

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y
Mecatrónica



IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA SCADA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE TRAZAS DE FIBRA DE CARBONO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tesis presentada por el Bachiller:

Onque Quirita, Marcos Everaldo

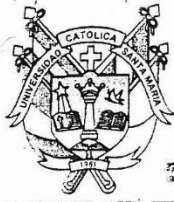
Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Asesor: Ing. Mestas Ramos, Sergio

Arequipa – Perú

2018



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERÚ

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“IMPLEMENTACION DE SISTEMA SCADA PARA
EL PROCESO DE OBTENCION DE TRAZAS DE
FIBRA DE CARBONO EN EL LABORATORIO DE
INVESTIGACION DE MATERIALES DE LA
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA”**

Presentado por el Bachiller:

ONQUE QUIRITA MARCOS EVERALDO

Nuestro **DICTAMEN** es:

Favorable

OBSERVACIONES: *Ninguna*

Arequipa, 05 de diciembre 2017



ING. SERGIO MESTAS RAMOS



ING. MARCELO QUISPE CCACHUCO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por su sacrificio e incondicional apoyo y por creer en mí e impulsarme a alcanzar mis metas.

Agradezco a todos los profesores que con su conocimiento y experiencia me guiaron en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco al equipo del Laboratorio de Investigación de Materiales, por dejarme ser parte de él y por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias.

Y, estaré eternamente agradecida con las personas que no menciono aquí, pero aprecio todo su apoyo en este proceso.

DEDICATORIA

A:

Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Mi madre María Quirita, por darme la vida y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien y por su amor.

Mi padre Marcial Onque, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Todos mis amigos, Edgar, Manuel, Carlos, Erwin, Douglas, Paulo, Arturo, Christian, Augusto, Mark, Hembert, Josué, Ángel, Julio, Víctor, Joseph, Alex, Jordi, Danny, Jorge, Nelson, Greymer, Rodrigo y muchos más, por compartir buenos y gratos momentos.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
Capítulo I: MARCO METODOLOGICO.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Tema de Investigación	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación	2
1.4.1. Justificación Tecnológica.....	2
1.4.2. Justificación Económica	2
1.5. Descripción del Problema.....	3
1.6. Antecedentes.....	4
1.7. Alcances.....	6

Capítulo II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Fibra de Carbono.....	7
2.2. Método de Descomposición Química de Vapor CVD.....	8
2.3. Metodología para la Producción de Fibra de Carbono	9
2.4. Sistema SCADA	12
2.4.1. Ventajas Sistema SCADA	12
2.4.2. Funciones de un Sistema SCADA	13
2.5. Normas Físicas.....	15
2.5.1. Norma Física RS-232.....	15
2.5.1.1. Transmisión Serie Síncrona	15
2.5.1.2. Transmisión Serie Asíncrona	16
2.5.1.3. Características Físicas Estándar RS-232.....	17
2.5.2. Norma Física RS-485.....	19
2.5.3. Parámetros de Estándares RS-232 y RS-485	20
2.6. Topología de Redes.....	21
2.7. Modos de Comunicación	23
2.7.1. Comunicación Simplex.....	24
2.7.2. Comunicación Half Duplex o Semidúplex	24
2.7.3. Comunicación Full Duplex o Dúplex Completo	24
2.8. Modelo OSI.....	25

2.8.1.	7 Capas del Modelo OSI y sus funciones principales.....	26
2.9.	Plataforma Arduino.....	27
2.10.	Software Visual Basic 6.0.....	28
2.10.1.	Modo de Diseño y Ejecución	29
2.10.2.	Ventajas y Desventajas del Visual Basic 6.0	30
2.11.	Microsoft Excel.....	30
2.11.1.	VBA en Excel.....	31
2.11.1.1.	Módulos de clase de VBA	32
Capítulo III: DESARROLLO DEL SISTEMA SCADA		33
3.1.	Sistema de Producción.....	33
3.1.1	Subsistema de control de flujo y presión.	33
3.1.1.1	Descripción del subsistema	34
3.1.2	Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.....	36
3.1.3	Subsistema de termocuplas auxiliares.	37
3.2.	Validación de funcionamiento de los Subsistemas.....	38
3.2.1	Controlador ALICAT de flujo másico Bloqueado – Hidrógeno	38
3.2.2	Inicio de Secuencia en Controladores de Temperatura Yudian Zona 1 y 3.....	42
3.3.	Integración de Subsistemas a un único Sistema	44
3.3.1	Subsistema de control de flujo másico y presión.....	44
3.3.2	Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.....	50

3.3.3	Subsistema de termocuplas auxiliares.	54
3.3.4	Sistema Final.....	57
3.4.	Diseño y desarrollo del HMI - SISTEMA SCADA.....	64
3.4.1	Diseño y desarrollo del HMI.....	65
3.4.1.1	Ventana de Inicio de Sesión	65
3.4.1.2	Ventana de Tipo de Mando	66
3.4.1.3	Ventana de Supervisión y Control	67
3.4.1.4	Ventana de Programación	69
3.5.	Comunicación del Sistema Final y HMI.....	70
3.5.1	Configuración del HMI	70
3.5.2	Configuración del Subsistema de control de flujo másico y presión.....	73
3.5.2.1	Configuración de controladores ALICAT	73
3.5.2.2	Configuración de MComm del subsistema en el HMI.....	74
3.5.3	Configuración del Subsistema de control de temperatura del Horno CVD	75
3.5.3.1	Configuración del Arduino Mega	75
3.5.3.2	Configuración del MComm del subsistema en el HMI	76
3.5.4	Configuración del Subsistema de termocuplas auxiliares.....	76
3.5.4.1	Configuración del Arduino Uno.....	76
3.5.4.2	Configuración del MComm del subsistema en el HMI	77
3.6.	Adquisición de Data	78

3.6.1	Excel y Visual Basic 6.0	80
3.6.2	Zonas de Trabajo del Formato en Excel.....	80
3.7.	Generalidades del SISTEMA SCADA	85
3.7.1	Requerimientos del SISTEMA SCADA.....	85
3.7.2	Instalación y configuración del SISTEMA SCADA	85
Capítulo IV: PRUEBAS Y RESULTADOS		87
4.1.	Pruebas del SISTEMA SCADA.....	87
4.2.	Resultados del SISTEMA SCADA	97
Capítulo V: COSTE ECONOMICO DEL PROYECTO		101
4.3.	Costo del Subsistema de control de flujo y presión	101
4.4.	Costo del Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.....	102
4.5.	Costo del Subsistema de termocuplas auxiliares.....	102
4.6.	Costo del Tablero de Comunicación	103
4.7.	Costo Total del Proyecto	103
CONCLUSIONES.....		104
RECOMENDACIONES.....		106
BIBLIOGRAFÍA.....		107
ANEXOS.....		111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros para síntesis de fibra de carbono	10
Tabla 2 Detalle de pines DB-25 y DE9.....	18
Tabla 3 Señales del Estándar RS-485	19
Tabla 4 Diferencias entre Estándar RS-232 y RS-485	20
Tabla 5 Tipos de Topologías.....	22
Tabla 6 Conversión MiniDIN 8 a DB9	39
Tabla 7 Función y color de Pin conector MiniDIN 8 de Controladores ALICAT	44
Tabla 8 Primera Conversión física de MiniDIN 8 a DB9.....	46
Tabla 9 Asignación de Puertos de controladores ALICAT	50
Tabla 10 Conexión de Controlador Yudian y Módulo MAX 6675	52
Tabla 11 Función de los Pines de salida del módulo MAX 6675.....	53
Tabla 12 Función de los Pines del módulo MAX 31850	56
Tabla 13 Puerto COM usados por los Subsistemas	63
Tabla 14 Dirección de Controladores ALICAT	73
Tabla 15 Propiedades del MSComm del Subsistema de Control de flujo másico y presión ..	74
Tabla 16 Descripción de propiedades del MSComm.....	75
Tabla 17 Propiedades del MSComm del Subsistema de control de temperatura Horno CVD76	
Tabla 18 Propiedades del MSComm del Subsistema de Termocuplas Auxiliares	77
Tabla 19 Resumen de configuración de comunicación de los subsistemas	77
Tabla 20 Número de muestras según el formato elegido	78
Tabla 21 Variables que se registran por cada muestreo.....	78
Tabla 22: Costo del Subsistema de control de flujo y presión	101

Tabla 23: Costo del Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.....	102
Tabla 24: Costo del Subsistema de termocuplas auxiliares.	102
Tabla 25: Costo del Tablero de Comunicación.....	103
Tabla 26: Costo Total del Proyecto.....	103



