



# **ESPE**

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

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

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA  
DE UN MÓDULO ACADÉMICO DE INTERACCIÓN HOMBRE –  
MÁQUINA PARA CONTROLAR LA SOLDADURA DE UNA  
MÁQUINA SOLDADORA MILLERMATIC 300 EN LAS  
PRÁCTICAS DE LAS ASIGNATURAS DE SOLDADURA I Y II”**

**AUTORES:**

**REINALDO CARLOS MOREIRA ZAMBRANO**

**ALVARO DAVID MOYA NARANJO**

**DIRECTOR: MSc. PATRICIO RIOFRÍO**

**COORDIRECTOR: ING. PEDRO MERCHÁN**

**SANGOLQUÍ**

**AGOSTO 2015**

## CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN MÓDULO ACADÉMICO DE INTERACCIÓN HOMBRE – MÁQUINA PARA CONTROLAR LA SOLDADURA DE UNA MÁQUINA SOLDADORA MILLERMATIC 300 EN LAS PRÁCTICAS DE LAS ASIGNATURAS DE SOLDADURA I Y II” fue realizado en su totalidad por Reinaldo Carlos Moreira Zambrano y Alvaro David Moya Naranjo, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico.



---

MSc. Patricio Riofrío

DIRECTOR



---

Ing. Pedro Merchán

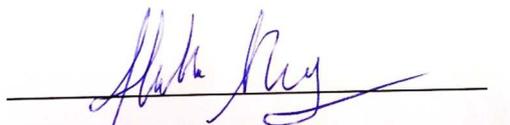
CODIRECTOR

Sangolquí, 2015-08-14

## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN MÓDULO ACADÉMICO DE INTERACCIÓN HOMBRE – MÁQUINA PARA CONTROLAR LA SOLDADURA DE UNA MÁQUINA SOLDADORA MILLERMATIC 300 EN LAS PRÁCTICAS DE LAS ASIGNATURAS DE SOLDADURA I Y II”

ELABORADO POR:

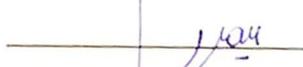


**Reinaldo Carlos Moreira Zambrano**



**Alvaro David Moya Naranjo**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**Ing. Francisco Terneus**

Director de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica



Sangolquí, 2015-08-14

## CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

### AUTORIZACIÓN

Nosotros: Reinaldo Carlos Moreira Zambrano y Alvaro David Moya Naranjo

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN MÓDULO ACADÉMICO DE INTERACCIÓN HOMBRE – MÁQUINA PARA CONTROLAR LA SOLDADURA DE UNA MÁQUINA SOLDADORA MILLERMATIC 300 EN LAS PRÁCTICAS DE LAS ASIGNATURAS DE SOLDADURA I Y II” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

**Reinaldo Carlos Moreira Zambrano**

**Alvaro David Moya Naranjo**

Sangolquí, 2015-08-14

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres Mauricio y Nittza a quienes amo mucho, siempre me apoyaron y aunque la distancia nos separaba nunca sentí que ellos me faltaran, todo lo que soy se lo debo a ellos, y este logro fue posible por sus consejos, sus enseñanzas, su ejemplo, y sus preocupaciones. A mis hermanos, en especial a mi hermano Rolando quien fue mi compañía durante toda mi carrera. A mi familia; a mis tíos que fueron como mis segundos padres, y a todos quienes hicieron posible este logro.

**REINALDO CARLOS MOREIRA ZAMBRANO**

## DEDICATORIA

*“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”. Filipenses 4:13*

Esta tesis la dedico a mi Señor Jesucristo que sin Él esto nunca lo hubiese logrado, a mis padres Wilson y Mery que han visto por todo mi esfuerzo en el transcurso de mi experiencia universitaria y que pese a las desventuras de la vida jamás se despreocuparon de mí en todo sentido y eso ha hecho que yo nunca me dé por vencido de conseguir este objetivo. La vida nos puso una prueba muy difícil pero no nos rendimos, gracias a la unión familiar en conjunto con mi ñaña Evelyn hemos podido seguir esforzándonos y luchando por el lazo familiar, a mi amor Pame que siempre se ha preocupado porque yo logre esta meta y a todo su amor. Además la dedico a mis abuelitos por todo su amor demostrado, Paca, Clarita y Mamita Gloria. No puedo olvidarme la promesa a mi abuelito Oswaldo que en paz descansa, no le falle papito lo logré.

**ALVARO DAVID MOYA NARANJO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios, quien me enseñó que todas las cosas tienen su tiempo de llegada y todo sucede por una razón, sus planes y su tiempo son perfectos, al ingeniero Santiago Castellanos que fue el mentor de este proyecto, a mi compañero y amigo incondicional Alvaro con quien compartimos muchos proyectos durante la carrera y al final de la misma, al ingeniero Roberty Velasco quien apoyó en todo momento durante la realización del proyecto, a todos los amigos y personas que me apoyaron y me dieron ánimos para continuar.

**REINALDO CARLOS MOREIRA ZAMBRANO**

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias al Ingeniero Santiago Castellanos por haber confiado en nosotros para la realización de este tema de tesis fue tan ilustre el dejarnos proyectar su idea, Muchas gracias a Giotto Rivera por ser un amigo incondicional y apoyarnos en la construcción del área de trabajo. Gracias a todos los amigos que se acordaron de mí y me dieron sus mejores deseos cuando la desgracia embargo mi lecho familiar. Un agradecimiento especial a mi amigo, hermano, compañero de trabajo y compañero de tesis Reinaldo muchas gracias por haberme ayudado en los meses de mi ausencia y nunca renunciar a nuestro proyecto pese a mi lejanía. Gracias al Ingeniero Roberty Velasco por su desinteresado apoyo en la realización del proyecto de grado siempre estuvo presto en la ejecución del mismo.

**ALVARO DAVID MOYA NARANJO**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT .....	xix
<b>1. CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
1.1.    Introducción.....	1
1.2.    Antecedentes .....	2
1.3.    Definición del problema.....	3
1.4.    Objetivos.....	3
1.4.1.    General. ....	3
1.4.2.    Específicos. ....	3
1.5.    Justificación e Importancia. ....	4
1.6.    Alcance .....	4
1.6.1.    Componentes mecánicos.....	4
1.6.2.    Componentes electrónicos/eléctricos. ....	5
1.6.3.    Componentes del sistema de control.....	5
1.6.4.    Software para implementación, análisis y simulación.....	5
1.7.    Estructura del Documento. ....	6
<b>2. CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>8</b>
2.1.    Fundamentación Teórica de un Módulo Interactivo y Educativo.....	8
2.1.1.    Interacción .....	8
2.1.2.    Módulo .....	8
2.1.3.    Módulo Interactivo .....	8
2.1.4.    Módulo Educativo o Académico.....	9

2.1.5.	Equipos Interactivos de Soldadura en el mercado. ....	9
2.1.5.1.	Miller LiveArc (Miller, 2014) .....	9
2.1.5.2.	Fronius TPS/i Intelligent Revolution (Fronius, 2013) .....	11
2.2.	Soldadora GMAW: Componentes. ....	14
2.2.1.	Soldadura GMAW. ....	14
2.2.2.	Fuente de Alimentación.....	16
2.2.3.	Unidad de alimentación del hilo. ....	16
2.2.4.	Sistema de alimentación por empuje.....	16
2.2.5.	Conducto del hilo.....	16
2.2.6.	Pistola de soldadura. ....	17
2.3.	Soldadura GMAW: Parámetros y variables. ....	17
2.3.1.	Velocidad del hilo. ....	17
2.3.2.	Ángulo de la pistola.....	17
2.3.3.	Ángulo de avance.....	17
2.3.4.	Velocidad de avance. ....	18
2.3.5.	Voltaje. ....	18
2.3.6.	Corriente. ....	18
2.3.7.	Velocidad de flujo del Gas. ....	18
2.4.	Gas Protector.....	18
2.5.	Soldadora MILLERMATIC 300 componentes. ....	19
3.	CAPÍTULO 3 .....	25
3.1.	Identificación de las Especificaciones.....	25
3.1.1.	Desarrollo de la función de calidad (QFD). ....	25
3.1.2.	Especificación del producto.....	30
3.2.	Diseño Conceptual.....	31
3.2.1.	Estructura funcional. ....	31
3.3.	Diseño de Materialización.....	36
3.3.1.	Requerimientos limitadores. ....	36
3.3.2.	Funciones y parámetros críticos.....	38
3.3.3.	Alternativas de diseño y materialización preliminar.....	38
3.3.4.	Evaluación y selección de las alternativas de diseño. ....	40

3.3.5.	Diseño de materialización definitivo.....	42
3.4.	Diseño de Detalle.....	44
3.4.1.	Determinación de la geometría y materiales.....	44
3.4.2.	Dimensionamiento y selección de sensores.....	47
3.4.3.	Diseño de panel de control y circuitos impresos.....	49
3.4.4.	Lista de piezas y componentes.....	66
3.4.5.	Diseño de la interfaz.....	69
3.4.6.	Diseño del sistema de seguridad y control de acceso.....	76
3.4.7.	Planos de detalle.....	80
3.5.	Construcción.....	81
3.5.1.	Soportes y Acoples Estructurales.....	81
3.5.2.	Implementación Sensores.....	85
3.5.3.	Ensamblaje.....	90
4.	CAPÍTULO 4.....	99
4.1.	Pruebas y Resultados de Funcionamiento de los Módulos.....	99
4.1.1.	Módulo de ingreso de usuario.....	99
4.1.2.	Módulo de registro de horas de trabajo.....	101
4.1.3.	Módulo de interfaz con el usuario.....	102
4.1.4.	Módulo de registro de señales.....	105
4.1.5.	Módulo de registro visual.....	111
4.2.	Validación del Funcionamiento completo.....	113
5.	CAPÍTULO 5.....	121
5.1.	Manual de uso.....	121
5.1.1.	Encendido del sistema.....	121
5.1.2.	Manejo de la aplicación.....	125
5.1.3.	Apagado del sistema.....	136
5.2.	Manual de mantenimiento.....	138
6.	CAPÍTULO 6.....	139
6.1.	Análisis de Costos.....	139
6.1.1.	Costos Directos.....	139
6.1.2.	Costos Indirectos.....	142

6.1.3. Costos Totales.....	144
7. CAPÍTULO 7 .....	145
7.1. Conclusiones.....	145
7.2. Recomendaciones .....	147
8. BIBLIOGRAFÍA.....	149
9. ANEXOS.....	149
Anexo 1: Sondeo (Encuesta) .....	150
Anexo 2: Selección de Componentes por criterios ponderados.....	151
Anexo 3: Especificaciones Técnicas de los elementos.....	152
Anexo 4: Planos .....	153
Anexo 5: Diagramas Eléctricos.....	154
Anexo 6: Manual de Mantenimiento.....	155
Anexo 7: Prácticas a ejecutarse en el proyecto. ....	156
Anexo 8: Encuesta de Satisfacción.....	157
Anexo 9: Programación de la interfaz y del módulo RFID.....	158

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Miller LiverArc .....	9
Figura 2. Pistola inteligente rango de trabajo 400 Amp .....	10
Figura 3. Pantallas visualizadores de los rangos WPS.....	11
Figura 4. Fronius TPS7i Intelligent Revolution .....	11
Figura 5. Display de manejo de la Fronius TPS7i Intelligent Revolution.....	12
Figura 6. Conexión de Componentes de la Fronius TPS7i Intelligent Revolution ....	13
Figura 7. Display utilitario en pistola de la Fronius TPS7i Intelligent Revolution .....	13
Figura 8. Módulo de actualizaciones portátil de la Fronius TPS7i Intelligent Revolution.....	14
Figura 9. Diagrama del Proceso (GMAW).....	15
Figura 10. Diagrama de Bloque GMAW .....	15
Figura 11. Ciclo de trabajo vs Corriente de Soldadura .....	20
Figura 12. Mecanismo de Alimentación del Alambre .....	22
Figura 13. Mecanismo de Alimentación del Gas.....	23
Figura 14. Panel de Control Frontal .....	24
Figura 15. Partes características reemplazables de la pistola de soldadura. ....	24
Figura 16. Casa de la calidad aplicada al proyecto .....	29
Figura 17. Estructura Funcional.....	32
Figura. 18 Módulo de ingreso de usuario.....	33
Figura. 19 Módulo de registro de horas de trabajo.....	34
Figura 20. Módulo de interfaz con el usuario 1 .....	34
Figura 21. Módulo de interfaz con el usuario 2 .....	35
Figura 22. Módulo de registro de señales .....	35
Figura 23. Módulo de registro visual .....	36
Figura 24. Detalle del sistema modular .....	43
Figura 25. Vista Isométrica del Área de Trabajo y desarrollo del presente proyecto.....	45
Figura 26. Termocupla tipo K.....	47
Figura 27. Sensor de corriente de efecto Hall .....	48
Figura 28. Sensor de presión .....	49
Figura 29. Distribución de los botones e interruptores.....	50
Figura 30. Multiplicador de voltaje por 10 .....	53

Figura 31. Restador de 15V .....	53
Figura 32. Gráfica de Voltaje vs Corriente .....	55
Figura 33. Acondicionador de termocupla.....	56
Figura 34. Gráfica Voltaje vs Temperatura .....	57
Figura 35. Conversor de corriente a Voltaje .....	57
Figura 36. Terminales de la placa de control en la soldadora .....	58
Figura 37. Gráfica voltaje de salida de soldadora vs voltaje de salida de la placa... 59	
Figura 38. Gráfica de voltaje de salida en la placa vs velocidad de salida del alambre .....	60
Figura 39. Esquema de la parte superior de la placa de acondicionamiento de los sensores.....	62
Figura 40. Esquema de la parte inferior de la placa de acondicionamiento de los sensores .....	62
Figura 41. Modelo 3D de la placa de acondicionamiento.....	63
Figura 42. Vista superior 3D de la placa de acondicionamiento.....	63
Figura 43. Esquema de la parte superior de la placa de control para el arduino .....	64
Figura 44. Esquema de la parte inferior de la placa de control para el arduino.....	64
Figura 45. Vista superior del modelo 3D de la placa de control del arduino .....	65
Figura 46. Modelo 3D de la placa de control del arduino .....	65
Figura 47. Distribución de las pantallas en la aplicación .....	70
Figura 48. Modelo de plantilla para las pantallas.....	71
Figura 49. Pantalla de paro de emergencia.....	73
Figura 50. Pantalla de ayuda .....	74
Figura 51. Ingreso de datos por teclado.....	75
Figura 52. Ingreso de comandos por selección de opciones.....	75
Figura 53. Ingreso de comandos por selección en lista.....	75
Figura 54. Pantalla de advertencia.....	76
Figura 55. Módulo RFID bajo el panel de control.....	78
Figura 56. Pantalla de descarga de registro .....	80
Figura 57. Soporte estructural izquierdo .....	81
Figura 58. Soporte estructural derecho .....	82
Figura 59. Caja contenedora de CPU.....	83
Figura 60. Soporte lente oscuro.....	84

Figura 61. Soporte cámaras .....	84
Figura 62. Soporte Manguera .....	85
Figura 63. Base caja sensor corriente .....	86
Figura 64. Tapa superior caja sensor corriente.....	86
Figura 65. Despiece del sensor de corriente y sus acoples.....	87
Figura 66. Soporte termocupla.....	88
Figura 67. Despiece del sensor de temperatura y su acople.....	88
Figura 68. Despiece del sensor de presión y sus acoples .....	89
Figura 69. Ensamblaje final área de trabajo de la soldadora Millermatic 300 y todos sus equipos. ....	90
Figura 70. Placa de acondicionamiento de sensores.....	91
Figura 71. Placa de control relé y varios usos.....	91
Figura 72. Cableado por las canaletas .....	92
Figura 73. Montaje armario de control.....	93
Figura 74. Montaje caja de control .....	93
Figura 75. Armario armado con todos sus elementos.....	94
Figura 76. Caja de control conexión de elementos y pantalla táctil con su controlador .....	94
Figura 77. Conjunto de fotos donde se observa los procesos de maquinado iniciales; cortado, fresado, doblado.....	95
Figura 78. Conjunto de fotos donde se muestra los procesos de ensamble soldado y taladrado.....	96
Figura 79. Conjunto de imágenes donde se observa el proceso de ensamblaje a través de pernos, tuercas y tornillos .....	97
Figura 80. Conjunto de imágenes instalación de sensores.....	98
Figura 81. Uso de la tarjeta, sobre el módulo RFID .....	100
Figura 82. Verificación correcta del usuario.....	100
Figura 83. Visualización de usuario no autorizado .....	100
Figura 84. Hoja de registro de datos en Excel .....	101
Figura 85. Descarga del archivo de registro .....	102
Figura 86. Uso de la pantalla táctil .....	103
Figura 87. Uso de la interfaz .....	104
Figura 88. Rendimiento del CPU .....	105
Figura 89. Funcionamiento de las cámaras.....	112

Figura 90. Pantallas de visualización.....	113
Figura 91. Representación porcentual de pregunta 1 .....	114
Figura 92. Representación porcentual de pregunta 2 .....	115
Figura 93. Representación porcentual de pregunta 3 .....	116
Figura 94. Representación porcentual de pregunta 4 .....	117
Figura 95. Representación porcentual de pregunta 5 .....	118
Figura 96. Representación porcentual de pregunta 6 .....	119
Figura 97. Representación porcentual de pregunta 7 .....	120
Figura 98. Interruptor principal encendido.....	121
Figura 99. Panel de control.....	122
Figura 100. Interruptor de encendido.....	122
Figura 101. Interruptor de modo en Modo Libre.....	123
Figura 102. Interruptor de modo en Modo Guía.....	123
Figura 103. Luces de servicio y marcha encendidas .....	124
Figura 104. Botón de Arranque.....	124
Figura 105. Botón de encendido de monitores exteriores .....	125
Figura 106. Inicio de la aplicación .....	126
Figura 107. Estructura de las pantallas .....	127
Figura 108. Pantalla de ingreso de datos: alumno .....	128
Figura 109. Pantalla de ingreso de datos: docente, técnico .....	128
Figura 110. Pantalla de selección de prácticas.....	129
Figura 111. Pantalla de descarga de registros.....	130
Figura 112. Primera pantalla de seguridad .....	130
Figura 113. Segunda pantalla de seguridad .....	131
Figura 114. Tercera pantalla de seguridad .....	131
Figura 115. Pantalla de modo libre.....	132
Figura 116. Pantalla de selección de parámetros.....	132
Figura 117. Pantalla de visualización de variables .....	133
Figura 118. Pantalla de visualización de videos .....	133
Figura 119. Pantalla de apreciación de cámaras.....	134
Figura 120. Pantalla de material extra .....	134
Figura 121. Pantalla guía de objetivos.....	135
Figura 122. Pantalla guía de desarrollo.....	135

Figura 123. Botón de paro de emergencia.....	136
Figura 124. Pantalla de apagado del sistema .....	136
Figura 125. Interruptor de modo en modo normal .....	137
Figura 126. Interruptor de encendido del sistema apagado.....	137
Figura 127. Interruptor principal apagado .....	138

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterio de evaluación y peso específico en el Sistema de Ingreso .....	41
Tabla 2. Facilidad de uso en el Sistema de Ingreso.....	41
Tabla 3. Seguridad en el Sistema de Ingreso.....	41
Tabla 4. Precio en el Sistema de Ingreso .....	42
Tabla 5. Conclusiones en el Sistema de Ingreso.....	42
Tabla 6. Prueba del sensor de corriente .....	54
Tabla 7. Error en la ecuación del sensor de corriente.....	55
Tabla 8. Prueba de salida de voltaje de la placa en la soldadora para leer el voltaje de soldadura.....	59
Tabla 9. Prueba de salida de voltaje de la placa en la soldadora para leer la velocidad de salida del alambre.....	60
Tabla 10. Resultados de las pruebas del sensor de corriente.....	106
Tabla 11. Resultados de las pruebas del sensor de temperatura.....	107
Tabla 12. Resultados de las pruebas del sensor de presión 1.....	108
Tabla 13. Resultados de las pruebas del sensor de presión 2.....	108
Tabla 14. Resultados de las pruebas de las medidas de voltaje de salida .....	109
Tabla 15. Resultados de las pruebas de las medidas de la velocidad de salida del alambre.....	110
Tabla 16. Resultados numéricos pregunta 1 .....	114
Tabla 17. Resultados numéricos pregunta 2 .....	115
Tabla 18. Resultados numéricos pregunta 3.....	116
Tabla 19. Resultados numéricos pregunta 4 .....	116
Tabla 20. Resultados numéricos pregunta 5 .....	117
Tabla 21. Resultados numéricos pregunta 6.....	118
Tabla 22. Resultados numéricos pregunta 7 .....	119
Tabla 23. Costos de Materiales Mecánicos .....	140

Tabla 24. Costos Materiales Eléctricos y Electrónicos.....	141
Tabla 25. Costo de Fabricación y ensamblaje .....	142
Tabla 26. Costos de Mano de Obra Indirecta.....	142
Tabla 27. Costo Materiales indirectos.....	143
Tabla 28. Costos Operativos .....	143
Tabla 29. Costos totales .....	144

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ajustes en variables y técnicas de soldadura .....	19
Cuadro 2. Especificaciones Millermatic 300 .....	19
Cuadro 3. Diámetro del alambre, Voltaje y la Velocidad de salida .....	21
Cuadro 4. Lista de especificaciones del equipo .....	30
Cuadro 5. Alternativas de Diseño .....	39
Cuadro 6. Componentes definitivos de selección.....	42
Cuadro 7. Acabados de los equipos .....	46

## RESUMEN

En el presente documento se detalla el diseño y construcción de un módulo académico de interacción hombre – máquina para controlar la soldadura de una máquina soldadora Millermatic 300 en las prácticas de las asignaturas de soldadura I y II en el Laboratorio de Procesos de manufactura de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. El módulo contiene una interfaz con una guía interactiva que posee material de apoyo para el desarrollo de las prácticas de soldadura I y II, posee un sistema de reconocimiento de usuario mediante tarjetas RFID con niveles de acceso específicos para cada usuario, realiza la toma de datos y parámetros relevantes para las prácticas mediante dispositivos de sensado, posee un sistema de toma y despliegue de imágenes mediante cámaras y pantallas para una mejor visualización del proceso de soldadura, y al final existe un registro de los detalles del uso de la soldadora durante el uso de la aplicación. Este documento abarca la fundamentación teórica de los temas relacionados con el proyecto, la especificación, y luego selección, de los componentes que conforman el sistema de acuerdo a los requerimientos limitadores, a las funciones y a los parámetros críticos, el detalle del diseño y la construcción de los elementos físicos y los programas, las pruebas realizadas y los resultados del funcionamiento de los sub módulos, los manuales de uso y mantenimiento de los equipos, un análisis de costos de todo el proyecto, y finalmente conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo del sistema. Además están anexados planos de los equipos, diagramas eléctricos, especificaciones técnicas y más documentos de interés relacionados con la construcción y con la manipulación del módulo interactivo.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **SOLDADURA**
- **INTERACTIVA**
- **MATERIAL DE APOYO**
- **NIVELES DE ACCESO**
- **REGISTRO**

## **ABSTRACT**

Herein this document are detailed the design and construction of an academic module of interaction men-machine to control the welding in a welding machine Millermatic 300 in the practices of “Soldadura I y II” performed in the Laboratory of Manufacturing Processes of the University of Armed Forces ESPE. This module contains an interface with an interactive guide that has support material for the development of the practices of “soldadura I y II”, the module has an user recognition system through RFID cards with specific access levels for each user, the module performs the data and parameters acquisition relevant to the practices, through sensing devices, the module has a capturing and displaying image system through webcams and monitors for a better visualization of the application use, at the end there is a register of the using details of the welding machine use. This document covers the theoretical foundations of the topics related to the project, the specification and selection of the components that comprise the system according to the limiters requirements, to the functions and critic parameters, the design and construction details of the software and hardware, it contains tests and results of operation of the sub modules, it contains the use and maintenance manual of the equipment, it contains an analysis of the entire project costs, and finally it contains conclusions and recommendations about the development of the system. The document has attached drawings of the equipment, wiring diagrams, technical specifications and relevant documents related to the construction and manipulation of interactive module.

### **KEY WORDS:**

- **WELDING**
- **INTERACTIVE**
- **SUPPORT MATERIAL**
- **ACCESS LEVELS**
- **REGISTER**

# 1. CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1. Introducción.

El sistema didáctico interactivo cuenta con una guía y asesoramiento para las prácticas de soldadura. Dispone de sensores que miden parámetros tales como: velocidad de salida del alambre, voltaje de trabajo, amperaje, temperatura de la placa o probeta a soldar y presión de salida del gas de protección. Estos parámetros son mostrados en una pantalla y se pueden comparar con catálogos y recomendaciones técnicas para verificar su correcto valor.

Se selecciona la práctica y todos los parámetros se limitan a los que se usan en dicha práctica. El sistema proporciona información sobre las medidas de seguridad que se deben seguir.

Para una mejor visualización del proceso y a modo de demostración para otras personas que no estén realizando el trabajo de soldadura se dispone de una cámara digital que captura la realización de la práctica.

El sistema dispone de un módulo RFID para definir niveles de acceso al uso del equipo. Los niveles de acceso se dividen en: Alumno, Docente, Técnico. Dependiendo de este nivel se puede tener mayor libertad para modificar parámetros tales como voltaje o velocidad de alimentación del alambre en la soldadora. A los alumnos y los maestros se les limita a usar los valores específicos de la práctica que hayan seleccionado, mientras que los asistentes disponen de un modo libre que es un modo sin restricción en cuanto a los rangos de los parámetros.

El módulo maneja un registro de las horas de trabajo de la soldadora, con la posibilidad de registrar el usuario (alumno, maestro, asistente) y la práctica que se realizó.

## 1.2. **Antecedentes.**

La Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, quien patrocina el proyecto, durante sus 92 años de recorrido en el país se ha enfocado en desarrollar la excelencia en sus estudiantes, para ello el innovar y mejorar sus métodos de enseñanza de acuerdo a las necesidades de su tiempo ha sido una de sus prioridades, por esta razón la universidad busca desarrollar proyectos que faciliten el aprendizaje de sus estudiantes.

La demanda de conocimiento por parte del creciente número de alumnos también exige que se implemente una metodología del autoaprendizaje donde el estudiante, además de ser el encargado de investigar sobre la teoría del manejo de equipos pueda tener una asesoría más personal para su uso.

Por este motivo el presente proyecto pretende asistir a los alumnos al momento de usar equipos de laboratorio, específicamente en procesos de soldadura MIG/MAG en el laboratorio de Procesos de Manufactura. La implementación de un módulo didáctico que permita al estudiante conocer sobre el funcionamiento de la soldadora, los parámetros que se deben seguir para su correcto uso, un sistema de verificación de usuario y tiempo de uso del equipo, además de proveer de seguridad al momento de usar la soldadora son algunas de las visiones de este proyecto.

Este proyecto es complementario a otros proyectos de implementación de módulos didácticos en equipos del laboratorio de Procesos de Manufactura de la Universidad de las Fuerzas Armadas.

### 1.3. **Definición del problema.**

El laboratorio de Procesos de Manufactura de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE requiere mejorar sus equipos de soldadura haciéndolos más fáciles de manipular para sus estudiantes, proporcionándoles una guía de su uso y enseñándoles además posibles errores cometidos al momento de manipularlos durante las prácticas académicas. De igual manera busca poseer un mejor control sobre el uso de estos equipos, es decir, registrar sus horas de trabajo, cuándo han sido usados y por quién han sido usados.

### 1.4. **Objetivos.**

#### 1.4.1. General.

Diseñar, implementar y poner en marcha un módulo académico de interacción Hombre-Máquina para el uso y manipulación de una soldadora Millermatic 300 para las prácticas de las asignaturas de Soldadura I y II en el Laboratorio de Procesos de Manufactura de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

#### 1.4.2. Específicos.

- Analizar las características de operación de la soldadora Millermatic 300 y sus componentes e identificar las prácticas que se desarrollan en el equipo.
- Establecer un diseño y seleccionar los componentes de control, interacción y operación para el módulo didáctico.
- Definir los parámetros de operación del módulo didáctico de acuerdo al funcionamiento óptimo de los parámetros la soldadora Millermatic 300.

- Implementar un módulo RFID con una base de datos para el control de acceso y permisos de usuario (Alumno, Profesor, Asistente) y para el registro de horas de trabajo de la máquina soldadora.

### 1.5. **Justificación e Importancia.**

Debido a la gran demanda que tiene el Departamento de Ciencias en la Energía y Mecánica de ingenieros, es necesario que los laboratorios cuenten con equipos didácticos con sistemas y procesos de fácil acceso y manipulación que posean mayor interacción entre los estudiantes y los equipos. Además que sean capaces de llevar un registro que evidencie las horas de trabajo que los alumnos dedican a sus prácticas y de igual manera para profesores y asistentes de laboratorio.

Por este motivo, este proyecto desarrolla un módulo que se pueda adaptar a una soldadora Millermatic 300 en el laboratorio de Procesos de Manufactura. El sistema facilita el uso del equipo y provee un mayor grado de seguridad en su manipulación, lo que aporta con una mayor disposición en la utilización del equipo por parte de los estudiantes y permite que estos logren desarrollar mejor su conocimiento práctico.

### 1.6. **Alcance**

#### 1.6.1. Componentes mecánicos

- Acoples mecánicos para los sensores y elementos de instrumentación.
- Estructura de soporte para el módulo central y el módulo RFID.
- Alambres: 0.8, 0.9, 1.2 mm, para acero (ER70S6 ER70S3), Aluminio (ER4043), Acero Inoxidable (ER308L ER316L).
- Gases: CO<sub>2</sub>, MIX 20, Argón, MIX 14.

- Manejo de materiales como acero, aluminio o acero inoxidable para placas de espesores de hasta 30 mm.

#### 1.6.2. Componentes electrónicos/eléctricos.

- Diseño de los sistemas para acondicionar señales, unidades de control y procesamiento, circuitos electrónicos varios.
- Potenciómetros angulares y sensores para medición de variables como velocidad de salida del alambre, amperaje de salida, temperatura de la probeta.
- Implementación de contactos eléctricos para controlar la alimentación y los límites de operación de la soldadora.
- Desarrollo de un sistema de seguridad eléctrico con su respectivo circuito para paros de emergencia.
- Manejo de rangos de voltaje de 12V hasta 32V.

#### 1.6.3. Componentes del sistema de control.

- Placas electrónicas: para las señales de los sensores.
- Microcomputador: Parte central del proyecto que además de procesar todos los elementos de control actúa como medio para la interfaz HMI representada por una pantalla táctil.
- Módulo RFID para niveles de acceso de usuario que maneje una base de datos con registro de horas de trabajo y actividades realizadas.
- Control de puesta en marcha de la máquina según el cumplimiento de parámetros definidos por la práctica de Soldadura I o II a realizarse.

#### 1.6.4. Software para implementación, análisis y simulación.

- SolidWorks: para el dibujo asistido por computadora.
- ISIS: para la simulación de circuitos eléctricos.
- Arduino IDE: para control de variables sensadas.

- Sistema operativo propio del microcomputador.
- Visual Basic Studio: para la interfaz HMI.

## 1.7. Estructura del Documento.

### Capítulo 1 Generalidades

Incluye una introducción, antecedentes, definición del problema objetivos, justificación e importancia y el alcance del proyecto.

### Capítulo 2 Marco Teórico

Aquí se encuentra toda la teoría de soldadura, equipos y componentes que intervendrán en el proyecto.

### Capítulo 3 Diseño y Construcción

Indica las especificaciones del proyecto, el diseño conceptual, de materialización y de detalle de todas las partes.

### Capítulo 4 Pruebas y Resultados

Se hacen pruebas, se analizan y validan los resultados.

### Capítulo 5 Manual de uso y operación

Manual de uso y mantenimiento del sistema.

### Capítulo 6 Análisis económico

Un análisis de costos directos e indirectos.

## Capítulo 7 Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones y recomendaciones de los resultados del proyecto.

## Bibliografía

Fuentes de referencia ocupadas.

## Planos y Anexos

Planos de construcción, de conjunto, eléctricos, diagramas, normas usadas, entre otras cosas.

## **2. CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se describe toda la teoría referente a los equipos, sistemas, elementos o conceptos que se consideran importantes para la comprensión del proyecto.

#### **2.1. Fundamentación Teórica de un Módulo Interactivo y Educativo.**

##### **2.1.1. Interacción**

La interacción es un tipo de acción que ocurre cuando dos o más objetos tienen una comunicación el uno con el otro. Para que exista interacción es necesario dos sentidos uno de ida y otro de vuelta y así pueda existir una retroalimentación.

##### **2.1.2. Módulo**

Un módulo puede definirse de diversas formas dependiendo del objeto al que se haga referencia. Para el propósito del proyecto se hace referencia al módulo como un equipo encargado de cumplir una o varias funciones específicas.

##### **2.1.3. Módulo Interactivo**

Un módulo interactivo posee una comunicación amigable con el usuario. El usuario se comunica con el módulo mediante acciones definidas y el módulo se comunica con el usuario mediante estímulos que pueden ser de diversos tipos, más comúnmente visual o auditivo.

