sistema electrónico que actúa como protección, encendido de luces y encendido de la herramienta sembradora de maíz.



**Figura 4.20 Interruptor de encendido sistema electrónico.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **4.1.13. Conexiones a tierra del sistema eléctrico y electrónico**

Se instaló una bornera que contiene todas las masas del sistema electrónico conectadas al borne negativo de la batería para cerrar el circuito eléctrico



**Figura 4.21 Masa.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **4.2 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DE LOS SENSORES.**

Las señales de salida del sistema de medición de las variables presentes en el tractor agrícola monoplaza a diésel se procesaron de forma adecuada para las diferentes etapas de operación, al presentarse señales muy pequeñas se amplificaron y se linealizaron; se realizó un cambio de resistencia a voltaje y a un cambio de corriente.

### 4.2.1 Sensor de nivel combustible

El circuito se diseñó de acuerdo a los parámetros establecidos por el PLC el cual presenta entradas analógicas de 4mA a 20mA.

El sensor al ser una resistencia variable se lo usa como divisor de voltaje para tomar la señal en el convertor de voltaje a corriente, teniendo en cuenta que el potenciómetro del medidor de combustible varía entre 20Ω con el tanque vacío y 200Ω con el tanque lleno para lo cual se diseñó el siguiente circuito.

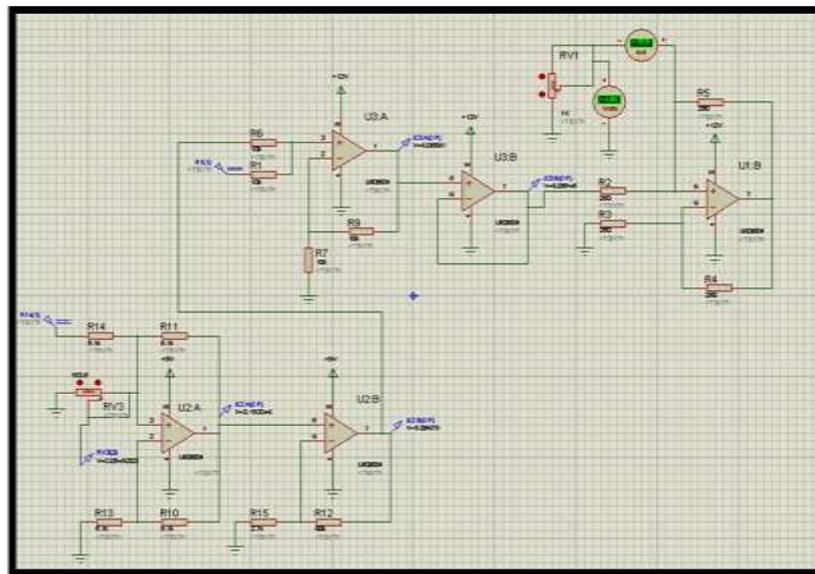


Figura 4.22: Circuito conversor de resistencia a corriente

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### Cálculos:

Se utilizó un LM358 surtidor de corriente, controlado por voltaje.

Datos:

$$R = 5,1 \text{ K}\Omega$$

$$E = 2,5 \text{ v}$$

$$E_2 = 0 \text{ v}$$

$$R_{\max} = 200\Omega$$

$$R_{\min} = 20\Omega$$

$$I_L = \frac{E_1}{R} \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$I_L = 0.45 \text{ mA}$$

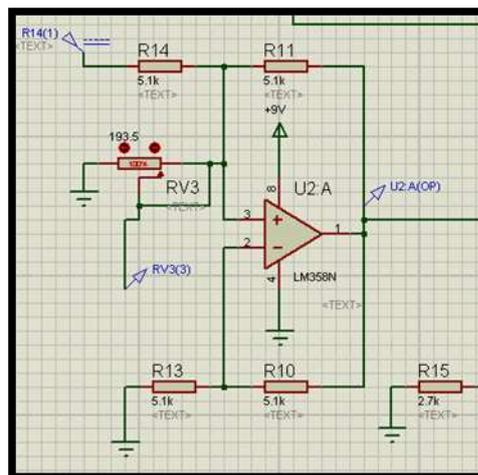
$$V_L = I_L \cdot R \quad \text{Ec. 4.2}$$

$$V_0 = 2V_L - E_2 \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$V_0 = 2V_L \quad \text{Ec. 4.4}$$

Máxima resistencia a 0,20 V y 5v

$$\Delta = \frac{5}{0,20} = 26 \quad \text{Ec. 4.5}$$



**Figura 4.23: Circuito conversor de resistencia a corriente**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

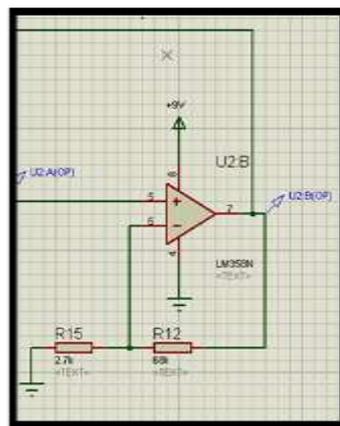
Se diseñó un amplificador no inversor para garantizar la señal amplificada

$$V_0 = \left( 1 + \frac{R_f}{R_a} \right) \cdot V_{IN} \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$\frac{V_0}{V_{IN}} = \left( 1 + \frac{R_f}{R_a} \right) \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$R_f = 68 \text{ k}$$

$$R_a = 27 \text{ k}$$



**Figura 4.24: Circuito no inversor**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Corriente entre 4 a 20mA

Se utilizó un amplificador sumador no inversor para obtener una ganancia de 1V.

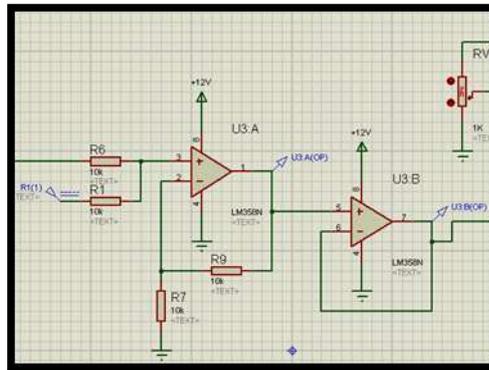
$$V_{sal} = K(k1.v + K2.v \dots \dots) \quad \text{Ec. 4.8}$$

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Ec. 4.9}$$

$$V = 4\text{mA} \cdot 250\Omega$$

Ec.4.10

$$V = 1\text{V}$$



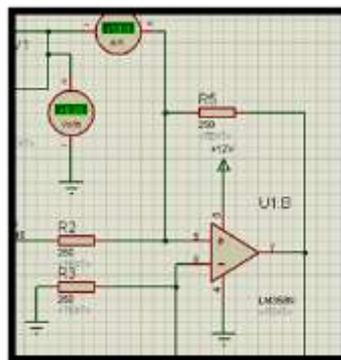
**Figura 4.25: Circuito sumador no inversor**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Se utilizó un circuito seguidor de voltaje por 1v mínimo y 6v máximo, con un conversor voltaje – corriente por 4mA mínimo y 20mA máximo.

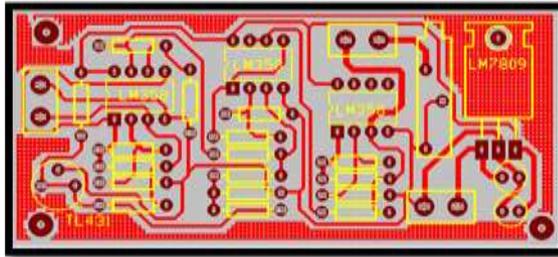
$$I = \frac{G}{250}$$

Ec. 4.11



**Figura 4.26: Circuito sumador no inversor**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.



**Figura 4.27: Placa conversor de resistencia a corriente**

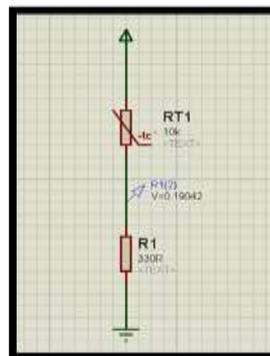
Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**Nota:** Con los mismos parámetros se diseñó el circuito de acondicionamiento de la señal para el sensor de nivel del aceite hidráulico.