ÍNDICE DE FIGURAS

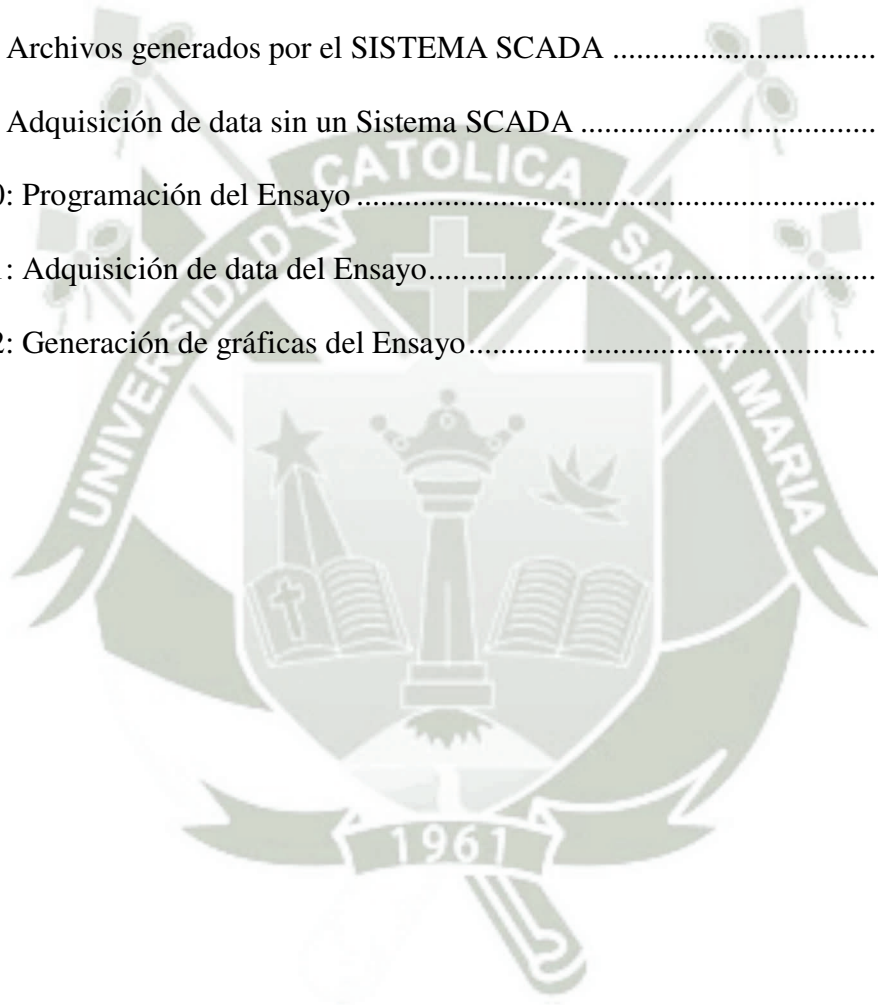
Figura 1: Método de Descomposición Química de Vapor	8
Figura 2: Catalizador sobre el Crisol	9
Figura 3: Reactor Tubular de Cuarzo.....	9
Figura 4: Reactor Tubular de Cuarzo dentro del Horno CVD	10
Figura 5: Producto Final nanofibras de Carbono	11
Figura 6: Ejemplo de Comunicación RS-232	15
Figura 7: Transmisión Síncrona	16
Figura 8: Transmisión Asíncrona.....	16
Figura 9: Bits de Transmisión Asíncrona.....	17
Figura 10: Conectores D-sub	18
Figura 11: Topologías de Redes.....	21
Figura 12: Comunicación Simplex.....	24
Figura 13: Comunicación Half Duplex o Semidúplex	24
Figura 14: Comunicación Full Duplex o Dúplex Completo	25
Figura 15: Siete niveles o capas del modelo OSI.....	25
Figura 16: Arduino uno	28
Figura 17: Logo Visual Basic 6.0	29
Figura 18: Acceso a VBA	31
Figura 19: Ejemplo de un Módulo en VBA	32
Figura 20: Sistema de Producción.....	33
Figura 21: Controladores Alicat de Flujo másico (Izquierda) y Presión (Derecha).....	34
Figura 22: Ejemplo de Data – ALICAT de Flujo másico (Izquierda) y Presión (Derecha) ...	35

Figura 23: Panel de Control ALICAT (Superior) e Interior (Inferior).....	35
Figura 24: Controlador Inteligente Yudian AI708P.....	36
Figura 25: Panel de Controladores Yudian AI708P.....	36
Figura 26: Panel de Potencia Yudian AI708P.....	37
Figura 27: Lectura de termocupla tipo K usando un multímetro.....	37
Figura 28: Entrada estándar MiniDIN 8.....	38
Figura 29: MiniDIN 8 Connector (Derecha) y DB9 (Izquierda)	39
Figura 30: Estándar MiniDIN 8 a DB9.....	39
Figura 31: DB9 a Salida USB	40
Figura 32: AlicatSerialTerminal.exe.....	41
Figura 33: Botones y display de controlador de temperatura Yudian.....	42
Figura 34: Cable de Salida MiniDIN 8 y Entrada estándar MiniDIN 8.....	44
Figura 35: Conversión Requerida para comunicación con una PC.....	45
Figura 36: Conversión MiniDIN 8 a conector DB9 Hembra	46
Figura 37: DB9 a Salida USB Comunicación RS-232.....	47
Figura 38: Comunicación del Subsistema de control de flujo másico y presión	47
Figura 39: Visualización de Puertos COM	48
Figura 40: Propiedades de Puerto COM	49
Figura 41: Configuración Avanzada de Puerto COM.....	49
Figura 42: Entradas y salidas del controlador Yudian	51
Figura 43: Entradas y salidas del controlador Yudian	51
Figura 44: Modulo MAX 6675	52
Figura 45: Entradas y salidas del Módulo MAX 6675	52

Figura 46: Comunicación del Subsistema de control de temperatura Horno CVD	54
Figura 47: Modulo MAX 31850 - Adafruit	55
Figura 48: Comunicación del Subsistema de termocuplas auxiliares	57
Figura 49: Comunicación del Sistema Final	58
Figura 50: Tablero de Comunicación del Sistema Final	59
Figura 51: Módulo de Comunicación del Subsistema de control de flujo másico y presión..	59
Figura 52: Módulo de Comunicación del Subsistema de control de temperatura del Horno.	60
Figura 53: Módulo de Comunicación del Subsistema de termocuplas auxiliares.....	60
Figura 54: HUB de USB central del Sistema Final de Comunicación	61
Figura 55: Vista Completa del Sistema Final Físico.....	61
Figura 56: Verificación de comunicación del Sistema Final	62
Figura 57: Diseño y programación del SISTEMA SCADA	64
Figura 58: Icono del Programa SISTEMA SCADA	65
Figura 59: Ventana – Inicio de Sesión	65
Figura 60: Ventana – Tipo de Mando	66
Figura 61: Ventana – Supervisión y Control (Tipo de mando Manual)	68
Figura 62: Ventana – Supervisión y Control (Tipo de mando Automático).....	69
Figura 63: Ventana – Programación (Tipo de mando Automático).....	69
Figura 64: Componentes de Visual Basic 6.0 - MSComm	70
Figura 65: Componentes MSComm en el diseño	71
Figura 66: El componente MSComm no puede ser usado y/o no existe	71
Figura 67: Mensaje de que el archivo ha sido registrado en el sistema	72
Figura 68: Ejemplo de dirección de un controlador ALICAT	73

Figura 69: Selección de velocidad de Transmisión en Baudios ALICAT	74
Figura 70: Formato en Excel y zonas de trabajo.....	79
Figura 71: Referencias de Visual Basic 6.0 – Microsoft Excel 2016	80
Figura 72: Programación de funciones personalizadas en VBA Excel.....	81
Figura 73: Zona 1 de trabajo del Formato en Excel.....	82
Figura 74: Zona 3 de trabajo del Formato en Excel.....	82
Figura 75: Zona 2 de trabajo del Formato en Excel.....	83
Figura 76: Dirección de Guardado Automático.....	84
Figura 77: Icono del Programa SISTEMA SCADA.....	85
Figura 78: Ventana de Propiedades de SISTEMA SCADA	86
Figura 79: Ventana – Inicio de Sesión	87
Figura 80: Ventana – Tipo de Mando	88
Figura 81: Ventana – Supervisión y Control (Tipo de mando Automático).....	88
Figura 82: Mensaje de confirmación de creación de carpeta	89
Figura 83: Mensaje de Aviso de creación de carpeta.....	89
Figura 84: Creación de carpeta correcta.....	89
Figura 85: Selección de Tiempo de muestreo y apertura de Excel	90
Figura 86: Selección de Tiempo de muestreo y apertura de Excel	90
Figura 87: Ventana – Programación	91
Figura 88: Botón DESCARGAR TABLA	92
Figura 89: Guardado de la programación en Excel.....	92
Figura 90: Confirmación de guardado	93
Figura 91: Hoja para la adquisición de datos	93

Figura 92: Representación de datos de los subsistemas.....	94
Figura 93: Mensaje del estado de la programación.....	94
Figura 94: Adquisición de data y graficas.....	95
Figura 95: Mensaje del estado de la programación STOP y guardado de Excel	95
Figura 96: Mensaje de confirmación de guardado de Excel	96
Figura 97: Mensaje de Confirmación del cerrado de Excel	96
Figura 98: Archivos generados por el SISTEMA SCADA	96
Figura 99: Adquisición de data sin un Sistema SCADA	97
Figura 100: Programación del Ensayo	98
Figura 101: Adquisición de data del Ensayo.....	99
Figura 102: Generación de gráficas del Ensayo.....	100



RESUMEN

El presente trabajo consiste en la implementación e integración de un sistema SCADA para el proceso de obtención de trazas de fibra de carbono en el Laboratorio de Investigación de Materiales de la Universidad Católica de Santa María. El sistema en el que se basa el estudio consta de un horno de CVD, controladores de flujo de masa de gas y presión, controladores de temperatura y termopares auxiliares.

Para lograrlo, se realizó un estudio de selección de hardware, la integración de protocolos de comunicación, el diseño y desarrollo del HMI, la adquisición y el manejo de datos, mediante el uso de componentes electrónicos de bajo costo y programas de código abierto como Visual Basic, Arduino y Microsoft Excel.

Se consiguió un software ejecutable SISTEMA SCADA, que actualmente es responsable de la supervisión, control, representación y adquisición de datos de las variables físicas del sistema.

Palabras Clave: Fibra de carbono, HMI, SCADA, Software.

ABSTRACT

The present work consists of the implementation and integration of a SCADA system for the process of obtaining carbon fiber traces in the Materials Research Laboratory of the Catholic University of Santa Maria. The system on which the study is based consists of a CVD furnace, gas and pressure mass flow controllers, temperature controllers and auxiliary thermocouples.

To achieve this, a study was made of hardware selection, the integration of communication protocols, the design and development of HMI, the acquisition and management of data, through the use of low-cost electronic components and open source programs such as Visual Basic, Arduino and Microsoft Excel.

An executable software SISTEMA SCADA, was obtained, which is currently responsible for the supervision, control, representation and acquisition of data of the physical variables of the system.

Keywords: Carbon fiber, HMI, SCADA, Software.

Capítulo I: MARCO METODOLOGICO

1.1. Introducción

Hoy en día, la obtención y el estudio de la fibra de carbono es uno de los temas más importantes en la ciencia de los materiales compuestos en la última década, con el fin de conseguir materiales de baja densidad, resistentes y duraderos. La fibra de carbono tiene importantes aplicaciones en la industria aeronáutica, espacial, automovilística, naval y otros.

En el presente su desarrollo, obtención y estudio local no son conocidos con exactitud por lo que se desconoce la magnitud de cada una de las variables que intervienen, debido a ello el proyecto “Estudio de la influencia de la presión y temperatura de reacción en la síntesis de nanotubos de carbono mediante descomposición catalítica de metano” del Laboratorio de Investigación de Materiales de la Universidad Católica de Santa María, realiza diferentes pruebas y ensayos modificando variables, condiciones y procedimientos, usando la tecnología de Deposición Química de Vapor (CVD).