#### 2.1.4. Módulo Educativo o Académico

El objetivo principal de un módulo educativo es el de facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

#### 2.1.5. Equipos Interactivos de Soldadura en el mercado.

##### 2.1.5.1. Miller LiveArc (Miller, 2014)



**Figura 1. Miller LiveArc**

**(Miller, 2014)**

Miller LiveArc es un sistema de entrenamiento basado en realidad virtual que utiliza un arco vivo real a diferencia de otros entrenadores virtuales. Está designado para reclutar, entrenar, recalificar y manejar el desempeño de aprendices de soldadura. (Miller, 2014)

La tecnología única de seguimiento de movimiento provee a los aprendices la retroalimentación requerida para mejorar sus habilidades de soldadura. Con una interfaz táctil de fácil manejo los usuarios pueden guiarse a través de la asignación y selección de los parámetros de soldadura simulada antes de pasar a una experiencia de "Arco Vivo". (Miller, 2014)

El sistema provee a los instructores de soldadura la habilidad de configurar asignaciones y parámetros de la técnica. Este guarda el historial de rendimiento, para su utilización a lo largo de la carrera del aprendiz de soldadura. LiveArc complementa a los instructores mediante la reducción tanto en el tiempo de entrenamiento como en el costo de los materiales. (Miller, 2014)

Una pistola inteligente de 400 Amp con leds integrados que la cámara del sistema sigue para proveer retroalimentación en cuanto a los parámetros de la técnica de soldadura, incluye ángulo de trabajo y de desplazamiento, velocidad de desplazamiento entre otros. La pantalla provee retroalimentación inicial para guiar al aprendiz con la apropiada posición de la pistola, además integra botones como una alternativa conveniente a la navegación táctil. (Miller, 2014)



**Figura 2. Pistola inteligente rango de trabajo 400 Amp  
(Miller, 2014)**

Una pantalla de revisión del WPS (especificación de procedimiento de soldadura) informa al alumno de una adecuada selección y preparación de materiales, la correcta fuente de alimentación y configuración del alimentador del alambre, y los valores de los parámetros de soldadura técnica. Esta pantalla muestra además para el instructor los criterios de puntuación. (Miller, 2014)



**Figura 3. Pantallas visualizadores de los rangos WPS  
(Miller, 2014)**

#### 2.1.5.2. Fronius TPS/i Intelligent Revolution (Fronius, 2013)



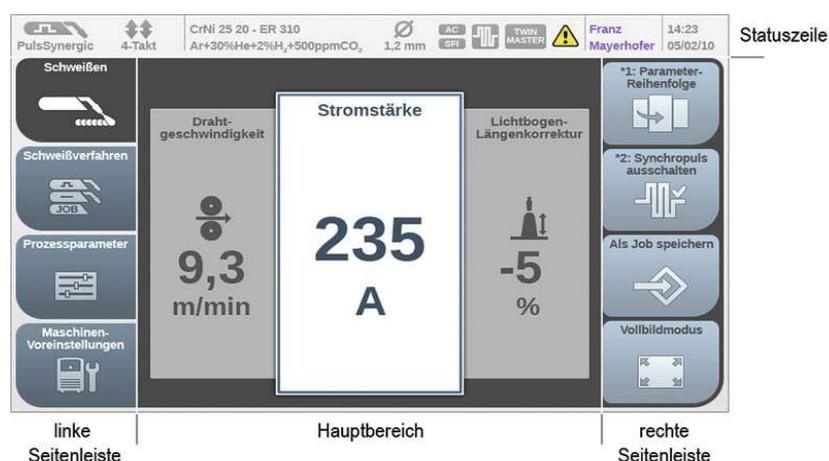
**Figura 4. Fronius TPS7i Intelligent Revolution  
(Fronius, 2013)**

La plataforma TPS/i destaca por su alta inteligencia y funcionalidad, ofrece una serie de ventajas a sus usuarios como la personalización individual de cada máquina con la posibilidad de ser actualizada cuando sea necesario. Su manejo resulta más sencillo, son más compatibles a nivel universal y tienen una capacidad de potencia prácticamente ilimitada. (Fronius, 2013)

La TPS/i ha dejado de ser una simple herramienta para convertirse en un socio de soldadura que se comunica con el usuario de diversas maneras. La intuitiva pantalla informa sobre todos los parámetros del equipo con textos descriptivos, el sistema detecta automáticamente todos los componentes disponibles y, en caso necesario, advierte frente a posibles incompatibilidades. La minipantalla integrada en la antorcha de soldadura Jobmaster permite controlar la fuente de potencia desde el lugar de soldadura. El mantenimiento remoto y análisis del sistema se pueden realizar a través de internet. (Fronius, 2013)

### Display intuitivo

El display hace el manejo más fácil e intuitivo. Extremadamente robusto y manejable incluso con guantes de soldadura. (Fronius, 2013)



**Figura 5. Display de manejo de la Fronius TPS7i Intelligent Revolution**

(Fronius, 2013)

## Plug & Weld

Detección automática de componentes: conexión sencilla (sin herramientas) y el equipo detecta automáticamente los componentes disponibles. (Fronius, 2013)



**Figura 6. Conexión de Componentes de la Fronius TPS7i Intelligent Revolution**

(Fronius, 2013)

## Jobmaster

Mismas posibilidades de manejo tanto en antorcha como en display. Ideal cuando existen grandes distancias respecto a la fuente de potencia. (Fronius, 2013)



**Figura 7. Display utilitario en pistola de la Fronius TPS7i Intelligent Revolution**

(Fronius, 2013)

## Fácil de actualizar

Las actualizaciones son más sencillas a través de una memoria USB o internet. Para nuevos procesos de soldadura, curvas características, aplicaciones, actualizaciones de firmware y mucho más. (Fronius, 2013)



**Figura 8. Módulo de actualizaciones portátil de la Fronius TPS7i Intelligent Revolution**

(Fronius, 2013)

## **2.2. Soldadora GMAW: Componentes.**

### **2.2.1. Soldadura GMAW.**

La soldadura GMAW utiliza un hilo (alambre) para soldar que se alimenta automáticamente a una velocidad constante, como un electrodo. Se genera un arco entre el metal base y el hilo, y el calentamiento resultante funde éste proporcionando la unión de las placas base. (Rowe & Jeffus, 2008)

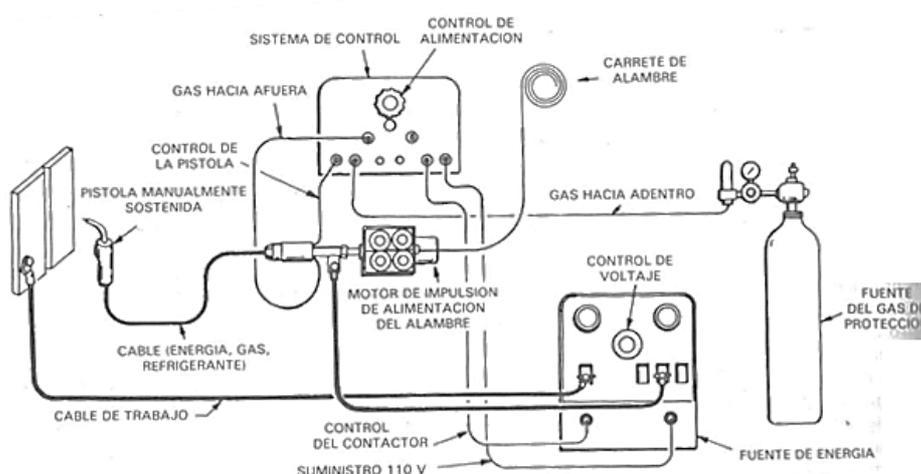


**Figura 9. Diagrama del Proceso (GMAW)r**

(Cary, 1992)

Este método se conoce como proceso de soldadura por arco semiautomático porque el hilo se alimenta automáticamente a una velocidad constante y el soldador mueve la pistola. Durante el proceso, un gas protector protege la soldadura de la atmósfera y evita la oxidación del metal base. El tipo de gas protector utilizado depende del material base que se va a soldar. (Rowe & Jeffus, 2008)

El equipo de soldadura GMAW básico se compone de una pistola, una unidad de alimentación de hilo, un suministrador de gas protector con regulador/medidor de caudal, un circuito de control y las mangueras, forros interiores y cables asociados. (Rowe & Jeffus, 2008)



**Figura 10. Diagrama de Bloque GMAW**

(Cary, 1992)

### 2.2.2. Fuente de Alimentación.

La fuente de alimentación se compone de un transformador y un rectificador. Producen una corriente continua para la soldadura de entre 40 y 600 amperios y entre 10 y 40 voltios, dependiendo del equipo. (Rowe & Jeffus, 2008)

### 2.2.3. Unidad de alimentación del hilo.

El alimentador del hilo proporciona un suministro constante y fiable de hilo a la soldadura. Los leves cambios de velocidad en el proceso de aportación de hilo provocan distintos efectos de soldadura. (Rowe & Jeffus, 2008)

El motor utilizado en una unidad de alimentación se puede ajustar continuamente al rango deseado. (Rowe & Jeffus, 2008)

### 2.2.4. Sistema de alimentación por empuje.

Los rodillos de alimentación o arrastre se fijan, sujetándolos bien contra el hilo, para suministrar la fricción necesaria que empuje el hilo por el conducto hasta la pistola. La presión aplicada sobre el hilo se puede ajustar. Se realiza una ranura en el rodillo que proporciona alineación y guía y, a su vez disminuye el riesgo de deslizamiento. (Rowe & Jeffus, 2008)

### 2.2.5. Conducto del hilo.

El conducto o forro interior de la manguera guía el hilo desde los rodillos de alimentación a la pistola. Puede estar revestido de un cable que contiene el gas protector. (Rowe & Jeffus, 2008)

### 2.2.6. Pistola de soldadura.

Se acopla al final de la manguera de alimentación, el conducto del hilo y la manguera de gas protector. Se utiliza para realizar la soldadura. Un interruptor o gatillo inicia y detiene el ciclo de soldadura. También posee un tubo de contacto que transfiere corriente de la soldadura al hilo a través de la pistola, y una boquilla que dirige el gas protector hacia la soldadura. (Rowe & Jeffus, 2008)

## 2.3. Soldadura GMAW: Parámetros y variables.

### 2.3.1. Velocidad del hilo.

La velocidad del hilo viene recomendada generalmente por el fabricante del electrodo y se selecciona en metros por minuto (m/min). El soldador utiliza un dial de control de velocidad del hilo en la unidad de alimentación para controlar. Se puede subir, aumentar o disminuir la velocidad de quemado, esto indica cómo de rápido se transfiere el electrodo en el baño de fusión. (Rowe & Jeffus, 2008)

### 2.3.2. Ángulo de la pistola.

El ángulo de trabajo es la posición de la pistola de soldadura en relación con la configuración de la junta del metal base. Dicha posición se describe con dos nombres distintivos, el ángulo transversal y el longitudinal. El ángulo de la pistola o transversal, es el ángulo en el que se coloca la pistola en relación al metal base. (Rowe & Jeffus, 2008)

### 2.3.3. Ángulo de avance.

El ángulo longitudinal, o ángulo de avance, se mide en la dirección en que se avanza mientras el cordón de soldadura progresa. Es el ángulo comprendido entre la línea central de la posición de la pistola de soldadura y

una línea perpendicular al eje del cordón de soldadura. (Rowe & Jeffus, 2008)

#### 2.3.4. Velocidad de avance.

La AWS define velocidad de avance como la velocidad lineal a la que el arco se mueve por la junta de la soldadura. Las velocidades de avance rápidas depositan menos metal de aportación, Las velocidades de avance más lentas, inicialmente, aumentarán la penetración y aumentarán el metal de aportación de soldadura depositado. (Rowe & Jeffus, 2008)

#### 2.3.5. Voltaje.

Es una medida de diferencia de potencial eléctrico y se mide en Voltios (V). Este voltaje se asigna directamente en la máquina soldadora.

#### 2.3.6. Corriente.

Es una medida del número de electrones que fluyen por una línea conductora y se mide en Amperios (A). El amperaje se asigna al modificar la velocidad de alimentación del hilo.

#### 2.3.7. Velocidad de flujo del Gas.

La velocidad del gas protector se mide en unidades métricas como litros por minuto (l/min) o en pies cúbicos por hora ( $ft^3/h$ ). El flujo se mide o se controla abriendo una pequeña válvula en la base del medidor de caudal, generalmente. (Rowe & Jeffus, 2008)

### 2.4. **Gas Protector**

Los gases protectores son usados principalmente para proteger el metal fundido (baño de fusión) de la oxidación y la contaminación del ambiente hasta que este se solidifique.

El gas protector específico o las mezclas de gases utilizadas tienen una considerable influencia en el producto de la soldadura GMAW. Los gases más comúnmente utilizados son dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), argón (Ar) y helio (He). A veces se utiliza una mezcla de estos para obtener el mejor rendimiento posible de la soldadura. (Rowe & Jeffus, 2008)

Para seleccionar el gas protector adecuado es necesario considerar ciertos parámetros. Los más importantes se describen en el Cuadro 1.

### Cuadro 1.

#### Ajustes en variables y técnicas de soldadura (Rowe & Jeffus, 2008)

Variables de soldadura modificables	Cambios deseados							
	Penetración		Velocidad de deposición		Tamaño del cordón		Anchura del cordón	
	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Disminuye
Velocidad de alimentación de hilo	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Disminuye	Sin efecto	Sin efecto
Voltaje	Poco efecto	Poco efecto	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Aumenta	Disminuye
Velocidad de avance	Poco efecto	Poco efecto	Sin efecto	Sin efecto	Disminuye	Aumenta	Aumenta	Disminuye
Distancia de la boquilla	Disminuye	Aumenta	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Disminuye	Disminuye	Aumenta
Diámetro del hilo del gas protector	Disminuye	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto
Porcentaje CO <sub>2</sub>	Aumenta	Disminuye	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Aumenta	Disminuye
Angulo del soplete	Revés a 25°	Directa	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Revés	Directa

### 2.5. Soldadora MILLERMATIC 300 componentes.

#### Cuadro 2.

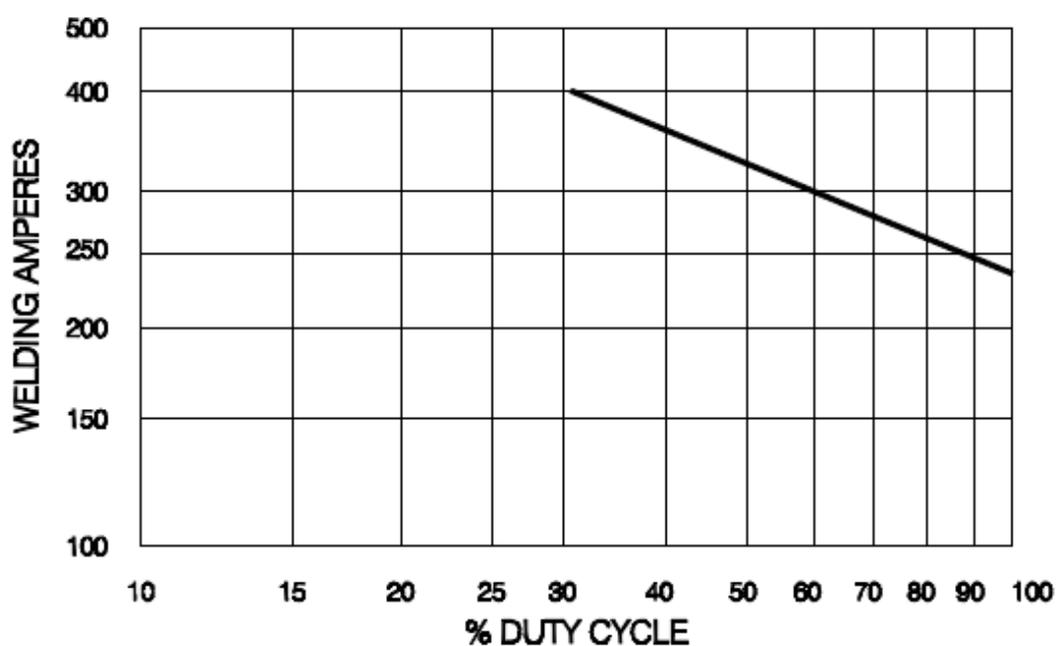
#### Especificaciones Millermatic 300 (Miller, 2005)

Salida Nominal	Máximo Voltaje a Circuito Abierto	Entrada de Amperios a Salida Nominal, 60 Hz; Tres Fases						
		200 V	230 V	460 V	575 V	KVA	KW	
<b>300 A a 32 VDC, 60% Ciclo de Trabajo</b>	240 A a 32 VDC, 100% Ciclo de Trabajo	38	54 (1.7*)	47 (1.5*)	23.5 (0.75*)	19 (0.5*)	18.6	13
* En marcha muerta								

CONTINÚA →

Tipo de Alambre y Diámetro			Velocidad de alimentación del Alambre	Dimensiones	Peso Neto
<b>Acero Sólido</b>	<b>Acero Inoxidable</b>	<b>Núcleo de Fundente</b>	25-700 IPM (.65-17.8 m/min)	H: 32 in (813 mm) W: 19 in (483 mm) D: 39 in (991 mm)	275 lb. (125 kg)
.023 - 1/16 in (0.6 - 1.6 mm)	.023 - .035 in (0.6 - 0.9 mm)	.030 - 1/16 in (0.8 - 1.6 mm)			
<b>Rango Operativo de Temperatura</b>			Rango de Temperatura de almacenamiento -30C a +50C		
-20C a +40C					

De acuerdo al ciclo de trabajo de la soldadora la corriente de aporte tendrá una variación inversa. Es decir, a menor ciclo de trabajo mayor corriente y viceversa. Como se puede observar en la Figura 11.



**Figura 11. Ciclo de trabajo vs Corriente de Soldadura**  
(Miller, 2005)

El Cuadro 3 muestra el diámetro del alambre, voltaje y la velocidad de salida del alambre recomendados en el catálogo por el fabricante de acuerdo al espesor de la pieza que se vaya a soldar. Este cuadro también se encuentra visible en el equipo.

### Cuadro 3.

#### Diámetro del alambre, Voltaje y la Velocidad de salida (Miller E. , 2005)

Selección de Voltaje y Velocidad de salida del alambre basados en el espesor del metal a soldar

Para leer las configuraciones a la izquierda del slash está el voltaje y a la derecha la velocidad de salida. "-" significa no recomendado



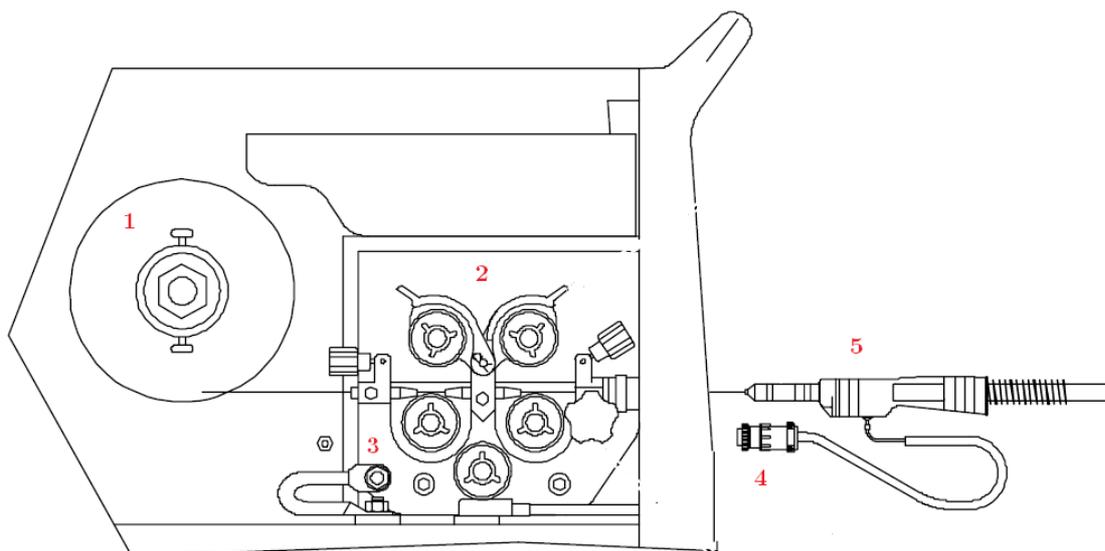
	1/2" (12.7 mm)	3/8" (9.5 mm)	1/4" (6.4 mm)	3/16" (4.8 mm)	1/8" (3.2 mm)	14 ga. (2.0 mm)	16 ga. (1.6 mm)	18 ga. (1.2 mm)	20 ga. (0.9mm)	22 ga. (0.8 mm)
-	-	-	-	-	-	-	17.0/265	16.5/230	15.5/195	15.5/195
-	-	23.5/610	21.5/475	20.0/430	18.5/225	17.0/235	16.5/195	16.5/195	15.5/115	-
<b>24.0/435</b>	-	22.0/380	20.5/310	19.5/300	18.5/195	17.5/155	16.5/140	16.0/130	-	-
<b>24.0/315</b>	-	22.0/250	20.0/195	19.0/165	18.5/150	17.5/125	-	-	-	-
<b>25.0/250</b>	-	23.0/220	21.5/203	20.5/150	19.0/120	18.5/110	-	-	-	-
<b>24.5/200</b>	-	22.5/170	21.5/125	20.5/110	19.5/95	-	-	-	-	-
-	-	-	-	19.5/680	18.5/515	16.5/385	16.5/320	15.5/315	14.5/225	14.5/225
-	-	21.0/580	19.0/450	18.0/380	17.0/325	16.0/265	15.5/220	15.0/165	14.5/145	14.5/145
<b>24.0/460</b>	-	20.0/380	18.0/315	17.0/280	16.0/235	15.0/185	14.7/150	14.5/125	14.0/105	14.0/105
<b>23.0/375</b>	-	20.0/295	18.0/245	17.0/210	16.0/160	15.0/125	14.5/120	14.5/120	-	-
<b>23.5/305</b>	-	20.0/230	18.0/180	17.0/170	16.0/140	15.0/120	14.5/95	-	-	-
<b>24.0/235</b>	-	20.0/175	18.5/170	17.5/135	16.5/100	15.5/95	-	-	-	-
-	-	19.0/350	19.0/270	15.5/155	14.5/145	13.0/125	12.5/120	-	-	-
-	-	19.0/180	19.0/160	16.0/130	14.5/120	13.0/110	12.5/100	-	-	-
<b>19.0/170</b>	-	19.0/170	19.0/140	15.5/120	14.5/100	13.0/85	-	-	-	-
<b>19.0/130</b>	-	19.0/120	17.5/100	15.5/85	14.5/75	13.0/60	-	-	-	-
<b>26.5/465</b>	-	25.0/430	22.0/330	20.5/250	18.5/215	17.5/180	17.0/170	-	-	-
<b>26.5/315</b>	-	25.0/285	22.0/240	20.5/195	18.5/165	17.5/145	-	-	-	-
<b>26.5/290</b>	-	25.0/260	22.0/205	20.5/170	18.5/130	17.5/125	-	-	-	-
-	-	-	23.0/680	22.5/550	21.0/445	19.5/305	19.0/265	18.5/250	18.0/230	-
-	-	23.5/500	22.5/435	21.5/375	19.5/300	19.0/260	18.0/180	17.5/165	-	-
-	-	23.5/390	22.5/350	21.5/325	19.5/280	19.0/250	18.0/170	-	-	-
-	-	23.5/315	21.5/285	20.5/250	19.0/220	19.0/185	-	-	-	-
-	-	24.0/760	20.0/575	18.5/525	16.0/525	13.0/510	12.5/510	-	-	-
-	-	24.5/725	20.0/475	18.0/460	16.0/405	13.0/405	-	-	-	-
<b>25.5/550</b>	-	24.5/525	20.0/380	18.5/370	16.0/360	-	-	-	-	-

## Mecanismo de Alimentación del Alambre

En la Figura 12 se pueden observar los componentes presentes dentro de la soldadora y el mecanismo de alimentación del alambre.

Siendo:

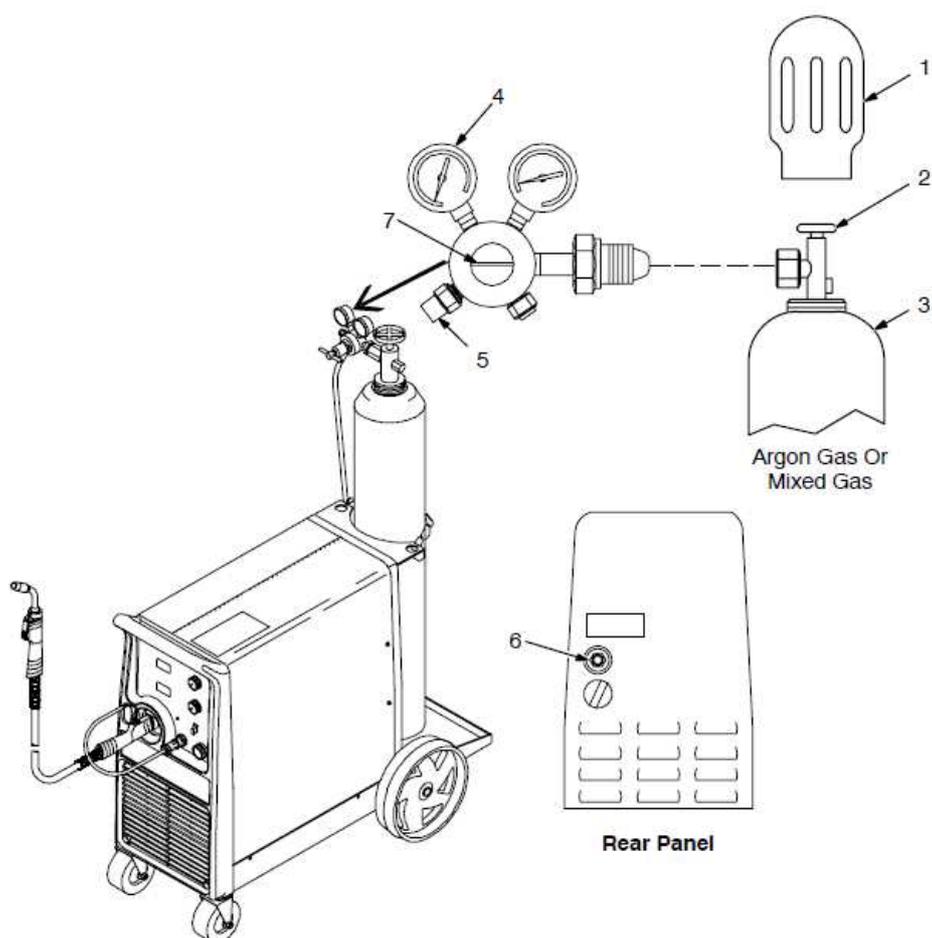
1. Carrete de alambre.
2. Rodillos y perillas de ajuste para la guía y movimiento del alambre.
3. Alimentación de la batería.
4. Conector de alimentación de poder de la pistola.
5. Conector de alimentación del alambre en la pistola.



**Figura 12. Mecanismo de Alimentación del Alambre  
(Miller, 2005)**

## Mecanismo de Alimentación del Gas

1. Tapa.
2. Válvula del Cilindro.
3. Cilindro que contiene al gas.
4. Regulador/Medidor de Flujo.
5. Conexión para el Regulador/Medidor de Flujo.
6. Alimentación en la soldadora del flujo del Gas.
7. Ajuste de Flujo.

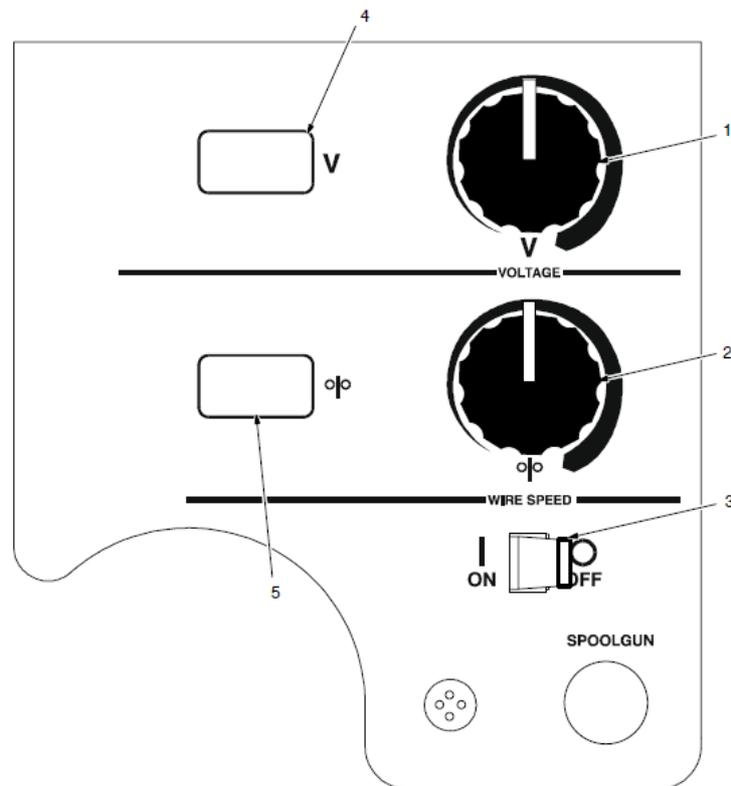


**Figura 13. Mecanismo de Alimentación del Gas  
(Miller, 2005)**

#### Panel de Control Frontal

En la Figura 14 se observan los elementos que componen la interfaz de control de la soldadora.

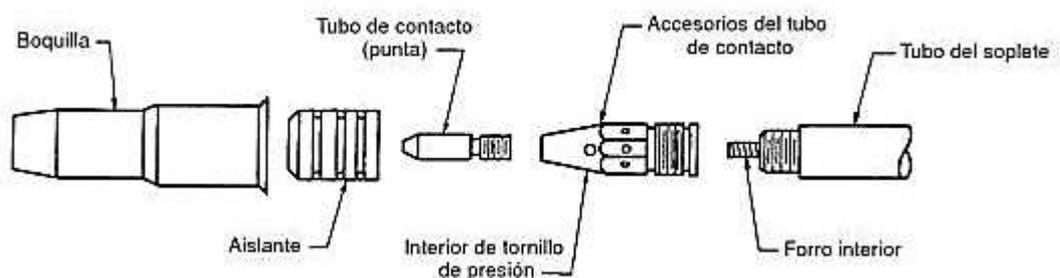
1. Perilla reguladora de voltaje.
2. Perilla reguladora de velocidad de alimentación del alambre.
3. Interruptor de encendido/apagado.
4. Pantalla que muestra el valor del voltaje en Voltios.
5. Pantalla que muestra el valor de la velocidad de salida del alambre en Pulgadas por Minuto.



**Figura 14. Panel de Control Frontal  
(Miller, 2005)**

### Pistola de Soldadura

En la Figura 15 se muestra un diagrama con las partes que componen a la pistola de soldadura.



**Figura 15. Partes características reemplazables de la pistola de soldadura.**

**(Rowe & Jeffus, 2008)**

### **3. CAPÍTULO 3**

#### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

En este capítulo se detalla todo lo referente al diseño de los componentes y equipos que conforman el proyecto, desde la determinación de las especificaciones, la estructuración del proyecto, la definición y selección de alternativas de los componentes y el diseño en detalle y construcción de los mismos.

##### **3.1. Identificación de las Especificaciones.**

En esta sección se determinan las especificaciones referentes a la funcionalidad del equipo. Estas son tomadas a partir de la "voz del cliente", es decir a partir de las demandas de los posibles usuarios.

###### **3.1.1. Desarrollo de la función de calidad (QFD).**

El desarrollo de la función de la calidad QFD (quality function deployment) es un método globalizador cuyo objetivo principal es asegurar que en la definición de un producto o servicio se hayan considerado las necesidades y requerimientos de los usuarios, a la vez que también constituye una herramienta para la planificación de la calidad durante el ciclo de vida. (Riba, 2002)

La casa de la calidad traduce las demandas de los usuarios (o voz del cliente) en requerimientos técnicos del producto. (Riba, 2002)

Para llenar la casa de la calidad se siguen una serie de pasos descritos a continuación según la información del libro de Diseño Concurrente de Ribas (Riba, 2002):

## Paso 1: La voz del usuario (izquierda Figura 16)

Representa las demandas de los usuarios, que se dividen en básicas (B), unidimensionales (O), estimulantes (E).

Algunas de las demandas que se consideraron para este proyecto se tomaron a partir de un sondeo realizado a forma de encuesta a los posibles usuarios del equipo, los resultados de este sondeo se encuentra adjuntos en el Anexo 1 de este documento.

Las demandas básicas son aquellas que consideran obvias para el proyecto.

- fácil instalación.
- fácil uso.
- garantía.

Las demandas unidimensionales son las que proporcionan satisfacción a los usuarios.

- guía para el desarrollo de la práctica interactiva.
- asesoría en seguridad personal.

Las demandas estimulantes son las que diferencian a un producto de otro.

- control de acceso.
- control de horas de trabajo.

A pesar de que existe un gran número de encuestados que considera que el equipo sea capaz de evaluar y mostrar resultados de las prácticas no se consideró esta característica en el proyecto debido a su complejidad en tiempo y costos de realización.

## Paso 2: Análisis de la competencia (derecha Figura 16)

Se refiere al grado de satisfacción que proporciona el producto con respecto a los de la competencia.

Por columna se evalúa el cumplimiento de las demandas (izquierda) en el producto propio y de la competencia, los objetivos a cumplir en relación a las demandas, el grado de mejora que la empresa se propone para cada demanda, el factor de venta dependiendo de si la demanda representa un punto fuerte en la venta (con 1: ningún; 1,2: posible; 1.5: fuerte), la importancia de esa demanda de acuerdo a la opinión de los usuarios, la ponderación de la demanda ( $P = \text{índice de mejora} * \text{factor de venta} * \text{importancia}$ ), y su ponderación porcentual.

## Paso 3: La voz del ingeniero (arriba Figura 16)

Es una representación de cada demanda o necesidad del cliente en una característica técnica para el producto.

- fácil instalación: piezas pre-ensambladas.
- fácil uso: interfaz amigable.
- garantía: vida útil.
- guía para el desarrollo de la práctica interactiva: asesoría en la práctica.
- asesoría en seguridad personal: mostrar parámetros de seguridad.
- control de acceso: implementación de un módulo RFID.
- control de horas de trabajo: registro de horas en una base de datos.