#### 4.2.2 Sensor de temperatura del refrigerante

El circuito se diseñó de acuerdo a los parámetros establecidos por el PLC el cual presenta entradas analógicas de 0v a 10v.

El sensor presenta una resistencia de 20 a 200 ohmios dependiente del voltaje de alimentación para lo cual se diseñó el siguiente circuito.



**Figura 4.28: Circuito conversor de resistencia a voltaje**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Circuito que indicara la caída de tensión sobre la resistencia en el cambio de voltaje respecto a la temperatura presente; por lo que se optó por colocar una resistencia de 1.2k en serie al termistor.

**Nota:** Bajo los mismos parámetros se diseñó el circuito de acondicionamiento de la señal para el sensor de temperatura del aceite hidráulico.

### 4.3 DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Una vez descritos los elementos usados en la etapa de control se procederá a diseñar los circuitos que forman parte del sistema de control del sistema.

#### 4.3.1 Circuito de carga de batería

Se diseñó un circuito divisor de voltaje que indicará la descarga presente en la batería.

Datos:

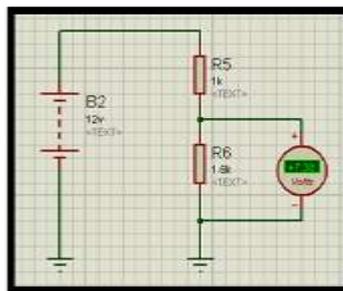
$V_{in} = 12.3 \text{ v}$

$R_1 = 1\text{k}$

$R_2 = 1.6\text{k}$

$$V_0 = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) * V_{in}$$

Ec. 4.12

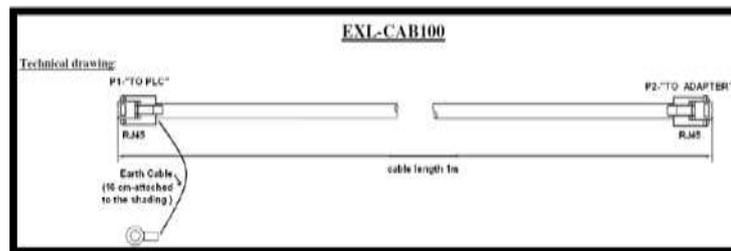


**Figura 4.29: Circuito de carga de la batería**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 4.4. MONTAJE E INSTALACIÓN DEL PLC.

Luego de tener los elementos electrónicos en su lugar se conecta la pantalla PLC mediante un cable de Datos.



**Figura 4.30: Cable de comunicación**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Cada señal emitida por cada sensor es conectado a cada entrada analógica correspondiente del plc para ser registrado.



**Figura 4.31: Módulo de expansión de I/O analógicas**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **4.5 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA VISUALIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL.**

Se implementó un HMI a través del touch panel, con el objetivo de facilitar el control y visualización de las variables presentes en el tractor, monitorear el proceso de trabajo de cada uno de los sistemas para generar el proceso a seguir en el mantenimiento de cada elemento y obtener una evaluación final del rendimiento.

#### 4.5.1. DISEÑO DEL HMI

El diseño del HMI (figura 4.42) debe ser amigable y eficaz con el usuario, al comunicarse con los sensores para controlar todas las variables del tractor agrícola monoplaza a diésel en forma manual o en forma automática, llevando el monitoreo de las variables de los sistemas del tractor así como también el encendido y apagado del electroventilador. La figura 4.32 detalla el diseño.

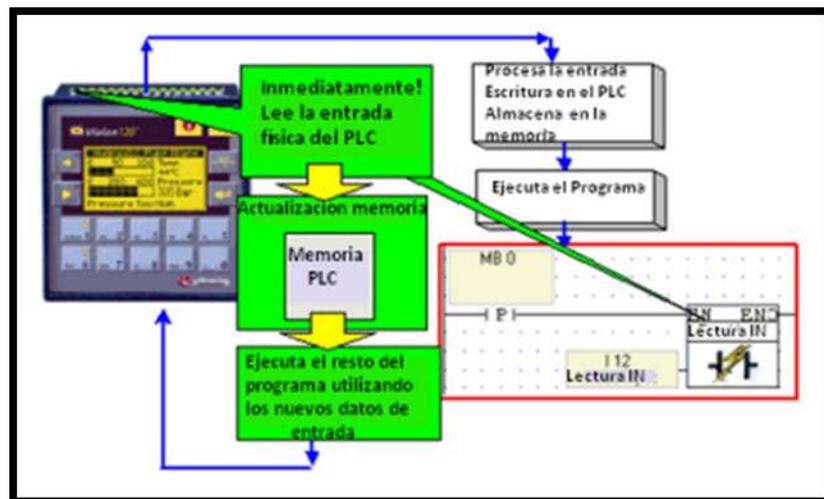


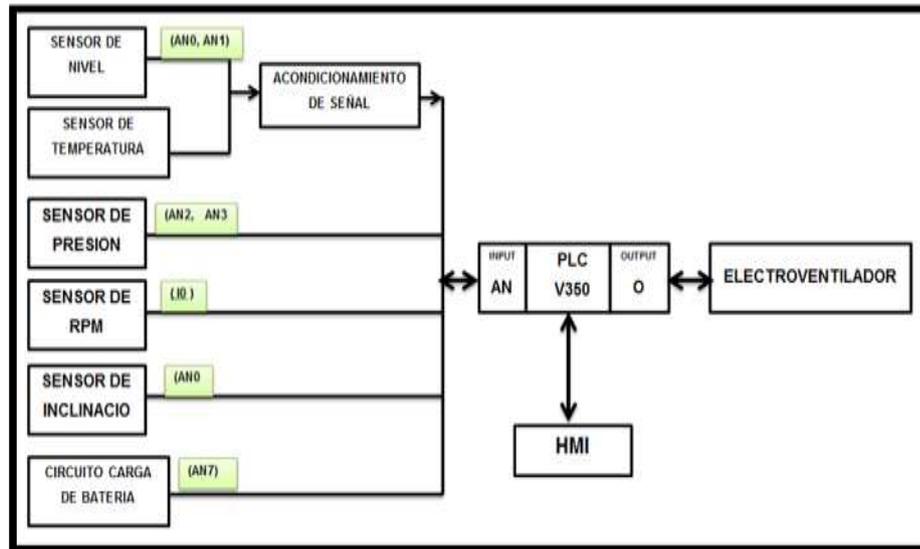
Figura 4.32: Diagrama de bloques del PLC.

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.5.2. Acoplamiento de los Componentes Electrónicos

El principal componente del sistema electrónico es el Unitronics Visilogic OPLC V350-35-TR20, el cual se encargará de recibir la señal dada por los diferentes sensores de (nivel, temperatura, presión, proximidad, acelerómetro MMA 7361L), visualización del estado de la batería y posteriormente promocionará el conteo de las horas de trabajo del tractor agrícola monoplaza a diésel, determinadas por el funcionamiento del motor y del sistema hidráulico; así como también controlará la activación del electroventilador al momento de sobrepasar la temperatura requerida para el trabajo.

En la siguiente figura se aprecia un diagrama de bloques de los elementos constitutivos del sistema



**Figura 4.33: Diagrama de bloques acoplamiento electrónico**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.6 PROGRAMACIÓN DEL PLC'S.

El módulo Unitronics Visilogic OPLC V350-35-TR20 se encuentra implementado en el tablero a bordo del tractor agrícola monoplaza a diésel y debe ser programado junto al HMI para la detección de los valores emitidos por cada sensor en los diferentes sistemas siendo conectados a través de las E/S para complementar el proceso de automatización del tractor.