Debido a que un proyecto de investigación necesita realizar un gran número de pruebas y ensayos, es necesario contar un sistema automatizado que brinde monitoreo, control y seguridad de primera mano de las diferentes variables. Para lo cual es necesario considerar que, en los últimos años, la implementación de sistemas SCADA, presentan una serie de particularidades que los hacen muy valiosos y que han llegado a ser imprescindibles en la automatización de las industrias alrededor del mundo, facilitando el control de plantas, sistemas y dispositivos.

1.2. Tema de Investigación

“Implementación de sistema SCADA para el proceso de obtención de trazas de fibra de carbono en el Laboratorio de Investigación de Materiales de la Universidad Católica de Santa María”

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Implementar e integrar un Sistema SCADA al proceso de obtención de trazas de fibra de carbono en el Laboratorio de Investigación de los Materiales.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Definir los subsistemas del proceso de obtención de trazas de fibra de carbono
- Integrar los subsistemas a un mismo sistema de control.
- Diseñar y desarrollar la Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Tecnológica

En la actualidad, el Laboratorio de Investigación de Materiales junto al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Santa María, desarrollan el proyecto de Investigación: "Estudio de la influencia de la presión y temperatura de reacción en la síntesis de nanotubos de carbono mediante descomposición catalítica de metano", donde el presente trabajo busca obtener mejores muestras y resultados de las pruebas y ensayos, mediante el desarrollo e implementación de un Sistema SCADA.

1.4.2. Justificación Económica

Hoy en día, existen diferentes empresas y marcas dedicadas a desarrollar y vender softwares de SCADA alrededor del mundo, que pueden integrarse a una planta, proceso o sistema, sin embargo,

conseguir el software y licencia de uno de ellos suele ser muy costoso, por ello gracias al avance tecnológico de la automatización, electrónica e informática, el desarrollo de sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Data (SCADA) son más accesibles de implementarse en cualquier proceso, el presente trabajo busca demostrar su implementación, integración y desarrollo a bajo costo, la obtención de resultados precisos y confiables y la importancia del manejo de datos de cada ensayo realizado en el proyecto de investigación.

1.5. Descripción del Problema

Hoy en día una investigación necesita tener monitoreo y control de primera mano de las diferentes variables y obtener un buen número de datos posibles de una prueba o ensayo. Estos factores son fundamentales para tener éxito en los resultados. En nuestro caso, el proyecto de investigación "Estudio de la influencia de la presión y temperatura de reacción en la síntesis de nanotubos de carbono mediante descomposición catalítica de metano" se lleva a cabo en el Laboratorio de Investigación de Materiales de la Universidad Católica de Santa María, el sistema donde se realizan las pruebas cuenta con un reactor CVD, controladores que permiten manejar variables como flujos másicos, presiones, temperaturas, etc.

El problema fundamental reside en que el control y supervisión de controladores del sistema y la recolección de datos se realiza de manera manual, con un tiempo de muestreo entre 10 a 20 minutos, durante aproximadamente 8 horas donde el número de datos que se obtienen es muy bajo.

La siguiente tesis pretende dar una solución al problema presentado, mediante la implementación e integración de un Sistema SCADA que tendrá las funciones de supervisar,

controlar y adquirir la data de las pruebas y ensayos realizados en el laboratorio, con un tiempo de muestreo menor para lograr obtener un gran número de datos de cada una de las variables que intervienen.

Uno de los problemas principales es la integración de los controladores de flujo y presión ALICAT de procedencia americana y los controladores de temperatura YUDIAN de procedencia china, a un mismo sistema debido, a que poseen diferentes características de comunicación y comportamiento.

El desarrollo y diseño del HMI deberá ser amigable, de fácil uso y que permita ser entendido por el equipo y personal del Laboratorio de Investigación de Materiales. La adquisición de data deberá tener la capacidad necesaria para manejar y graficar una gran cantidad de datos obtenidos de los ensayos y pruebas que se realizan.

1.6. Antecedentes

Gómez Chacón, Carolina (Arequipa-Perú, 2016) “INTEGRACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTROL DE UN REACTOR CVD”

El presente trabajo de investigación consiste en la integración e implementación del sistema de control de un reactor CVD. El problema principal consiste en la selección del hardware adecuado que permita soportar diferentes protocolos, así como registrar la información de todas las variables de trabajo en cada experimentación. El sistema deberá permitir al usuario un control y el registro de la información en otros equipos.

El objetivo principal de la presente tesis es el de diseñar e implementar la interfaz gráfica de control del termo reactor CVD para la obtención de trazas de fibra de carbono, con el fin de controlar y registrar a detalle todos los valores de presión, flujo másico y temperatura.

Trejo Ponte, Edwin (Lima, 2014) “DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DEL LABORATORIO DE ACUICULTURA DEL IMARPE MEDIANTE UN SCADA”

El objetivo de este trabajo es diseñar la automatización del laboratorio mediante un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que brinde la opción de controlar y monitorear diversos parámetros remotamente. La temperatura, el flujo de oxigenación, el caudal del agua de mar, radiación UV e iluminación son las medidas más esenciales.

En primer lugar, se explica la problemática y se plantea una solución a través del uso de un sistema Mecatrónico integrado en un SCADA. En el segundo capítulo, se detallan los requerimientos que conllevan a la presentación del concepto de solución. Luego, se especifican los diagramas de funcionamiento, planos P&ID, arquitectura de comunicaciones, diagramas de flujos del control entre SCADA-PLC-Arduino y otros esquemas que ayudan a comprender mejor lo propuesto.

A. Swetha Priya, S. Vinod Kumar (India, 2015) “DESIGN AND PROCESS CONTROL OF SIEMENS POLYSILICON CVD REACTOR”

La novedad en este trabajo es el desarrollo de un control de proceso para el reactor de CVD de poli-silicio para lograr una productividad óptima de las semillas de poli-silicio mediante el control de los parámetros del proceso.

La arquitectura de hardware propuso monitores y controla las etapas secuenciales sistemáticas de equipamiento dinámica de la planta a una alta temperatura alrededor de 1050°C - 1100°C . El panel de operador se comunica a través de LabVIEW 8.6 paquete de NI, alarmar al usuario con mímica proceso, generación de informes, gestión de datos y seguridad.

La simulación de la planta se realiza y se verifica con LabVIEW 8.6 Versión y Matlab 7.5 herramientas de software para obtener la eficacia de la técnica de control propuesta. Este SCADA basado GUI maneja probabilidad de tolerancia a fallos, asegurando proceso controlado riesgo con una productividad óptima de poli-silicio haciendo sistema compatible con los estándares industriales.

1.7. Alcances

El presente proyecto pretende implementar un sistema SCADA que permita mejorar y automatizar el proceso de obtención de trazas de fibra de carbono.

El sistema SCADA será diseñado, para los ensayos y pruebas que se realizan en el Laboratorio de Investigación de Materiales de la Universidad Católica de Santa María.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. Fibra de Carbono

La Fibra de Carbono es un material formado por fibras de 50-10 micras de diámetro, compuesto principalmente de átomos de carbono. Los átomos de carbono están unidos entre sí en cristales microscópicos que están regularmente alineados en paralelo al eje longitudinal de la fibra. La alineación de cristal da a la fibra de alta resistencia en función del volumen. Miles de fibras de fibras de carbono se unen para formar un hilo, que puede usarse solo o entretorse en una tela.

El último desarrollo en tecnología de fibra de carbono es pequeños tubos de carbono llamados nanotubos. Estos tubos huecos, algunos tan pequeños como 0.00004 in (0.001 mm) de diámetro, tienen propiedades mecánicas y eléctricas únicas que pueden ser útiles en la fabricación de nuevas fibras de alta resistencia, tubos de prueba sub-microscópicos o posiblemente nuevos materiales semiconductores para circuitos integrados. (How Product are Made, 2006).

La fibra de carbono normalmente se combina con otros materiales para obtener un compuesto. Cuando se combina con resina plástica, por ejemplo, se forma fibra de carbono reforzada con polímero, que tiene una relación resistencia–peso, muy alta y es extremadamente rígida, aunque un poco frágil. La fibra de carbono también se combina con otros materiales como el grafito, que por resultado entrega un material con tolerancia muy alta al calor (Reddy, 2014).

Las propiedades de las fibras de carbono, tales como una alta flexibilidad, alta resistencia, bajo peso, tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica, las hacen muy populares en la

industria aeroespacial, ingeniería civil, aplicaciones militares, deportes de motor junto con muchos otros deportes.

2.2. Método de Descomposición Química de Vapor CVD

La Fibra de El método de Deposición Química de Vapor (CVD) es un procedimiento químico empleado para fabricar materiales sólidos de alta pureza y de altas prestaciones, a bajo costo y de manera sencilla (Baker, 1989). La mayoría de sus aplicaciones consisten en adherir una capa sólida y delgada a ciertas superficies, así como producir materiales a granel de alta pureza y también la fabricación de materiales compuestos por medio de técnicas de infiltrado.

El Método de Deposición Química de Vapor ya ha sido utilizado en la mayoría de elementos químicos que conocemos en la tabla periódica, algunas veces en su estado puro y otras veces como compuestos (Park & Cho, 2001). El método CVD consiste básicamente en un proceso donde uno o más precursores volátiles son transportados por la fase de vapor hacia la cámara de reacción, donde se descomponen dentro de un sustrato calentado (See & Harris, 2007).

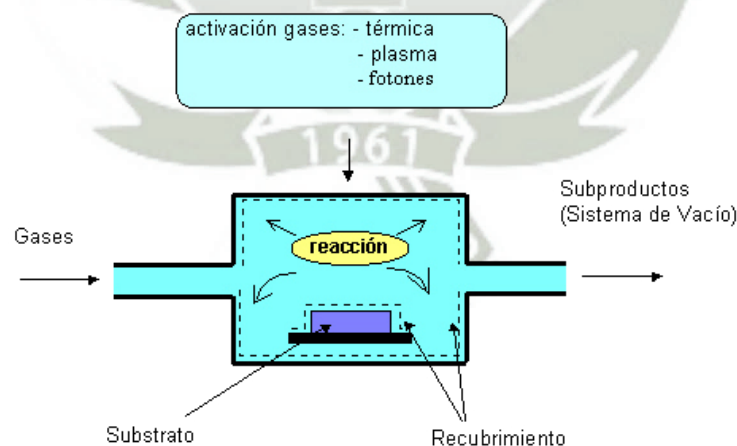


Figura 1: Método de Descomposición Química de Vapor
Fuente: (Gomez-Aleixandre, 2001)

2.3. Metodología para la Producción de Fibra de Carbono

Para realizar las pruebas y ensayos de producción de trazas de fibra de Carbono, el Laboratorio de Investigación de Materiales realiza los siguientes pasos:

- **Pesaje del Crisol (Balsa de Alúmina):** Primero se selecciona un crisol que se encuentre limpio y frío para ser pesado en una balanza analítica.
- **Pesaje del Catalizador:** Luego, en el crisol se mide la masa del catalizador que se usará para la prueba o ensayo, donde la masa deberá ser de 0.2 gramos.