## Paso 4: Correlaciones (centro Figura 16)

Establece las correlaciones entre la voz de los usuarios y la voz del ingeniero.

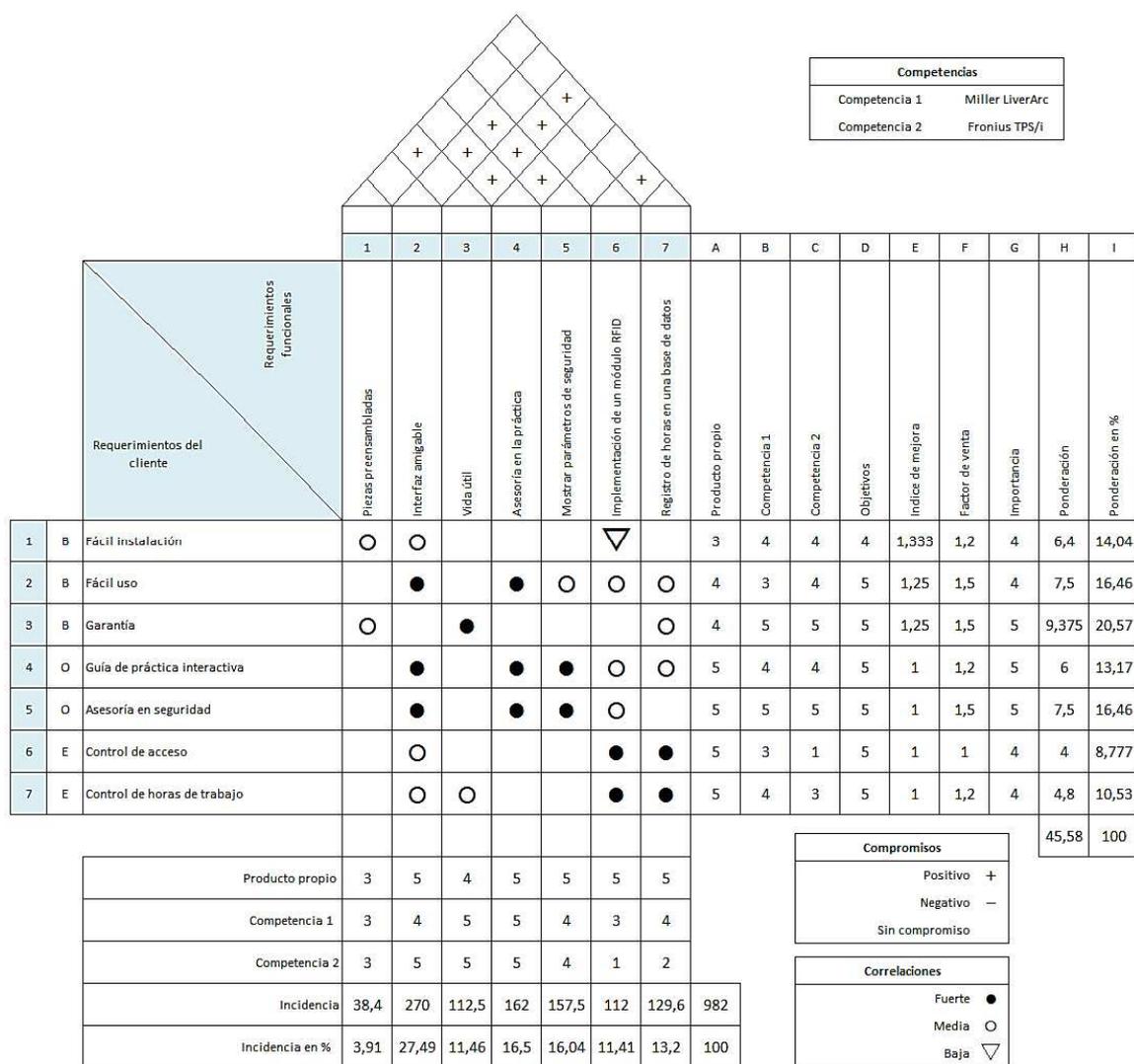
#### Paso 5: Evaluación técnica (abajo Figura 16)

Representa la evaluación de la importancia o incidencia de cada característica técnica en la satisfacción de las demandas del usuario. Para ello se calcula cada incidencia en base al sumatorio de los factores de incidencia, función de cada correlación (fuerte = 9; mediana = 3; débil = 1), por el correspondiente valor de la ponderación de la demanda.

#### Paso 6: Compromisos técnicos (arriba Figura 16)

Define los compromisos potenciales entre las características técnicas del producto.

- Positiva (+): al mejorar una característica técnica también mejora la otra.
- Negativa (-): Al mejorar una característica técnica empeora la otra.
- Sin correlación ( ): Las variaciones no tienen influencia.



**Figura 16. Casa de la calidad aplicada al proyecto**

De la casa de la calidad el parámetro más importante para definir las especificaciones del proyecto es la evaluación técnica, de aquí se determina la incidencia de cada característica técnica en la satisfacción del usuario.

Tal como se aprecia en la Figura 16. Casa de la calidad aplicada al proyecto el parámetro más importante o más significativo es la interfaz y el menos importante es la construcción de piezas pre-ensambladas, resultado que se toma en cuenta al momento de diseñar los componentes del proyecto.

### 3.1.2. Especificación del producto.

Según las demandas que se presentaron en la sección anterior se elabora un cuadro que contenga las especificaciones funcionales del equipo.

#### Cuadro 4.

#### Lista de especificaciones del equipo

Conceptos	Determinaciones
<b>Interfaz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interactiva.</li> <li>• Elaborada de acuerdo a la guía GEDIS.</li> </ul>
<b>Asesoría en la práctica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posee una guía interactiva y asesoramiento para las prácticas de soldadura I y II.</li> <li>• Dispone de sensores que miden parámetros tales como: velocidad de salida del alambre, voltaje de trabajo, amperaje, temperatura de la placa o del ambiente a soldar y presión de salida del gas de protección.</li> <li>• Los parámetros son mostrados en una pantalla y se pueden comparar con catálogos y recomendaciones técnicas para verificar su correcto valor.</li> <li>• Dispone de una cámara digital que captura la realización de la práctica.</li> </ul>
<b>Seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona información sobre las medidas de seguridad que se deben tomar en cuenta al momento de realizar una práctica de soldadura.</li> <li>• El sistema de encendido del equipo es independiente del sistema de encendido de la soldadora.</li> <li>• Dispone de un botón de paro de emergencia.</li> <li>• Dispone de un manual de instalación y de uso.</li> </ul>
<b>Registro de horas de trabajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maneja un registro de las horas de trabajo de la soldadora, con la posibilidad de registrar el usuario (alumno, docente, técnico) y la práctica que se realizó.</li> </ul>
<b>Vida útil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispone de un manual de mantenimiento.</li> <li>• Posee protecciones en los elementos más sensibles y más críticos.</li> </ul>
<b>Control de acceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posee un módulo RFID para definir niveles de acceso al uso del equipo. Los niveles de acceso se dividen en: Alumno, Docente, Técnico.</li> </ul>

## 3.2. Diseño Conceptual.

En esta sección se realiza un diseño conceptual del equipo según su estructura funcional y se lo divide después en módulos o bloques.

### 3.2.1. Estructura funcional.

El sistema se divide según las funciones que cumple en una estructura funcional, tal como se aprecia en la Figura 17.

La estructura funcional del sistema se divide en 3 niveles. El Nivel 0 es el nivel superior, cuya entrada principal son los parámetros de la soldadura y cuya salida es la guía para la enseñanza de soldadura, este nivel es una explicación macro del sistema funcional. El Nivel 1 es la subdivisión de la función principal establecida en el nivel 0. El Nivel 2 es la subdivisión de cada una de las funciones del Nivel 1.

La simbología representativa de cada una de las flechas de trabajo dentro de la estructura funcional es:

Línea entrecortada: Representa el parámetro principal que interviene directamente en la ejecución de la función.

Línea continua: Representa el flujo de energía que interviene en el proceso.

Línea punteada: Representa el flujo de una señal o procesos que proyecta el sistema.

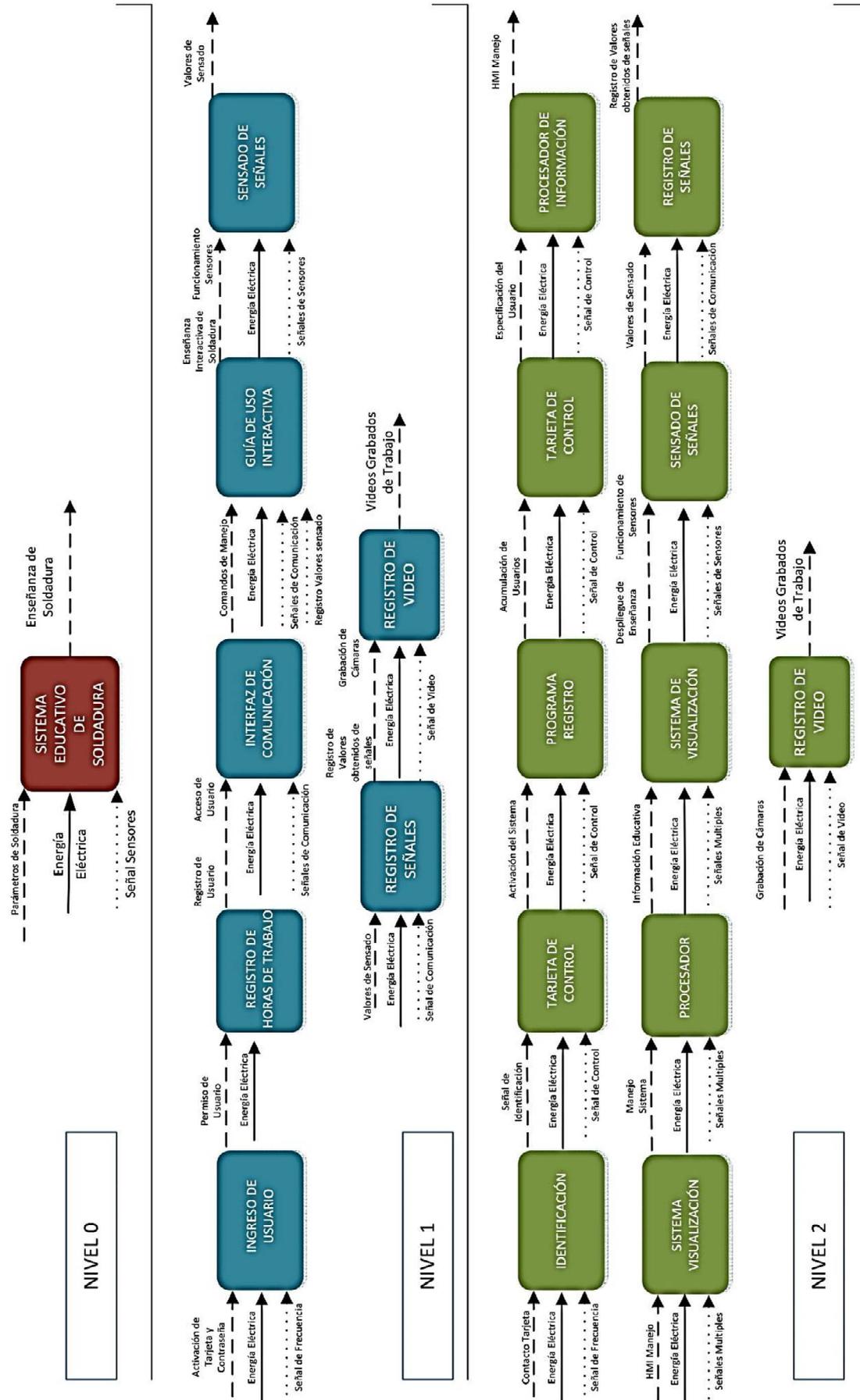


Figura 17. Estructura Funcional

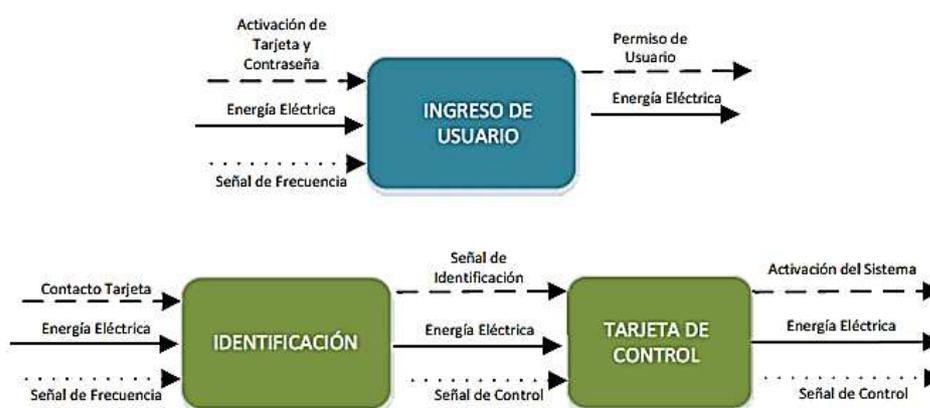
Modularidad del equipo.

De acuerdo a la estructura funcional se divide al proyecto en módulos que pueden cumplir una o más funciones.

A continuación se explica cada módulo con las funciones que lo conforman, seguido de una imagen, parte de la Figura 17, donde se aprecian dichas funciones.

Módulo de ingreso de usuario.

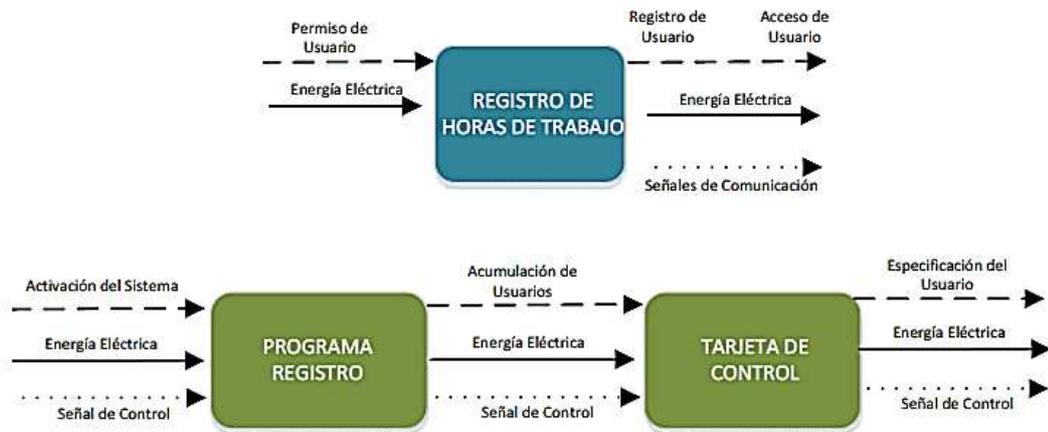
Este módulo se encarga del control de acceso, la función que cumple es la de ingreso de usuario y ésta se subdivide en dos funciones, uso de la tarjeta de control e identificación del usuario.



**Figura. 18 Módulo de ingreso de usuario**

Módulo de registro de horas de trabajo.

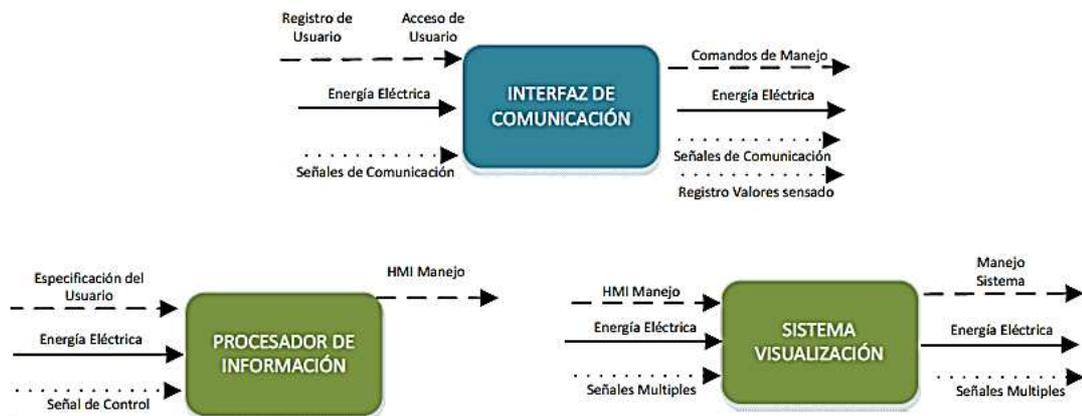
Este módulo se refiere al registro de horas de trabajo. La función principal se subdivide en dos funciones, uso de la tarjeta de control y registro de las horas en el programa.



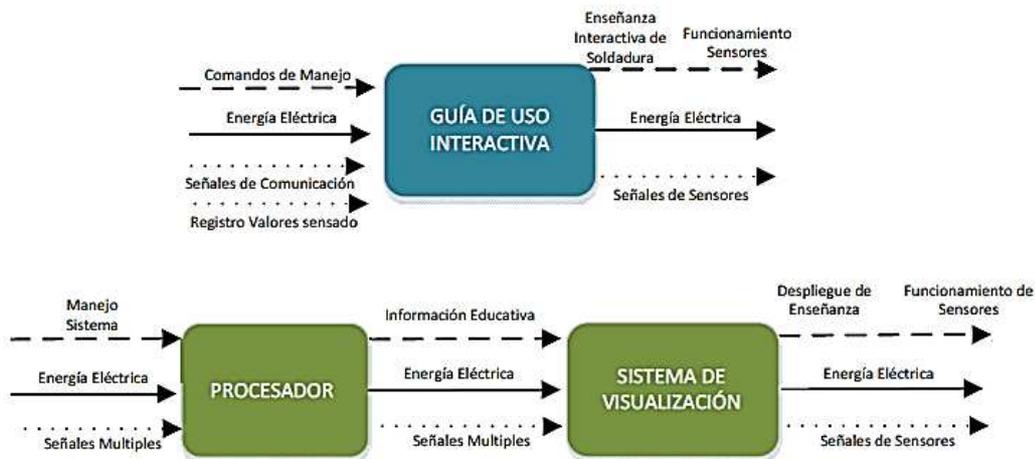
**Figura. 19 Módulo de registro de horas de trabajo**

Módulo de interfaz con el usuario.

Este módulo hace referencia a la interfaz de comunicación y a la guía de uso interactiva y se subdivide en dos funciones, procesador de información y sistema de visualización.



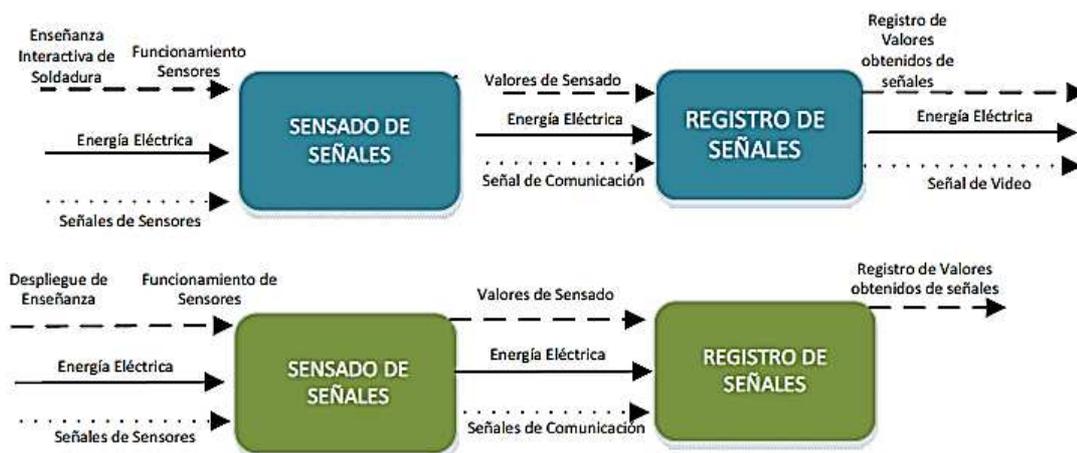
**Figura 20. Módulo de interfaz con el usuario 1**



**Figura 21. Módulo de interfaz con el usuario 2**

Módulo de registro de señales.

En este módulo se registran las señales, en primer lugar se sensa la señal y luego se la registra.



**Figura 22. Módulo de registro de señales**

Módulo de registro visual.

Este módulo se encarga del registro de videos.



**Figura 23. Módulo de registro visual**

### 3.3. Diseño de Materialización.

En esta sección se elabora un diseño de materialización donde se identifican parámetros críticos y limitadores del equipo, luego tomando en cuenta estos se evalúan o seleccionan alternativas de diseño para los equipos y componentes que se encargarán de realizar las funciones de cada módulo.

#### 3.3.1. Requerimientos limitadores.

##### a) Prestaciones exigidas.

- El sistema no interviene en la funcionalidad normal de la soldadora.
- El sistema funciona en el entorno de trabajo de la estación.
- El sensor de corriente soporta hasta un máximo de 500 A.

- El sensor de presión soporta hasta un máximo de 4000 psi.
- El sensor de temperatura soporta hasta 1200 °C.
- El sistema es usado por estudiantes que realicen prácticas de laboratorio, por profesores o laboratoristas.

b) Dimensiones disponibles.

- El área de trabajo es de  $3.5 m^2$
- La pantalla de control es mayor a 10 pulgadas.
- La caja piloto tiene un tamaño suficiente para albergar la pantalla y los botones de encendido y control del sistema.
- La caja de control tiene un tamaño suficiente para albergar todos los elementos de control y de adquisición de datos.

c) Exigencias ergonómicas.

- El sistema posee un botón de encendido que permite alternar entre el funcionamiento normal de la soldadora y el funcionamiento interactivo.
- La pantalla en la caja piloto posee tecnología táctil.
- El sistema posee una interfaz amigable.
- El sistema posee cámaras web que registran las prácticas de soldadura.
- El sistema posee una pantalla para mostrar videos a los estudiantes.
- El sistema posee un botón de seguridad para paro de emergencia.

d) Incidencias ambientales.

- El sistema no requiere consideraciones en este aspecto.

e) Tecnologías disponibles y capacidades de producción.

- El sistema dispone de un sistema de ingreso de usuarios RFID.
- El sistema es capaz de registrar horas de trabajo de la soldadora.

f) Requerimientos de mantenimiento.

- El sistema posee un manual para que su mantenimiento pueda ser realizado por cualquier persona que tenga noción de electrónica, mecánica o programación.

g) Limitaciones de coste.

- El valor de los elementos e implementación del sistema no supera los 1500 dólares americanos.

### 3.3.2. Funciones y parámetros críticos.

- La interfaz HMI es amigable y de fácil manejo.
- El sistema posee todos los datos y guías de las prácticas de soldadura 1 y 2.
- El sistema es capaz de guiar al estudiante correctamente en el uso de la soldadora y en el desarrollo de la práctica que le corresponda.
- El equipo posee protecciones que evitan que la soldadora o el sistema se vean afectados por el funcionamiento del otro.
- Los sensores poseen un rango de trabajo suficientemente amplio para evitar daños.
- El sistema posee ingreso de usuario y registro de horas de trabajo.

### 3.3.3. Alternativas de diseño y materialización preliminar.

En primera instancia se presentan las siguientes alternativas de diseño que pueden cumplir las funciones de cada módulo.

**Cuadro 5.**  
**Alternativas de Diseño**

<b>Módulo</b>	
<b>Componente</b>	<b>Alternativas</b>
<b>Módulo de ingreso de usuario</b>	
<b>Sistema de ingreso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingreso de usuarios por medio de la interfaz con una contraseña de verificación.</li> <li>• Ingreso de usuarios por medio de un módulo RFID.</li> <li>• Módulo de arduino.</li> </ul>
<b>Módulo de registro de horas de trabajo</b>	
<b>Base de datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MySQL</li> <li>• Oracle</li> <li>• SQLServer</li> </ul>
<b>Módulo de interfaz con el usuario</b>	
<b>Interfaz de comunicación (hardware)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla táctil (mayor a 10 pulg).</li> <li>• Monitor (mayor a 15 pulg).</li> </ul>
<b>Interfaz de comunicación (software):</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa Visual Basic de Microsoft.</li> <li>• Programa Labview de National Instruments.</li> <li>• Programa Matlab de Mathworks.</li> </ul>
<b>Procesador central</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raspberry PI.</li> <li>• PCDuino.</li> <li>• CPU Dual Core.</li> </ul>
<b>Módulo de registro de señales</b>	
<b>Sensor de corriente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinza amperimétrica.</li> <li>• Sensor de corriente.</li> </ul>
<b>Sensor de temperatura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termocupla tipo J.</li> <li>• Termocupla tipo K.</li> </ul>
<b>Sensor de presión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manómetro electrónico.</li> <li>• Transmisor de presión.</li> </ul>
<b>Sensor de voltaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor de voltaje.</li> <li>• Obtención directa de la soldadora.</li> </ul>
<b>Sensor de velocidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encoder.</li> <li>• Óptico.</li> <li>• Relación matemática a partir del voltaje.</li> </ul>
<b>Módulo de adquisición y procesamiento de datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DAC (Data Adquisition Center).</li> <li>• Arduino Mega.</li> <li>• PLC.</li> </ul>

CONTINÚA →

<b>Módulo de registro visual</b>	
<b>Cámara de video</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara web.</li> <li>• Cámara digital.</li> </ul>
<b>Pantalla de visualización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitor.</li> <li>• Pantalla LCD</li> </ul>

#### 3.3.4. Evaluación y selección de las alternativas de diseño.

Para la selección de las alternativas de los componentes se usa el método ordinal corregido de criterios ponderados, evitando así una calificación enteramente cualitativa y arbitraria.

Tal como se muestra desde la Tabla 1 a la Tabla 5 se evalúan las alternativas de componentes presentes en cada módulo.

En la primera tabla se definen criterios con los que se va a evaluar cada alternativa de componente y se los compara entre sí para definir su grado de importancia porcentual, de forma que en cada cuadro si el valor es 1 denota que el criterio de la fila es más importante que el de la columna, si el valor es 0 entonces el criterio de la columna es más importante que el de la fila, y si el valor es de 0.5 ambos criterios poseen igual importancia.

Se realiza una tabla por cada criterio y se comparan las soluciones o alternativas de componentes, donde el componente que mejor se ajuste al criterio será el más importante. Se califica de igual modo con 1, 0 o 0.5.

La tabla final es la tabla de conclusiones, donde se valora a cada solución como el producto entre la ponderación de la solución con respecto a cada criterio y la ponderación del criterio. El componente de mayor valoración es el 1.

A continuación se muestra la selección de criterios para el Sistema de Ingreso. La selección de criterios para los demás sistemas se encuentra en el Anexo 2

## 3.3.4.1. Sistema de Ingreso.

Tabla 1.

**Criterio de evaluación y peso específico en el Sistema de Ingreso**

Criterio	Facilidad de uso	Seguridad	Precio	$\Sigma+1$	Ponderación
Facilidad de uso	-	0	1	2	0,333
Seguridad	1	-	1	3	0,500
Precio	0	0	-	1	0,167
				6	1

- Solución A: Ingreso de usuarios por medio de la interfaz con una contraseña de verificación.
- Solución B: Ingreso de usuarios por medio de un módulo RFID Arduino.
- Solución C: Módulo RFID.

Tabla 2.

**Facilidad de uso en el Sistema de Ingreso**

Facilidad de uso	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A	-	1	1	3	0,500
Solución B	0	-	0,5	1,5	0,250
Solución C	0	0,5	-	1,5	0,250
				6	1

Tabla 3.

**Seguridad en el Sistema de Ingreso**

Seguridad	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A	-	0	0	1	0,167
Solución B	1	-	1	3	0,500
Solución C	1	0	-	2	0,333
				6	1

Tabla 4.

**Precio en el Sistema de Ingreso**

Precio	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A	-	1	1	3	0,500
Solución B	0	-	1	2	0,333
Solución C	0	0	-	1	0,167
				6	1

Tabla 5.

**Conclusiones en el Sistema de Ingreso**

Conclusión	Facilidad de uso	Seguridad	Precio	$\Sigma$	Valoración
Solución A	0,167	0,083	0,083	0,333	2
Solución B	0,083	0,250	0,056	0,389	1
Solución C	0,083	0,167	0,028	0,278	3

## 3.3.5. Diseño de materialización definitivo.

Los componentes definitivos que conforman la tesis seleccionados en la sección anterior (3.3.4) conforme a los criterios ya expuestos se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6.

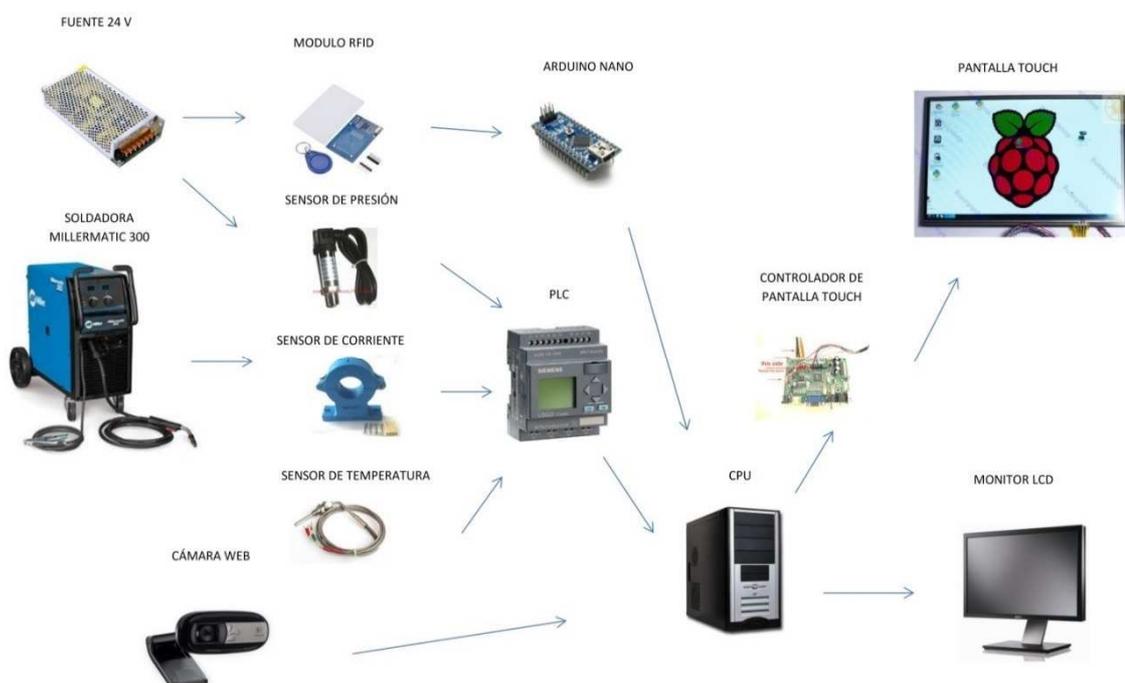
**Componentes definitivos de selección.**

Módulo	
Componente	Selección
<b>Módulo de ingreso de usuario</b>	
Sistema de ingreso	Ingreso de usuarios por medio de un módulo RFID.
<b>Módulo de registro de horas de trabajo</b>	
Base de datos	MySQL
<b>Módulo de interfaz con el usuario</b>	
Interfaz de comunicación (hardware)	Pantalla táctil
Interfaz de comunicación (software)	Programa Visual Basic de Microsoft.

CONTINÚA →

<b>Procesador central</b>	CPU Dual Core.
<b>Módulo de registro de señales</b>	
<b>Sensor de corriente</b>	Sensor de corriente.
<b>Sensor de temperatura</b>	Termocupla tipo K.
<b>Sensor de presión</b>	Transmisor de presión.
<b>Sensor de voltaje</b>	Obtención directa de la soldadora.
<b>Sensor de velocidad</b>	Relación matemática a partir del voltaje.
<b>Módulo de adquisición y procesamiento de datos</b>	PLC.
<b>Módulo de registro visual</b>	
<b>Cámara de video</b>	Cámara web.
<b>Pantalla de visualización</b>	Monitor.

Las soluciones que se seleccionaron se rigen según el puntaje mayor obtenido, excepto en la pantalla de visualización donde ambas soluciones presentaron un puntaje igual, en este caso se decidió dar mayor prioridad al precio con respecto a los otros componentes ya que el proyecto es únicamente demostrativo. La implementación de pantallas de mejor resolución y tamaño se la puede dejar para mejora del proyecto o para proyectos futuros.



**Figura 24. Detalle del sistema modular**

Se presenta un diagrama de relaciones funcionales con los elementos seleccionados en la Figura 24. Las flechas indican las relaciones existentes entre los componentes.

### 3.4. **Diseño de Detalle.**

En esta sección se establecen los parámetros de diseño en un nivel de detalle, donde se indican los materiales a utilizar, los sensores y sus acoples, las dimensiones del campo de trabajo y todos los componentes a ensamblar, así también el diseño de la interfaz y los sistemas de seguridad y acceso. Se simplifica los modelos de diseño y se expone los planos de detalle.