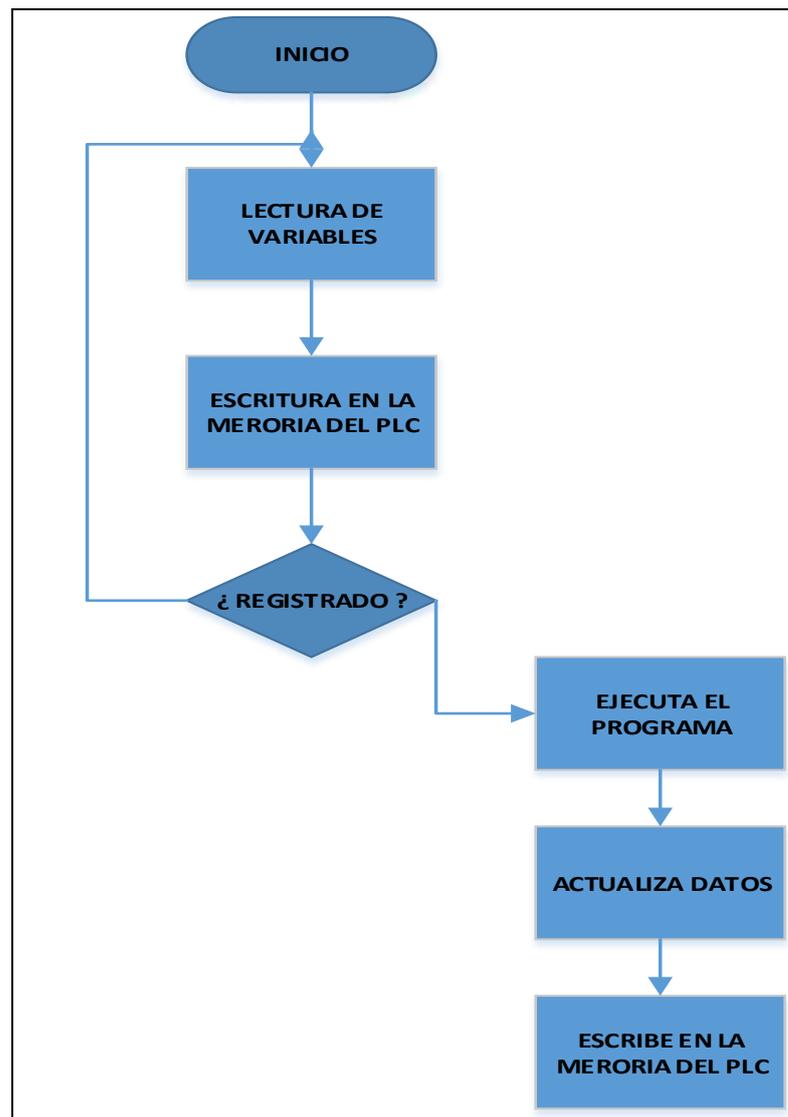


Figura 4.34: Diagrama de bloques lectura de datos.

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.7 CONFIGURACIÓN DEL PLC

El módulo Unitronics Visilogic OPLC es un potente programa con mucha versatilidad, con distintas herramientas que han permitido que el procesamiento de datos, HMI y el control de todo el sistema se haga desde un mismo programa.

Para su utilización se realizan los siguientes pasos:

1. Se escoge el modulo a trabajar (V350)



**Figura 4.35 Selección PLC**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

2. Se escoge la tarjeta Snap in I/O (V350 – 35- TR20)



**Figura 4.36 Selección del la tarjeta Snap in I/O**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

3. Se escoge el módulo de expansión I/O ATC8/A18



Figura 4.37 Selección del módulo de expansión I/O ATC8/A18

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

- Se asigna una variable a cada entrada del módulo de expansión I/O ATC8/A18

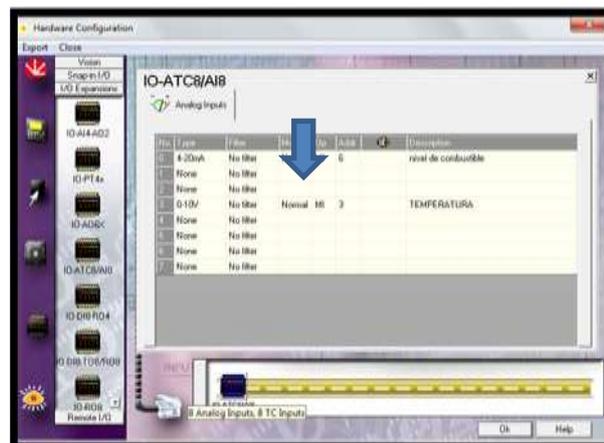


Figura 4.38 Declaración de variables en el módulo de expansión I/O ATC8/A18

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

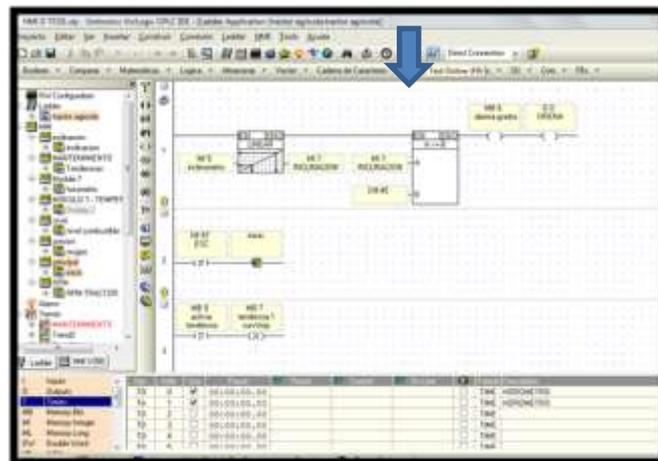
5. Se asigna una variable al Snap in I/O (V350 – 35- TR20)



**Figura 4.39 Declaración de variables en el Snap in I/O (V350- 35- TR20)**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

6. Se verifica si existe comunicación con el PLC mediante test en línea



**Figura 4.40 Sintonización del PLC y PC (test en línea)**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.8 PROGRAMACIÓN DEL HMI.

El diseño para la programación del monitoreo de las diferentes variables del tablero a bordo del tractor monoplaza a diésel, se presenta en el Anexo H se encuentran los programas realizados para cada sensor utilizado en el tractor.

Para determinar la programación del proyecto se basó en el siguiente diagrama de flujo:

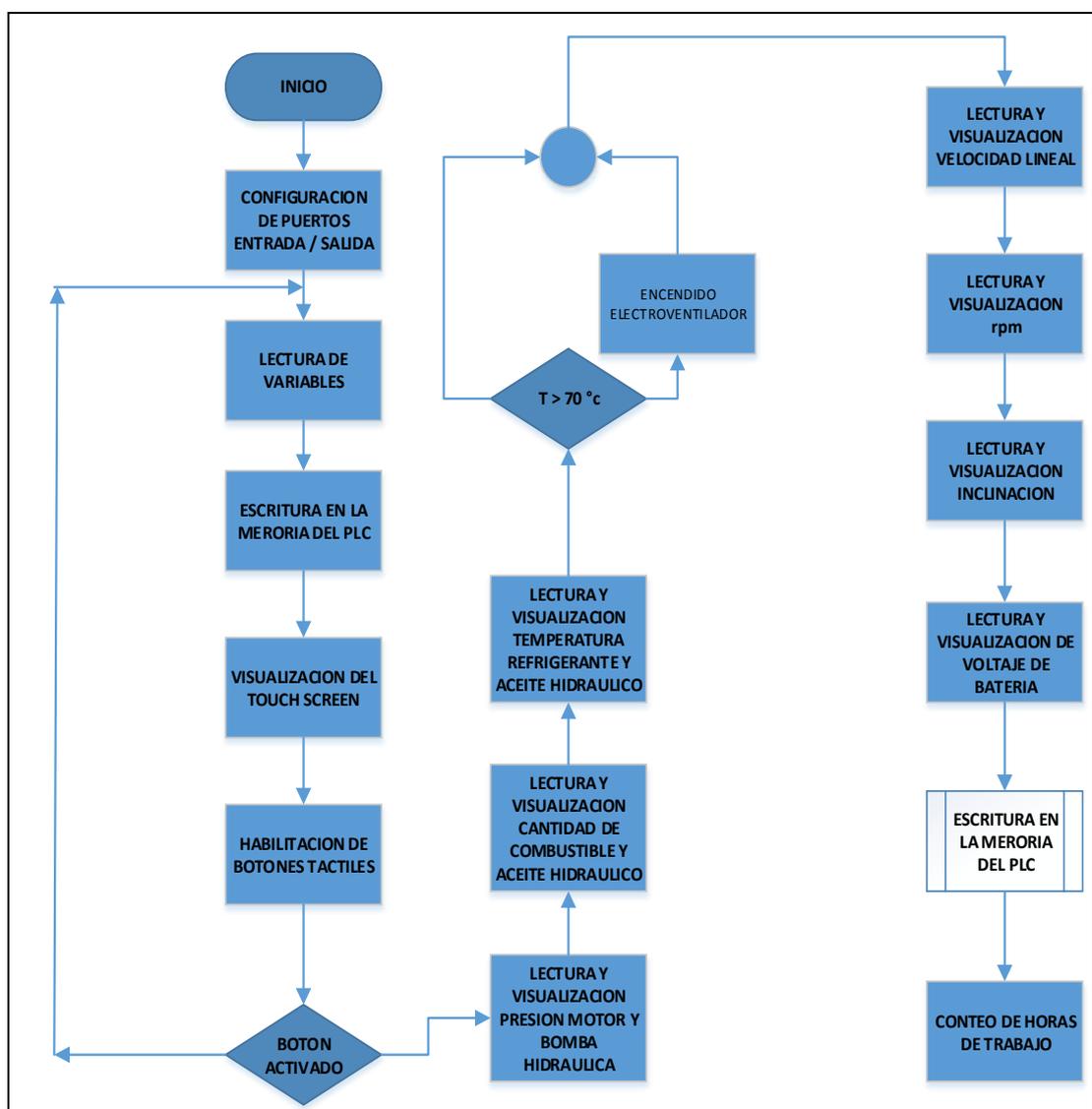


Figura 4.41 Diagrama de flujo del programa principal

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 4.9 IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA DEL TABLERO EN EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL.

Para la interfaz humano-máquina del monitoreo de las diferentes variables presentes en el tractor se dispuso en el touch screen incluido en el OPLC visilogic V350 (Figura 4.41), donde visualiza de forma real e instantánea lo que sucede con el sistema al momento de realizar el trabajo diario del tractor.

##### 4.9.1. Pantalla

Indica todos los datos del funcionamiento del proyecto, a continuación se detalla su funcionamiento:

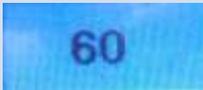
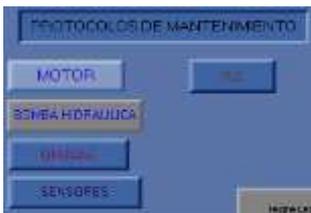


**Figura 4.42: Pantalla principal del HMI.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

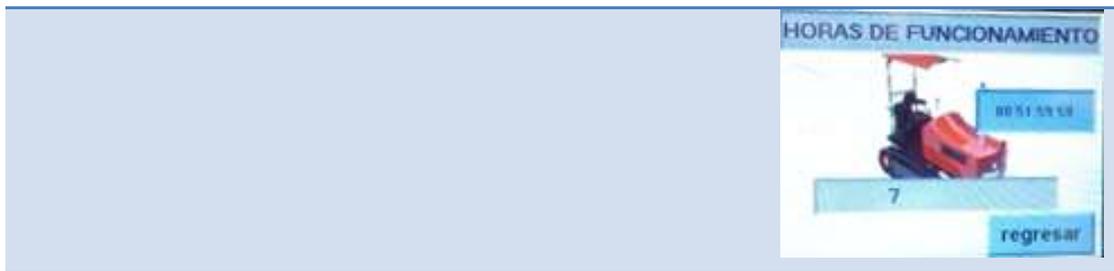
Para el HMI de este proyecto, se implementó un contador para determinar las horas de trabajo del tractor a través del funcionamiento de los diferentes sensores implementados. Además de verificar de forma visual los datos que arroja el algoritmo de programación para cada sensor, se puede observar los valores de medición de cada variable del tractor.

Tabla 4.1: Botones principales del tablero.

	MODO	DESCRIPCIÓN	GRAFICA
NIVEL		muestra los niveles del tanque de combustible y el tanque de aceite hidráulico	
KM	 Recorrido	muestra los kilómetros totales y las RPM del motor	 Km
PRESIÓN		muestra la presión del motor y presión de la bomba hidráulica	 PSI
MANTENIMIENTO		Muestra los diferentes procesos para el mantenimiento del tractor según las horas de trabajo.	
INCLINACIÓN		Muestra los diferentes grados de inclinación del tractor.	
TEMPERATURA	 °C	Muestra la temperatura del refrigerante y la temperatura del aceite hidráulico	
HOROMETRO		Muestra las horas de trabajo de todo el sistema.	

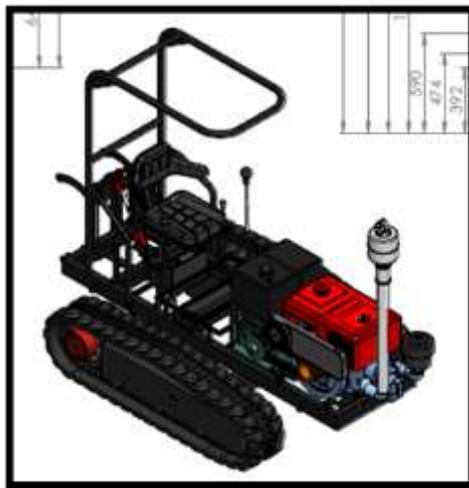
CONTINÚA





Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Terminado el diseño y selección del sistema mecánico como se muestra en la figura 4.42, se procede a realizar el ensamblaje de todas sus partes.



**Figura 4.43: Implementación del diseño mecánico.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

El ensamblaje realizado con CAD se muestra en el ANEXO A

## **CAPÍTULO 5**

### **DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN.**

Las pruebas realizadas al sistema son de vital importancia en el ciclo de desarrollo tanto del hardware como el software, consistiendo en la revisión final de los requerimientos, análisis y diseño para finalmente obtener los resultados requeridos.

El objetivo de poner a prueba tanto la parte mecánica, electrónica y de programación es observar el comportamiento que tendrá el sistema de monitoreo. Así como el desarrollo del protocolo de mantenimiento del prototipo de tractor agrícola monoplaza a diésel en su uso diario encontrando fallas o errores para luego hacer una depuración del sistema completo y así asegurar que el proyecto ha sido desarrollado de acuerdo a los requerimientos establecidos.

#### **5.2 Pruebas del sistema a bordo de monitoreo del tractor en diferentes condiciones de operación.**

Se realizaron varias pruebas para verificar el normal funcionamiento del tablero, las pruebas realizadas fueron las siguientes:

##### **5.2.1. Apagado**

El apagado del sistema se realiza mediante la activación del botón.



**Figura 5.1 Botón de apagado**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### **5.2.2. Tractor encendido**

El tractor necesita para empezar el monitoreo una alimentación de 24v generados por el inversor de corriente alimentada por la batería de 12v. En la figura 5.2 se puede observar el encendido óptimo para empezar el monitoreo.