Figura 2: Catalizador sobre el Crisol
Fuente: Elaboración Propia

- **Limpieza del Reactor Tubular:** Se deberá realizar una limpieza del reactor tubular de cuarzo usando alcohol y un paño, con mucho cuidado de no dañar las paredes internas.



Figura 3: Reactor Tubular de Cuarzo
Fuente: Elaboración Propia

- **Montaje del Reactor:** Una vez limpio el reactor tubular de cuarzo, se introduce con sumo cuidado el crisol que contiene el catalizador hasta la parte media del reactor tubular, y se procede a colocar el reactor tubular dentro del horno CVD.



Figura 4: Reactor Tubular de Cuarzo dentro del Horno CVD
Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros definidos para la producción de fibra de carbono se indican en la siguiente tabla, donde se determinaron las mejores condiciones de síntesis para realizar las pruebas y ensayos.

Tabla 1:
Parámetros para síntesis de fibra de carbono

Etapa	T (°C)	Gases	Flujo gases	Tiempo
			(ml/min)	
Purga Total	T. Amb.	N ₂	500	5 min
		H ₂	100	
		CH ₄	10	
Purga	T. Amb.	N ₂	200	5 min
Calentamiento	500	N ₂	200	35 min

Activación	500	N ₂	150	120 min
		H ₂	100	
Calentamiento	600	N ₂	150	30 min
Crecimiento	600	N ₂	55	300 min
		CH ₄	83	
Enfriamiento	300	N ₂	55	100 min

Fuente: (Informe N°LICMA-002 -2017)

- **Desmontaje:** Cuando ha concluido la prueba o ensayo se realiza el desmontaje del reactor tubular fuera del Horno CVD, y se extrae con mucho cuidado el crisol que contiene la muestra y producto final.
- **Pesaje de producto:** Una vez fuera el crisol se procede a pesar el producto final en la balanza analítica, posteriormente se registra la muestra y se almacena.



Figura 5: Producto Final nanofibras de Carbono
Fuente: (Informe N°LICMA-002 -2017)

El producto final muestra un crecimiento en peso de hasta 4.5 gramos respecto a la masa inicial, con las condiciones mencionadas al inicio de este apartado.

2.4. Sistema SCADA

Un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es una aplicación de software, diseñada con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basa en la adquisición de datos de los procesos remotos y está diseñado fundamentalmente para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora (EcuRed, 2011).

Un sistema SCADA involucra varios subsistemas. La adquisición de datos suele estar a cargo de cualquier elemento capaz de recibir señales y enviarlas a una estación por medio de un protocolo en específico. También se podría realizar utilizando una computadora y con la ayuda de un hardware dedicado, tome la señal del exterior y la transmita por medio de un puerto serial (Aguirre Zapata, 2013).

2.4.1. Ventajas Sistema SCADA

Entre las principales ventajas de un sistema SCADA podemos describir:

- **Economía:** Es más fácil ver qué ocurre en la instalación desde la oficina que enviar a un operario a realizar la tarea de supervisión. Ciertas revisiones se convertirán en innecesarias y con eso se estaría ahorrando un monto importante en mano de obra.
- **Accesibilidad:** Tener toda la información al alcance de un clic, podemos modificar el nivel de funcionamientos de los dispositivos de planta, consultar cual es el estado de las variables en el tiempo y tomar una decisión a tiempo real e incluso antes de que se produzca un acontecimiento, todo eso de manera remota y a cualquier momento.

- **Ergonomía:** La relación entre el usuario y el proceso es más amigable, los modernos ordenadores, con sus prestaciones gráficas, sustituyen a grandes paneles, repletos de cables, pilotos y del excesivo papeleo informativo que se desarrolla.
- **Mantenimiento:** La adquisición de datos y su supervisión da la posibilidad de presentarlos de manera ordenada para usuarios no especializados y de avisar cuando se aproximen las fechas de revisión o cuando una máquina necesita tener mantenimiento.
- **Flexibilidad:** Cualquier modificación de alguna de las características del sistema de visualización no significa un gasto en tiempo y medios, pues no hay modificaciones físicas que requieran la instalación de un cableado o de módulos auxiliares.
- **Gestión:** Todos los datos recopilados pueden ser valorados de múltiples maneras mediante herramientas estadísticas, gráficas, valores tabulados, las cuales permiten explotar el sistema con el mejor rendimiento posible.
- **Conectividad:** Se buscan sistemas abiertos, es decir, sin secretos ni sorpresas para el integrador. La documentación de los protocolos de comunicación actuales permite la interconexión de sistemas de diferentes proveedores y evita la existencia de lagunas informativas que puedan causar fallos en el funcionamiento o en la seguridad (García, 2012).

2.4.2. Funciones de un Sistema SCADA

Las funciones más básicas de un Sistema SCADA son las que desarrollan a continuación:

- **Control remoto de instalaciones:** Los sistemas SCADA permiten activar o desactivar equipos remotos de manera automática o a solicitud del operador. Igualmente es posible realizar ajustes remotamente a parámetros del proceso.

- **Supervisión remota de instalaciones:** Mediante esta función, el usuario es capaz de conocer el estado de las instalaciones bajo su responsabilidad y coordinar eficientemente las labores de producción y mantenimiento en el campo. El intervalo de recolección periódica de la información del campo depende de las dimensiones, pero generalmente está en el orden de unos cuantos milisegundos.
- **Procesamiento de información:** En algunos casos, los datos capturados requieren procesamiento adicional, a efectos de consolidar información proveniente de diferentes lugares remotos, como por ejemplo de balance de masa entre diferentes instalaciones.
- **Presentación de gráficos dinámicos:** Esto se refiere al despliegue de pantallas con el diagrama del proceso conteniendo información instantánea del comportamiento del mismo.
- **Presentación de alarmas:** Mediante esta función se alerta al operador sobre la ocurrencia de condiciones anormales o eventos que pudieran requerir su intervención. Normalmente, la criticidad del evento o alarma se indica mediante el uso de colores y/o señales auditivas. Las alarmas se registran para análisis posteriores.
- **Generación de reportes:** Los sistemas SCADA permiten la generación automática o a petición de reportes impresos de producción y balances.
- **Almacenamiento de información histórica:** Los sistemas SCADA permiten registrar y almacenar información operacional y alarmas. Por ejemplo, se pueden llevar datos de los últimos 5 minutos, 1 hora, 1 día, 1 mes y hasta un año.
- **Presentación de gráficos de tendencias:** Con información en tiempo real o histórico, se pueden construir gráficos e inferir el comportamiento de variables operacionales en el tiempo (Geocities, 2012).

2.5. Normas Físicas

El nivel físico del modelo OSI (en inglés, Open System Interconnection), se encarga de la transmisión y recepción de una secuencia no estructurada de bits sin procesar a través de un medio físico (Support Microsoft, 2017). Las más conocidas y usadas en el medio industrial son:

- RS-232
- RS-485

2.5.1. Norma Física RS-232

El estándar RS-232 (en español, "Estándar Recomendado 232"). Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE y un DCE.

- DTE: Equipo terminal de datos.
- DCE: Equipo de comunicación de dato.

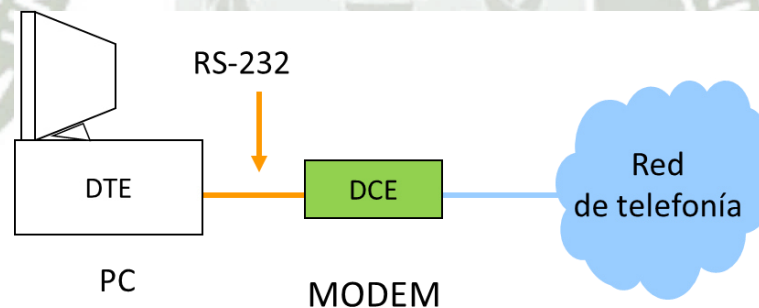


Figura 6: Ejemplo de Comunicación RS-232
Fuente: Elaboración Propia

Existen dos modos básicos para realizar la transmisión de datos y son:

2.5.1.1. Transmisión Serie Síncrona

En las transmisiones síncronas los caracteres se transmiten consecutivamente, no existiendo ni bit de inicio ni bit de parada entre los caracteres, estando dividida la corriente de caracteres en

bloques, enviándose una secuencia de sincronización al inicio de cada bloque. En las transmisiones síncronas los caracteres se transmiten consecutivamente, no existiendo ni bit de inicio ni bit de parada entre los caracteres, estando dividida la corriente de caracteres en bloques, enviándose una secuencia de sincronización al inicio de cada bloque y haciendo uso de una línea de reloj.

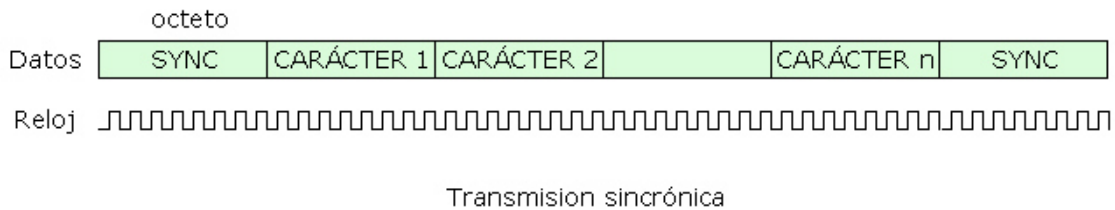


Figura 7: Transmisión Síncrona
Fuente: (D.L.M., 2004)

2.5.1.2. Transmisión Serie Asíncrona

Cuando se opera en modo asíncrono no existe una línea de reloj común que establezca la duración de un bit y el carácter puede ser enviado en cualquier momento. Esto conlleva que cada dispositivo tiene su propio reloj y que previamente se ha acordado que ambos dispositivos transmitirán datos a la misma velocidad.