#### 3.4.1. **Determinación de la geometría y materiales.**

El campo de trabajo de la soldadora Millermatic 300 fue remodelado en Febrero 2014 por personal del laboratorio de Procesos de Manufactura, y en Febrero 2015 se agregaron equipos gracias al convenio Linde - Espe en el Laboratorio de Procesos de Manufactura de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

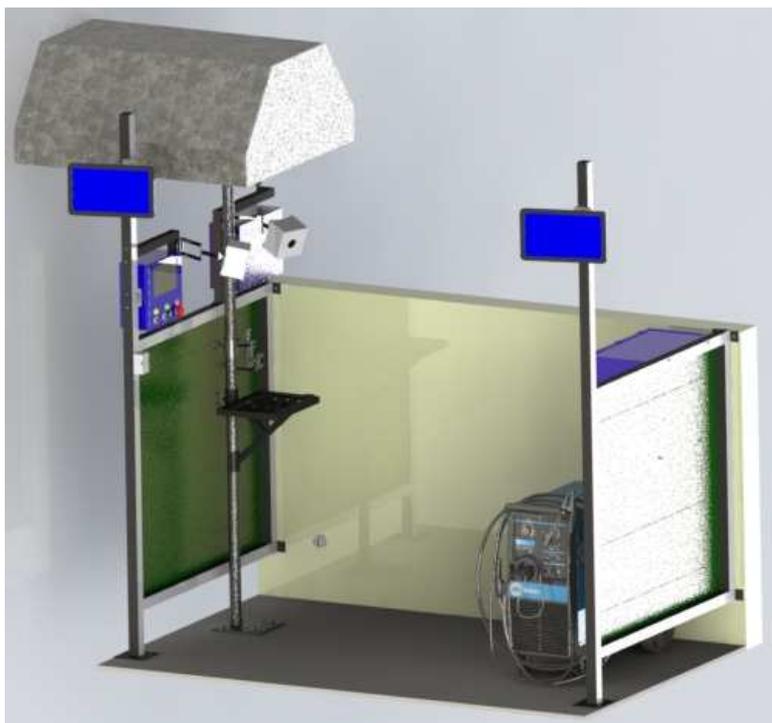
Se determinaron las medidas geométricas de estos elementos según los requerimientos del ensamblaje y el espacio disponible.

El área de trabajo disponible es de 3.60 m<sup>2</sup> y 2.5 m de altura, donde se deben ubicar los equipos necesarios con sus acoples y soportes.

En la Figura 25 se proyecta la ubicación de los equipos utilizados en la construcción del proyecto, se visualiza la distribución de las cajas que contienen todos los implementos electrónicos y de control.

Para la selección de la geometría y materiales se consideró el área donde está instalada la soldadora. Se trata de un área industrial y de alto

riesgo, motivo por el cual no se puede considerar el uso de todo tipo de material, por esta razón se seleccionaron materiales metálicos y sus derivados.



**Figura 25. Vista Isométrica del Área de Trabajo y desarrollo del presente proyecto.**

#### 3.4.1.1. Geometría

Los equipos construidos y adquiridos son cúbicos en su mayoría, para una mayor facilidad de ensamblaje y mejor manipulación por parte de los usuarios.

Para los elementos de soporte de pantallas y cámaras se usaron geometrías rectangulares con mecanismos de rotación y posicionamiento.

### 3.4.1.2. Materiales

Materiales necesarios para el ensamblaje.

- Plancha de Tol 1.5 mm de espesor.
- Perfil L 2 mm espesor 15 mm lado.
- Plástico ABS
- Platina 3 mm espesor 40 mm ancho
- Tubo cuadrado 2 mm espesor 40 mm por lado
- Plástico PVC
- Acero A36
- Tubo 60 mm Acero al 60%.

### 3.4.1.3. Determinación de acabados.

Se enuncian las pautas de mecanizado y construcción con el uso de los materiales ya especificados.

En el Cuadro 7 se determinan los acabados de cada uno de los equipos a construir y ensamblar.

#### **Cuadro 7.**

#### **Acabados de los equipos**

<b>ACABADOS SUPERFICIALES</b>	
<b>ACABADO</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>N8</b>	Taladrados en todos los equipos y mecanismos para su posterior ensamblaje.
<b>N9</b>	Fresado soportes de cámaras. En todo corte de tol uso de cizalla.
<b>N4</b>	Pulido de áreas cortantes en perforaciones críticas (pasantes de cableado). Pintado de los equipos.
<b>N5</b>	Prototipado de acoples de sensores

Dichas especificaciones son variables, dependiendo del material a usar y formas de ensamblaje.

### 3.4.2. Dimensionamiento y selección de sensores.

#### 3.4.2.1. Sensor de Temperatura

La medición de temperatura se realiza en el área de trabajo de la soldadora, lo más cerca posible del elemento que se está soldando, donde la temperatura puede alcanzar un valor de 1200 °C.

El sensor seleccionado es una termocupla tipo K capaz de medir hasta 1200 °C, una hoja técnica con información de la misma se encuentra en el Anexo 3 de este documento.



**Figura 26. Termocupla tipo K**

### 3.4.2.2. Sensor de Corriente

Para la medición de la corriente de salida en la pistola de la soldadora se seleccionó un sensor de corriente, según las conclusiones que se pueden apreciar en el Cuadro 6 de la sección 3.3.

Los parámetros que se consideraron que el sensor debe cumplir para ser aceptado son:

- El sensor debe ser capaz de medir una corriente mayor a 300 A, que es la corriente de salida en la soldadora a un ciclo de trabajo del 60%, como se puede observar en el Cuadro 2 de especificaciones.
- La forma del sensor también es un punto importante a tomar en cuenta ya que este debe acoplarse en la soldadora sin interferir con su manejo.

El sensor seleccionado que cumple con esos parámetros es un sensor de efecto hall modelo HST(S) 21-500 capaz de medir hasta 500 A y que puede ser acoplado en la conexión entre la soldadora y la pistola. Sus características se muestran en su hoja técnica que se encuentra en el Anexo 3.



**Figura 27. Sensor de corriente de efecto Hall**

### 3.4.2.3. Sensor de Presión

Para la selección del sensor de presión se consideró la presión máxima presente en los tanques contenedores de los gases protectores para la soldadura, la cual es de 4000 psi. El sensor que se escogió para este propósito es un transmisor capaz de medir una presión de hasta 40 MPa (5801.51psi). Con este dato es posible determinar la cantidad de gas disponible en el tanque. Los datos técnicos del mismo se encuentran en la hoja de Anexo 3.



**Figura 28. Sensor de presión**

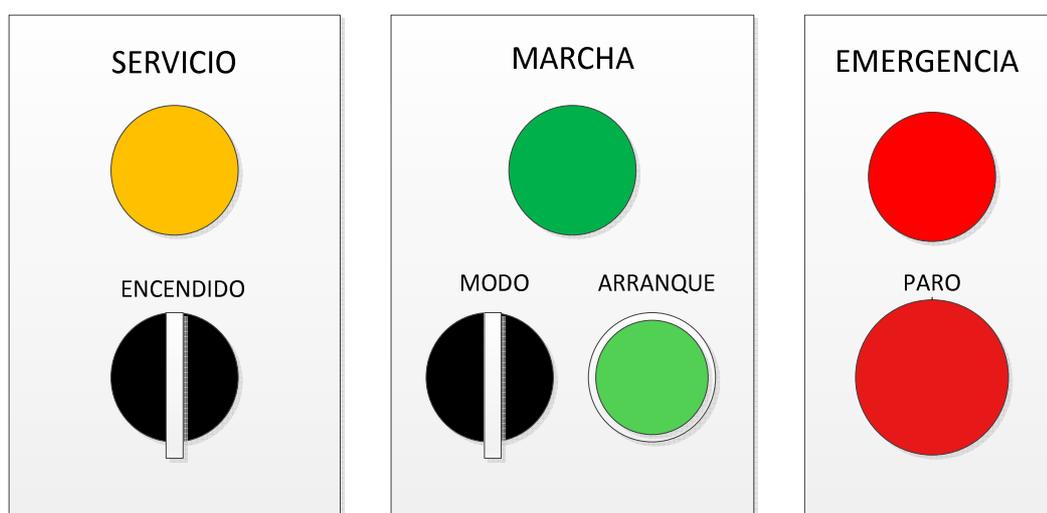
### 3.4.3. Diseño de panel de control y circuitos impresos.

Se describe la distribución de los componentes del panel de control en la estructura, y la descripción del funcionamiento de cada uno. También se describe el diseño de los circuitos de acondicionamiento para los sensores, desde los elementos usados, las pruebas realizadas y la obtención de ecuaciones para la medición de cada parámetro. Finalmente se muestran detalles sobre la elaboración de las placas electrónicas.

### 3.4.3.1. Panel de control

#### 3.4.3.1.1. Ubicación de los componentes

Los componentes en el panel de control fueron dispuestos verticalmente. A la izquierda los elementos de servicio, en el centro elementos de marcha y a la derecha los elementos de emergencia.



**Figura 29. Distribución de los botones e interruptores**

#### 3.4.3.1.2. Descripción de los componentes

Se describe el funcionamiento de cada componente en el panel de control con referencia a la Figura 29.

#### 3.4.3.1.3. Encendido del sistema.

Permite el paso de energía en la línea de poder del sistema.

#### 3.4.3.1.4. Selección de modo

### Modo Normal

No se puede arrancar el sistema.

La soldadora Miller 300 funciona normalmente sin que intervenga el sistema de ninguna forma. (Figura 29 posición central).

### Modo Guía

Se puede arrancar el sistema.

Mientras no lo permita la aplicación no es posible utilizar la pistola de suelda (línea de energía para la pistola deshabilitada).

Disponibile para todos los usuarios (Alumno, Docente, Técnico). (Figura 29 posición izquierda)

### Modo Libre

Se puede arrancar el sistema.

Mientras no lo permita la aplicación no es posible utilizar la pistola de suelda (línea de energía para la pistola deshabilitada).

Disponibile para el usuario Docente y Técnico. (Figura 29 posición derecha)

#### 3.4.3.1.5. Arranque del sistema

Enciende el CPU e inicia la aplicación. Funciona cuando esté seleccionado el modo Guía o el modo Libre.

#### 3.4.3.1.6. Paro de emergencia

Detiene la salida de alambre y de gas en la pistola.

#### 3.4.3.1.7. Luz de advertencia

Se enciende cuando se enciende el sistema.

Se apaga cuando el paro de emergencia esté activado o cuando se apague el sistema.

#### 3.4.3.1.8. Luz de encendido

Se enciende cuando el modo seleccionado es el Modo Guía o el Modo Libre.

Se apaga cuando se apaga el sistema o se cambia al modo Normal, o cuando el sistema está parado.

#### 3.4.3.1.9. Luz de paro

Se enciende mientras el sistema esté parado.

#### 3.4.3.2. Circuitos

Se diseñaron circuitos electrónicos para el acondicionamiento de las salidas de los sensores, para división de niveles de tensión y para manipular elementos de control.

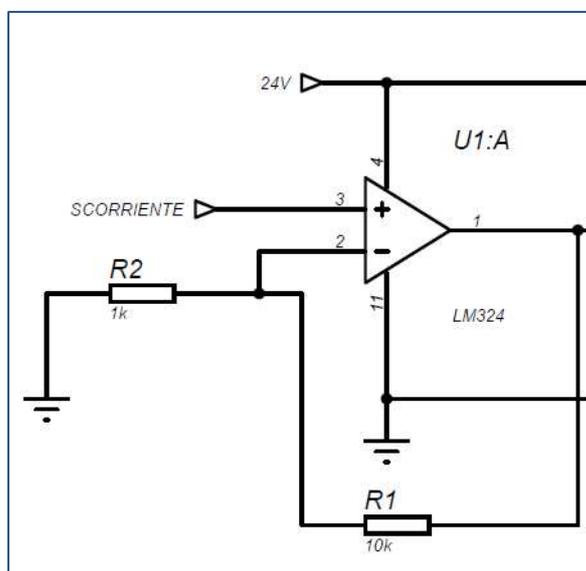
A continuación se detallan los circuitos diseñados específicamente para cada sensor o para cada función.

Sensor de corriente.

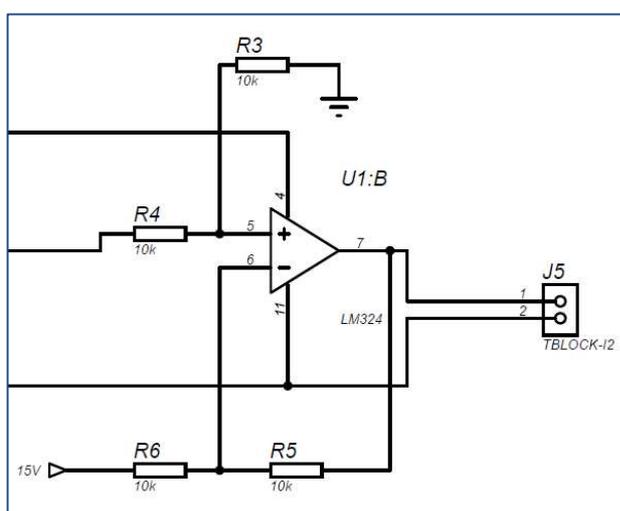
El sensor de corriente presenta una salida de voltaje dependiendo de la corriente que pase a través de él.

Con la ayuda de una pinza amperimétrica se realizaron lecturas iniciales del voltaje de salida del sensor variando la corriente que lo atravesaba. Sin acondicionamiento el sensor presentaba una variación aproximada de 3 mV/A. Para aumentar esta relación se realizaron dos circuitos de acondicionamiento con la ayuda de amplificadores operacionales LM324, un circuito multiplicador de voltaje por 10 para aumentar el valor de la relación, y un restador de voltaje de 15 V para disminuir el voltaje máximo y mínimo a

valores que sean cercanos al rango de 0 a 5 V. El diseño de los circuitos se lo realizó con la ayuda del programa ISIS Profesional.



**Figura 30. Multiplicador de voltaje por 10**



**Figura 31. Restador de 15V**

Una vez realizado este acondicionamiento se obtuvo una relación de 30 mV/A, un voltaje mínimo de 0,67 V a 0 A y un voltaje máximo de 5,41 V a 329,50 A.

Con este acondicionamiento a la salida se realizaron pruebas para determinar una ecuación aproximada de la corriente que pasa por el sensor en función del voltaje de salida del mismo. La Tabla 6 es una muestra de los valores que se obtuvieron con las pruebas.

**Tabla 6.**

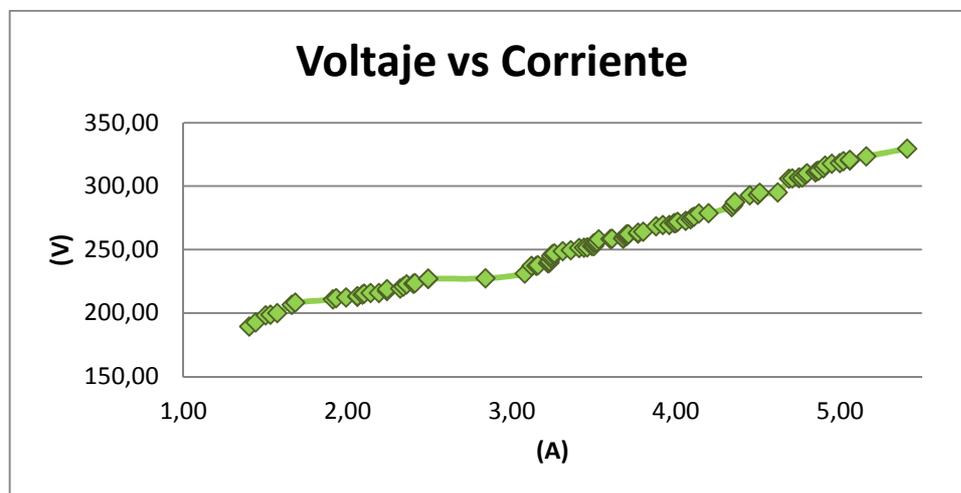
**Prueba del sensor de corriente**

<b>Voltaje medido Total (V)</b>	<b>Corriente medida Total (A)</b>
1,40	189,30
1,44	192,80
1,50	198,10
1,91	210,70
1,93	211,80
2,19	215,80
2,24	217,40
2,24	218,80
2,32	219,40
3,26	247,10
3,31	248,70
3,36	249,50
3,88	268,50
3,92	269,30
4,36	287,40
4,87	312,10
4,90	314,10
4,91	316,10
4,95	317,70
5,00	318,20
5,02	319,60
5,06	320,20
5,06	320,70
5,16	323,50
5,41	329,50

Se realizó una curva de aproximación con los valores obtenidos en las pruebas y se obtuvo la ecuación:

$$I_{sal} = 4,51 * V^2 + 3,96 * V + 184,52 \text{ [A]}$$

Siendo  $I_{sal}$  la corriente de salida de la pistola de soldadura y  $V$  el voltaje de salida del sensor.



**Figura 32. Gráfica de Voltaje vs Corriente**

**Tabla 7.**

**Error en la ecuación del sensor de corriente**

Voltaje medido Total (V)	Corriente medida Total (A)	Corriente calculada EcF (A)	% Error Total
1,40	189,30	198,90	5,07
1,91	210,70	208,54	1,03
1,93	211,80	208,96	1,34
2,19	215,80	214,82	0,45
2,24	217,40	216,02	0,63
3,26	247,10	245,36	0,70
3,31	248,70	247,04	0,67
3,36	249,50	248,74	0,30
3,50	255,10	253,63	0,58
3,51	255,20	253,98	0,48
3,52	256,00	254,34	0,65
3,88	268,50	267,78	0,27
3,92	269,30	269,35	0,02
4,36	287,40	287,52	0,04
4,80	310,10	307,44	0,86
4,87	312,10	310,77	0,43
4,90	314,10	312,21	0,60
5,06	320,70	320,03	0,21
5,16	323,50	325,04	0,47
5,41	329,50	337,94	2,56

Con esta ecuación se obtuvieron errores más altos en los valores más bajos y más altos de corriente, con un error máximo de 5%, que se considera aceptable.

Sensor de temperatura.

El sensor de temperatura es una termocupla tipo K, por lo que para su acondicionamiento se dispuso de un circuito integrado AD595, un amplificador monolítico para termocuplas.

Con una conexión directa de la termocupla en el integrado se consigue una relación de 10 mV/°C. Si la ecuación se representa como la temperatura en función del voltaje del sensor quedaría de la siguiente manera:

$$T = 100 * V - 2,7 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

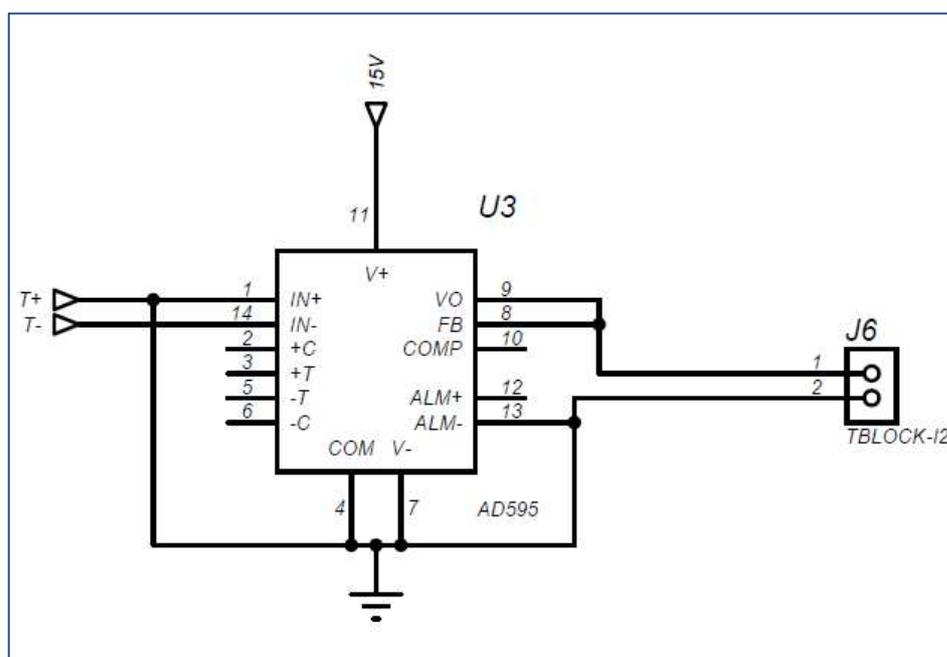
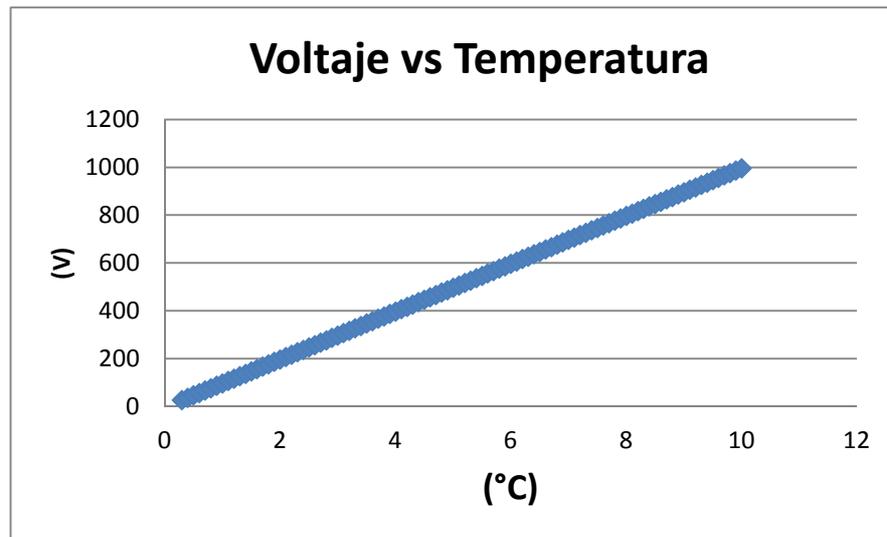


Figura 33. Acondicionador de termocupla

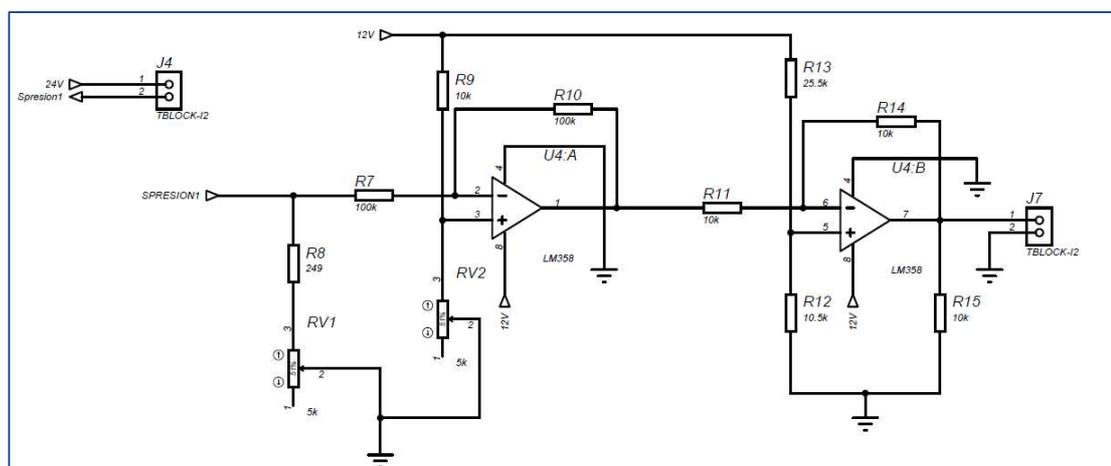


**Figura 34. Gráfica Voltaje vs Temperatura**

El error en esta ecuación se considera despreciable por la exactitud que posee el circuito integrado.

Sensor de presión.

Los sensores de presión presentan una salida en corriente de 4 a 20 mA por lo que fue necesario un acondicionamiento para convertir esa salida en una salida de voltaje de 0 a 5 V. Para este propósito se diseñó un circuito con amplificadores operacionales, mostrado en la Figura 35.



**Figura 35. Convertor de corriente a Voltaje**

Mediante potenciómetros de precisión se regula el voltaje mínimo y máximo de salida.

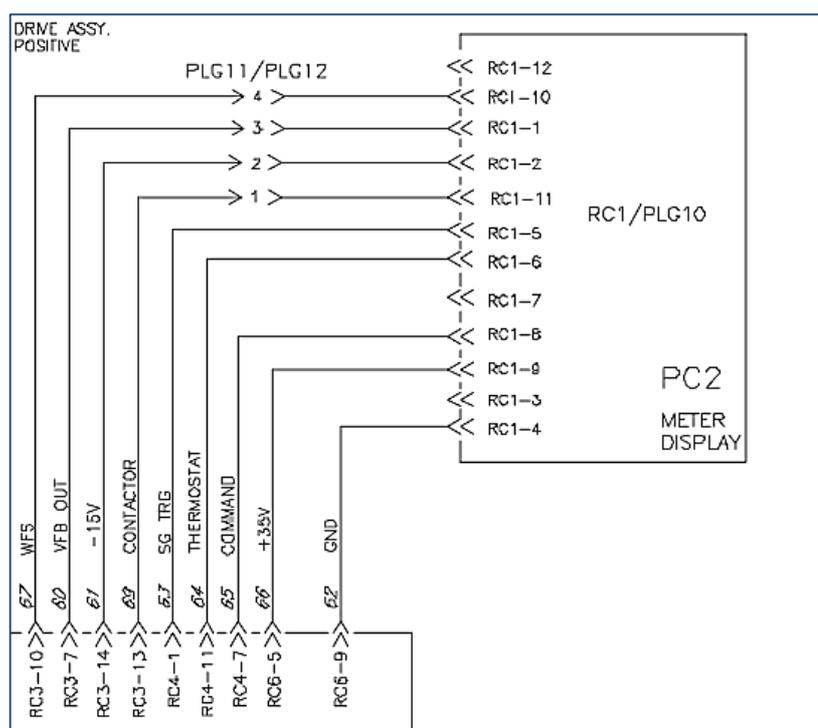
La ecuación del sensor expresada como la presión en función del voltaje de salida del sensor quedó como:

$$\text{Presión} = 8 * \text{Voltaje [MPa]}$$

Voltaje y salida del alambre.

El voltaje y la salida de alambre en la soldadora son parámetros mostrados normalmente mediante dos pequeños displays en el equipo. Se decidió mostrar estos valores en la pantalla de la aplicación.

Para este fin se configuraron dos salidas directamente desde la placa de control de los displays (ver Figura 36), propia del equipo, y se planteó una relación para cada salida mediante la realización de varias pruebas.



**Figura 36. Terminales de la placa de control en la soldadora**

Tabla 8.

Prueba de salida de voltaje de la placa en la soldadora para leer el voltaje de soldadura

V (PIN8)	Vo
0	12
0,25	12,5
0,5	13
0,75	13,5
1	14
1,25	14,5
1,5	15
1,75	15,5
2	16
2,25	16,5
2,5	17
2,75	17,5
3	18
3,25	18,5
3,5	19
3,75	19,5

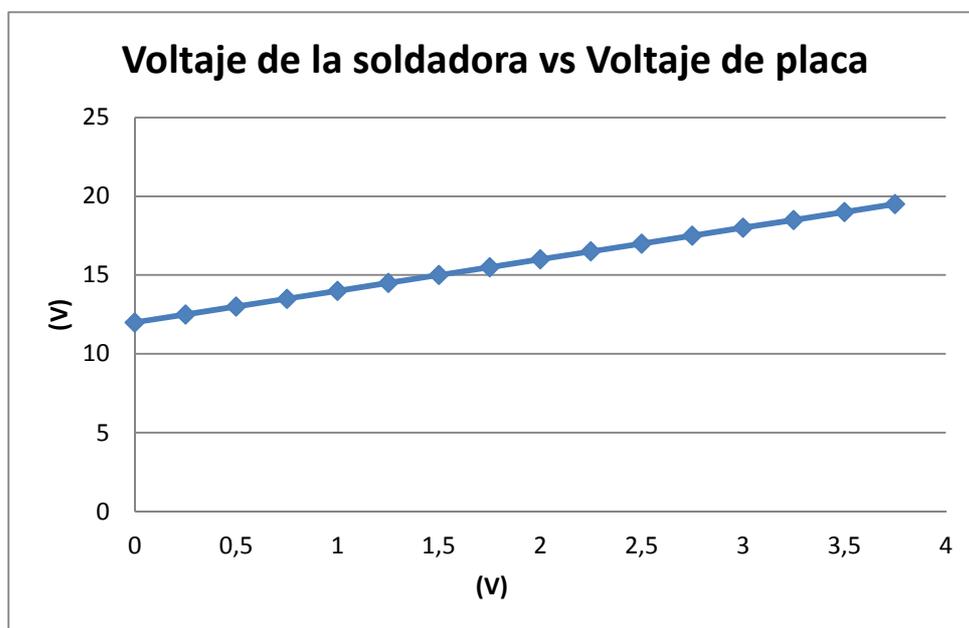


Figura 37. Gráfica voltaje de salida de soldadora vs voltaje de salida de la placa

Tabla 9.

Prueba de salida de voltaje de la placa en la soldadora para leer la velocidad de salida del alambre.

V (PIN10)	Salida de alambre
0,57	27
0,86	50
1,16	75
1,47	100
4,54	350
4,84	375
5,16	400
5,46	425
5,77	450
6,08	475
6,39	500
6,7	525
7,01	550
7,32	575
7,63	600
7,93	625
8,24	650
8,55	675
8,76	700

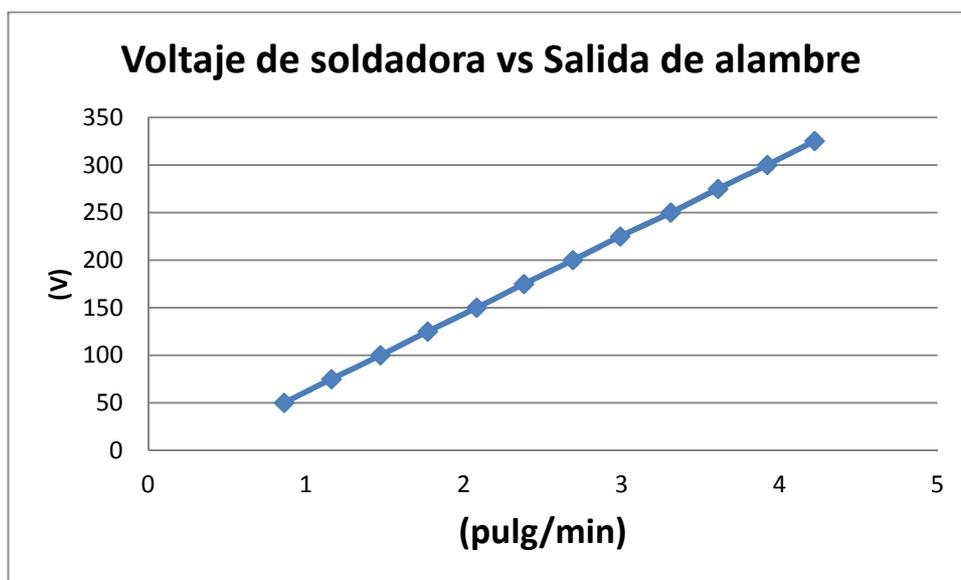


Figura 38. Gráfica de voltaje de salida en la placa vs velocidad de salida del alambre

Con estas pruebas se obtuvieron las ecuaciones para el voltaje en la pistola de soldadura y la velocidad de salida del alambre.

$$V_p = 2 * V_s + 12 [V]$$

$$\text{Salida de alambre} = 81,694 * V - 19,868 \left[ \frac{\text{pulg}}{\text{min}} \right]$$

Desactivación de pistola de soldadura.

Para limitar el uso de la soldadora, según la aplicación lo permita o no, se implementó un circuito con un relé controlado por medio de una comunicación serial entre la aplicación y una placa arduino nano.

### **Diseño de las placas**

Se diseñaron dos placas con la ayuda del programa ARES. Los elementos se posicionaron de la manera más intuitiva y ordenada posible de modo que quedara espacio suficiente para distribuir las pistas. El ancho de las pistas en las placas es T30, lo que significa que pueden soportar hasta 0,7 A.

La primera placa contiene todos los elementos necesarios para el acondicionamiento de los sensores. Incluye borneras de entrada (Parte izquierda Figura 39), borneras de salida (Parte inferior Figura 39) y salida de voltaje regulado a varios niveles: 5, 9, 12, 15 V (Parte derecha Figura 39).