**Figura 5.2 sistema de monitoreo.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### **5.2.3. Tractor en movimiento**

Se estableció un recorrido de 100 metros en los que se observa el monitoreo adecuado de las diferentes variables del tractor como se observa en la figura 5.3



**Figura 5.3: Recorrido de 100 metros.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**a. Sensor de nivel.**

La misma cantidad que se cargó en tanque de combustible, marco en la pantalla.



**Figura 5.4 Llenado de combustible.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

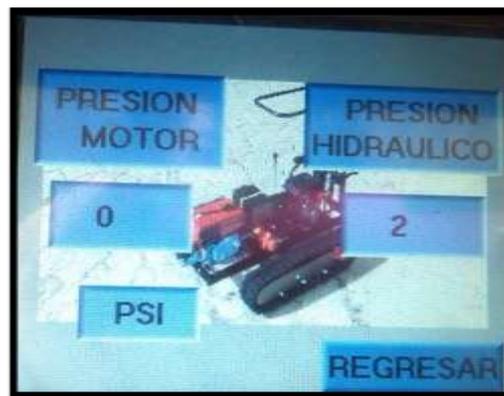


**Figura 5.6 Visualización nivel.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**b. Sensor de presión.**

El funcionamiento correcto de este parámetro monitoreado se pudo determinar en el momento en que se enciende el tractor mostrando la presión máxima de trabajo del motor de 42 a 60 PSI y a su vez se observa la variación de la presión del sistema hidráulico mientras está en movimiento de 0PSI a 1500PSI. Verificado con dos manómetros acoplados al sistema.



**Figura 5.7: Monitoreo de presión tractor apagado**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.



**Figura 5.8: Monitoreo de presión tractor encendido**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

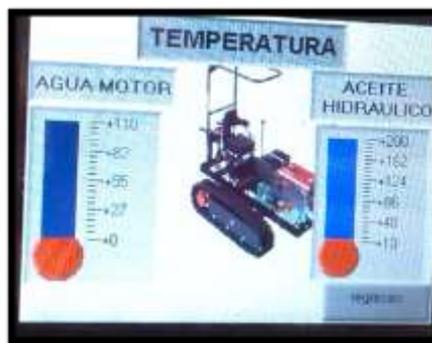


**Figura 5.9: Monitoreo de presión sistema hidráulico tractor**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**c. Sensor de temperatura.**

El funcionamiento correcto de este parámetro monitoreado se pudo determinar en el momento en que se activó el ventilador del radiador mismo que es a los 70 °C, y el monitoreo de la temperatura de trabajo del motor que es a los 90°C.



**Figura 5.10 Monitoreo temperatura.**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**d. Sensor de proximidad para rpm.**

Una vez puesto en movimiento al tractor agrícola monoplaza a diésel, se observó en pantalla la velocidad lineal y RPM del mismo.



**Figura 5.11: Monitoreo velocidad lineal y RPM**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### e. Carga de batería

Esta prueba se realiza mediante un multímetro midiendo el voltaje de la batería y al mismo tiempo se visualiza la lectura en la pantalla, verificando su funcionamiento al momento de activarse la alarma por descarga de batería.



**Figura 5.12: monitoreo de la carga de la batería**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### f. Horómetro

Se realizó la prueba del horómetro partiendo del conteo de horas de trabajo desde el instante de encendido del tractor hasta cumplir su ciclo de trabajo, este valor se acumulará en el conteo por cada hora de trabajo.



**Figura 5.13: monitoreo de la carga de la batería**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### **g. Sensor de inclinación**

Se realizó una prueba de inclinación con la ayuda de una pendiente ubicada en las instalaciones de la institución, la cual tiene una inclinación de 30 grados. Se desplazó 200 m en línea recta y ascendió dicha pendiente. Los datos fueron visualizados en la pantalla.



**Figura 5.14: Monitoreo de la inclinación**

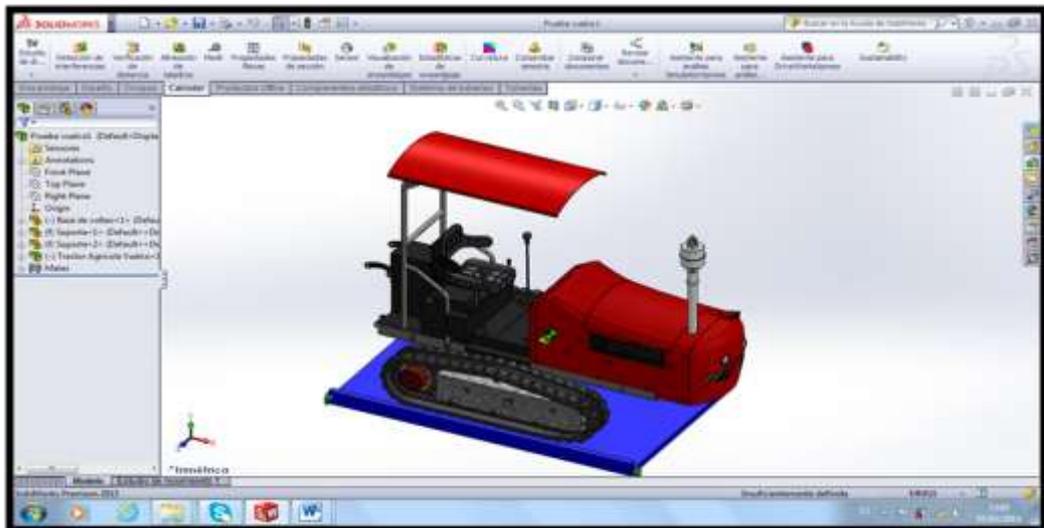
Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 5.3 ANÁLISIS COMPUTARIZADO DE LA INCLINACIÓN DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL.

Se utilizó el software de diseño SolidWorks para el análisis de la inclinación máxima a la que se someterá el tractor.

Realizando un estudio de movimiento estático rotacional, con puntos fijos se obtuvo la siguiente simulación:

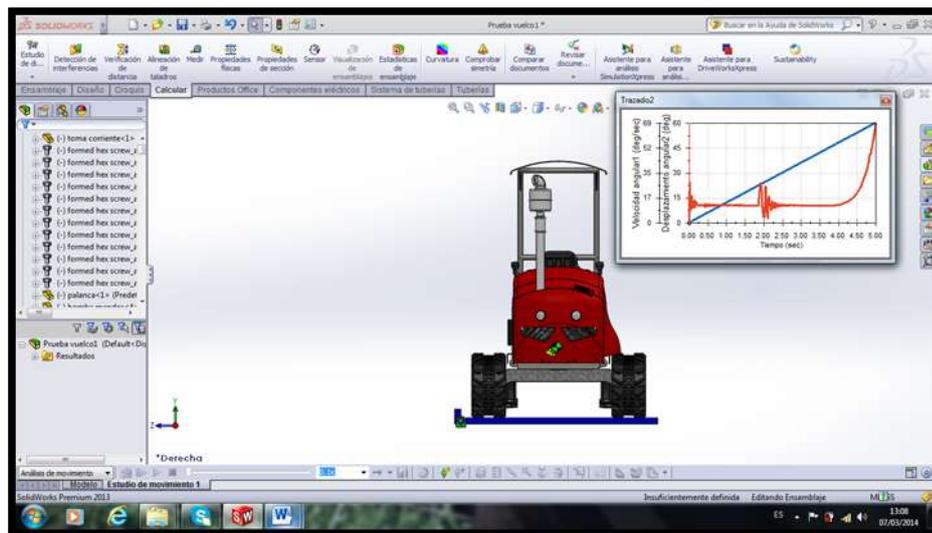
El tractor agrícola monoplaza a diésel se encuentra montado sobre una plataforma de prueba para determinar el vuelco máximo al que puede estar sometido el tractor.