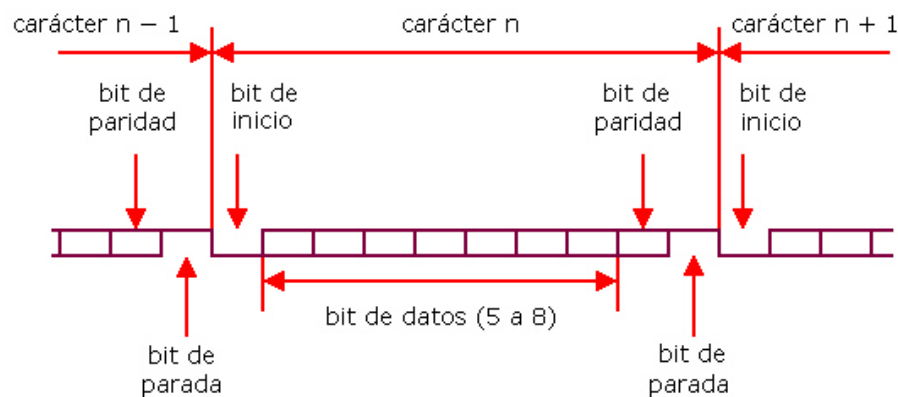


Figura 8: Transmisión Asíncrona
Fuente: (D.L.M., 2004)

Los datos se transfieren precedidos de un bit de arranque, un bit de paridad, y un bit de paro.
(datos en formato ACSII).

- Bit de Parada: Se usan para separar un carácter del siguiente.
- Bit de Paridad: Es la forma de verificar si hay errores en la transmisión. PAR “0” - IMPAR “1”.
- Bit de Datos: El número de bits que se envía depende del tipo de información que se transfiere. Ejemplo: ASCII utiliza 7 bits.

Bit de Arranque: Tiene dos funciones de sincronización de reloj del transmisor y del receptor.

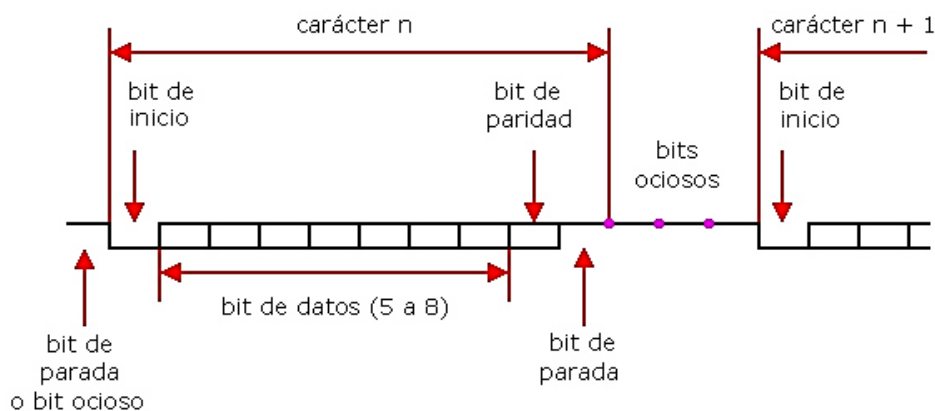


Figura 9: Bits de Transmisión Asíncrona
Fuente: (D.L.M., 2004)

2.5.1.3. Características Físicas Estándar RS-232

El estándar no hace referencia al tipo de conector que debe usarse. Sin embargo, los conectores más comunes son el DB-25 (25 pines) y el DE-9 (9pines). Estos conectores que son usados pertenecen al grupo de conectores D-sub en donde la parte que contiene a los pines se le llama conector macho, mientras que el conector que contiene los orificios se le llama conector hembra.

El conector hembra debe estar asociado con el DCE (Equipo de comunicación de dato) y el macho con el DTE (Equipo terminal de datos).

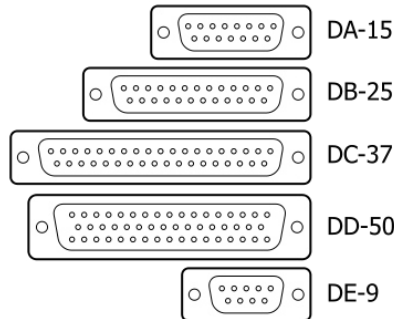


Figura 10: Conectores D-sub
Fuente: (Wikipedia, 2017)

A continuación, se detallan la asignación de pines del DB-25 y DE-9 en la siguiente tabla:

Tabla 2
Detalle de pines DB-25 y DE9

DE-25	DE-9	Nombre	Función
8	1	DCD	(Data Carry Detect): Indica detección de portadora
3	2	RD	(Receive Data): Por donde se reciben los datos
2	3	TD	(Transmit Data): Por donde se transmiten los datos
20	4	DTR	(Data Terminal Ready): Indica que el emisor está preparado
7	5	GROUND	Tierra
6	6	DSR	(Data Set Ready): Indica receptor preparado
4	7	RTS	(Request To Send): Petición de envío
5	8	CTS	(Clear To Send): Listo para transmitir
22	9	RING	Señal de llamada

Fuente: Elaboración Propia

2.5.2. Norma Física RS-485

La EIA definió un nuevo estándar: la RS-485. Introducida en 1983, es una versión mejorada de la RS-422. Se considera como interface multipunto y permite la comunicación de hasta 32 equipos emisores-receptores en un bus de datos común, por lo que dispone del tercer estado (habilitación) para que no existan colisiones en el canal de comunicación (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009).

La norma RS-485 se basa en un sistema diferencial que permite eliminar los posibles ruidos que se puedan incorporar en el canal de comunicación. Las señales que utiliza esta norma son detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 3
Señales del Estándar RS-485

Señal	Función
A o D+	Señal de emisión / recepción no invertida transmitida al canal de comunicaciones.
B o D-	Señal de emisión / recepción no invertida transmitida al canal de comunicaciones.
FG	Masa de protección.

Fuente: Elaboración Propia

En el estándar RS-485 existen diferentes variantes de las cuales las dos más conocidas son:

- 4D-RS-485
- 2D-RS-485

La diferencia del primero respecto del segundo es debido a que los pares de recepción y conexión se encuentran por separado, el cual le permite enviar datos en cualquier momento entre maestro (master) y esclavos (slaves).

2.5.3. Parámetros de Estándares RS-232 y RS-485

A continuación, se presentará una tabla, donde se resume los diferentes parámetros de las normas físicas RS-232 y RS-485.

Tabla 4
Diferencias entre Estándar RS-232 y RS-485

Parámetros	RS-232	RS-485
Modo de trabajo	Unipolar	Diferencial
Número de emisiones y receptores	1 emisor 1 receptor	32 emisores 32 receptores
Longitud máxima del cable	15 metros	1.200 metros
Velocidad de transmisión máxima	20 kbps	Hasta 10 Mbps
Número de líneas	Hasta 25 (datos y control)	2 (datos y control por software)
Tipo de cable	Cable específico (hilos tantos como señales)	Par trenzado (1 par)
Topología que admiten	Punto a punto	Punto a punto Multipunto Anillo Bus
Simultaneidad en la transmisión	Simplex Half Duplex Full Duplex	Half Duplex
Tensión de salida del emisor	+/- 5 V +/- 15 V	+/- 1,5 V +/- 6 V

Fuente: (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

2.6. Topología de Redes

La topología de red se define como el mapa físico o lógico de una red para intercambiar datos. En otras palabras, es la forma en que está diseñada la red, sea en el plano físico o lógico. El concepto de red puede definirse como «conjunto de nodos interconectados». Un nodo es el punto en el que una curva se intercepta a sí misma. Lo que un nodo es concretamente depende del tipo de red en cuestión (Castells, 1997).

Los estudios de topología de red reconocen ocho tipos básicos de topologías (Bicsi, 2002):

- Punto a Punto (point to point, PtP) o peer-to-peer (P2P).
- En bus (“conductor común” o bus) o lineal (line).
- En estrella (star).
- En anillo (ring) o circular.
- En malla (mesh).
- En árbol (tree) o jerárquica.
- Topología híbrida, combinada o mixta, por ej. circular de estrella, bus de estrella.
- Cadena margarita (daisy chain).

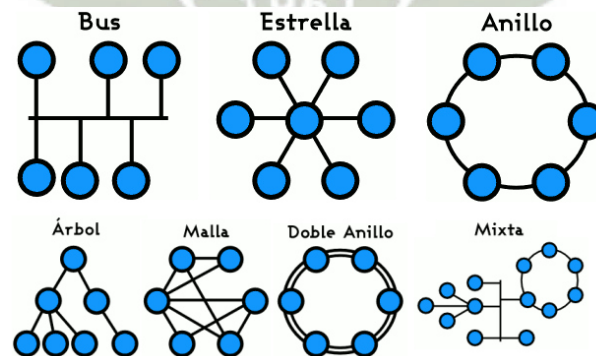


Figura 11: Topologías de Redes
Fuente: (Wikipedia, 2017)

A continuación, se muestra una tabla resumiendo los tipos de topologías.

Tabla 5
Tipos de Topologías

Topología	Definición	Características
Punto a Punto	La topología más simple es un enlace permanente entre dos puntos.	En una red punto a punto, los dispositivos en red actúan como socios iguales, o pares entre sí.
Bus	Todos los nodos se encuentran conectados a un mismo enlace central.	La información puede ser vista por todos los nodos, sin embargo, puede presentar problemas de tráfico de datos.
Anillo	Todos los nodos se encuentran conectados uno con otro formando un anillo de red.	La información solo puede viajar en una sola dirección y solo acepta el nodo indicado, si cae un nodo la red tendrá problemas de tráfico.
Estrella	Todos los nodos de la red están conectados a un Hub central.	Si llega a dañarse un nodo no afecta a los demás, pero si el Hub falla, entonces cae toda la red.

Malla	Todos los nodos se encuentran conectados con todos los nodos entre sí.	La información viaja por distintos caminos. Si falla un nodo o cable la red no falla.
Árbol	Los nodos se encuentran colocados en forma de árbol o jerarquía.	Si el segmento principal cae toda la red falla, en este tipo la información viaja más rápido.
Híbrida	En la topología híbrida o topología mixta las redes pueden utilizar diversas topologías para conectarse.	Sirve como solución a redes complejas o cuando hay un incremento de dispositivos.
Cadena Margarita	Es una sucesión de enlaces, tal que un dispositivo A es conectado a un dispositivo B, y este a un dispositivo C, y este otro a un dispositivo D, y así sucesivamente.	La cadena margarita se puede usar en fuentes de potencia, señales analógicas, datos digitales, o en una combinación de estas.

Fuente: Elaboración Propia

2.7. Modos de Comunicación

El modo de comunicación hace referencia al modo en que se transmiten información diferentes elementos que se encuentran en una misma red. Existen tres modos diferentes que son usados para dispositivos industriales.