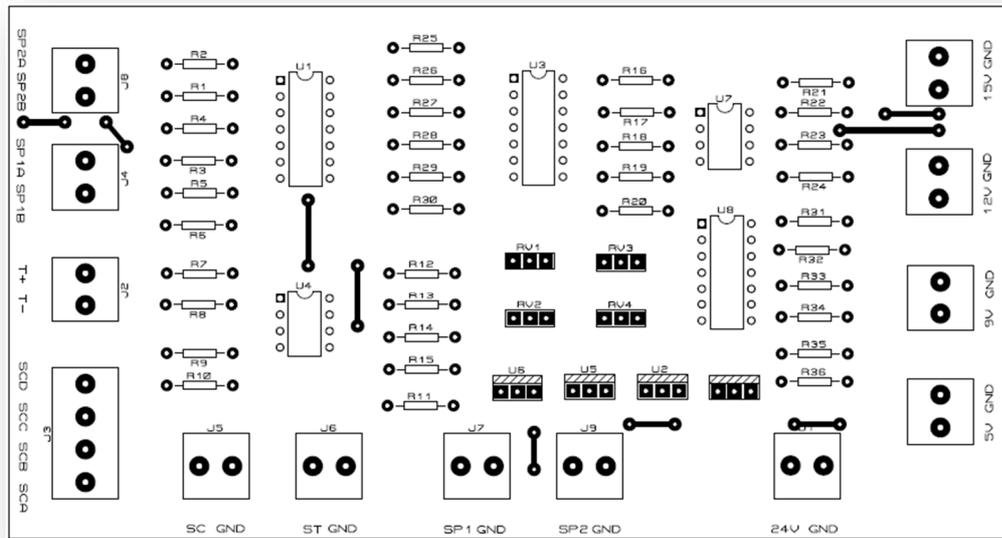


Figura 39. Esquema de la parte superior de la placa de acondicionamiento de los sensores

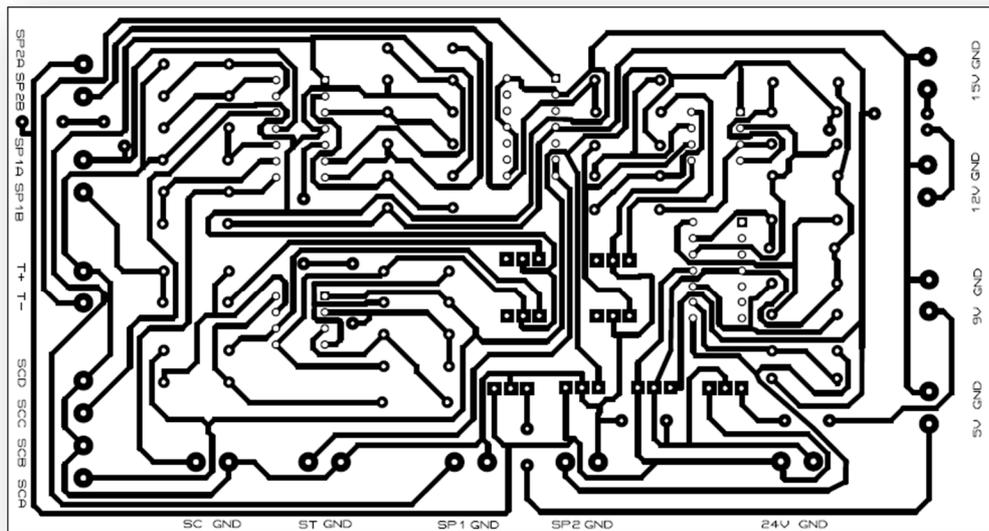
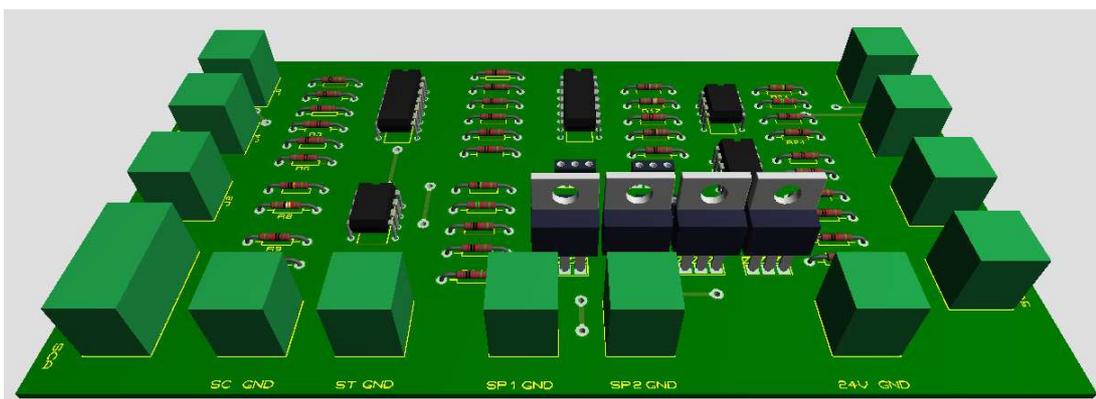
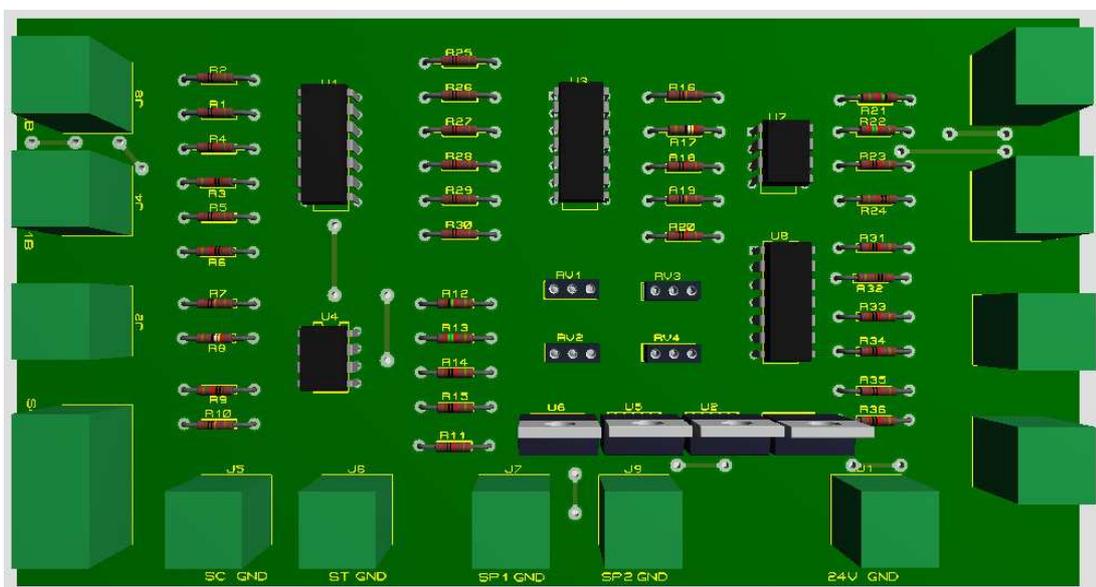


Figura 40. Esquema de la parte inferior de la placa de acondicionamiento de los sensores



**Figura 41. Modelo 3D de la placa de acondicionamiento**



**Figura 42. Vista superior 3D de la placa de acondicionamiento**

En la segunda placa se incluyó una placa arduino nano configurada con dos entradas analógicas para lectura de los sensores de presión y un relé para la desconexión de la pistola de soldadura.

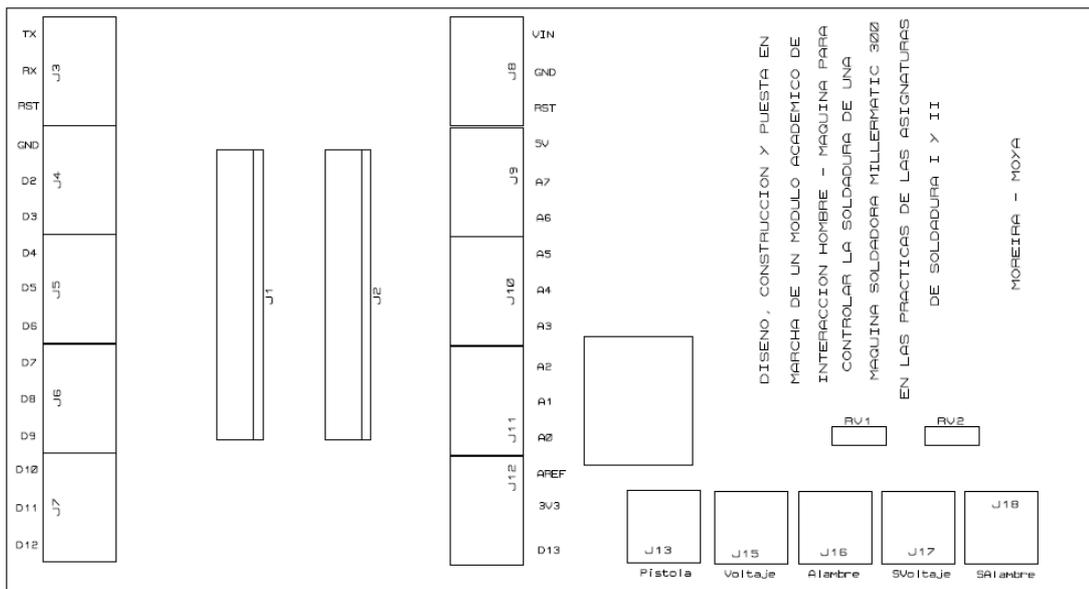


Figura 43. Esquema de la parte superior de la placa de control para el arduino

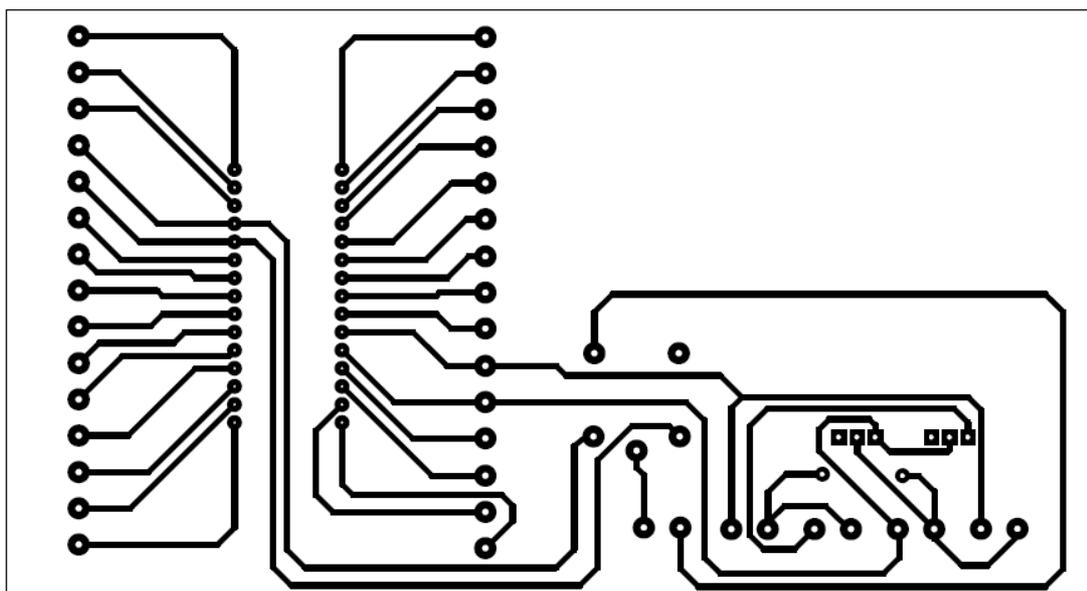


Figura 44. Esquema de la parte inferior de la placa de control para el arduino

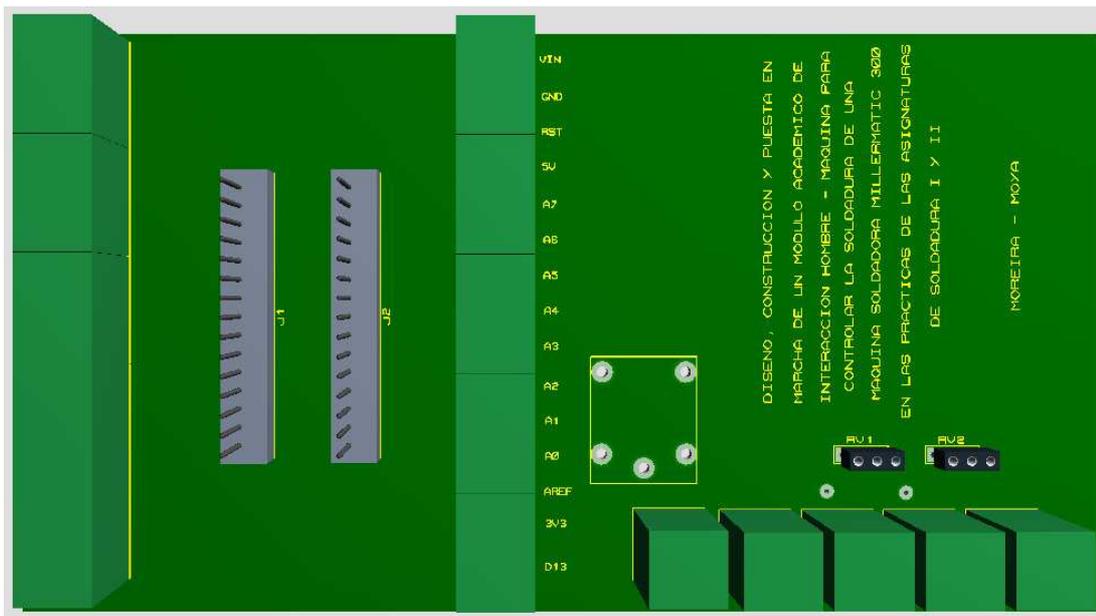


Figura 45. Vista superior del modelo 3D de la placa de control del arduino

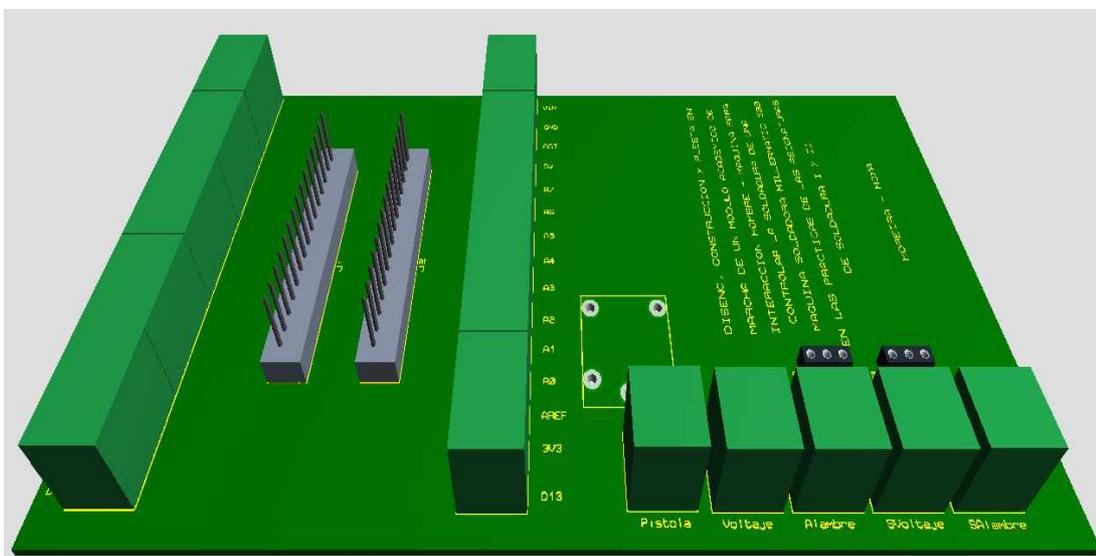


Figura 46. Modelo 3D de la placa de control del arduino

#### 3.4.4. Lista de piezas y componentes.

Las piezas y componentes que se han seleccionado dimensionando el campo de trabajo y las necesidades requeridas.

##### 3.4.4.1. Piezas

- 1 Brazo soporte panel control.
- 1 Brazo soporte caja control.
- 2 Soportes Mount Wall 3 grados de libertad
- 2 Soportes Mount Wall 2 grados de libertad
- Caja contenedora CPU.
- Caja armario 300x300x150 mm
- Caja armario 300x400x150 mm
- 3 sujetadores manguera ½"
- 10 metros manguera recubierta ½"
- 2 soportes cámaras.
- 2 lentes N°5 soldador
- 2 Cajas 150x150x100 mm
- 1 Caja plástica 40x50x10 mm
- 2 Soportes lentes de soldador.
- 1 Soporte cable.
- 1 Soporte uso sensor de temperatura
- Caja cobertura sensor de corriente 40x40x10 mm
- 2 orejas de soporte plásticas.
- 14 pernos M6 – 70 mm
- 14 tuercas M6
- 9 pernos M6 – 10 mm
- 9 tuercas M6
- 13 pernos M3 – 10 mm
- 11 tuercas M3

- 4 pernos M5 – 10 mm
- 4 tuercas M5 – 10 mm
- 4 tornillos M6 – 50 mm
- 4 taco Fischer
- 23 tornillos tira fondo M3 – 10 mm
- 8 pernos M2 – 80 mm
- 43 pernos M2 – 5 mm
- 51 tuercas M2
- 4 canaletas plásticas 2 metros
- 4 sujetadores de cable ½” con perno de ajuste.

#### 3.4.4.2. Componentes

- 2 Monitores 19”
- 1 Pantalla táctil 10”
- 1 CPU procesador centrino
- 1 Plc – Siemens
- 2 Arduino nano
- 40 Borneras control
- 1 Relé 24 V
- 1 Módulo controlador pantalla táctil
- 3 luces industriales
- 3 Contactos NA
- 1 Contacto NC
- 2 Interruptores
- 1 Botón paro de emergencia
- 1 Pulsador.
- 50 m cable N16
- 30 m cable N18
- 20 m cable 4 pares N22 – categoría 6
- 10 m cable N14

- 6 cables extensores de USB de 5 m.
- 3 cables VGA 10 m cada uno.
- 3 DB9 machos
- 3 DB9 hembras
- 6 capuchones tipo DB9
- 3 pares de socket de conexión de 4 pines.
- 1 cable transmisor datos plc Siemens.
- 2 cámaras Logitech C210 – 8 megapíxeles.
- 1 módulo RFID – arduino.
- 1 Fuente 24 V – 5 A
- 1 Interruptor 48A – bifásico.
- 1 Sensor de corriente 600 A
- 1 Termocupla 1200 °C
- 2 Sensores de presión 5000 PSI
- 180 terminales N°20
- 50 terminales N°16
- 1 LM7805
- 1 LM7809
- 1 LM7812
- 1 LM785
- 1 AD595
- 1 LM324
- 2 LM358
- 4 Potenciómetros de precisión de 5 K
- Resistencias de varios valores
- 19 borneras de 2 pines
- 10 borneras de 3 pines
- 2 espadines hembra/macho de 15 pines
- 1 relé de 5V

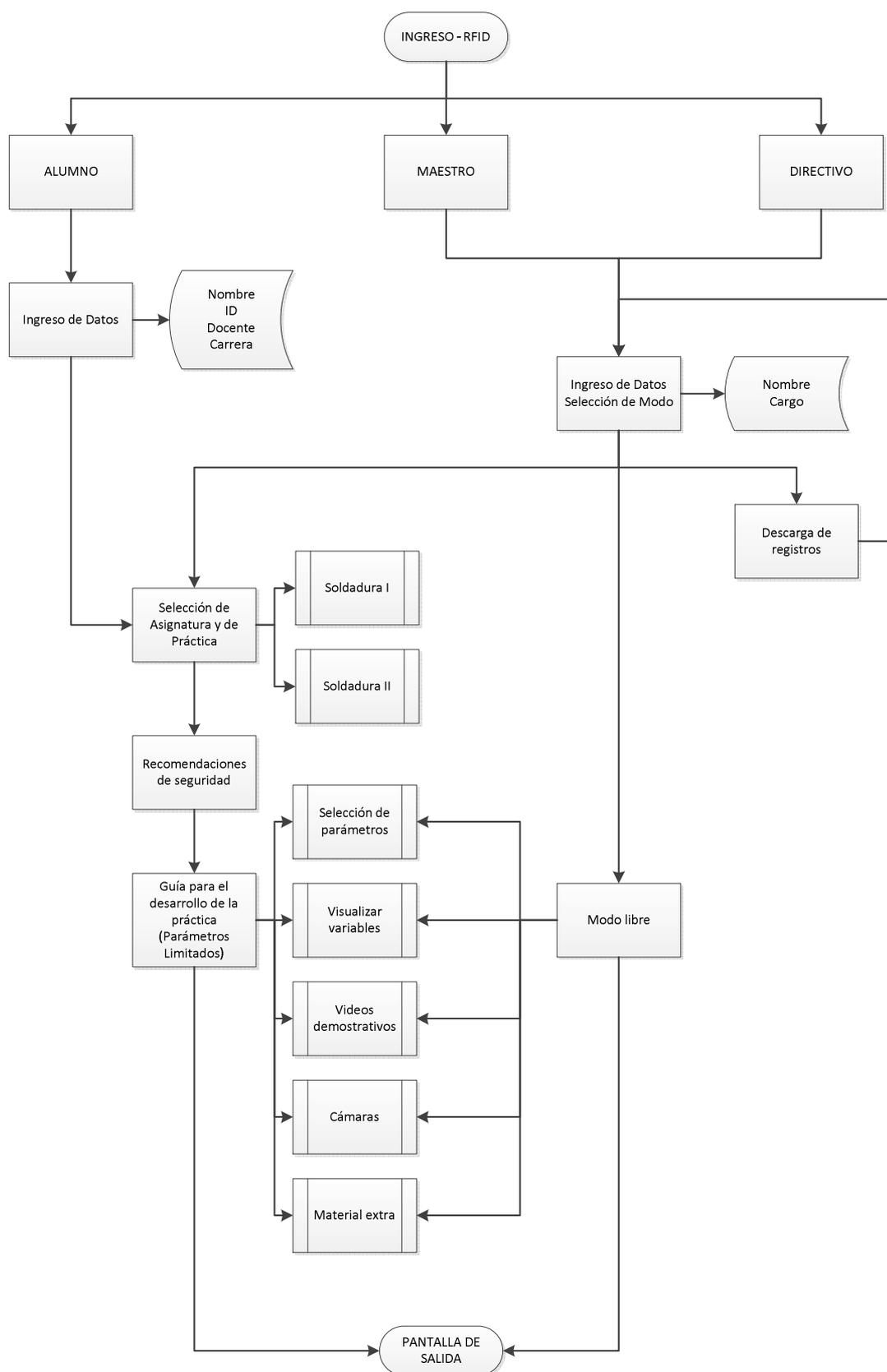
### 3.4.5. Diseño de la interfaz.

La interfaz fue diseñada siguiendo las recomendaciones ofrecidas por la Guía GEDIS (Guía Ergonómica de Diseño de Interfaz de Supervisión). Esta guía está enfocada en el diseño de interfaces para ambientes industriales.

La GEDIS se divide en 2 fases, la primera especifica indicadores necesarios para el desarrollo de la interfaz, tales como arquitectura, navegación, distribución, color, texto, simbología, etc. La segunda fase es una evaluación cuantitativa de estos indicadores para poder plantear posibles mejoras.

#### 3.4.5.1. Arquitectura

Como primer paso es necesaria la elaboración de un mapa donde estén definidas las diferentes pantallas con las que contará la interfaz y que además especifique la relación existente entre las mismas. Adjunto a este mapa debe describirse la funcionalidad de cada pantalla.



**Figura 47. Distribución de las pantallas en la aplicación**

### 3.4.5.2. Distribución de las Pantallas

En el segundo paso se definen la tipología de las pantallas, esto es definir las plantillas con las que estarán diseñadas los tipos de pantallas. Estas plantillas definen conceptos como ubicación del texto, ubicación de alarmas, ubicación de notificaciones, ubicación de botones, etc. Y son guiadas por ciertas directrices definidas en la GEDIS



**Figura 48. Modelo de plantilla para las pantallas**

En la parte superior de la Figura 48 se encuentran de izquierda a derecha el botón de ayuda, botón de retroceso y botón de cierre de sesión.

En la parte inferior se encuentran el botón de continuar y la barra de información.

En la parte derecha se encuentran las pantallas de ayuda que aparecen en las pantallas guías de las prácticas y en la pantalla de modo libre.

Información detallada de las funciones de estos botones se muestran en la sección 5.1.

#### 3.4.5.3. Navegación

La forma en que el operador navegará entre las distintas pantallas es otro punto importante en una interfaz, el esquema de navegación debe ser intuitivo y fácil de usar (Ponsa & Granollers).

Para este fin se pueden usar diversos métodos sugeridos por la GEDIS, tales como menús y submenús, barras de botones, barras de íconos, enlaces con texto, listas desplegadas, etc.

En la Figura 48 se puede apreciar en la parte superior central el botón de retroceso, para volver a la pantalla anterior, en la parte inferior el botón de continuar, para avanzar a la siguiente pantalla, y en la parte derecha los botones para dirigirse a las distintas pantallas de ayuda.

#### 3.4.5.4. Uso de color

En este punto se definen los colores que conforman la interfaz, color de fondo de pantalla, color del texto en general, color de las alarmas, color de estatus del equipo. Así mismo este proceso de selección debe de seguir ciertas directrices definidas por la GEDIS.

Para la aplicación se usan colores apagados que no resalten demasiado a la vista, según lo recomendado por la GEDIS. Se usa principalmente un color gris y distintas tonalidades del mismo, además de blanco y azul opaco.

#### 3.4.5.5. Información Textual

Se deben definir características del texto como fuente, tamaño del texto, alineación, espaciamiento, abreviaturas, etc.

La letra del texto en la aplicación es de tipo Rockwell y tamaño 20. El color de letra es negro, blanco en ciertos títulos y azul en las pantallas de ayuda. El texto se encuentra centrado en su mayor parte.

#### 3.4.5.6. Estatus de los equipos y eventos de procesos.

En esta fase se debe definir el estándar gráfico de símbolos e iconos que representen el estatus de los diversos equipos de la planta, así como los cambios de estado digitales (On/Off) de eventos que se requieren representar en las pantallas de proceso (Ponsa & Granollers).

La aplicación se comunica con los botones externos del panel de control, como el botón de parada de emergencia, y despliega pantallas que muestran el estado de estos. Ver figura 49.

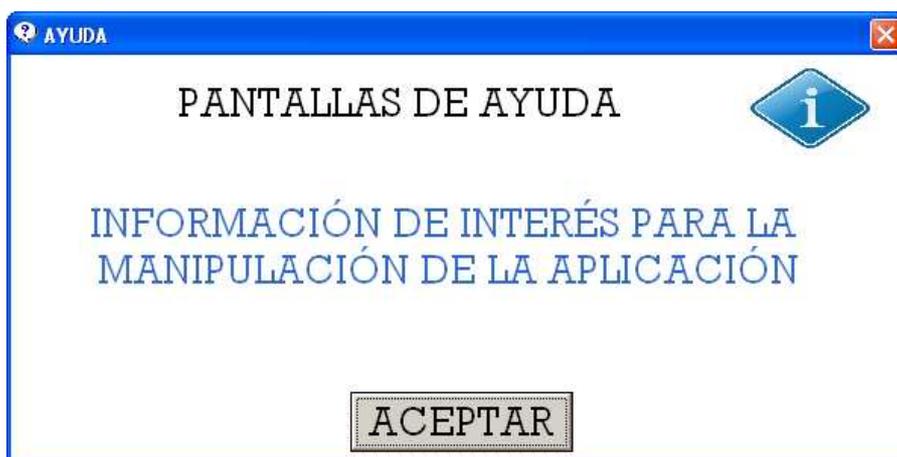


**Figura 49. Pantalla de paro de emergencia**

#### 3.4.5.7. Información y valores de proceso.

Los datos que se despliegan para mostrar información de importancia referente a la planta y al proceso deben ser clasificados y distribuidos en las pantallas de acuerdo a directrices definidas por la GEDIS.

Para la aplicación se añadió en cada pantalla una pantalla desplegable de ayuda que muestra información sobre el manejo de la aplicación. Además existen las Pantallas de Ayuda muestran información relevancia sobre el proceso y la planta.



**Figura 50. Pantalla de ayuda**

#### 3.4.5.8. Comandos e Ingreso de Datos

Aquí es definida la forma en que el operador se comunicará con la interfaz de modo que esta se comporte de la manera deseada. Esto se puede realizar por medio de ejecución de comandos, ingreso de datos o selección de opciones.

La guía GEDIS especifica algunas directrices que se deben seguir para la correcta implementación de estos comandos.

En las Figuras 51, 52, 53 se muestran las diferentes formas de ingreso de comandos y datos en la aplicación, incluyendo la manipulación de la aplicación por activación de botones.

APELLIDO Y NOMBRE

Ingreso

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
q	w	e	r	t	y	u	i	o	p
a	s	d	f	g	h	j	k	l	ñ
z	x	c	v	b	n	m	BORRAR	MAYÚS.	
ESPACIO								ACEPTAR	

CARRERA

- ING. MECÁNICA

**Figura 51. Ingreso de datos por teclado**

CARRERA

- ING. MECÁNICA
- ING. MECATRONICA

ACEPTAR

**Figura 52. Ingreso de comandos por selección de opciones**

← C

SELECCIÓN DE GRÁFICO

VOLTAJE MÁXIMO Y MÍNIMO VS CORRIENTE  
 CORRIENTE VS CICLO DE TRABAJO  
 SOLDADURA MIG - AGA  
 ESTIMACIÓN DE COSTOS - INDURA  
 DEFECTOS EN LA SOLDADURA - INDURA  
 ESQUEMAS BÁSICOS DE SOLDADURA - INDURA  
 POSICIONES DE SOLDADURA - INDURA  
 SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA - INDURA

**Figura 53. Ingreso de comandos por selección en lista**

### 3.4.5.9. Alarmas

Las alarmas se pueden clasificar, de acuerdo a su criticidad en alarmas críticas, advertencias y mensajes, siendo los últimos eventos que no representan ninguna amenaza pero que es conveniente transmitir al operador.

Su definición, su representación y su ubicación en la pantalla pueden ser dirigidas de acuerdo a la guía GEDIS.

En la aplicación las pantallas de alarma, de mensajes y de advertencia aparecen como pantallas secundarias en el centro de la pantalla principal. Ver figuras 49, 50 y 54.



**Figura 54. Pantalla de advertencia**

### 3.4.6. Diseño del sistema de seguridad y control de acceso.

Se detalla la seguridad que se implementó para proteger los equipos y la aplicación. Se explica cómo se realizó la implementación del reconocimiento de usuario para los niveles de acceso. Se indican los procesos que pueden realizar cada usuario y los modos de uso de la aplicación.

#### 3.4.6.1. Seguridad de los equipos

Los equipos como placas, pantallas y elementos eléctricos y electrónicos junto con sus conexiones se encuentran protegidos dentro de estructuras de tol cerradas con llave.

Las líneas de cable para conexiones están dispuestas en canaletas, tanto en las conexiones eléctricas exteriores como en las conexiones interiores.

Las líneas de alimentación principales (110V y 24V) poseen protección de contactores y de fusibles.

El PLC posee la protección de un fusible para corrientes altas, la pantalla táctil cuenta con una mica protectora, las cámaras se encuentran protegidas dentro de estructuras seguras y el CPU tiene una ventilación adecuada para su correcto funcionamiento.

#### 3.4.6.2. Seguridad de la aplicación

La aplicación posee una seguridad para su uso limitado. Cuando el sistema se inicia la aplicación inicia automáticamente. El CPU no cuenta con un teclado visible, por lo que el ingreso de comandos al equipo está limitado.

La aplicación cuenta además con el botón de paro de emergencia exterior y un control de usuarios que hacen uso de ella.

#### 3.4.6.3. Control de acceso

El control de acceso de usuarios limita el uso de la aplicación de acuerdo al nivel de acceso que el usuario posea.

El reconocimiento inicial de usuarios se lo realiza con la ayuda de un sistema RFID compuesto por un módulo RFID para arduino y un arduino nano (Ver sección 3.4.4.2).

Cargado el programa adecuado en el arduino (Ver Anexo 9) y con el módulo RFID conectado es posible reconocer los usuarios por medio de tarjetas especiales.

El arduino se comunica por vía serial con la aplicación y ésta define el nivel de acceso para cada usuario. En la figura 47, parte inferior izquierda se observa el RFID.



**Figura 55. Módulo RFID bajo el panel de control**

#### 3.4.6.3.1. Niveles de acceso

##### ALUMNO

El usuario alumno tiene permisos para uso de la aplicación únicamente en el modo Guía.

## DOCENTE

El usuario docente tiene permisos para uso de la aplicación en el modo Guía, en el modo Libre y puede descargar los registros del uso del equipo.

## TÉCNICO

El usuario técnico tiene permisos para uso de la aplicación en el modo Guía, en el modo Libre y puede descargar los registros del uso del equipo.

### 3.4.6.3.2. Modos de uso

#### Modo Guía

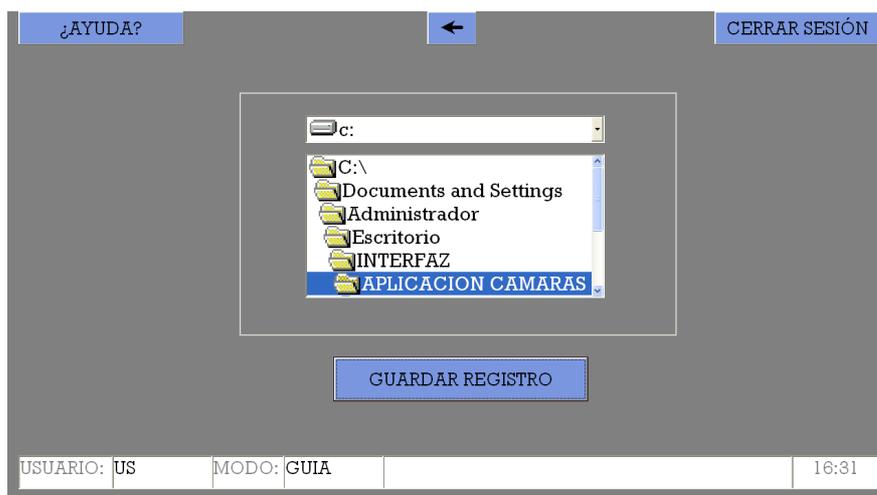
El usuario tiene acceso a una lista de todas las prácticas de soldadura I y II que se realicen en el equipo, cada práctica tiene pantallas guías, ejemplos y videos que facilitan la realización de la misma. Si el usuario es alumno los niveles de voltaje y velocidad de salida del alambre estarán limitados por los niveles que la práctica defina.

#### Modo Libre

El usuario tiene pantallas de apoyo para soldar sin ninguna restricción.

### 3.4.6.3.3. Registro de uso del equipo

La aplicación registra las horas de uso, el usuario junto con sus datos personales y el propósito para el que fue usada, todo dentro de una hoja de Excel que puede ser descargada por los usuarios DOCENTE o TÉCNICO.



**Figura 56. Pantalla de descarga de registro**

#### 3.4.7. Planos de detalle.

Se da un detalle completo de los planos de construcción tanto mecánico como electrónico en donde se encuentra las medidas geométricas y acabados superficiales de los equipos construidos. Los diagramas eléctricos dan un detalle completo de la construcción de la placa de control e instrumentación de los sensores ocupados. Los planos de control detallan las conexiones realizadas de todo componente manipulable del equipo. Se detalla las configuraciones y precauciones de las instalaciones sobre el controlador (plc) encargado de monitorear todo equipo que forma parte del proyecto.