**Figura 5.15 Tractor agrícola sobre plataforma de prueba**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

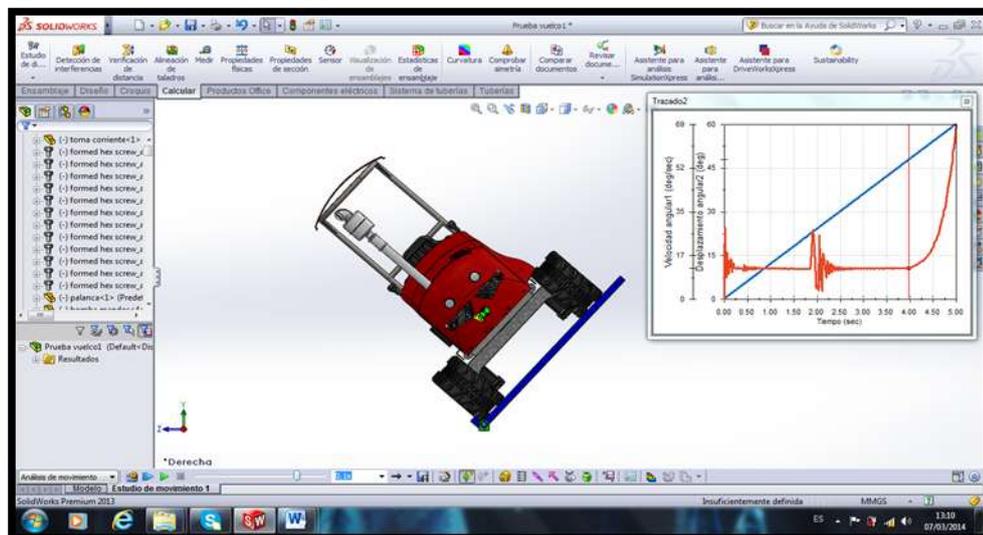
Como se observa en la figura 5.16 se empieza el análisis de vuelco aplicando una velocidad de 2 rpm sobre la plataforma para iniciar el giro.



**Figura 5.16 Inicio de simulación**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Como se observa en la figura 5.17 a medida que se va inclinando la plataforma va determinando el ángulo de vuelco al que está sometido el tractor el cual se determina a los 52°C, determinando una precaución a los 42°C.



**Figura 5.17 Máximo grado de inclinación del tractor**

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

#### 5.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

El análisis de resultados está acorde a los objetivos trazados en el presente proyecto, mediante la visualización de datos en la pantalla y en base al análisis de Costo – Beneficio

La toma de muestras se detalla en la siguiente tabla.

**TABLA 5.1 NIVEL DE COMBUSTIBLE EN LÍNEA RECTA**

Aceleración	Recorrido	Consumo	Equivalencia
<b>1.88 m/min</b>	200 m	1 litros.	BAJO
	800 m	4 litros.	MEDIO
	1200 m	6 litros.	LLENO

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**TABLA 5.2 CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN PENDIENTE**

Aceleración	pendiente	consumo
<b>0.66 m/min</b>	10 °	0,5 litros.
<b>0.88 m/min</b>	25 °	0,7 litros.
<b>0.88 m/min</b>	45 °	1,5 litros.

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**TABLA 5.3 NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO**

<b>2 litros.</b>	<b>BAJO</b>
<b>14 litros.</b>	<b>MEDIO</b>
<b>20 litros.</b>	<b>LLENO</b>

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**TABLA 5.4 INDICADOR DE VALORES DE PRESIÓN MOTOR**

Rangos (PSI)	Rangos (BAR)	condiciones
<b>0 PSI</b>	0 BAR	APAGADO
<b>De 60 a 50 PSI</b>	De 4.136847 a 3.447372 BAR	FUGA
<b>60 PSI</b>	4.1368 BAR	ENCENDIDO Funcionamiento optimo
<b>Menor a 42 PSI</b>	Menor a 2.89 BAR	NO HAY PRESIÓN ALERTA
<b>CON CARGA</b>		
<b>100 Kg</b>	60 PSI	4.1368 BAR
<b>600 Kg</b>	60 PSI	4.1368 BAR

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**TABLA 5.5 INDICADOR DE VALORES DE PRESIÓN DEL SISTEMA  
HIDRÁULICO**

Rangos (PSI)	Rangos (BAR)	condiciones
<b>0 PSI</b>	0 BAR	EN PARADA
<b>400 PSI</b>	27.578979 BAR	DESPLAZAMIENTO EN LINEA RECTA
<b>DE 1000 A 1500 PSI</b>	DE 68.95 a 103.42 BAR	Desplazamiento Sobre Una Pendiente No Mayor A 30 Grados
<b>CON CARGA</b>		
<b>100 Kg</b>	1500 PSI	103.42 BAR
<b>600 kg</b>	2000 a 2200 PSI	137.89 a 151.68 BAR
Máximo valor mostrado sobre una pendiente		

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**TABLA 5.6 INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO TEMPERATURA MOTOR**

Condiciones	Temperatura	Indicadores
<b>Apagado</b>	15 °C	TEMPERATURA AMBIENTE
<b>Encendido</b>	90 °C	TEMPERATURA NORMAL DE FUNCIONAMIENTO
<b>Encendido con falla</b>	100 °C	SOBRECALENTAMIENTO

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**TABLA 5.7 INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO DE TEMPERATURA ACEITE  
HIDRÁULICO**

Condiciones	Temperatura	Indicadores
<b>Apagado</b>	20 °C	TEMPERATURA AMBIENTE
<b>Encendido</b>	De 40 °C	TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO
<b>Encendido con falla</b>	100 °C	SOBRECALENTAMIENTO

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

**TABLA 5. 8 INCLINACIÓN**

Aceleración	Consumo de combustible	Grados	Condiciones
<b>0 m/min</b>	0 lts.	0 °	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL
<b>0.88 m/min</b>	0.7 lts.	30 °	INCLINACION MÁXIMA POR CADA ORUGA
<b>0.88 m/min</b>	1.5 lts.	52°	VUELCO

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 5.5.1. Cálculo de rendimiento.

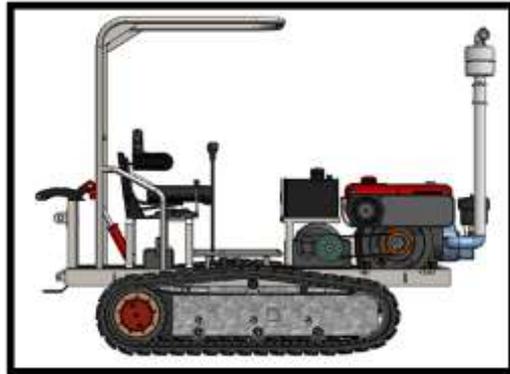


Figura 5.17 Tractor agrícola monoplaza a diésel

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Datos:

$$w = 7523,19 \text{ N}$$

$$d_1 = 0,685 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,75 \text{ m}$$

$$dT = 1,435 \text{ m}$$

Sumatoria de momentos

$$\sum mA = 0 \quad \text{ecuacion 5.1}$$

$$-7523,19 \text{ N} * 0,685 \text{ m} + w_2 * 1,435 = 0$$

$$w_2 = 3591,2 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0 \quad \text{ecuacion 5.2}$$

$$w_1 + w_2 - w = 0$$

$$w_1 = w - w_2$$

$$w_1 = 3931,99 \text{ N}$$

## CAPITULO 6

### MARCO ADMINISTRATIVO

#### 6.1 RECURSOS.

Con la finalidad de realizar el proyecto que se llevó a cabo de una forma planificada, se plantea el estudio y análisis de recursos empleados como: humanos, tecnológicos y recursos materiales que serán de gran ayuda para guiarnos y poder llegar a nuestro objetivo.

##### 6.1.1 RECURSOS HUMANOS.

Los recursos humanos son de gran importancia para la ejecución del trabajo titulado “OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL”.