2.7.1. Comunicación Simplex

En una comunicación simplex o también llamada unidireccional, solo existe un canal de transmisión, toda la información solo se trasmite en un único sentido y de forma permanente, algunos ejemplos de la vida diaria son las estaciones de radio, televisión, etc.



Figura 12: Comunicación Simplex
Fuente: (Ies Haria, 2014)

2.7.2. Comunicación Half Duplex o Semidúplex

Permite el uso del canal para enviar datos en las dos direcciones, pero no de forma simultánea las estaciones tienen que turnarse. Un ejemplo de este tipo de transmisión la tenemos en los walkie-talkies, donde debemos pulsar un botón para ponernos en modo de emisión o soltarlo para ponernos en modo de recepción.



Figura 13: Comunicación Half Duplex o Semidúplex
Fuente: (Ies Haria, 2014)

2.7.3. Comunicación Full Duplex o Dúplex Completo

Este tipo de comunicación es la más aconsejable, ya que permite enviar y recibir datos por el mismo canal de forma simultánea entre dos dispositivos. Para lograrlo se hace uso de dos diferentes

frecuencias una para transmitir y otra para recibir. Un ejemplo lo tenemos en los equipos móviles, y teléfonos.



Figura 14: Comunicación Full Duplex o Dúplex Completo
Fuente: (Ies Haria, 2014)

2.8. Modelo OSI

El modelo de interconexión de sistemas abiertos (ISO/IEC 7498-1), más conocido como “modelo OSI”, (en inglés, Open System Interconnection) es un modelo de referencia para los protocolos de la red de arquitectura en capas, creado en el año 1980 por la Organización Internacional de Normalización – ISO (Zimmerman, 2015).

Se ha publicado desde 1983 por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y, desde 1984, la Organización Internacional de Normalización (ISO) también lo publicó con estándar. Su desarrollo comenzó en 1977 (ITU-ISO-IEC, 1994).



Figura 15: Siete niveles o capas del modelo OSI
Fuente: (Barbosa, 2015)

2.8.1. 7 Capas del Modelo OSI y sus funciones principales

- **Capa Física**
 - Transmisión de flujo de bits a través del medio. No existe estructura alguna.
 - Maneja voltajes y pulsos eléctricos.
 - Especifica cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión.
- **Capa Enlace de Datos.**
 - Estructura el flujo de bits bajo un formato predefinido llamado trama.
 - Para formar una trama, el nivel de enlace agrega una secuencia especial de bits al principio y al final del flujo inicial de bits.
 - Transfiere tramas de una forma confiable libre de errores (utiliza reconocimientos y retransmisión de tramas).
 - Provee control de flujo.
- **Capa de Red (Nivel de paquetes).**
 - Divide los mensajes de la capa de transporte en paquetes y los ensambla al final.
 - Utiliza el nivel de enlace para el envío de paquetes: un paquete es encapsulado en una trama.
 - Enrutamiento de paquetes y Control de Congestión.
 - Envía los paquetes de nodo a nodo usando ya sea un circuito virtual o como datagramas.
- **Capa de Transporte.**
 - Establece conexiones punto a punto sin errores para el envío de mensajes.
 - Permite multiplexar una conexión punto a punto entre diferentes procesos del usuario (puntos extremos de una conexión).

- Provee la función de difusión de mensajes (broadcast) a múltiples destinos.
- **Capa de Sesión.**
 - Permite a usuarios en diferentes máquinas establecer una sesión.
 - Una sesión puede ser usada para efectuar un login a un sistema de tiempo compartido remoto, para transferir un archivo entre 2 máquinas, etc.
 - Controla el diálogo (quién habla, cuándo, cuánto tiempo, half duplex o full duplex)
 - Función de sincronización.
- **Capa de Presentación.**
 - Establece una sintaxis y semántica de la información transmitida.
 - Se define la estructura de los datos a transmitir (v.g. define los campos de un registro: nombre, dirección, teléfono, etc).
 - Define el código a usar para representar una cadena de caracteres (ASCII, EBCDIC, etc).
 - Compresión de datos y criptografía.
- **Capa de Aplicación.**
 - Transferencia de archivos (ftp).
 - Login remoto (rlogin, telnet).
 - Correo electrónico (mail).
 - Acceso a bases de datos, etc.

2.9. Plataforma Arduino

Arduino es una plataforma muy conocida de Hardware Libre, es de código abierto y fácil de usar. Este entorno Arduino fue diseñado para ser amigable con el usuario sin experiencia en software o electrónica. Como una plataforma física de programación, basada en una placa simple

de entradas y salidas, y un entorno de desarrollo en el que se puede implementar el lenguaje de Processing (Banzi, 2011).

Arduino nos brinda un software muy consistente en un entorno de desarrollo (IDE) que implementa el lenguaje de programación de arduino y el bootloader ejecutado en la placa. La tarjeta Arduino es de bajo costo en comparación con cualquier otra plataforma de micro controlador. El software, Arduino IDE, funciona en todos los sistemas operativos: Windows, Linux, y Macintosh OSX (Banzi, 2011).

El entorno de programación que utiliza es simple y claro, muy fácil de usar para principiantes y lo suficientemente flexible y robusto para profesionales (Margolis, 2012). El software de Arduino es de código abierto y se puede expandir a través de las librerías de C++, así como con código AVR-C. Es decir, podemos hacer nuestra propia versión del módulo, expandiéndolo y mejorándolo, a costos muy bajos (Banzi, 2011).



Figura 16: Arduino uno
Fuente: (ElectroCrea, 2017)

2.10. Software Visual Basic 6.0

Visual Basic es un ambiente gráfico de desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo Microsoft Windows. Las aplicaciones creadas con Visual Basic están basadas en objetos y son manejadas por eventos. Visual Basic se deriva del lenguaje Basic, el cual es un lenguaje de

programación estructurado. Sin embargo, Visual Basic emplea un modelo de programación manejada por eventos.

Visual Basic 6.0 está orientado a la realización de programas para Windows, pudiendo incorporar todos los elementos de este entorno informático: ventanas, botones, cajas de diálogo y de texto, botones de opción y de selección, barras de desplazamiento, gráficos, menús, etc.

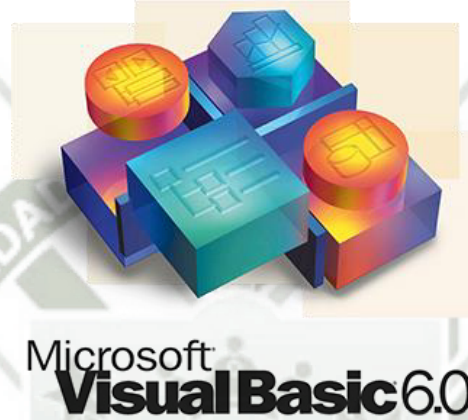


Figura 17: Logo Visual Basic 6.0
Fuente: (Wikipedia, 2017)

2.10.1. Modo de Diseño y Ejecución

La aplicación Visual Basic de Microsoft puede trabajar de dos modos distintos: en modo de diseño y en modo de ejecución. En modo de diseño el usuario construye interactivamente la aplicación, colocando controles en el formulario, definiendo sus propiedades, y desarrollando funciones para gestionar los eventos.

La aplicación se prueba en modo de ejecución. En ese caso el usuario actúa sobre el programa (introduce eventos) y prueba cómo responde el programa. Hay algunas propiedades de los controles que deben establecerse en modo de diseño, pero muchas otras pueden cambiarse en

tiempo de ejecución desde el programa escrito en Visual Basic 6.0 (García de Jalón, Ignacio Rodríguez, & Brazález, 1999).

2.10.2. Ventajas y Desventajas del Visual Basic 6.0

Dentro de las ventajas del Visual Basic 6.0 es que posee una gran curva de aprendizaje, debido a que ha sido muy desarrollada y explotada por millones de usuarios lo cual permite que, al existir una duda, esta tenga alta probabilidad de ser resuelta, el Visual Basic 6.0 integra el diseño e implementación de formularios Windows, también permite el uso de plataformas Windows gracias a su acceso total del API de Windows, es muy extensible gracias al uso de librerías DLL y componentes ActiveX de otros lenguajes, el Visual Basic 6.0 es compatible hasta la última versión de Windows 10 (Microsoft, 2006).

Por desventajas tenemos muy pocas en realidad, existen algunos problemas de versionado asociado con librerías runtime DLL, la incapacidad de crear aplicaciones multihilo sin tener que recurrir a llamadas API de Windows, la capacidad de poder usar controles en un único formulario es muy limitada en comparación de otras herramientas (Troelsen, 2008).

2.11. Microsoft Excel

Sobre Excel no hay mucho que hablar, Excel es un programa diseñado por la empresa Microsoft, con el objetivo de la creación, modificación y manejo de hojas de cálculo. Se trata de un programa diseñado para trabajos de oficina, en especial en lo tocante al ámbito de la administración y contaduría, sin embargo, ofrece una gran gama de funciones y herramientas que posee, es útil para muchos otros campos, como la creación de ciertas bases de datos, y demás.

2.11.1. VBA en Excel

Excel ofrece una gran cantidad de funciones como aplicación, no obstante, a pesar del amplio conjunto de características que ofrece la interfaz de usuario (UI) estándar de Excel, es posible encontrar una manera más directa de realizar tareas repetitivas y/o comunes, o realizar alguna tarea no incluida en la interfaz de usuario. Afortunadamente, las aplicaciones de Office, como Excel, tienen Visual Basic para Aplicaciones (VBA), un lenguaje de programación que brinda la posibilidad de ampliar dichas aplicaciones (MSDN, 2009).

VBA permite a los usuarios poder ampliar la funcionalidad de los programas y aplicaciones de la suite Microsoft Office. Visual Basic para Aplicaciones es un subconjunto casi completo de las versiones de Visual Basic 5.0 y Visual Basic 6.0.

Para lograr tener acceso al VBA se debe activar la pestaña de *Desarrollador* (Excel 2016) o *Programador* (Excel 2013 y anteriores).