##### 3.4.7.1. Planos

Los planos se incluyen en el Anexo 4.

##### 3.4.7.2. Diagramas eléctricos

Los diagramas eléctricos se pueden observar en el Anexo 5.

### 3.5. Construcción

Se detalla las instalaciones realizadas para el ensamblaje de todos los equipos usados en el funcionamiento del sistema.

#### 3.5.1. Soportes y Acoples Estructurales

Para la elaboración de este proyecto se construyeron estructuras mecánicas como soporte para equipos y cajas de control en el campo de trabajo de la soldadora y se implementó equipos de soporte para algunos sensores utilizados en la lectura de las variables de la máquina.

##### 3.5.1.1. Brazos de soporte.

En la construcción de estos elementos se seleccionó como material tubo cuadrado de acero de construcción ASTM36 de 40 x 40 mm en la sección transversal y 2 mm de espesor. Se elaboraron dos estructuras formadas por dos tubos soldados perpendicularmente, con una medida de 400 mm por tubo. En la figura 57 y 58 se puede observar el diseño de los elementos.



**Figura 57. Soporte estructural izquierdo**



**Figura 58. Soporte estructural derecho**

En la estructura izquierda se ubicó un tubo cuadrado de 25 x 25 mm de sección soldado a perpendicularidad sobre la mitad del soporte vertical. En la estructura diestra se soldó igualmente un tubo cuadrado con las mismas especificaciones y posiciones ya nombradas.

En las salientes de los soportes se ubicaron apoyos soldados de platinas de 4 mm de espesor y 80 x 40 mm con dos huecos pasantes de 10 mm.

#### 3.5.1.2. Caja de CPU

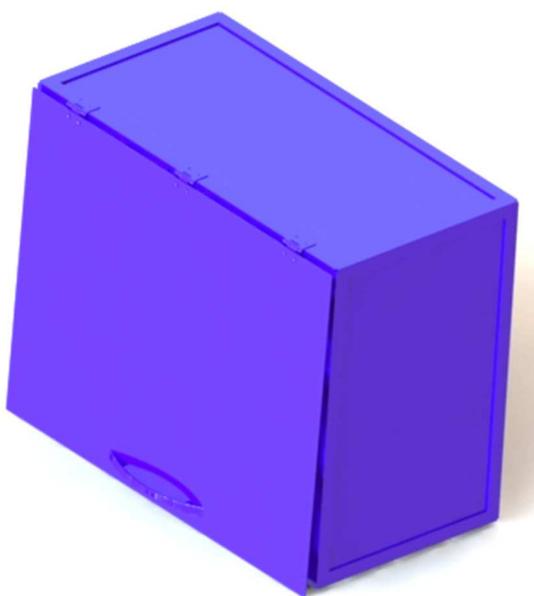
Para la construcción de este elemento se seleccionó; planchas de tol de 1.5 mm, perfil de acero tipo L, bisagras de 3 correderas de 10x20x2 mm, 1 manija, pernos M3 – 10 mm, tuercas M3.

Se realizaron cortes a distintas medidas en el perfil tipo L; 4 cortes de 300 mm, 4 cortes de 470 mm y 4 cortes de 580 mm. En cada una de sus respectivas esquinas se realizaron biselados de 45 grados para el ensamblaje. Se soldaron tres perfiles de medidas distintas para formar cada una de las 4 esquinas de la caja. Donde se usó soldadura tipo SMAW con

electrodo 6011. Se utilizaron 5 cortes de tol con las medidas; 2 planchas de 300x470 mm, 2 planchas de 300x580 mm y una plancha de 470x580 mm.

Las mismas se soldaron a la estructura ya formada del perfil tipo L con excepción de la plancha de 470x580 mm; dicha plancha se ensambló con el uso de las bisagras y el uso de sus pernos y tuercas de ajustaje.

El ensamblaje final de la caja soporte CPU es como se muestra en la figura 59.



**Figura 59. Caja contenedora de CPU**

#### 3.5.1.3. Acople lente cámaras.

Se realizó un diseño CAD en el software SolidWorks, para su transformación en formato .stl, el mismo que se lo imprimió en 3D en plástico ABS. El acople es un soporte con una entrada de 50 mm de diámetro para la remoción o puesta del lente oscuro N°5, posee dos orificios M3 a 90 mm del centro para ser colocado al exterior de la caja contenedora de las cámaras. El espesor de las paredes del soporte es de 3 mm. En la figura 60 se observa la isometría del soporte para el lente.

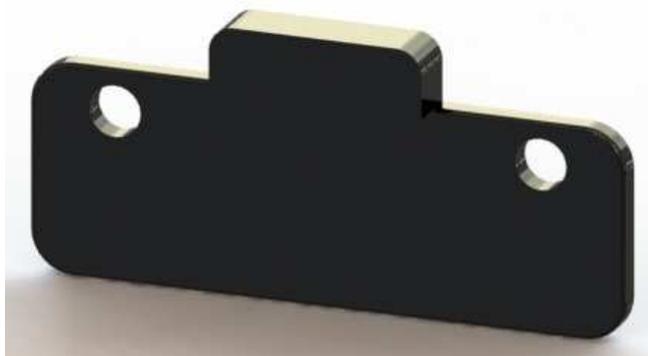


**Figura 60. Soporte lente oscuro**

#### 3.5.1.4. Acople soporte cámaras.

Se realizó un diseño Cad de la pieza sobre la plataforma SolidWorks y se ocupó un formato .stl para la impresión en 3D en plástico ABS. Dicha pieza sirve para el soporte y ajustaje de las cámaras a la estructura de 3 movimientos. El soporte posee una oreja saliente de 3 mm para que la cámara pueda apoyarse en ella y no permita el movimiento en el eje Z.

Posee orificios M5 que están a 40 mm y que cumplen la función de ensamblar el soporte al chasis de las cámaras. De esta manera las cámaras quedan fijas y se genera el ajustaje de enfoque de manera más sencilla. El resultado se observa en la figura 61.

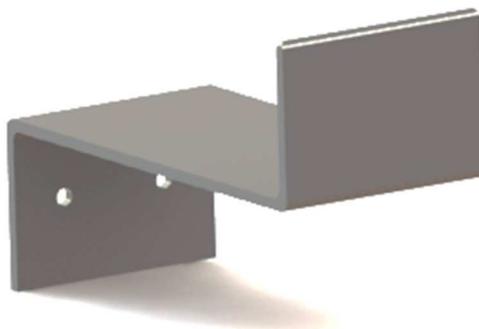


**Figura 61. Soporte cámaras**

### 3.5.1.5. Soporte manguera.

Fue realizado en tol de 1.5 mm de espesor donde se realizaron dos dobleces de 90° con perforaciones en una de sus caras M3 para el montaje sobre la estructura de las paredes.

Dicho soporte es usado para sujetar la manguera de cable de datos al armario de control. En la Figura 62 se observa la estructura.



**Figura 62. Soporte Manguera**

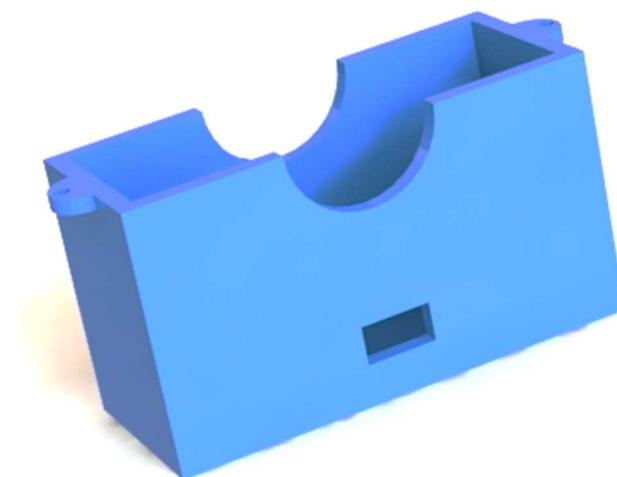
### 3.5.2. Implementación Sensores

Se realizaron tanto acoples mecánicos como conexiones electrónicas para el funcionamiento de los sensores en la ubicación que les fue designada.

#### 3.5.2.1. Caja contenedora sensor de corriente

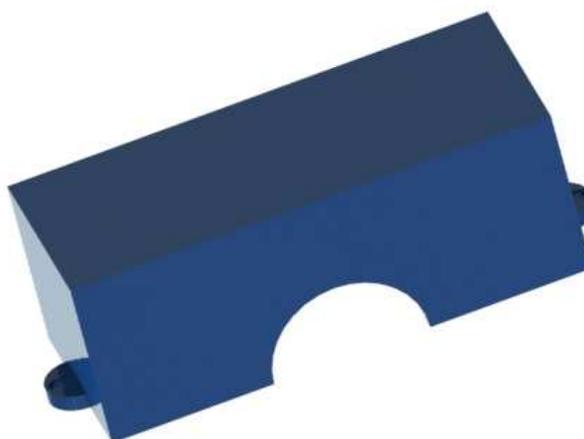
La caja que contiene al sensor de corriente está dividida en dos partes, una tapa y una base que fueron diseñadas en formato Cad en el programa SolidWorks e impresas en 3D en plástico ABS. La forma de ensamblaje de la base y la tapa es a través de dos pernos M3 que pasan por sus orejas salientes a los extremos.

La base (figura 63) fue diseñada para soportar la estructura del sensor, sus medidas son 40x40x20 mm con una perforación de 10x5 mm para la conexión de los terminales del sensor. Sus paredes son de 2.5 mm de espesor y posee una media circunferencia de radio 25 mm. Además posee dos orejas laterales con huecos M3 para el ensamblaje con la tapa.



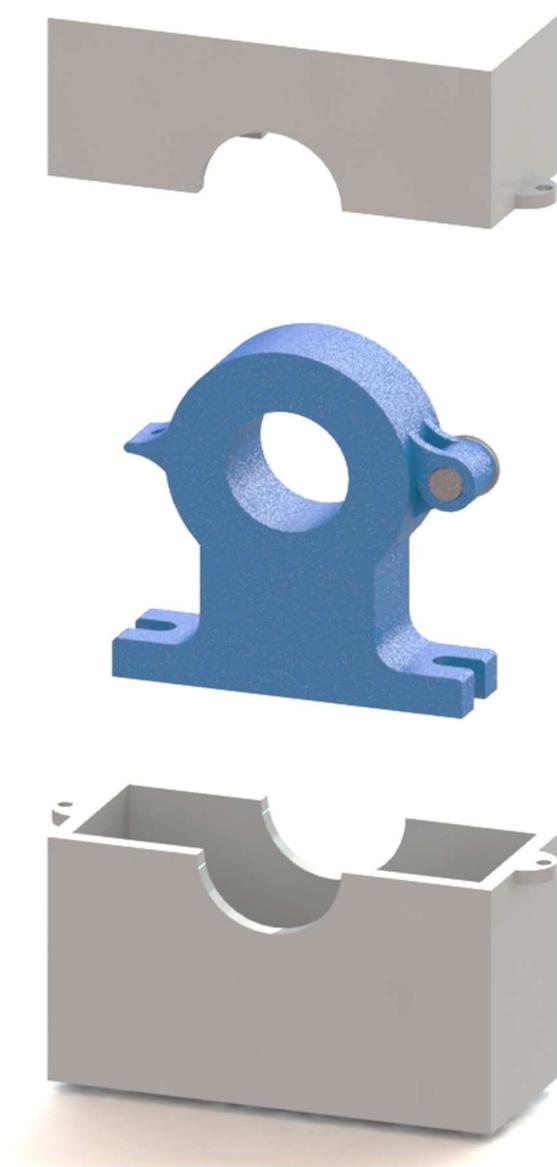
**Figura 63. Base caja sensor corriente**

La tapa (figura 64) fue diseñada para recubrir la estructura del sensor, sus medidas son 40x40x20 mm, sus paredes son de 2.5 mm de espesor y posee una media circunferencia radio 25 mm. Cuenta dos orejas laterales con huecos M3 para el ensamblaje con la base.



**Figura 64. Tapa superior caja sensor corriente**

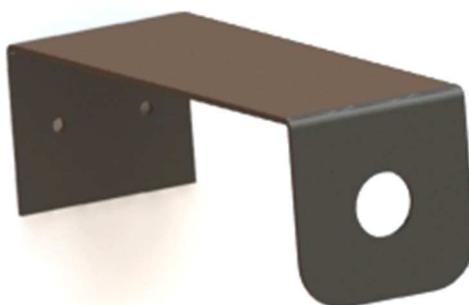
En la figura 65, se muestra el ensamblaje realizado del sensor de corriente y su caja la cual fue armada a la salida del conector del cable de la pistola soldadora de la máquina Millermatic 300, sujetado con pernos M2 en sus extremos, para que no exista movimientos del sensor; evitando el deterioro y las manipulaciones innecesarias del mismo.



**Figura 65. Despiece del sensor de corriente y sus acoples**

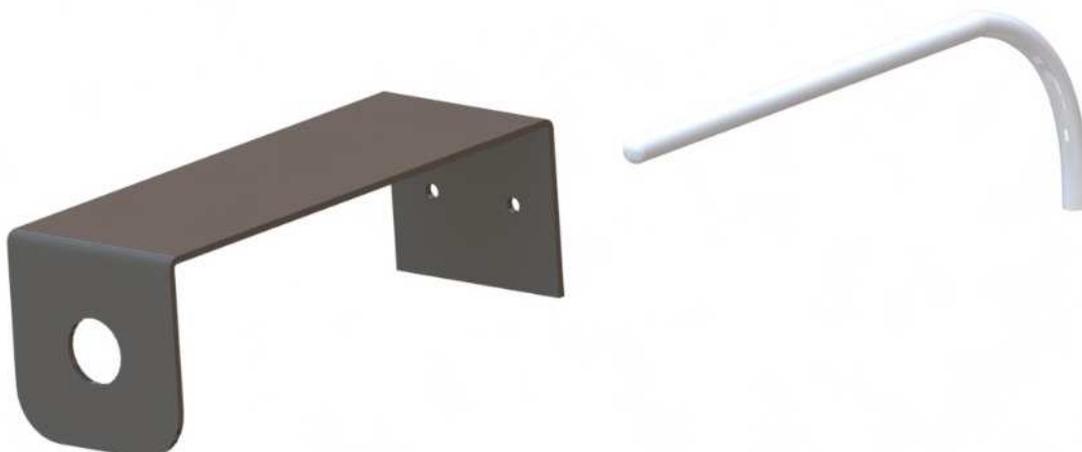
### 3.5.2.2. Soporte termocupla.

Construido en tol de 1.5 mm de espesor con corte de 30x80 con dos dobleces a 90° a 40 mm, en el doblez 1 se hallan dos huecos M3 para el ensamble a la pared de la estación de trabajo y en el doblez 2 se halla un hueco de diámetro 15 mm para el pase y soporte del tornillo sujetador de la termocupla (figura 66).



**Figura 66. Soporte termocupla**

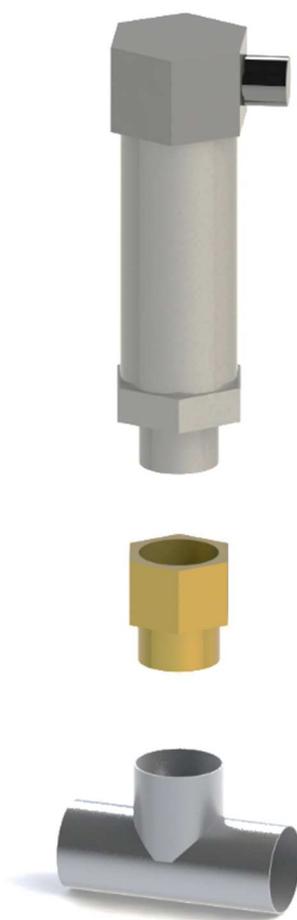
En la figura 67 se observa el ensamble de la termocupla con el soporte, se puede colocar de forma ascendente ingresando en la perforación de 15 mm de diámetro donde con la ayuda de una tuerca propia de la termocupla se sujeta con facilidad permitiendo montarlo en su soporte o desmontarlo.



**Figura 67. Despiece del sensor de temperatura y su acople**

### 3.5.2.3. Instalación Sensores Presión

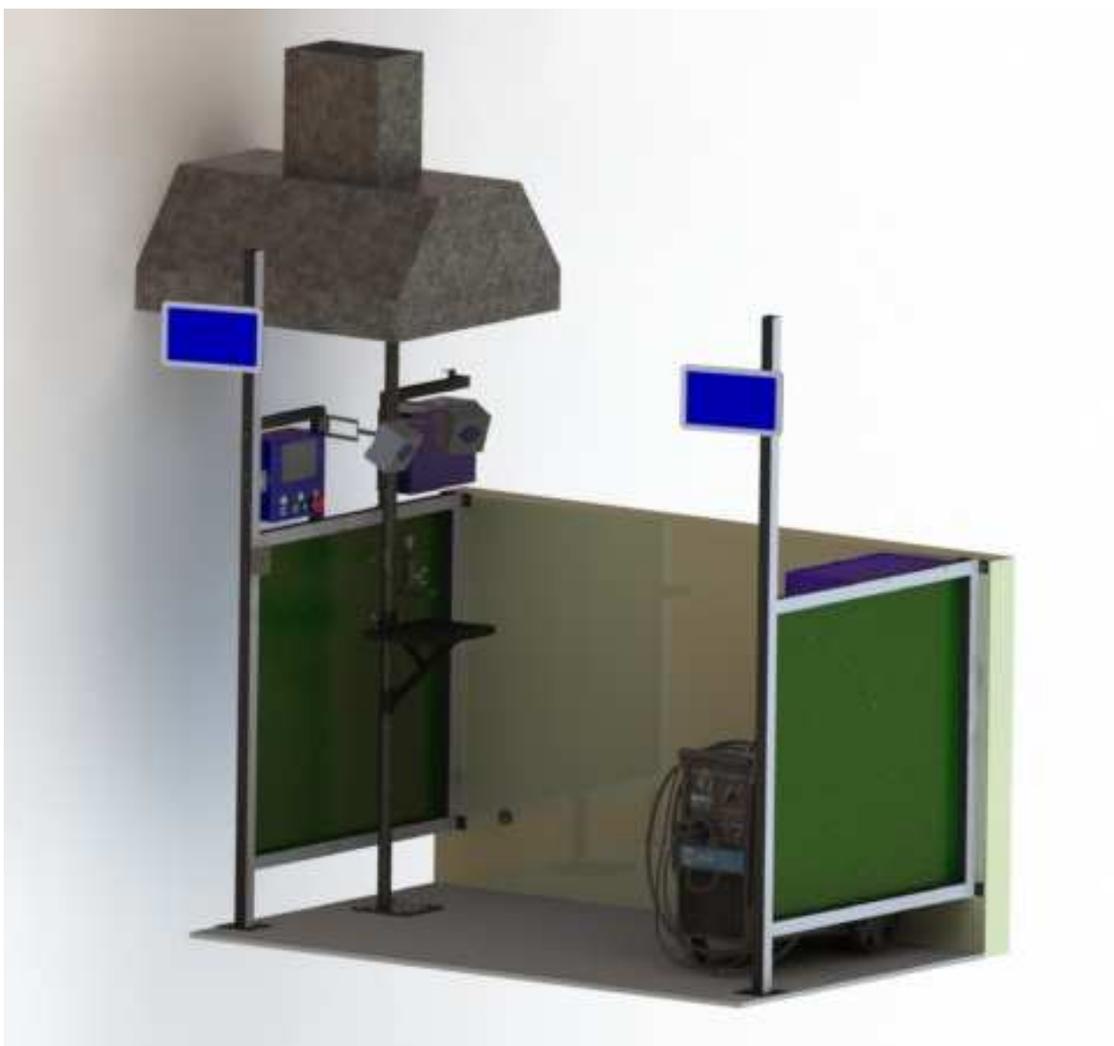
En la figura 68 se observa el ensamblaje del sensor de presión para el que fue necesario utilizar equipos especiales adquiridos por el laboratorio: acoples T inox  $\frac{1}{4}$  NTP, niple inox  $\frac{1}{4}$  NTP, acople especial  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$  recto y una argolla de presión. Debido al manejo de presiones tan elevadas fue necesario ensamblar el sensor con el uso de estos acoples y un cuidado especial al momento de montar, verificando que no existan fugas, potenciales problemas o anomalías.



**Figura 68. Despiece del sensor de presión y sus acoples**

### 3.5.3. Ensamblaje

Se da una explicación detallada de cómo se colocó los equipos en el campo de trabajo que se muestra en la figura 69.



**Figura 69. Ensamblaje final área de trabajo de la soldadora Millermatic 300 y todos sus equipos.**

#### 3.5.3.1. Ensamble electrónico y eléctrico.

Las placas se colocaron en la parte izquierda de la caja de control, una sobre otra, con una protección de cinta aislante entre ellas y con la ayuda de 4 tornillos sinfín M2 – 90 mm.

Las conexiones de entrada y salida de las placas se realizaron por medio de borneras con cable conductor N14, ver Figura 70 y Figura 71.



**Figura 70. Placa de acondicionamiento de sensores**



**Figura 71. Placa de control relé y varios usos**

Se realizó el cableado de la caja de control, el armario de control y la caja de CPU con la ayuda de un plano eléctrico y con etiquetado de los cables, para identificar las conexiones en borneras y terminales. Después se dirigieron todos los cables a través de canaletas, donde el cable queda protegido de manipulaciones o desconexiones. En la figura 72 se observa el montaje de cables en las canaletas.



**Figura 72. Cableado por las canaletas**

Una vez realizadas las conexiones desde los equipos se direccionó dentro de las cajas de control, armario y CPU a los terminales de conexión previamente etiquetados, verificando sus puntos de continuidad con cada uno de los equipos para certificar que las conexiones estén bien realizadas. En la figura 73 y 74 se observa el montaje del cableado en la caja de control y el armario de control.

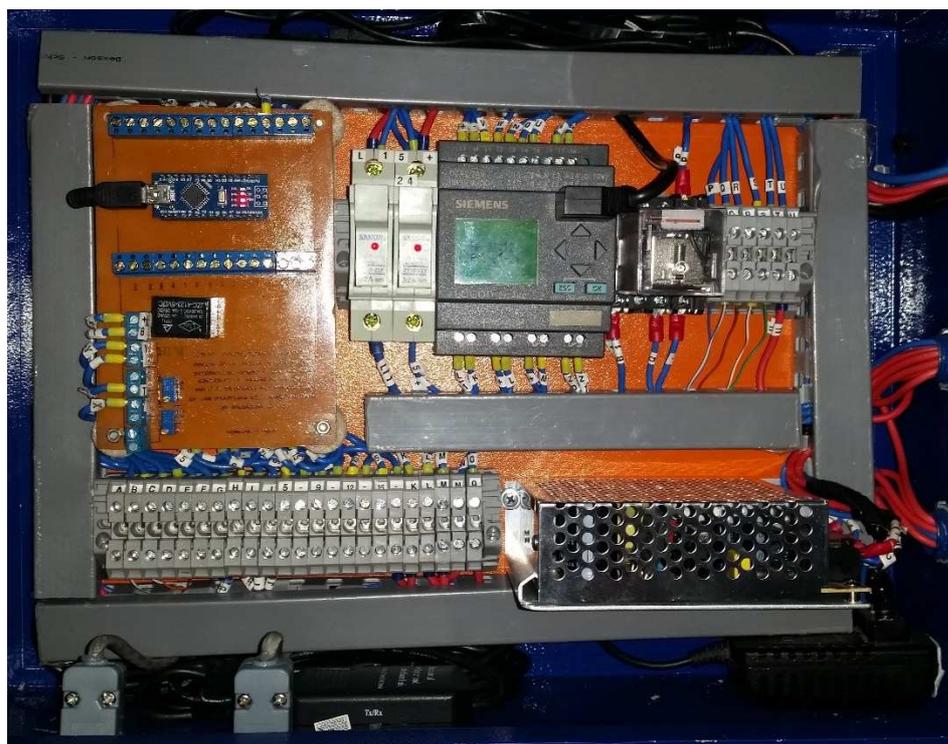


**Figura 73. Montaje armario de control**



**Figura 74. Montaje caja de control**

En la figura 75 y 76 se muestra como quedan los elementos una vez cableadas completamente las conexiones de sensores, PLC, placas de comandos, arduino, mandos de control y los implementos necesarios para el montaje completo del proyecto, tanto en el armario de control como en la caja de control. La caja de control posee además de las conexiones a los elementos de manipulación e información, la pantalla táctil que posee un controlador conectado a un puerto USB de la PC.



**Figura 75. Armario armado con todos sus elementos**



**Figura 76. Caja de control conexión de elementos y pantalla táctil con su controlador**

### 3.5.3.2. Ensamble mecánico

En el conjunto de fotos (figura 77) que se muestra a continuación se observa un detalle de los procesos industriales realizados para la construcción de los elementos requeridos en el ensamblaje del proyecto. Entre los que se observan los cortes realizados con la cizalla y la cierra, los cuales se usaron en el acondicionamiento de los tubos cuadrados para los soportes, o en el corte de las perfiles tipo L para la elaboración de la caja de CPU; Además se muestran procesos como el de doblado, requerido para los componentes de soporte de sensores o elementos adicionales. Se observa el proceso de fresado para el soporte de la cámara y el proceso de taladrado por pedestal usado en la elaboración de los orificios para los elementos de control.



**Figura 77. Conjunto de fotos donde se observa los procesos de maquinado iniciales; cortado, fresado, doblado.**

En la figura 78 se observan los procesos de soldadura y taladrado, usados para el ensamblaje de todos los elementos previamente manufacturados, para la soldadura se ocupó el proceso GMAW y se la usó para la construcción de los soportes de la caja de control, armario de control y de la caja de CPU. El taladrado fue necesario para la preparación de los elementos ya que en su ensamblaje fueron usados pernos, tuercas y tornillos previamente detallados el número y tipos de estos elementos en el punto 3.4 sección 3.4.4.

Uno de los parámetros más detallados fue el ensamble de los soportes de cámaras y pantallas, para los cuales se tomó en cuenta los requerimientos dados por los fabricantes de los mismos, realizando taladrados a medidas específicas y usando un nivelador que garantice la estática requerida.

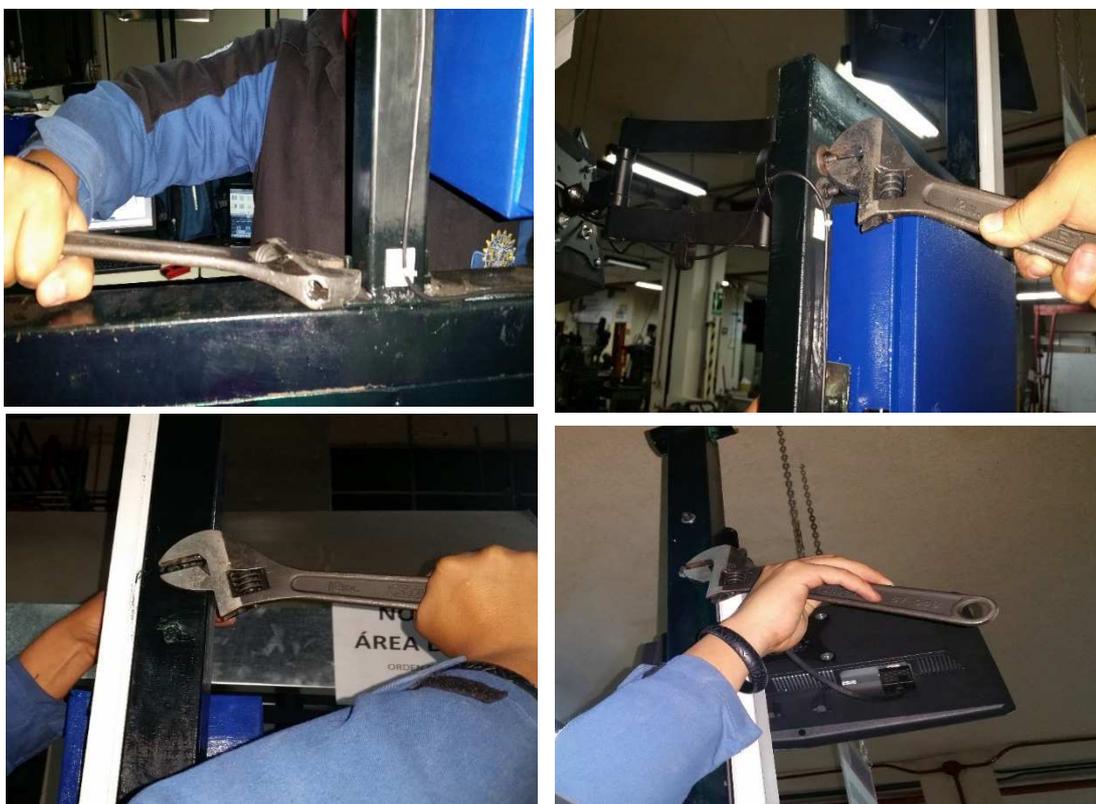


**Figura 78. Conjunto de fotos donde se muestra los procesos de ensamble soldado y taladrado**

En la figura 79, se observa el proceso de ensamblaje de los elementos que conforman parte del proyecto; se usaron elementos de ajustaje como llave de copas, atornilladores, llave de pico, llave de boca, entre otros. Los cuales fueron clave para el posicionamiento preciso de los pernos, tuercas o tornillos.

Se consideró clave el uso de pernos o tornillos para el ensamblaje, ya que sus prestaciones mecánicas y estáticas eran favorables en el campo de trabajo del proyecto. Dichos elementos soportan cargas mecánicas externas. Y cumplen su función mecánica de forma óptima.

No se consideró el uso de un torquímetro, para el ajustaje final ya que los elementos ensamblados no están expuestos a cargas estáticas elevadas y no es necesario tener un coeficiente de seguridad elevado para todos sus componentes.



**Figura 79. Conjunto de imágenes donde se observa el proceso de ensamblaje a través de pernos, tuercas y tornillos**

En la figura 80 se observa el proceso de conexión y acoplamiento de varios de los sensores utilizados. Primero se considera el ensamblaje de los sensores de presión localizados en el sistema de gas centralizado en la parte exterior del laboratorio de Manufactura, los mismos que requirieron equipos de acople especiales debido al manejo de presión elevadas superiores a los 1000 psi. Se realizaron conexiones a través de conectores DB9 para la comunicación de la máquina soldadora al armario de control. La conexión de sus pines es presentada en el Anexo 5. Se puede observar cómo fue ensamblado el sensor de corriente con el uso de su caja de protección y el cableado protegido para que agentes externos no puedan dañar sus conexiones. Dentro de la soldadora se observa la conexión de borneras por las que se transmiten las mediciones de las variables tomadas de la soldadora hacia el armario de control, el cual procesa dichas señales. Todo equipo fue previamente etiquetado para su fácil instalación.



**Figura 80. Conjunto de imágenes instalación de sensores**

## 4. CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se detallan las pruebas realizadas sobre los módulos implementados, tomando en consideración los sistemas críticos de funcionamiento en cada uno de los elementos que forman parte del proyecto.

#### 4.1. Pruebas y Resultados de Funcionamiento de los Módulos.

Aquí se presenta un desglose detallado del funcionamiento de los módulos del proyecto, y se verifica su funcionamiento de acuerdo a los requerimientos solicitados en la sección 3.3.4.

##### 4.1.1. Módulo de ingreso de usuario.

Este es el primer módulo que interviene en la interacción con el usuario. Para su desarrollo se implementó una placa electrónica Arduino Nano con un módulo de reconocimiento de usuarios RFID. Ver sección 3.4.6.

Los tres requerimientos solicitados para este módulo son la seguridad, la facilidad de uso y el precio.

#### PRUEBAS

En la Figura 81, se observa el modo de ingreso del usuario a la aplicación, y el uso de la tarjeta RFID como llave de acceso para los niveles de usuario.



**Figura 81. Uso de la tarjeta, sobre el módulo RFID**

## RESULTADOS

La forma de verificación es como se muestra en la Figura 82, el indicador de luz verde es la verificación de un usuario registrado. Ver la sección 3.4.6.



**Figura 82. Verificación correcta del usuario**

Cuando el usuario no está registrado el indicador muestra una luz roja y un mensaje que informa que el usuario no está registrado. Ver Figura 83.



**Figura 83. Visualización de usuario no autorizado**

Una vez identificada la tarjeta de usuario, se puede ingresar a la aplicación.

#### 4.1.2. Módulo de registro de horas de trabajo

Con la ayuda de la aplicación, al terminar el uso de la misma, se registran diversos parámetros, entre los que se encuentran usuario, tipo de usuario, horas de uso, practica realizada.

Debido a la falta de una conexión de red en el equipo se decidió cambiar el programa contenedor de la base de datos a uno que trabaje sin conexión. Se eligió usar una hoja de datos de Excel que registre todos los datos de la aplicación.

Los tres requerimientos solicitados para este módulo son la seguridad, la facilidad de uso y el precio.

#### PRUEBAS

Se realizaron pruebas con diferentes usuarios y para diferentes tipos de actividades.

#### RESULTADOS

En la Figura 84, se observa el registro generado en la hoja de Excel.