**Tabla 6.1 Recursos Humanos.**

<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Detalle</b>
<b>1</b>	María del Carmen Mullo	<b>Investigador.</b>
<b>2</b>	Cristina Sánchez	<b>Investigador</b>
<b>3</b>	Ing. José Quiroz	<b>Director</b>
<b>4</b>	<b>Ing. Wilson Trávez</b>	<b>Codirector</b>

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

El trabajo de la investigación científica en la mayoría fue realizado por nosotros María del Carmen Mullo Casillas y Cristina del Rocío Sánchez Lara, con la designación de dos tutores que son los señores Ingenieros Wilson Trávez y José Quiroz quienes guiaron al proyecto en su inicio y terminación del mismo.

### 6.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS.

Para llevar a cabo el proyecto se utilizaron recursos tecnológicos para las diferentes áreas para el diagnóstico utilizamos un multímetro digital, un programa en ISIS 7 profesional que permitió el desarrollo de simulaciones de los circuitos eléctricos, el programa Solidworks para simulación mecánica, para tener evidencia se utilizó una cámara digital, una filmadora, para las consultas el uso del internet fue de gran ayuda y para la presentación del proyecto se utilizó una computadora.

Todos los recursos fueron herramientas esenciales para poder realizar el proyecto en el área de la investigación científica.

**Tabla 6. 2 Recursos tecnológicos.**

<b>No.</b>	<b>Nombre</b>
1	Multímetro Automotriz
2	Software ISIS 7 profesional
3	Software SolidWorks
4	Software automation studio 5.0
5	Computadora
6	Cámara
7	Filmadora
8	Internet

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

### 6.1.3 RECURSOS MATERIALES.

Los recursos materiales que se utilizó en la realización del proyecto son todos los componentes físicos que fueron necesarios para la construcción del tablero a bordo del tractor agrícola monoplaza a diésel, los componentes eléctricos y electrónicos.

Tabla 6.3 Recursos materiales

No.	Detalle
<b>Sistema hidráulico</b>	
1	Aceite hidráulico ISO68
2	Sellante
3	Manómetros
4	Teflón
5	Acople tipo T
<b>Motor</b>	
6	Aceite Motor 10W30
7	Diésel
8	Refrigerante
9	Filtro de aceite
10	Eje de transmisión de 2 ½ plg

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Tabla 6.4 Recursos eléctricos y electrónicos

No.	Detalle
<b>Eléctricos</b>	
1	Placas de circuitos eléctricos
2	Cable flexible #18, #16, #10
3	Fuente de voltaje 12v/ 110v
4	Fuente de alimentación 11v/ a 24v. de 2.5A
<b>Electrónicos</b>	
6	PLC visión 350 y módulo de expansión I/O- ATC8-A18
7	Sensores de presión motor a 16 BAR
8	Sensores de presión motor a 200 BAR
9	Sensor de temperatura
10	Acelerómetro MMA7361L
11	Medidor de nivel (tipo boya)
12	Sensor de proximidad

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

## 6.2 PRESUPUESTO.

Para la realización del proyecto titulado “OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL”, se necesita de un presupuesto para solventar todos los gastos y llegar a nuestra meta propuesta

Para la implementación del proyecto se realizó el consumo de materiales eléctricos, electrónicos, dispositivos de control, materiales mecánicos que se detallan en la tabla 6.5.

**Tabla 6.5: Lista de materiales y precios**

ÍTE M	DESCRIPCIÓN	CANT	P.UNIT	TOTAL
1	PLC visión 350 y módulo de expansión I/O- ATC8-A18	1	950	950
2	Placas de circuitos eléctricos	3	10	30
3	Cable flexible #18, #16, #10	10m	0.28	2.80
4	Sensor de temperatura	2	10	20
5	Acelerómetro MMA7361L	1	40	40
6	Sensores de presión motor a 16 BAR	1	150	150
7	Sensores de presión motor a 200 BAR	1	170	170
8	Medidor de nivel (tipo boya)	2	25	50
9	Sensor de proximidad	1	50	50
10	Fuente de voltaje 12v/ 110v	1	50	50
11	Fuente de alimentación 11v/ a 24v. de 2.5ª	1	90	90
12	Cajas de placas eléctricas	2	5	5
12	Cubierta de tablero de instrumentos (material de acero inoxidable)	1	10	10
13	Cautín, estaño y pomada	1	10	10
14	Tornillos	60	0.05	3

CONTINUA



15	Eje de transmisión de 2 ½ plg.	1	7	7
16	Otros accesorios y repuestos para motores de vehículos	1	14	14
17	Pintura	3 lts.	8	24
18	Masilla automotriz	1	5	5
19	Juego de brocas y cuchilla	1	6	6
20	Aceite motor 10W30	3 lts.	7	21
21	Aceite hidráulico ISO68	22 lts.	80	80
<b>Total</b>				<b>\$1787.80</b>

Elaborado por: Mullo, M. Sánchez, C.

Con todos las inversiones descritas en la tabla 5.5 se realizó una inversión total de 1787.80 USD para el presente proyecto.

Máquinas semejantes al proyecto están a un costo de \$ 35000 USD.

Al comparar el valor de las maquinas semejantes con el valor del proyecto, se determina que el costo es mucho menor; por ello se puede realizar la máquina a nivel industrial.

### 6.3 FINANCIAMIENTO.

Todo el financiamiento se realizó por parte de nosotros: María del Carmen Mullo Casillas y Cristina del Rocío Sánchez Lara.

### 6.4 CRONOGRAMA.

Ver anexo I

### 6.5 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

La hipótesis planteada para el proyecto es:

¿La optimización del tablero a bordo y la elaboración de un manual de mantenimiento del tractor agrícola monoplaza a diésel ayudarán a prevenir daños en el mismo cuando esté sometido a diferentes condiciones de trabajo aumentando su vida útil?

La optimización del tablero a bordo y la elaboración de un manual de mantenimiento del tractor agrícola monoplaza a diésel ayudarán a prevenir daños en el mismo cuando esté sometido a diferentes condiciones de trabajo aumentando su vida útil; este proyecto será útil para prácticas del mismo.

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Concluido el presente proyecto de investigación consideramos las siguientes conclusiones:

#### **7.1 CONCLUSIONES:**

- Se optimizó el tablero a bordo mediante su digitalización y se elaboró el manual de mantenimiento con sus respectivos protocolos en el tractor agrícola monoplaza a diésel.
- Se Implementó un sistema digital de registro de las variables del automotor como presión de aceite del motor, presión hidráulica de la transmisión, temperatura del motor, estado de carga de la batería, nivel de combustible, medidor de estabilidad, tiempo de funcionamiento acumulado y revoluciones por minuto.
- Se desarrolló la Interfaz Humano Máquina (HMI) para monitoreo de las variables descritas en un sistema a bordo del tractor que son visualizadas en tiempo real.
- Se evaluó el rendimiento mecánico de los sistemas que conforman el motor de combustión interna del tractor en tiempo real mediante diferentes pruebas de funcionamiento en diversos ambientes de trabajo del tractor.
- Se estableció los valores óptimos de funcionamiento del tractor agrícola monoplaza a diésel para el mantenimiento programado.
- Se creó el protocolo o manual de mantenimiento en función de las horas de trabajo de los sistemas del tractor mediante la información obtenida del monitoreo e inspecciones previas.
- Se proporcionó seguridad en el funcionamiento del vehículo, mediante la implementación de instrumentos de información y mantenimiento.