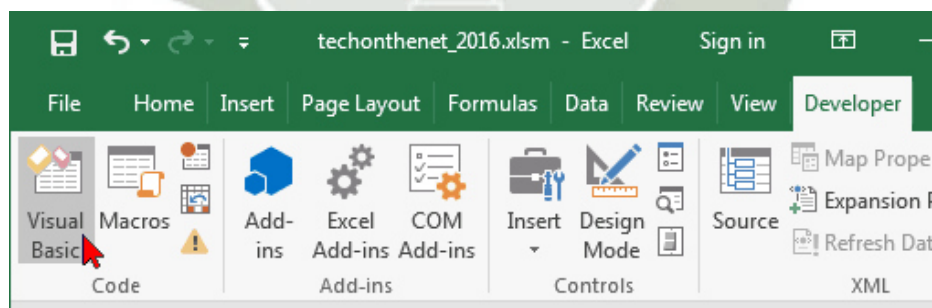


Figura 18: Acceso a VBA
Fuente: (Tech on the net, s.f.)

2.11.1.1. Módulos de clase de VBA

Un módulo es dónde se escribe el código en VBA. Un proyecto de VBA es un conjunto de módulos (o uno sólo) dónde se escriben las diferentes macros y funciones de VBA. Los módulos nos permiten organizar el código de VBA en diferentes archivos dentro de VBA de manera rápida, fácil e intuitiva (Arranz, 2013).

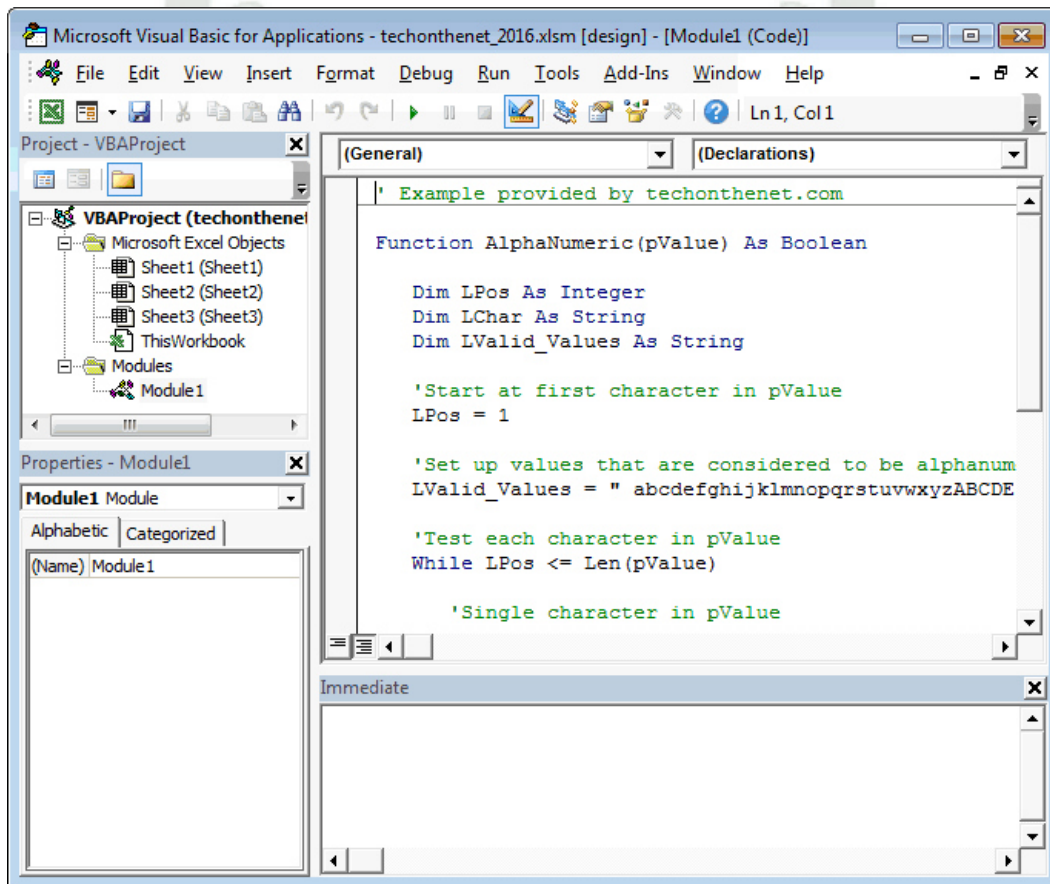


Figura 19: Ejemplo de un Módulo en VBA
Fuente: (Tech on the net, s.f.)

Capítulo III: DESARROLLO DEL SISTEMA SCADA

3.1. Sistema de Producción

El sistema de producción está compuesto por 3 subsistemas principales, estos subsistemas permiten el proceso de obtención de trazas de fibra de carbono. Los subsistemas son los siguientes:

- Subsistema de control de flujo másico y presión.
- Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.
- Subsistema de termocuplas auxiliares.



Figura 20: Sistema de Producción
Fuente: Elaboración Propia

3.1.1 Subsistema de control de flujo y presión.

El subsistema de controladores de flujo másico y presión están compuestos por tres controladores de flujo másico que se encargan de controlar el paso de los gases (Metano, Hidrogeno y Nitrógeno) que ingresaran a un mixer de gases para luego ingresar al reactor, no sin antes, pasar por un controlador adicional de presión que regulara la presión dentro del reactor.

Los controladores de flujo másico y presión que se usan en este sistema son de la marca americana ALICAT Scientific, y pertenecen a la línea *MC-Series* y *PC-Series* respectivamente.



Figura 21: Controladores Alicat de Flujo másico (Izquierda) y Presión (Derecha)
Fuente: (Alicat, Alicat Scientific, 2014)

3.1.1.1 Descripción del subsistema

Los gases que se usan en el sistema son: Metano CH₄, Hidrogeno H₂ y Nitrógeno N₂, los gases mencionados son extraídos desde sus respectivos tanques situados en la azotea del Pabellón F (por tema de seguridad), luego son transportados por tuberías hasta el laboratorio F-406, pasando por un juego de válvulas, los gases son conectados a sus respectivos controladores de flujo másico ALICAT, llegado a este punto, las salidas de los controladores son conectadas a un recipiente que cumple la función de mixer y por una sola salida el gas mixto es enviado al controlador de presión, este controlador gobierna la presión dentro del reactor (las características de los dispositivos ALICAT se ubican en *Anexo 06*).

Todos los controladores de flujo muestran en su display información sobre el gas que controlan y el controlador de presión muestra la presión del sistema, el sentido del flujo es unidireccional.

Los controladores de flujo másico muestran la siguiente información:

- Presión, Temperatura, Flujo Volumétrico, Flujo Másico, Set Point, Gas

Por otro lado, el controlador de Presión solo muestra:

- Presión, Set Point

+011.03 +026.08 -0000.3 -0.0002 0.0000 N2 | -00.001 00.100

Figura 22: Ejemplo de Data – ALICAT de Flujo másico (Izquierda) y Presión (Derecha)
Fuente: Elaboración Propia

Cabe agregar que los dispositivos son alimentados con una fuente conmutada de [12V – 24V] de corriente continua y 5 Amperios.

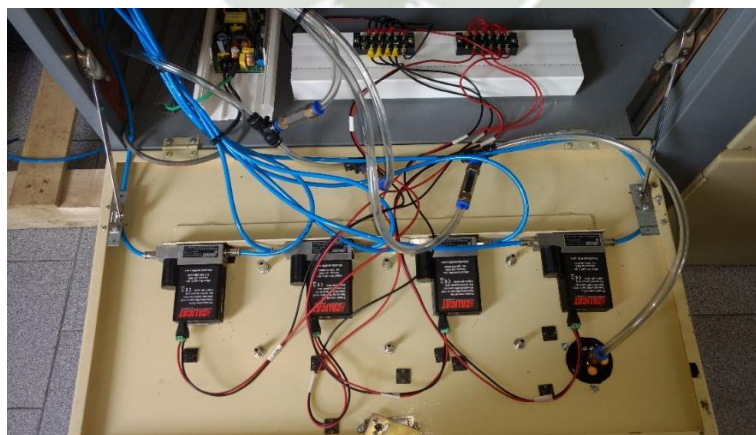


Figura 23: Panel de Control ALICAT (Superior) e Interior (Inferior)
Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.

El sistema de control de temperatura del horno CVD está compuesto por un tablero de potencia y otro tablero donde se encuentran los controladores inteligentes que permiten cambiar la temperatura dentro del horno, existen 3 controladores, cada una de ellas gobierna la temperatura en una zona designada del horno Zona1, Zona 2 y Zona 3 (con zonas nos referimos al tramo izquierdo, central y derecho del reactor). Los controladores de temperatura son de la marca de origen chino Yudian y pertenecen a la línea AI708P.



Figura 24: Controlador Inteligente Yudian AI708P
Fuente: (Yudian X. , 2012)

Los controladores de temperatura solo muestran la siguiente información:

- Present Value y Value Point (Temperatura °C)



Figura 25: Panel de Controladores Yudian AI708P
Fuente: Elaboración Propia

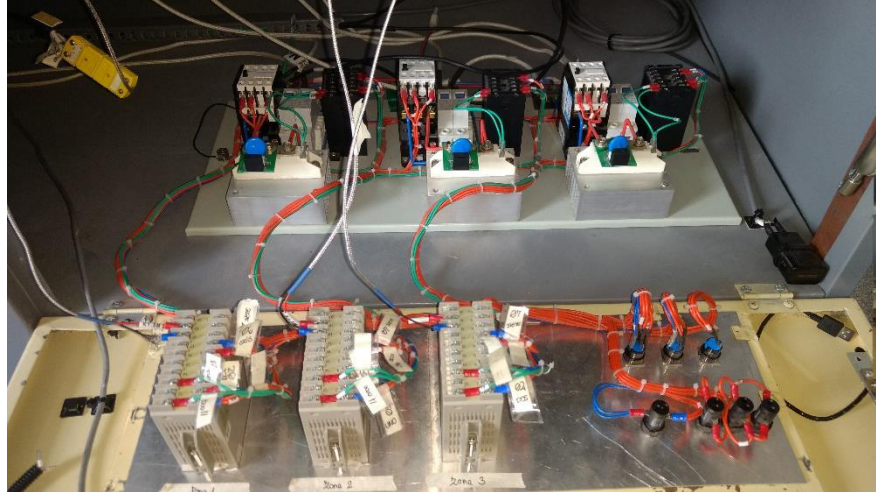


Figura 26: Panel de Potencia Yudian AI708P
Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Subsistema de termocuplas auxiliares.

El subsistema de termocuplas auxiliares está compuesto por tres termocuplas las cuales se sitúan en la Zona1, Zona 2 y Zona 3 cada una, estas termocuplas miden la temperatura del interior del reactor.

Las termocuplas son de tipo K debido a que el reactor puede trabajar hasta 1200 °C, las señales de las termocuplas deberán ser acondicionadas para poder trabajar con la información que se obtenga de cada una de ellas.