Fecha	Hora Inicio	Hora Fin	Nombre	ID	Usuario Responsable	Descripción de Uso	Observaciones
10/06/2019	15:54:01	15:54:43	Mónica Peraldo	L002594H	TECNICO	Modo Libre	
10/06/2019	16:22:21	16:25:21	Humberto Carlos	L002594H	DOCENTE	Soldadura 2 - Relación entre entrada de calor y estructura a metalografía de la ZAT	
10/06/2019	16:14:07	16:14:38	Mónica Alvarado	L004249G	DOCENTE	Modo Libre	
10/06/2019	16:51:49	16:52:44	Mónica Peraldo	L002594H	TECNICO	Soldadura 1 - Proceso de soldadura con protección gaseosa GMARV y GTAV	
10/06/2019	16:56:02	16:56:36	Mónica Alvarado	L004249G	TECNICO	Modo Libre	
10/06/2019	20:00:20	20:00:46	Dúque Cantos	L000269B	ALUMNO/Velasco Roberty	Soldadura 1 - Proceso de soldadura con protección gaseosa GMARV y GTAV	
10/06/2019	13:37:22	13:54:49	Velasco Roberty	L000878B	TECNICO	Modo Libre	
22/06/2019	9:01:11	9:03:07	Mónica Peraldo	L002594H	DOCENTE	Modo Libre	
23/06/2019	13:59:32	14:00:44	Fivera Glorio	L003450J	ALUMNO/Velasco Roberty	Soldadura 2 - Relación entre entrada de calor y estructura a metalografía de la ZAT	
23/07/2019	9:45:45	9:50:27	Luca Casal	L005479C	TECNICO	Soldadura 1 - Proceso de soldadura con protección gaseosa GMARV y GTAV	
23/07/2019	11:25:20	11:26:49	Mónica Peraldo	L002594H	ALUMNO/Velasco Roberty	Soldadura 2 - Cuestionario y validación de su procedimiento para una CUP según la norma AVS D11	
23/07/2019	11:36:02	11:36:12	Velasco Roberty	L000878B	TECNICO	Soldadura 1 - Proceso de soldadura con protección gaseosa GMARV y GTAV	
23/07/2019	14:00:51	14:01:41	Mónica Peraldo	L002594H	DOCENTE	Modo Libre	

Figura 84. Hoja de registro de datos en Excel

Al terminar el uso de la aplicación se crea un archivo .xlsx que puede ser descargado a un dispositivo externo a través de un puerto USB. Ver la Figura 85.



**Figura 85. Descarga del archivo de registro**

#### 4.1.3. Módulo de interfaz con el usuario

Este es el módulo principal del sistema. En él se incluyen el hardware, que es el equipo físico con el que va a interactuar el usuario, y que en este caso se refiere al monitor, el software, que es el programa donde se desarrolla la aplicación, y el procesador central que contiene el software y controla el hardware.

##### 4.1.3.1. Hardware

Se usa una pantalla táctil de 10 pulgadas conectada a través de un cable VGA al CPU central.

Los tres requerimientos solicitados para este componente son que sea didáctico, de un tamaño aceptable y que se lo pueda conseguir a buen precio.

## PRUEBAS

Se probó el funcionamiento de la pantalla táctil con diferentes elementos, desde el uso con los dedos al descubierto, el uso con guantes o con un puntero.

## RESULTADOS

En las Figura 86, se observa el uso de la pantalla táctil



**Figura 86. Uso de la pantalla táctil**

### 4.1.3.2. Software

Para la programación y el diseño de la interfaz se empleó el programa Visual Basic 6.0. En él se diseñaron pantallas que permitan una interacción fluida con el usuario y que además sean fáciles de usar. El desarrollo de la interfaz se lo hizo con la ayuda de la guía GEDIS, como se muestra en la sección 3.4.5.

Los tres requerimientos solicitados para este componente son que sea flexible, es decir que pueda comunicarse y funcionar con todos los elementos del sistema, que sea estético a la vista y que exista suficiente documentación de apoyo para manejarlo.

## PRUEBAS

Se evaluó la flexibilidad del software durante la programación y el diseño de la interfaz de la aplicación.

Se evaluó la fluidez en la navegación de la interfaz con diferentes sujetos de prueba.

## RESULTADOS

Se pudo implementar en el programa todos los elementos que se requerían para el desarrollo de este proyecto, por lo que se concluyó que su flexibilidad fue la adecuada.

En la Figura 87, se observa la manipulación de la interfaz. Se hicieron sugerencias y se implementaron los cambios necesarios.



**Figura 87. Uso de la interfaz**

### 4.1.3.3. Procesador Central

El procesador central del CPU que se usa es Dual Core con una velocidad de procesamiento de 2.33 GHz y una memoria RAM de 2 Gigabytes. El sistema operativo que maneja es Windows XP SP3.

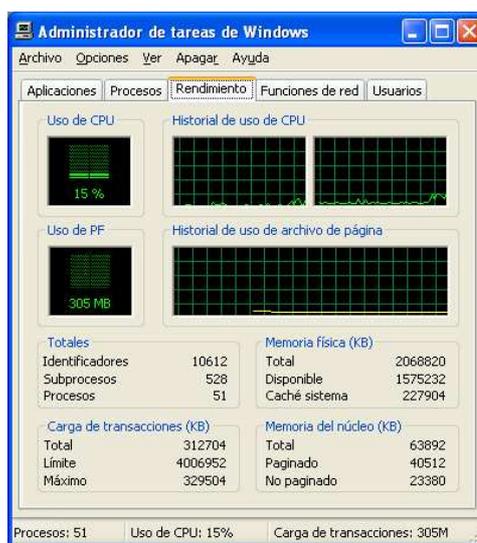
Dos requerimientos solicitados para este componente son que sea robusto y que tenga una velocidad de procesamiento aceptable.

## PRUEBAS

Se realizaron pruebas del rendimiento del CPU con todas las aplicaciones del sistema funcionando.

## RESULTADOS

El consumo de memoria con las aplicaciones abiertas fue bajo, como se muestra en la Figura 88, por lo que el rendimiento del equipo se mantuvo alto.



**Figura 88. Rendimiento del CPU**

### 4.1.4. Módulo de registro de señales

Este módulo incluye todos los dispositivos usados para la toma y el procesamiento de las señales que tienen relevancia en la aplicación. En la sección 3.4.2 se detallan las características de todos los sensores.

Los tres requerimientos solicitados para todos los sensores son que sean adaptables, que posean un rango aceptable y que sean de bajo precio.

#### 4.1.4.1. Sensor de corriente

### PRUEBAS

Se realizaron distintas pruebas con las medidas tomadas por el sensor de corriente comparándolo con las medidas tomadas por una pinza amperimétrica.

## RESULTADOS

Por no tener la misma velocidad de respuesta ni la misma cantidad de lecturas por minuto se compararon las corrientes promedio medidas en ambos elementos.

En la Tabla 10 se muestran los resultados de varias tomas y el porcentaje de diferencia entre los dos equipos. El porcentaje máximo de diferencia es de 0,95% que es bastante aceptable.

**Tabla 10.**

### Resultados de las pruebas del sensor de corriente

Lectura	Pinza	Sensor	% Diferencia
1	205,9	204,5	0,68
2	221,3	223,4	0,95
3	214,5	212,9	0,75
4	247,7	248,5	0,32
5	260,5	259,6	0,35
6	274,8	273,2	0,58
7	198,8	199,2	0,20
8	235,3	236,8	0,64
9	271,5	269,8	0,63
10	229,2	231,3	0,92

#### 4.1.4.2. Sensor de temperatura

### PRUEBAS

Se realizaron distintas pruebas con las medidas tomadas por la termocupla del equipo comparándolo con las medidas tomadas por dos termocuplas externas.

## RESULTADOS

En la Tabla 11 se muestran los resultados de varias tomas y el porcentaje de diferencia entre las dos termocuplas con la termocupla del equipo. El porcentaje máximo de diferencia es de 1,98 %.

**Tabla 11.**

### Resultados de las pruebas del sensor de temperatura

Lectura	Termocupla del equipo	Termocupla 1	Termocupla 2	% Diferencia con 1	% Diferencia con 2
1	50,5	51,5	50,5	1,98	0,02
2	82,4	82,8	82,8	0,52	0,52
3	113,7	115,1	114,1	1,26	0,38
4	146,2	147,5	148,5	0,86	1,55
5	178,7	179,8	179,8	0,61	0,61
6	210,1	212,1	212,1	0,95	0,95
7	242,8	245,4	245,4	1,08	1,08
8	275,5	278,8	278,8	1,18	1,18
9	308,6	312,1	312,1	1,13	1,13
10	338,3	342,4	342,4	1,21	1,21

#### 4.1.4.3. Sensor de presión

### PRUEBAS

Se realizaron pruebas con las medidas tomadas por los sensores en el tanque de gas CO<sub>2</sub> y en el tanque de gas AGAMIX 20, comparándolas con las medidas visuales en los manómetros análogos ubicados afuera de los tanques.

### RESULTADOS

En las Tablas 12 y 13 se muestran los resultados de varias tomas y el porcentaje de diferencia entre las medidas registradas por los sensores y las tomadas de los manómetros.

El porcentaje máximo de diferencia es de 1,09% que es un valor aceptable.

Tabla 12.

## Resultados de las pruebas del sensor de presión 1

Lectura	Sensor CO2	Manómetro CO2	% Diferencia
1	1000	1009,0	0,89
2	1002	1013,0	1,09
3	1006	1017,1	1,09
4	990	998,9	0,89
5	998	1008,0	0,99
6	998	1007,0	0,89
7	992	1000,9	0,89
8	990	999,9	0,99
9	992	1000,9	0,89
10	1007	1017,1	0,99

Tabla 13.

## Resultados de las pruebas del sensor de presión 2

Lectura	Sensor AGA20	Manómetro AGA20	% Diferencia
1	990	999,9	0,99
2	995	1005,0	0,99
3	996	1007,0	1,09
4	990	999,9	0,99
5	994	1003,0	0,89
6	985	994,9	0,99
7	989	998,9	0,99
8	999	1008,0	0,89
9	983	991,8	0,89
10	982	991,8	0,99

#### 4.1.4.4. Sensor de voltaje

##### PRUEBAS

Se compararon las medidas registradas en la interfaz con las medidas registradas visualmente. El porcentaje máximo de diferencia es de 0,95%.

##### RESULTADOS

Los resultados se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14.**

#### **Resultados de las pruebas de las medidas de voltaje de salida**

<b>Lectura</b>	<b>Voltaje Aplicación</b>	<b>Voltaje Soldadora</b>	<b>% Diferencia</b>
<b>1</b>	12,9	12,9	0,00
<b>2</b>	15,4	15,5	0,65
<b>3</b>	18,6	18,6	0,00
<b>4</b>	24,6	24,6	0,00
<b>5</b>	26,5	26,5	0,00
<b>6</b>	28,5	28,5	0,00
<b>7</b>	29,8	29,7	0,34
<b>8</b>	30,6	30,5	0,33
<b>9</b>	31,5	31,4	0,32
<b>10</b>	32	32	0,00

#### 4.1.4.5. Sensor de velocidad de salida del alambre

##### PRUEBAS

Se compararon las medidas registradas en la interfaz con las medidas registradas visualmente.

## RESULTADOS

Los resultados se muestran en la Tabla 15. El porcentaje máximo de diferencia es de 4,26% aún por debajo del 5%, además al ser la visualización de esta variable un elemento de apoyo extra no existe mayor inconveniente.

**Tabla 15.**

**Resultados de las pruebas de las medidas de la velocidad de salida del alambre**

Lectura	Velocidad Aplicación	Velocidad Soldadora	% Diferencia
1	28	29	3,45
2	45	47	4,26
3	62	63	1,59
4	117	119	1,68
5	179	180	0,56
6	300	300	0,00
7	392	391	0,26
8	429	428	0,23
9	491	488	0,61
10	539	535	0,75

#### 4.1.4.6. Módulo de adquisición y procesamiento de datos

El dispositivo encargado de la adquisición de las señales de los sensores y el control de los elementos del panel de control es un PLC Logo 0BA6. Ver características en el Anexo 3.

Dos requerimientos solicitados para este componente son que sea robusto y que posea suficientes entradas y salidas para todos los elementos.

## PRUEBAS

Se probó la comunicación del equipo con el software para la interfaz durante el desarrollo de la misma.

Se probó la robustez del equipo durante las pruebas de la aplicación.

## RESULTADOS

Se comunicó el PLC con la interfaz mediante dos vías: vía serial desde el PLC al Excel y desde el Excel a la aplicación con una librería propia de la aplicación, Ver programación en el Anexo 9.

Durante las demás pruebas en la aplicación y mientras se utilizaban otros equipos del laboratorio en la misma red eléctrica el PLC no presentó problemas de conexión con la aplicación.

### 4.1.5. Módulo de registro visual

Este módulo es el encargado de permitir una mejor visualización del proceso de soldadura, incluye las cámaras de video para capturar la imagen y las pantallas de visualización para mostrar de mejor manera la aplicación.

#### 4.1.5.1. Cámara de video

Se implementaron dos cámaras Web de 5 Megapíxeles, cada una con un brazo que les permita el movimiento.

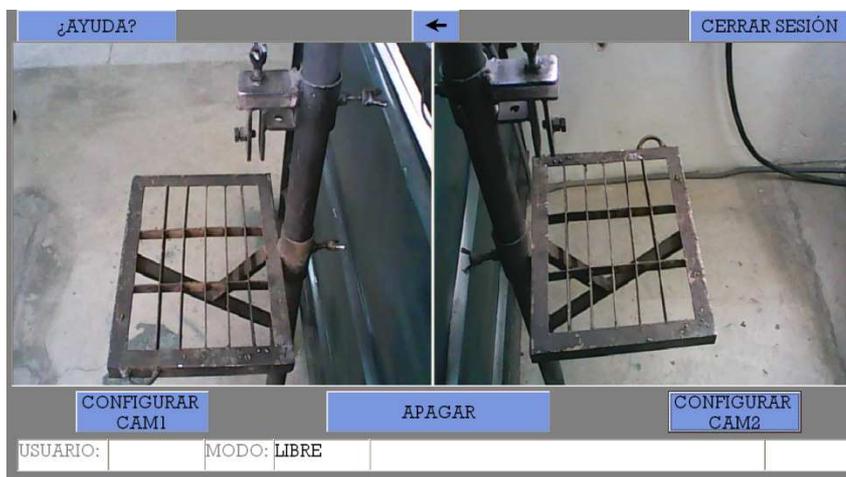
Los tres requerimientos solicitados para este componente son que sea adaptable, que posea una buena resolución y que sea de bajo precio.

## PRUEBAS

Se probó la comunicación y la resolución de las cámaras en la aplicación.

## RESULTADOS

En la Figura 89 se observa la pantalla de la aplicación con las cámaras funcionando.



**Figura 89. Funcionamiento de las cámaras**

### 4.1.5.2. Pantalla de visualización

Se implementaron dos monitores de 17 pulgadas, cada una con un brazo que les permita el movimiento.

Los tres requerimientos solicitados para este componente son que sea de un tamaño aceptable, que posea una buena resolución y que sea de bajo precio.

## PRUEBAS

Se probó la altura y la posición adecuada para una mejor visualización de los monitores.

## RESULTADOS

En la Figura 90 se observa la posición óptima que se definió con sujetos de prueba.



**Figura 90. Pantallas de visualización**

#### 4.2. Validación del Funcionamiento completo.

Para validar el funcionamiento del proyecto se optó por la realización de una encuesta de satisfacción a las personas que usan este equipo, como herramienta de aprendizaje.

Esta encuesta fue realizada a 10 personas en el Laboratorio de Procesos de Manufactura de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE: 1 profesor y 9 estudiantes.

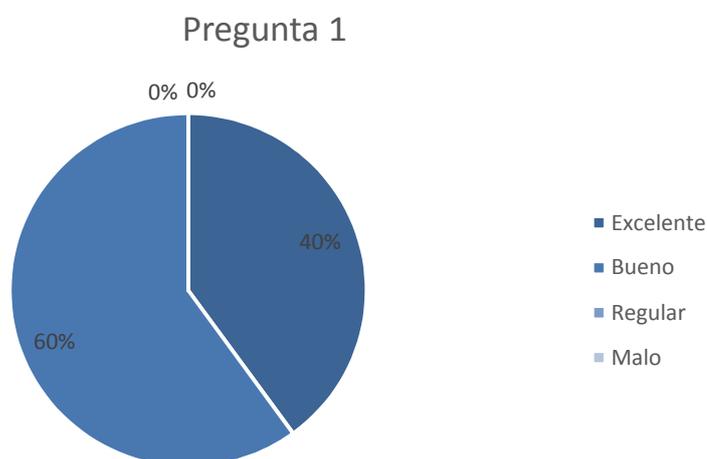
Se obtuvieron los siguientes resultados en cada una de las 7 preguntas realizadas. El formato de la encuesta se observa en el Anexo 8.

Pregunta 1. Facilidad de manejo del sistema

**Tabla 16.**

**Resultados numéricos pregunta 1**

Ponderaciones	
<b>Excelente</b>	4
<b>Bueno</b>	6
<b>Regular</b>	0
<b>Malo</b>	0



**Figura 91. Representación porcentual de pregunta 1**

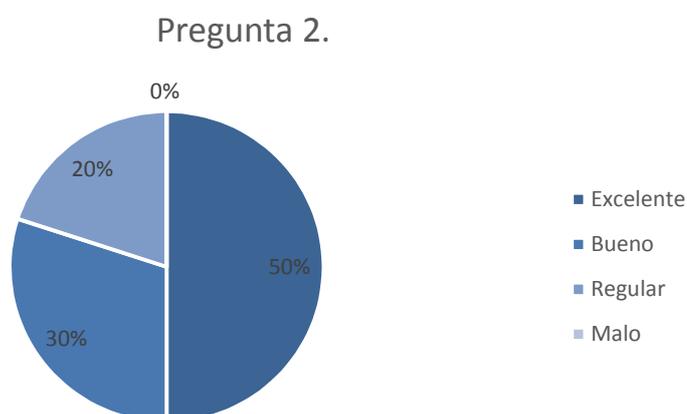
El 60% de evaluados considera como bueno el fácil manejo del sistema instalado y se tiene un 40% que llegó a la conclusión que el sistema es excelente, arrojando valores de confianza con el manejo y fluidez del entorno.

Pregunta 2. Visualización de la aplicación

**Tabla 17.**

**Resultados numéricos pregunta 2**

Ponderaciones	
<b>Excelente</b>	5
<b>Bueno</b>	3
<b>Regular</b>	2
<b>Malo</b>	0



**Figura 92. Representación porcentual de pregunta 2**

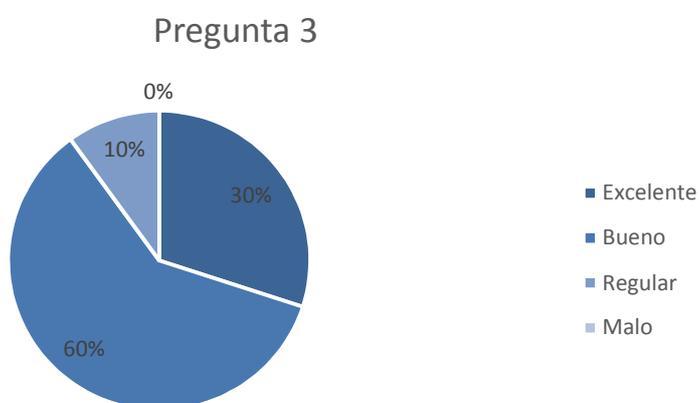
El 50% de personas evaluadas considera excelente, la forma de visualización de la aplicación. Sacando como conclusión que el usuario en su mayoría se siente satisfecho con la interacción humano – máquina.

### Pregunta 3. Tiempos de respuesta de los sensores

**Tabla 18.**

#### Resultados numéricos pregunta 3

Ponderaciones	
Excelente	3
Bueno	6
Regular	1
Malo	0



**Figura 93. Representación porcentual de pregunta 3**

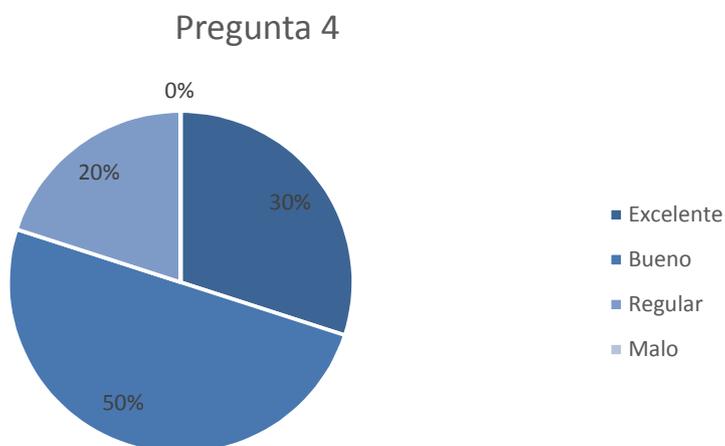
El 60% de los evaluados considera buenos los tiempos de respuesta de los equipos de sensado, Un 10% se expresa que es regular el tiempo de respuesta. Quiere decir que existió un poco de insatisfacción al usar el sistema y observar los parámetros de soldado.

### Pregunta 4. Visualización de las cámaras

**Tabla 19.**

#### Resultados numéricos pregunta 4

Ponderaciones	
Excelente	3
Bueno	5
Regular	2
Malo	0



**Figura 94. Representación porcentual de pregunta 4**

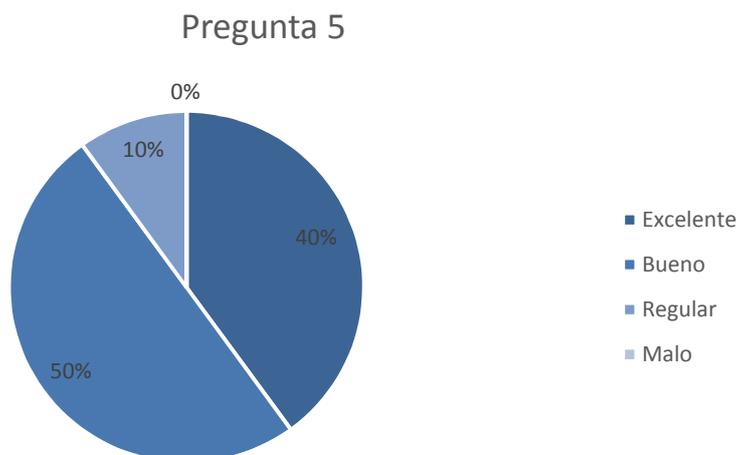
Un 50% de los evaluados considera buena la resolución y el punto de observación de las cámaras, un 30% considera excelente los puntos de visualización de las mismas con lo que se concluye, que los equipos fueron bien seleccionados para su uso y satisfacen las necesidades de aprendizaje.

Pregunta 5. Estética de la construcción

**Tabla 20.**

**Resultados numéricos pregunta 5**

Ponderaciones	
<b>Excelente</b>	4
<b>Bueno</b>	5
<b>Regular</b>	1
<b>Malo</b>	0



**Figura 95. Representación porcentual de pregunta 5**

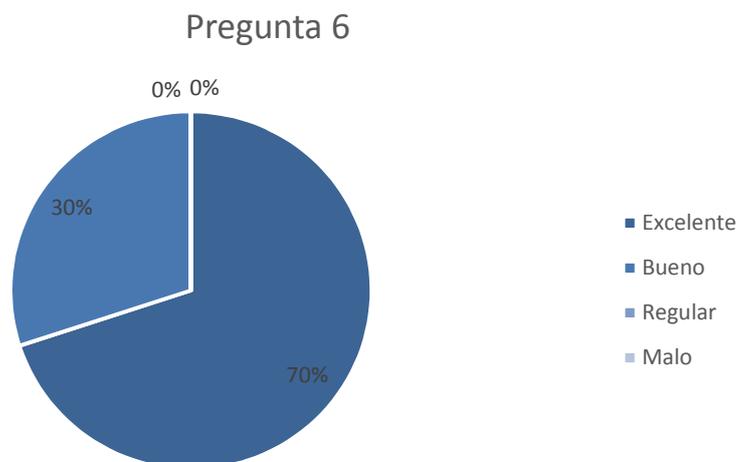
Un 50% de usuarios define como buena la estética de la construcción y un 40% la define excelente. Dando como resultado la satisfacción del entorno de trabajo y la facilidad de manipulación mecánica de los equipos.

Pregunta 6. Nivel de apoyo en la realización de las prácticas

**Tabla 21.**

**Resultados numéricos pregunta 6**

Ponderaciones	
Excelente	7
Bueno	3
Regular	0
Malo	0



**Figura 96. Representación porcentual de pregunta 6**

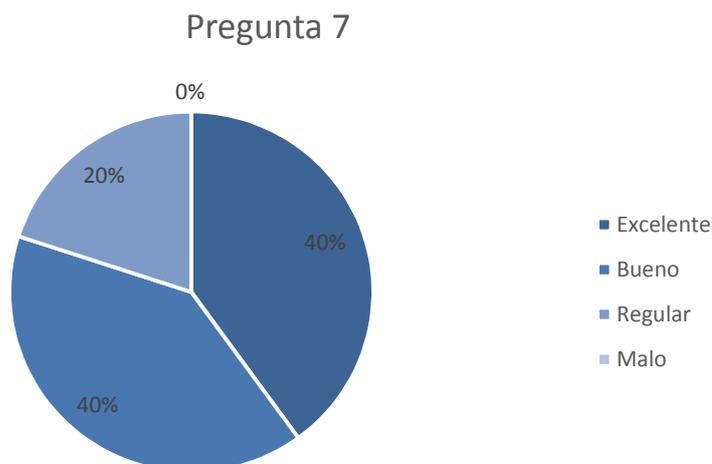
El 70% de usuarios manifestó que es excelente el nivel de apoyo en la realización de las prácticas de las asignaturas realizadas en el equipo. Se concluye que el nivel de ayuda es óptimo para un manejo sencillo de la aplicación y para un mejor aprendizaje y apoyo al docente al momento de impartir cátedra en las prácticas de soldadura I y II realizadas en este equipo.

Pregunta 7. Material extra presente en la aplicación

**Tabla 22.**

**Resultados numéricos pregunta 7**

Ponderaciones	
Excelente	4
Bueno	4
Regular	2
Malo	0



**Figura 97. Representación porcentual de pregunta 7**

El 40% de evaluados considera excelente el material extra cargado a la aplicación, así también un 40% la considera buena y un 20% la evalúa como regular. En conclusión la satisfacción de los usuarios en general es excelente el momento de manipular el material extra donde se hallan guías de soldadura, las normas utilizadas, ejemplos didácticos del desarrollo de las prácticas y principios necesarios sobre de los procesos de soldadura realizados en el equipo Millermatic 300.

### **Conclusión General de la encuesta**

La satisfacción de los usuarios es buena al momento de manejar el sistema humano – máquina. Dando como resultados formas eficientes de manejo de entorno, ayudas prestadas del equipo, validación de parámetros generados, entre otros. El equipo es válido para su uso en la enseñanza de soldadura I y II en el laboratorio de Procesos de Manufactura.

## 5. CAPÍTULO 5

### MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO

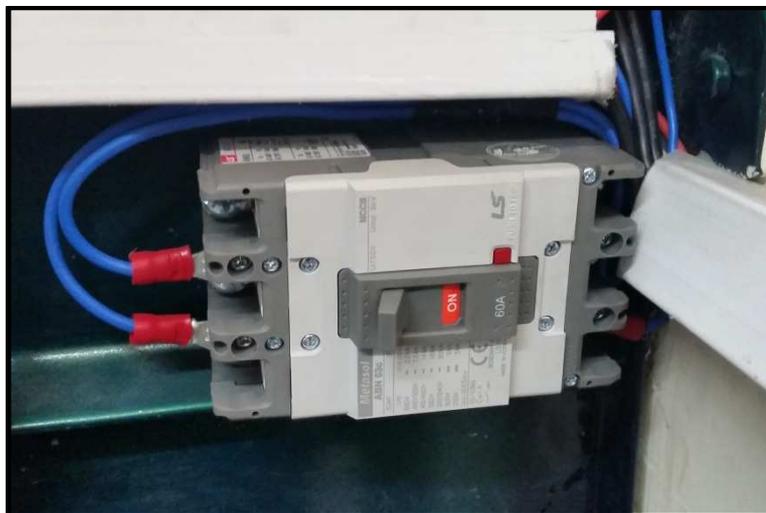
En el presente capítulo se exponen los manuales de uso y de mantenimiento.

#### 5.1. Manual de uso.

El manual de uso es una guía detallada para que el usuario pueda manipular el sistema de modo correcto.

##### 5.1.1. Encendido del sistema

El primer paso para el encendido del sistema consiste en activar el interruptor principal, en la Figura 98 se observa el interruptor encendido.

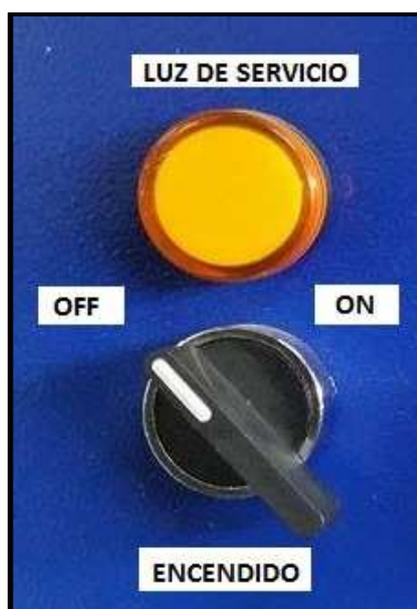


**Figura 98. Interruptor principal encendido**

Luego se debe girar el interruptor de encendido en el panel de control en sentido horario, como se observa en la Figura 100. En la Figura 99 se observa el panel de control. El interruptor está ubicado en la parte inferior izquierda.



**Figura 99. Panel de control**



**Figura 100. Interruptor de encendido**

El interruptor de modo, ubicado en la parte media inferior como se observa en la Figura 99, debe ser colocado en modo Guía o en modo Libre. Ver Figura 101 y 102.



**Figura 101. Interruptor de modo en Modo Libre**



**Figura 102. Interruptor de modo en Modo Guía**

Una vez se enciendan la luz de servicio y de marcha, amarilla y verde respectivamente, como se muestra en la Figura 103, se presiona el botón de arranque, ubicado en la parte inferior media en la Figura 99 y mostrado en la Figura 104, que iniciará el sistema y la aplicación.



**Figura 103. Luces de servicio y marcha encendidas**



**Figura 104. Botón de Arranque**

Encender los monitores externos (en caso de que no estén encendidos), ver Figura 105.



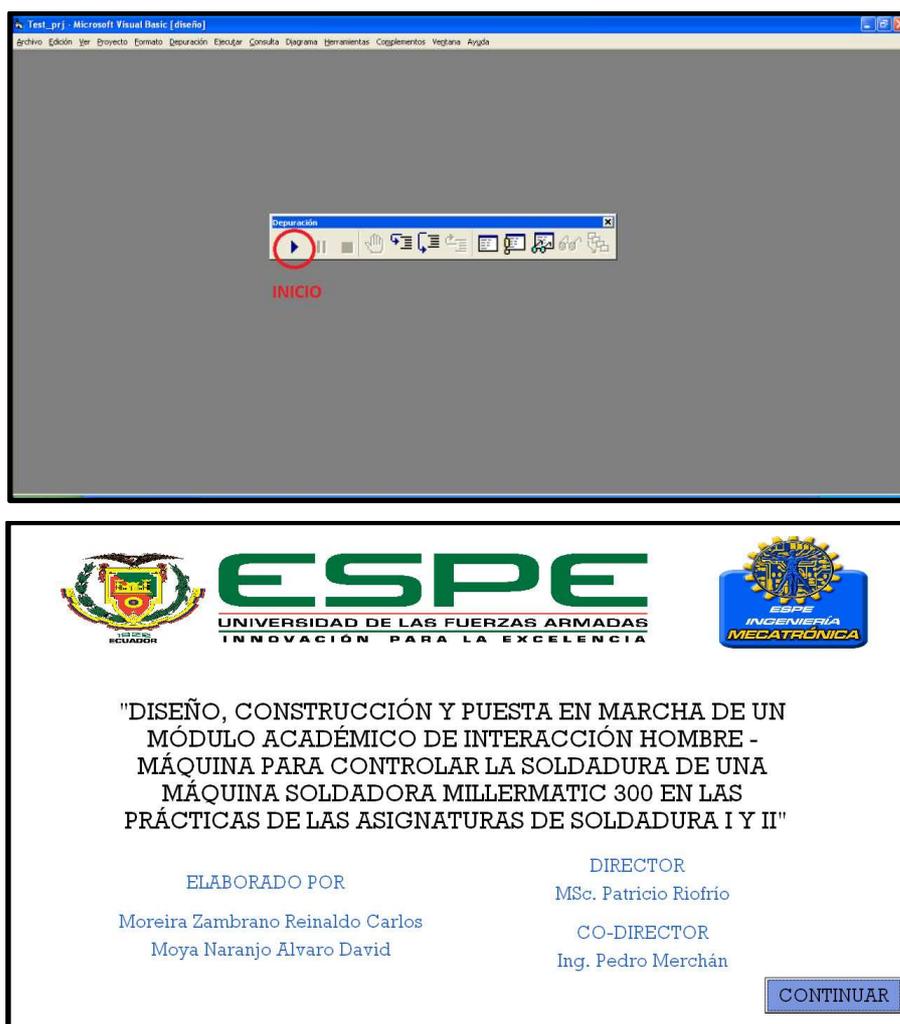
**Figura 105. Botón de encendido de monitores exteriores**

### 5.1.2. Manejo de la aplicación

#### 5.1.2.1. Pantalla de inicio y pantalla de ingreso

Una vez se ha iniciado el sistema para iniciar la aplicación se debe presionar el botón de inicio en el centro de la pantalla, mostrado en la parte superior de la Figura 106.

La primera pantalla de la aplicación que aparece es la pantalla de títulos, donde se incluye el nombre del proyecto de tesis y sus autores y directores, ver parte inferior de la Figura 106.



**Figura 106. Inicio de la aplicación**

Se presiona el botón de continuar (en la parte inferior derecha de la pantalla mostrada en la imagen inferior de la Figura 106) y aparece la pantalla de ingreso. Se pasa la tarjeta de reconocimiento y si está registrado el usuario la aplicación permitirá continuar, caso contrario rechazará la tarjeta, ver las Figuras 81, 82 y 83 de la sección 4.1.1. de este documento.