## 7.1 RECOMENDACIONES:

- Se recomienda tomar las debidas precauciones al instalar el equipo de monitoreo ya que nuestros circuitos eléctricos y electrónicos al tener como elemento principal un PLC que opera a 24v y ciertos elementos trabajan con 5v., por consiguiente pueden sufrir daños en el tractor con su alimentación de 12v CC.
- Es indispensable tener un interruptor principal de protección al equipo de monitoreo, utilizando elementos electrónicos, ya sean estos fusibles, relé y otros elementos de protección.
- En el momento en que es activada alguna alarma se recomienda que se obedezca y verifique la alerta desplegada en la pantalla, por seguridad del vehículo.
- Se recomienda seguir en orden el procedimiento dado por el manual de operación.
- Se recomienda que para cualquier instalación eléctrica o electrónica se base en los planos electrónicos y realizar una correcta conexión de empates y conectores, para aumentar la seguridad del sistema.
- Se recomienda la utilización del PLC Unitronics por contar con una interfaz gráfica y el touch screen.
- Antes de operar la máquina se deben conocer sus características técnicas, para una inspección visual de todo el tractor.
- Se recomienda utilizar las herramientas adecuadas para el proceso de mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Aguirre, J. (S. F.). Actuadores eléctricos y mecánicos. *Actuadores eléctricos y mecánicos*. Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño", Jalisco, Puerto Vallarta.
- Gil, H. (2002). *Sistemas de inyección diesel*. barcelona: Ediciones CEAC.
- Gilardi, J. (1978). sistema de enfiamento. En J. Gilardi, *Motores de combustión interna* (pág. 7). san jose : IICA.
- Karlo, A. (2008). *Secrets of 5 - Axis Machining*. New York: Library of Congress Catalogin.
- LUIS VITERI, J. J. (9 de marzo de 2011). ANÁLISIS DE LA DEGRADACION DE ACEITES LUBRICANTES Y PROPUESTA DE PLANES DE MEJORA PARA EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO PESADO DEL ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTÓN ARCHIDONA. riobamba.
- Mandado, E. M. (1995). *Instrumentación Electrónica*. Barcelona: Marcombo.
- ROMERO. (2013). sistemas decontrol. LATACUNGA.
- Santander, J. r. (2005). sistemas de inyeccion. guayaquil.
- Sierra, J. G. (1998 ). circuitos hidraulicos (direccion hidraulica). En J. G. Sierra, *Elementos hidráulicos en los tractores y máquinas agrícolas* (págs. 139-152). barcelona: Mundi-Prensa Libros s. a.

## NETGRAFÍA

Fundación Wikimedia, Inc. (15 de octubre de 2011). *wikipedia*.

<http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232>, [Citado: 12- 11 - 2013],

@NestorL. (14 de noviembre de 2012). *civilgeeks*.

<http://civilgeeks.com/2012/11/14/horometro-dispositivo-digital-en-maquinarias-pesadas/>, [Citado: 1- 03 - 2013],

Artsoft, C. (01 de 01 de 2006). *Newfangled Solutions*. Newfangled Solutions:

<http://www.machsupport.com/software/mach3/>, [Citado: 03 - 12 - 2012],

Bolaños, D. (04 de 03 de 2013). *Apuntes de Electrónica - Informática - Tecnología*.

Apuntes de Electrónica - Informática - Tecnología: <http://www.bolanosdj.com.ar/index2.htm>, [Citado: 01 - 05 - 2013],

C., i. G. (5 de octubre de 2010). *slideshare*.

<http://es.slideshare.net/llonto/maquinaria-pesada>, [Citado: 20 -01 - 2014],

caterpillar. (25 de mayo de 1930). *caterpillar*. <http://www.caterpillar.com/>,

[Citado: 9 - 11 - 2013],

eeacarboni. (24 de junio de 2010). *scribd*.

<http://es.scribd.com/doc/33510046/MANUAL-DE-MECANICA-AGRICOLA>, [Citado: 10 - 11 - 2013],

electromecanicafacil. (30 de junio de 2012). *professionalautomotive*.

<http://professionalautomotive.wordpress.com/2012/06/30/el-alternador-principio-de-funcionamiento/>, [Citado: 20 - 03 - 2014],

fácil, E. (23 de septiembre de 2011). *professionalautomotive*.

<http://professionalautomotive.wordpress.com/2011/09/23/el-motor-de-arranque-funcionamiento/>, [Citado: 30 – 02 - 2014],

Freescale Semiconductor. (4 de abril de 2008). *sparkfun*.  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/MMA7361L.pdf>, [Citado: 11 – 11 - 2013].

Gutierrez, D. (12 de julio de 2011). *ehowenespanol*.  
[http://www.ehowenespanol.com/definicion-maquinaria-pesada-hechos\\_104163/](http://www.ehowenespanol.com/definicion-maquinaria-pesada-hechos_104163/), [Citado: 9- 11 - 2013].

medir temperatura. (5 de noviembre de 2012). *medir temperatura*.  
<http://medirtemperatura.com/termistor.php>, [Citado: 15 – 11 - 2013].

meganeboy, D. (8 de marzo de 2011). *aficionadosalamecanica*.  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores2-modelos.htm>,  
[Citado: 10 – 11 – 2013],

ritchiewiki. (11 de enero de 2010). *ritchiewiki*.  
[http://www.es.ritchiewiki.com/wikies/index.php/Tractor\\_de\\_orugas\\_de\\_goma](http://www.es.ritchiewiki.com/wikies/index.php/Tractor_de_orugas_de_goma), [Citado: 12 – 11 - 2013],

Romero, J. M. (4 de enero de 2012). *electroaut.blogspot.*  
<http://electroaut.blogspot.com/2012/06/como-instalar-o-reparar-fallas-en-el.html>, [Citado: 12 – 11 – 2013]

sabelotodo.org. (11 de mayo de 2010). *sabelotodo.org*.  
<http://www.sabelotodo.org/automovil/relojgasolina.html>, [Citado: 12 – 11 - 2013].

Sensores. (02 de 05 de 2011). *SENSORES*,  
<http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>, [Citado: 03 – 11 - 2012].

TodoRobot. (24 de 06 de 2013). Todo Robot: <http://www.todorobot.com.ar/>,  
[Citado: 02 - 11 - 2013].

TRANSPORTES MARSIO S. L. (20 de febrero de 1978). *TRANSPORTES MARSIO S. L.* [http://www.transportesmarsio.com/?page\\_id=5](http://www.transportesmarsio.com/?page_id=5), [Citado: 9 - 11 - 2013].

TRATECO S.A. de C.V. (14 de septiembre de 2007). *TRATECO S.A.* <http://www.trateco.net/>: <http://www.trateco.net/>, [Citado: 8 – 11 - 2013]

unitronics. (13 de noviembre de 2006). *unitronics.*, [www.unitronics.com](http://www.unitronics.com), [Citado: 10 - 12 - 2013].

wikipedia. (11 de abril de 1995). *wikipedia.* [http://es.wikipedia.org/wiki/Generador\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Generador_el%C3%A9ctrico), [Citado: 20 – 03 - 2014].

wikipedia. (3 de abril de 2014). *wikipedia.* <http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula>, [Citado: 20 – 04 - 2014].

## GLOSARIO

### A

**ASTM:** American Society for Testing and Materials. Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

**A36:** El acero A36, tiene una densidad de 7850 kg/m<sup>3</sup>. El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 pulgadas (203.2mm)

### G

**Geckodrive:** Controlador de velocidad y posición de motores a paso.

### H

**Hardware:** Todos los elementos físicos del computador ó PLC.

**HMI:** Interfaz humano máquina.

### P

**PLC:** controlador lógico programable.

### R

**RAM:** Memoria de acceso aleatorio.

**ROM:** Memoria solo de lectura.

### S

**Software:** Conjunto de programas que ejecuta un computador o PLC.

# ANEXOS

**ÍNDICE DE ANEXOS.**

- ANEXO A PLANOS MECÁNICOS DEL TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL.
- ANEXO B PLANOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA.
- ANEXO C PLANO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DEL SISTEMA.
- ANEXO E CARACTERÍSTICAS DEL PLC UNITRONICS.
- ANEXO F CARACTERÍSTICAS DEL INCLINOMETRO.
- ANEXO G CARACTERÍSTICAS DEL MODULO DE EXPANSIÓN.
- ANEXO H PROGRAMACIÓN.
- ANEXO I CRONOGRAMA.
- ANEXO J MANUAL DE MANTENIMIENTO.