#### 5.1.2.2. Estructura de las pantallas

Las pantallas poseen una estructura definida por una plantilla diseñada de acuerdo a la guía GEDIS, como se explica en la sección 3.4.5.

En la Figura 107 se muestra la estructura general que puede poseer la pantalla.



**Figura 107. Estructura de las pantallas**

Botones de Desplazamiento.

Incluye los botones de ayuda, que despliega una ventana que brinda una asesoría para el manejo de la pantalla, el botón de retroceso representado por una flecha, para ir a la pantalla anterior, el botón de continuar, para ir a la siguiente pantalla, y el botón de cerrar sesión, para volver a la pantalla de ingreso y poder entrar a la aplicación como otro usuario.

Elementos de Información.

Se trata de una barra donde se muestra información, como el usuario actual, el modo en que se está trabajando, la guía que se está realizando en caso de que esté dentro del modo Guía, y la hora actual.

Pantallas de Ayuda.

Pantallas que contienen material de apoyo. Más adelante en la sección 5.1.2.8. se detalla un poco más de las mismas.

Información Principal.

La información principal que está en el centro y para la que fue diseñada la pantalla.

### 5.1.2.3. Pantallas de ingreso de datos

En estas pantallas se ingresan los datos personales del usuario con la ayuda de un teclado virtual diseñado para la pantalla táctil. No es posible continuar de estas pantallas si no se han llenado todos los datos. Ver Figuras 108 y 109.

¿AYUDA? CERRAR SESIÓN

APELLIDO Y NOMBRE

ID

DOCENTE (APELLIDO Y NOMBRE)

CARRERA

- ING. MECÁNICA
- ING. MECATRÓNICA

ACEPTAR

USUARIO: ALUMNO MODO: GUIA 11:42

**Figura 108. Pantalla de ingreso de datos: alumno**

¿AYUDA? CERRAR SESIÓN

APELLIDO Y NOMBRE

ID

SELECCIÓN DE USO

- MODO GUÍA O MODO LIBRE
- DESCARGA DE REGISTROS

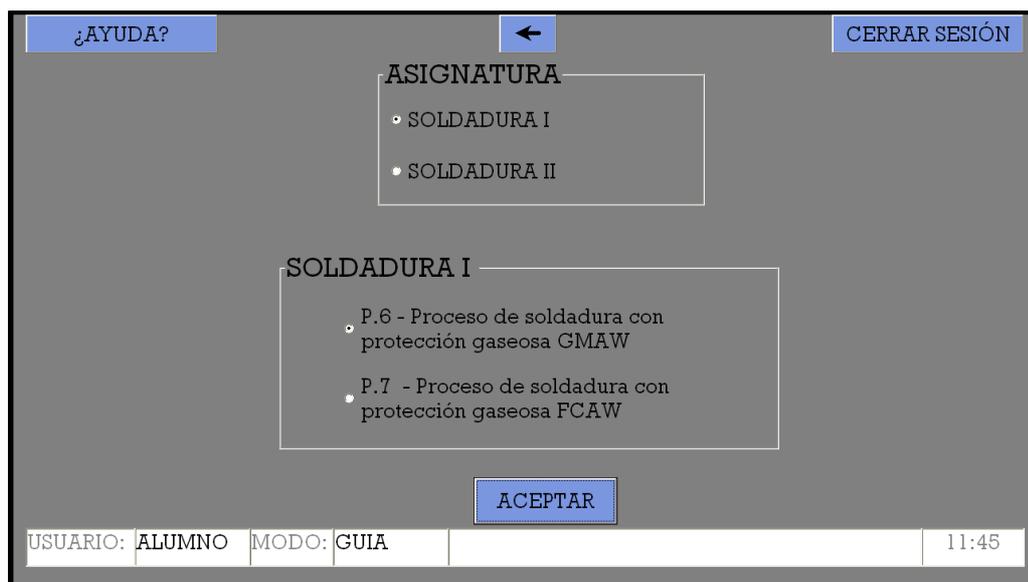
ACEPTAR

USUARIO: DOCENTE MODO: GUIA 11:44

**Figura 109. Pantalla de ingreso de datos: docente, técnico**

#### 5.1.2.4. Pantalla de selección de prácticas

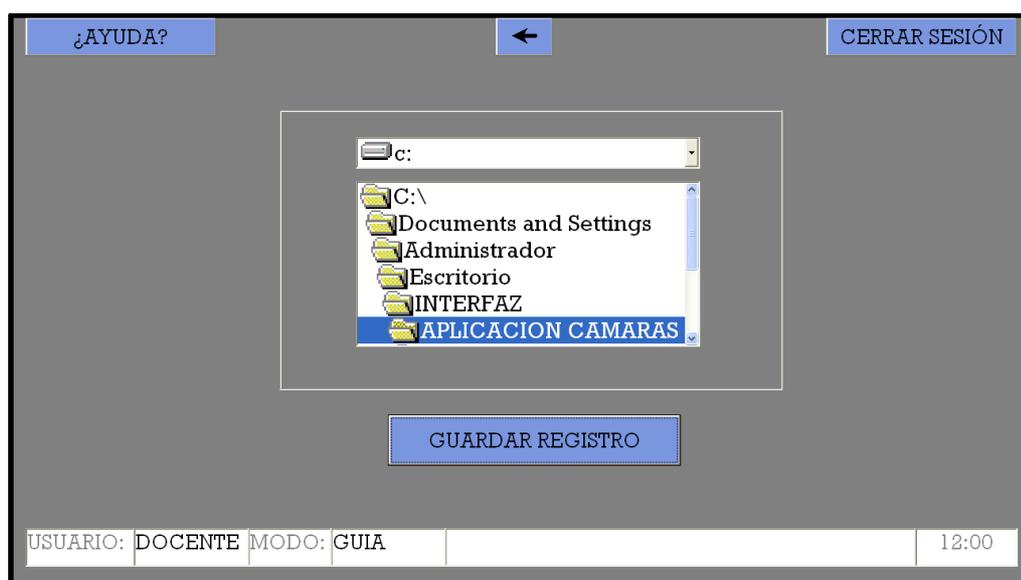
La pantalla de selección de prácticas se muestra cuando se ha seleccionado el modo Guía. En ella se selecciona la materia de la práctica que desea realizar y la práctica. Ver Figura 110.



**Figura 110. Pantalla de selección de prácticas**

#### 5.1.2.5. Pantalla de descarga de registros

La pantalla de descarga de registros está disponible para el usuario Docente o Técnico. Aquí se selecciona la ruta del dispositivo y se descarga el archivo de registro de uso de la máquina. Ver Figura 111.



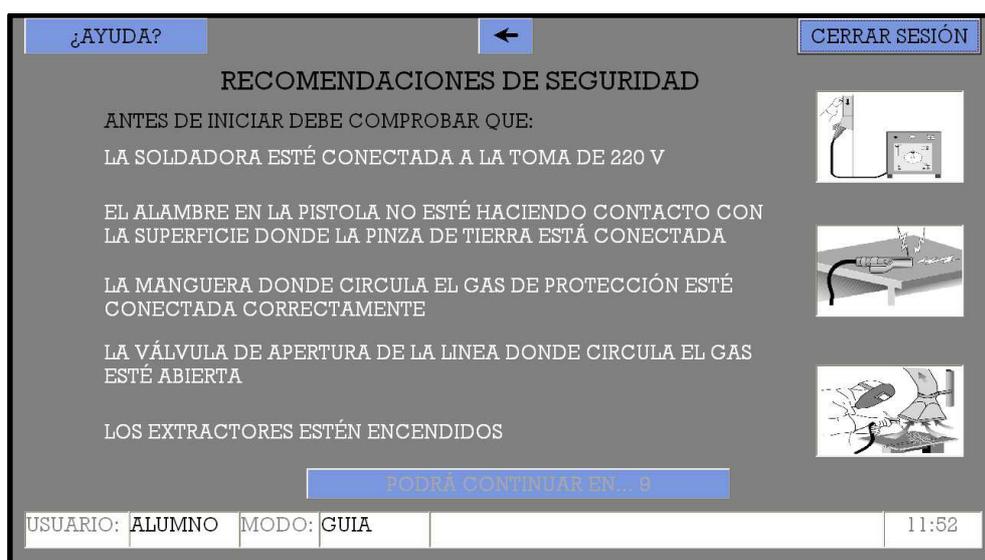
**Figura 111. Pantalla de descarga de registros**

#### 5.1.2.6. Pantallas de seguridad

En estas pantallas se muestran recomendaciones de seguridad generales que se deben seguir antes de usar la soldadora Millermatic 300. Poseen un contador regresivo de 10 segundos antes de poder pasar a la siguiente pantalla para evitar que el usuario continúe antes de tomar un poco de atención a las recomendaciones. Ver Figuras 112, 113 y 114.



**Figura 112. Primera pantalla de seguridad**



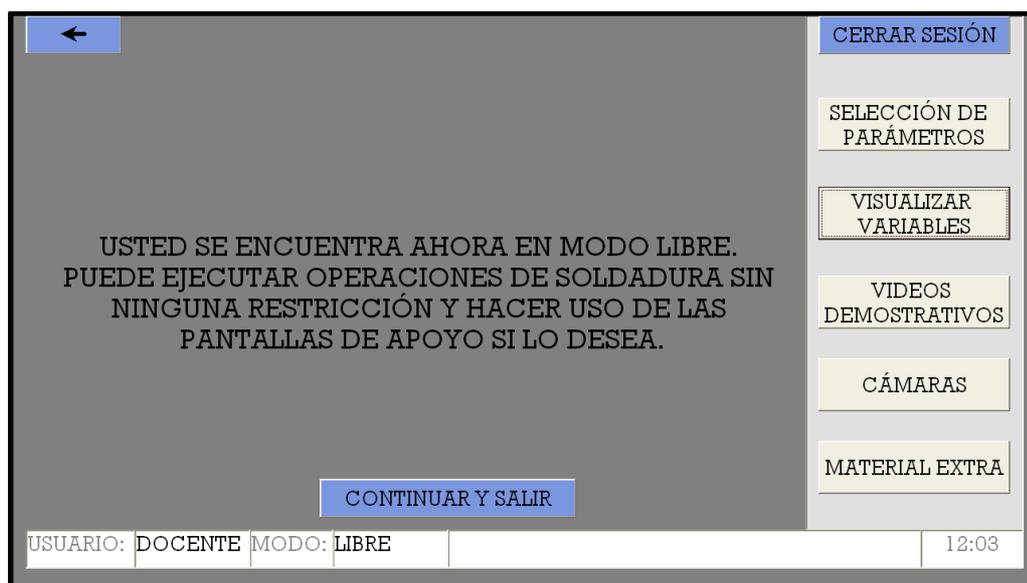
**Figura 113. Segunda pantalla de seguridad**



**Figura 114. Tercera pantalla de seguridad**

#### 5.1.2.7. Pantalla de modo libre

La pantalla de modo libre está diseñada para hacer uso de las pantallas de ayuda sin necesidad de seguir de una guía de práctica. Ver Figura 115.



**Figura 115. Pantalla de modo libre**

#### 5.1.2.8. Pantallas de ayuda o de apoyo

Estas pantallas presentan material de apoyo para la manipulación y comprensión del funcionamiento de la máquina soldadora, desde hojas técnicas, guías, recomendaciones de parámetros de uso o visualización del proceso de soldadura mediante cámaras. Ver Figuras 116, 117, 118, 119 y 120.



**Figura 116. Pantalla de selección de parámetros**

¿AYUDA? ← CERRAR SESIÓN

VOLTAJE  VELOCIDAD DE SALIDA DE ALAMBRE

CORRIENTE INSTANTÁNEA  CORRIENTE PROMEDIO

PRESIÓN AGAMIX 20  PRESIÓN CO2

LEER DATOS  TEMPERATURA

USUARIO: DOCENTE MODO: LIBRE 12:21

**Figura 117. Pantalla de visualización de variables**

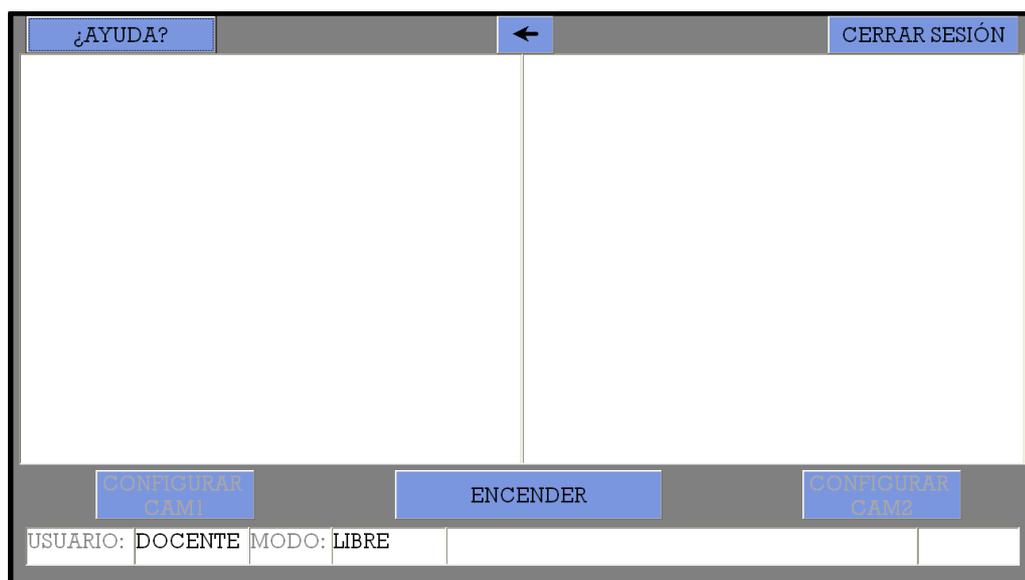
¿AYUDA? ← CERRAR SESIÓN

SELECCIÓN DE VIDEO

Command1

USUARIO: DOCENTE MODO: LIBRE 12:22

**Figura 118. Pantalla de visualización de videos**



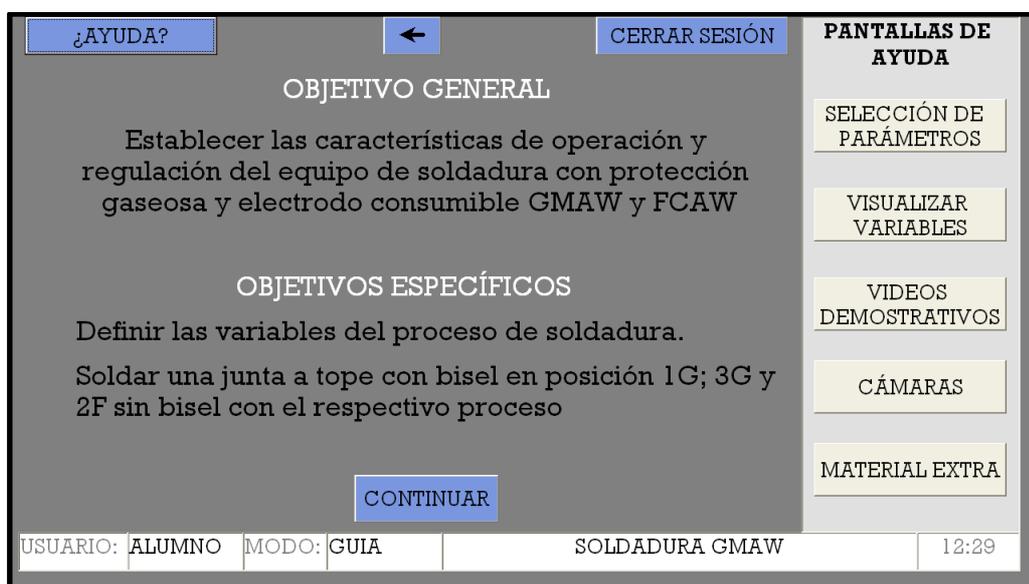
**Figura 119. Pantalla de apreciación de cámaras**



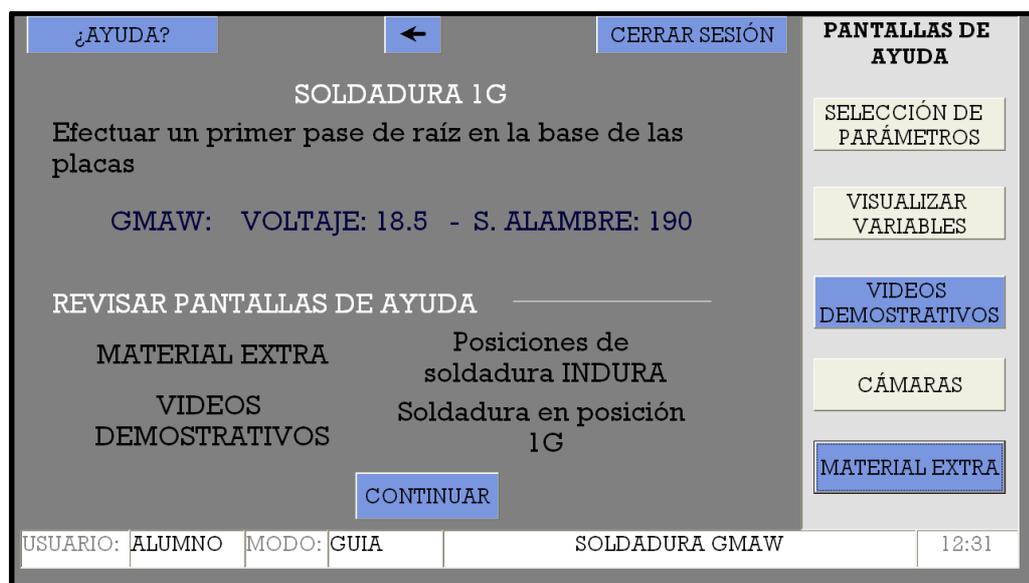
**Figura 120. Pantalla de material extra**

#### 5.1.2.9. Pantallas guías de prácticas

Las pantallas guías de prácticas contienen toda la información referente a la práctica de soldadura que se haya seleccionado, objetivos, materiales y procedimiento de la misma. Además guían hacia el material de apoyo en las pantallas de ayuda que puede asesorar en la realización de la práctica. Ver Figuras 121 y 122.



**Figura 121. Pantalla guía de objetivos**



**Figura 122. Pantalla guía de desarrollo**

#### 5.1.2.10. Paro de emergencia

El botón de paro de emergencia, ubicado en la parte inferior derecha en la Figura 99 y mostrado en la Figura 123, detiene la salida de alambre y de

gas en la soldadura y muestra un mensaje en la pantalla de la aplicación (Ver Figura 49) hasta que sea desactivado.



**Figura 123. Botón de paro de emergencia**

### 5.1.3. Apagado del sistema

Presionar el botón de arranque (Ver Figura 103), y seleccionar en la pantalla táctil la opción de apagado, como se muestra en la Figura 124.



**Figura 124. Pantalla de apagado del sistema**

Apagar los monitores exteriores (Ver Figura 104).

Colocar el interruptor de modo en el modo normal (parte inferior media en Figura 99), como se muestra en la Figura 125.



**Figura 125. Interruptor de modo en modo normal**

Girar el botón de encendido en sentido antihorario, como se muestra en la Figura 126.



**Figura 126. Interruptor de encendido del sistema apagado**

Desactivar el interruptor principal, como se muestra en la Figura 127.



**Figura 127. Interruptor principal apagado**

## 5.2. Manual de mantenimiento.

. El manual de mantenimiento muestra las operaciones y actividades que se deben o no realizar para mantener el correcto funcionamiento del sistema.

El manual de mantenimiento para el equipo se encuentra en el Anexo 6 de este documento.

## 6. CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS ECONÓMICO

En el presente capítulo se detallan los rubros generados en la realización del presente proyecto con el análisis de los costos directos e indirectos y un estudio de los costos totales en la ejecución de un proyecto de esta magnitud.

#### 6.1. Análisis de Costos

El estudio de los costos efectuados es la forma de control de la efectividad que se tiene en la realización del proyecto y es la herramienta utilizada para medir los parámetros económicos que se deben tomar en cuenta en la ejecución del mismo.

##### 6.1.1. Costos Directos

Los costos directos se los fija del valor exacto del material, estos materiales son parte fundamental para llegar a obtener un producto terminado. Además, dentro de los costos directos, se ve involucrado la mano de obra directa de aquellas partes o piezas que fueron sometidos a un procesos de maquinado o construcción.

##### 6.1.1.1. Costos de materia prima

Involucra el costo de la materia prima. A continuación se presenta una tabla correspondiente a estos rubros. Se encuentran fragmentados en dos partes correspondientes a los elementos mecánicos y los elementos electrónicos.

Tabla 23.

## Costos de Materiales Mecánicos

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Caja de control 30*30*15	1	23	23
Soportes pantallas	2	12,91	25,82
Visagras	3	0,91	2,73
Tornillos varias medidas	1	8,05	9,05
Soportes mecánicos varios	1	31,5	34,5
Pinturas e implementos varios	1	15,9	31,4
Tornillos y soporte pantalla táctil	1	8,23	8,23
Caucho filos	1	4	4
Caja de control 40*30*15	1	43,83	43,83
Caja de sensor de corriente	1	2,5	2,5
Tornillos caja dos	1	1	1
Soportes cámaras	1	46,92	46,92
Impresión 3d	1	10	10
Aldabas	2	0,9	1,8
Plancha de tol: 1220x2440x1,1 mm	1	32,05	32,05
Perfil cuadrado AISI 1020: 40x40 mm	2	6,4	12,8
Perfil tipo I AISI 1020: 15x15 mm	1	5,8	5,8
Caja 15x15x10	2	30	30
			325,43

Tabla 24.

**Costos Materiales Eléctricos y Electrónicos**

	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Hst21 hall open loop current sensor	1	14,59	14,59
2m egt k type thermocouple	1	12,99	12,99
Siemens logo 24rc, PLC	1	117,5	117,5
Logo USB. Cable siemens	1	20	20
10,1 inch LCD táctil screen display	1	107,84	107,84
Fuente universal 24 v	1	15,36	15,36
Envíos por pacificard	1	82,76	82,76
Sensor presión 40 MPa	2	43,28	86,56
Módulo AM entradas análogas siemens	1	134,5	134,5
Elementos electrónicos varios	1	36,5	39,5
Elementos eléctricos varios	1	38,9	43,9
Módulo RFID arduino + 3 tarjetas RFID	1	22,5	22,5
Cable VGA	1	10	10
Componentes electrónicos ensamblaje	1	19,83	19,83
Cable n°18	1	7	7
Arduino nano	1	16	16
Cámara Logitech c170	2	35	70
Cable USB 5 m	5	35,39	35,39
Cable flexible	10	6,5	6,5
Cable protegido	10	29	29
			891,72

## 6.1.1.2. Costos de mano de obra directa

Para obtener los costos de mano de obra directa se relaciona la operación con el precio estándar que se maneja actualmente en el mercado, depende básicamente del costo hora máquina-hombre, costo del equipo eléctrico y el tiempo de mecanizado obtenido al realizar los procesos constructivos de cada parte de la máquina.

Tabla 25.

**Costo de Fabricación y ensamblaje**

Operación	Tiempo [hora]	Costo normal [USD/hora]	Costo Total [USD]
Doblado	2	7	14
Soldadura Eléctrica	6	4	24
Soldadura MIG	0,5	8,5	4,25
Amolado y corte	4	10	40
Pintado	2	14	28
Fresado	2	12	24
Corte por cizalla	4	8	32
Taladrado	10	4	40
Ensamblaje, Montaje electrónico	50	4	200
<b>TOTAL:</b>			<b>\$ 406,25</b>

## 6.1.2. Costos Indirectos

El hablar de costos indirectos es referirse a aquellos costos que no intervienen de manera directa en la construcción del equipo. Estos incluyen los materiales indirectos, mano de obra indirecta y otros costos que son producto de la paga de servicios básicos, personal administrativo, depreciación de los equipos y cualquier gasto extra.

Tabla 26.

**Costos de Mano de Obra Indirecta**

Detalle	Tiempo [horas]	Costo [USD/h]	Costo Total [ USD ]
Ingeniería y Diseño	120	5,00	600,00
Dibujo Planos Mecánicos	20	4,50	90,00
Programación y Control	16	5,00	80,00
<b>TOTAL:</b>			<b>770,00</b>

Tabla 27.

**Costo Materiales indirectos**

Elemento	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Electrodo AGA 6011 (Kg)	6	3,1	18,6
Gas mezcla mixta (M3)	1	16,8	16,8
Disco de corte	2	3,5	7
Lija de grano fino (unidad)	3	0,6	1,8
Lija de grano medio (unidad)	2	0,9	1,8
Hoja de Sierra (unidad)	2	1,4	2,8
Cinta aislante (unidad)	4	0,6	2,4
Broca acero al carbono M3	1	6,5	6,5
Broca acero al carbono M2	1	4,5	4,5
Disco de corte Dremel	1	22,5	22,5
Broca acero al carbono M5	1	8,8	8,8
Fresa $\phi$ 5 mm	1	12,6	12,6
<b>TOTAL:</b>			<b>\$ 106,10</b>

Tabla 28.

**Costos Operativos**

Concepto	Costo [USD]
Agua Potable	25
Telefonía Celular	35
Energía eléctrica	150
Transporte o Movilización	350
Internet	100
<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 660,00</b>

### 6.1.3. Costos Totales

Para el costo total del proyecto se consideran los costos directos de fabricación y costos de mano de obra, la mano de obra de instalación y los imprevistos, se incluye también el margen de utilidad el cual se sugiere adoptar un valor entre el 20% y 45% adicional del costo de inversión del equipo, cabe recalcar que al asignar este porcentaje es relevante la oferta de productos similares en el mercado, es decir, la calidad, precio o promociones, para no exagerar ni tampoco minimizar la utilidad. En este caso se opta por un margen del 30%. A continuación la tabla 15 indica el resumen de costos de todo el proyecto, que de manera general es representada por la siguiente ecuación.

$$Costos_{Total} = Costos_{Directos} + Costos_{Indirectos}$$

**Tabla 29. Costos totales**

<b>Rubro</b>	<b>Costo</b>
<b>Costo de Materiales Directos</b>	\$ 1.217,15
<b>Costo de Mano de Obra Directa</b>	\$ 406,25
<b>Costo de Materiales Indirecta</b>	\$ 106,10
<b>Costo de Mano de Obra Indirectos</b>	\$ 770,00
<b>Costos Operativos</b>	\$ 660,00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 3.159,50</b>

## 7. CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones generadas durante el desarrollo del proyecto.

#### 7.1. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el proyecto y mostrados en el capítulo 4 de este documento se puede concluir que el sistema cumplió con las expectativas principales para las que fue elaborado. El equipo puede funcionar de manera independiente con la máquina soldadora, el manejo de su interfaz es sencillo y es adecuado para su uso en la enseñanza de soldadura I y II en el laboratorio de Procesos de Manufactura.

La soldadora Millermatic 300 trabaja con un voltaje de 220V y un amperaje aproximado de 50 A, el voltaje de trabajo y la velocidad de salida del alambre del equipo pueden regularse manualmente, su voltaje y la velocidad de salida de alambre máximos son respectivamente 32V y 690 pulg/min, presenta una salida de 300 A a un ciclo de trabajo del 60% y 240 A a un ciclo del 100%. En este equipo se realizan prácticas de procesos GMAW y FCAW para soldadura I y II, que incluyen, el manejo básico para la realización de cordones de soldadura en estos procesos, calificación de consumibles según la AWS D5, análisis de la ZAC y calificación de un proceso de soldadura con respecto a la norma AWS D1.1.

Como elemento de control se usó principalmente un PLC Logo 0BA6 en el panel de control y en el registro de las señales enviadas por los sensores, además se usaron placas arduino para la identificación de usuario y para el control del botón de paro de emergencia. En la interacción del sistema con el usuario fue usada una pantalla táctil de 10 pulgadas y dos monitores de 17 pulgadas que permiten una mejor visualización de las pantallas en la aplicación. Para la operación del sistema se usó un CPU con sistema operativo Windows XP y con el programa Visual Basic 6.0 para el diseño y operación de la interfaz. La selección de estos componentes se puede observar en la sección 3.3.5. de este documento.

El módulo didáctico se divide en sub módulos que poseen diferentes parámetros de trabajo. El módulo de registro de usuario y el módulo de registro visual son hardware y trabajan con una conexión USB con el CPU central. El módulo de registro de horas de trabajo y el software en el módulo de interfaz con el usuario trabajan de acuerdo a las características del CPU central, que posee un sistema operativo Windows XP SP3, un procesador Dual Core, 2 Gigabytes de memoria RAM y 2.33 GHz de velocidad de procesamiento. El hardware del módulo de interfaz con el usuario y el módulo de registro de señales son elementos electrónicos que trabajan con voltaje DC de hasta 24 V.

El módulo de registro de horas de trabajo funciona en 4 etapas. La primera etapa es la lectura de tarjeta, realizada con la ayuda de una placa arduino nano y un módulo RFID adaptable a la misma. La segunda etapa es la transmisión de los datos leídos vía serial a la aplicación. La tercera etapa es el procesamiento de estos datos para garantizar la seguridad y los niveles de acceso en la aplicación. La etapa final es el almacenamiento de los datos del usuario y los datos de uso del equipo, incluido el tiempo de uso de la aplicación, en una hoja de Excel que puede ser descargada a un dispositivo externo. Estos datos se encuentran en la sección 3.4.6. de este documento.

Los elementos seleccionados en el diseño de materialización en la sección 3.3 no presentaron mayor variación en la implementación final, como se puede observar en el capítulo 4 de pruebas y resultados, excepto por la base de datos del registro de uso del equipo y por el aumento de una termocupla para una medición extra. Por la falta de conexión a red se decidió cambiar la base de datos a un programa más sencillo que trabaje sin conexión a internet, de esta manera se eligió a Office Excel. Los datos se almacenan en un archivo que puede ser descargado a través de la aplicación a un medio externo. También se agregó una termocupla para la lectura simultánea de dos valores de temperatura, tal como es requerido en la práctica 4 de Soldadura II. Como última modificación, se prescindió de los lentes oscuros en las cámaras web debido a la falta de calidad en la imagen al usarlos.

## 7.2. Recomendaciones

Es indispensable el uso de los manuales tanto de usuario y de mantenimiento, para el correcto uso del sistema. Revisar a detalle el manual de usuario sobre el modo de empleo y navegación de la aplicación donde se explican temas que ayudan al usuario a entender el manejo total de la misma. Leer periódicamente el manual de mantenimiento en el que se encuentran tópicos importantes referentes al rendimiento del equipo, logrando que no exista deterioro de sus partes mecánicas, electrónicas y de software.

Se recomienda no usar el equipo si se están usando otros equipos de alto consumo de energía en la misma red simultáneamente, tal como sucede con el equipo de soldadura TIG de corriente alterna ubicado cerca del equipo construido en este proyecto, además no es recomendable que el equipo esté en uso por más de 4 horas seguidas, todo esto por protección de los componentes internos.

Se recomienda la posterior adquisición de cámaras profesionales dedicadas a la captura de videos de procesos de soldadura, el uso de este tipo de cámaras permitirá desarrollar una investigación más a fondo, tanto en

la calificación de soldadura, como en la visualización del proceso. Además de la adquisición de brazos móviles, los cuales permitirán desplazar la cámara ayudando en su rango de visualización.

Se recomienda en futuros proyectos de tesis, referentes a la ampliación del sistema implementado, la evaluación de resultados de la soldadura para la calificación del soldador, con complementos tales como gráficas de temperatura, gráficas del movimiento de la pistola de suelda y de velocidad del desplazamiento de la misma. También se podría implementar un módulo de visión artificial para la calificación del cordón.

El sistema implementado es un punto de inicio para el desarrollo de este tipo de proyectos a nivel educativo, se recomienda desarrollar este proyecto para todas las estaciones de soldadura en el Laboratorio de Procesos de Manufactura para facilitar a los usuarios del laboratorio el aprendizaje en forma modular de todos los procesos de soldadura existentes.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Cary, H. B. (1992). *Manual de Soldadura Moderna*. Madrid: Prentice Hall.

Fronius. (01 de Septiembre de 2013). *Fronius*. Obtenido de Fronius:  
[http://www.fronius.com.mx/cps/rde/xbcr/SID-3E795226-2468A49B/fronius\\_mexico/TPSi\\_FLYER\\_MEX-low.pdf](http://www.fronius.com.mx/cps/rde/xbcr/SID-3E795226-2468A49B/fronius_mexico/TPSi_FLYER_MEX-low.pdf)

Miller. (14 de Mayo de 2014). *MillerWelds*. Obtenido de MillerWelds:  
[http://www.millerwelds.com/products/training/files/pdf/LiveArc\\_Sell\\_Sheet\\_WEB.pdf](http://www.millerwelds.com/products/training/files/pdf/LiveArc_Sell_Sheet_WEB.pdf)

Miller, E. (1 de Mayo de 2005). *Millermatic 300*. *Millermatic 300*. Appleton, USA.

Ponsa, P., & Granollers, A. (s.f.). *Diseño de Pantalla*. Cataluña, España.

Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: UPC.

Rowe, R., & Jeffus, L. (2008). *Manual de Soldadura GMAW (MIG-MAG)*. Madrid: Paraninfo.

## 9. ANEXOS

## **Anexo 1: Sondeo (Encuesta)**

**Anexo 2: Selección de Componentes por criterios ponderados**

**Anexo 3: Especificaciones Técnicas de los elementos.**

## **Anexo 4: Planos**

## **Anexo 5: Diagramas Eléctricos**

## **Anexo 6: Manual de Mantenimiento**

**Anexo 7: Prácticas a ejecutarse en el proyecto.**

## **Anexo 8: Encuesta de Satisfacción**

**Anexo 9:** Programación de la interfaz y del módulo  
RFID