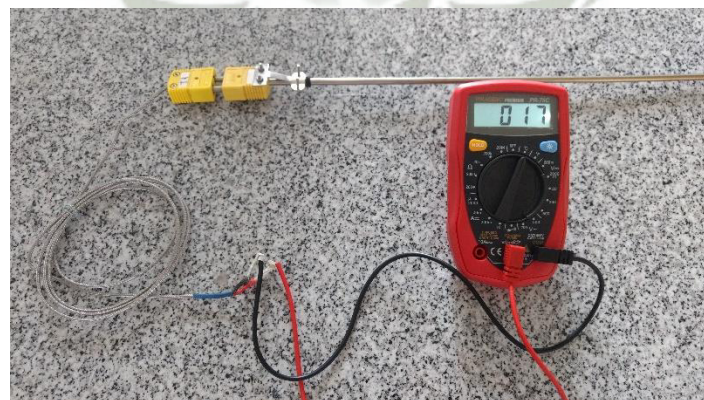


Figura 27: Lectura de termocupla tipo K usando un multímetro.
Fuente: Elaboración Propia

3.2. Validación de funcionamiento de los Subsistemas

Para lograr el objetivo de este trabajo, se debió validar el buen funcionamiento en todos los subsistemas, a consecuencia de ello se realizó una identificación de problemas que existieron en todo el sistema, un análisis posterior y las medidas de acción necesarias para superar los inconvenientes. Se encontraron dos errores potenciales:

3.2.1 Controlador ALICAT de flujo másico Bloqueado – Hidrógeno

Problema Identificado: Controlador Bloqueado.

Descripción: El controlador no podía ser controlado de manera manual, es decir, no era posible cambiar el set point a través del mismo controlador.

Medida Acción: Desactivación del controlador

Se implementó un hardware para poder comunicarse con el controlador Alicat desde una PC.

Cabe mencionar que los controladores ALICAT usan estándar MiniDIN 8 debido a ello era necesario realizar una conversión para lograr su comunicación desde un computador o laptop.

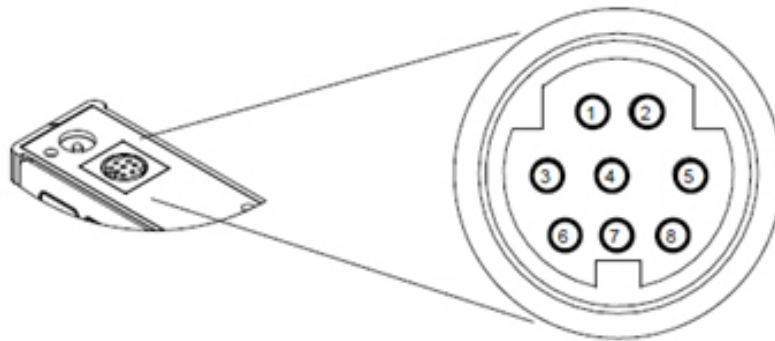


Figura 28: Entrada estándar MiniDIN 8

Fuente: (Alicat, Operating Manual - Precision Gas Mass Flow Controllers, 2016)

- Se usó los pines número 8 – 3 - 5 del Pin MiniDIN Connector.
- Se usó los pines número 5 – 3 - 2 del Pin Serial Connection (DB9)
- Se unieron los pines como la tabla indica para realizar una comunicación serial RS–232.

Tabla 6
Conversión MiniDIN 8 a DB9

MiniDIN 8 Conexión de Pines		DB9 Conexión de Pines	
Pin	Función	Pin	Función
8	Ground	8	Ground
3	Recibe	3	Transmite
5	Transmite	2	Recibe

Fuente: Elaboración Propia

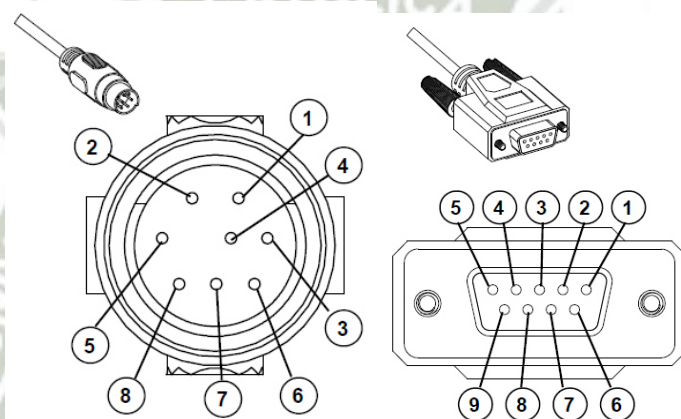


Figura 29: MiniDIN 8 Connector (Derecha) y DB9 (Izquierda)
Fuente: (Alicat, Operating Manual - Precision Gas Mass Flow Controllers, 2016)



Figura 30: Estándar MiniDIN 8 a DB9
Fuente: Elaboración Propia

(d) Las computadoras actuales no cuentan con entrada DB9, se usó cable adaptador de DB9 – USB que permite la comunicación de manera serial.

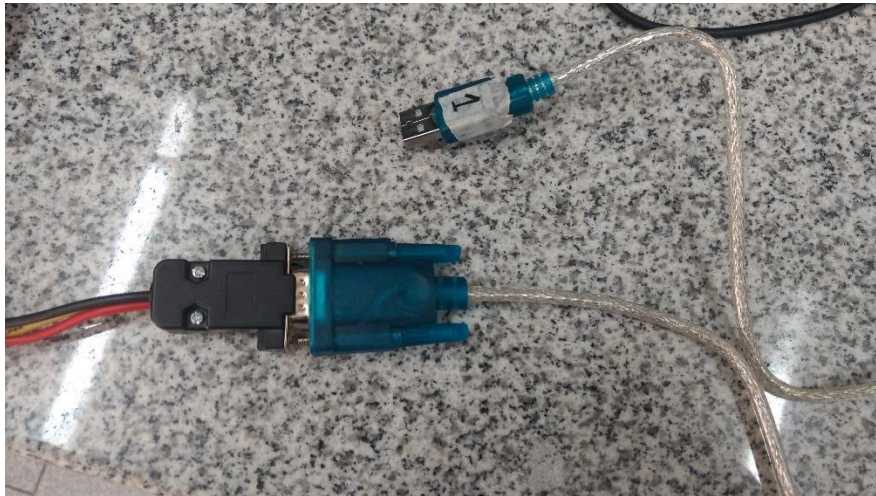


Figura 31: DB9 a Salida USB

Fuente: Elaboración Propia

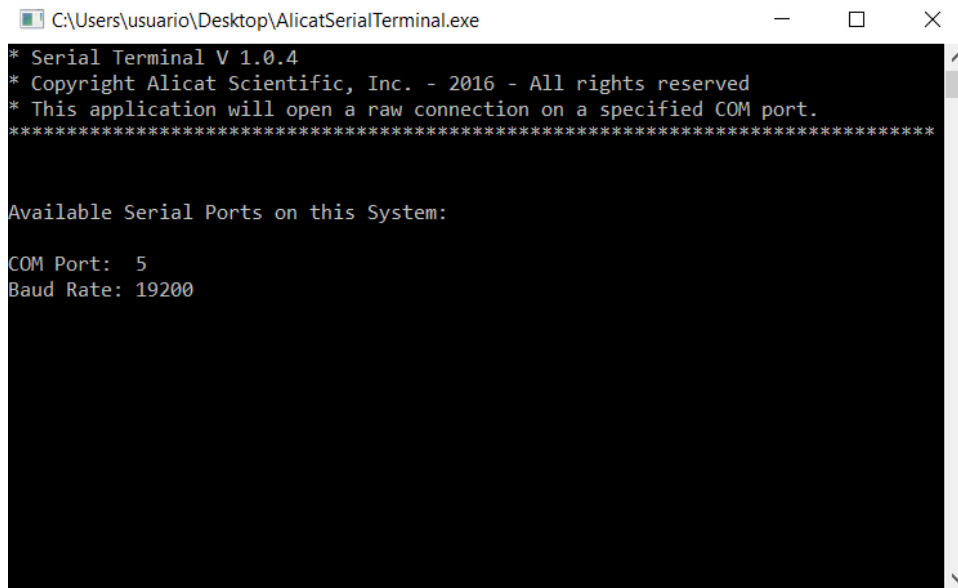
Luego, se empleó un Software de Alicat para la comunicación y desactivación posterior, siguiendo los pasos siguientes:

(a) Se necesita descargar un driver de la página de Alicat:
<http://www.alicat.com/support/software-drivers/>

(b) Se descarga el driver Serial Terminal el cual permite acceso en línea a los controladores.

(c) Antes de usar el terminal, conectar lo anteriormente realizado a un puerto USB y luego entrar al *administrador de dispositivos* y fijarse en cuál de los puertos se encuentra conectado, ejemplo: COM5 ... COM X.

(d) Una vez ubicado el puerto se puede abrir nuestro Serial Terminal que se descargó.



```

C:\Users\usuario\Desktop\AlicatSerialTerminal.exe
* Serial Terminal V 1.0.4
* Copyright Alicat Scientific, Inc. - 2016 - All rights reserved
* This application will open a raw connection on a specified COM port.
*****
Available Serial Ports on this System:
COM Port: 5
Baud Rate: 19200
    
```

Figura 32: AlicatSerialTerminal.exe
Fuente: Elaboración Propia

(e) Como se observa en la figura anterior debemos ingresar el puerto que se usa en la conexión y la velocidad de transmisión de datos que es de 19200 baudios.

(f) Una vez ingresado estos dos valores estaremos conectados al Alicat, entonces podremos desactivar el Alicat usando el comando:

A\$\$U

Varía dependiendo del nombre del controlador en este caso D: D\$\$U

(g) El nombre del controlador se puede obtener del mismo controlador, en la opción:

MENU >> RS-232 COMM >> UNIT ID

En conclusión, se logró desbloquear el controlador Alicat del gas Hidrógeno. Este desbloqueo ha permitido activar la opción de control manual requerida, como para su control posterior.

3.2.2 Inicio de Secuencia en Controladores de Temperatura Yudian Zona 1 y 3

Problema Identificado: No inician secuencia.

Descripción: A los controladores se les puede asignar los tiempos y temperaturas, pero estos no inician secuencia una vez presionado “Start”.

Medida Acción: Reprogramación de sus parámetros de trabajo

Para poder modificar estos valores predefinidos para su uso, se sigue la siguiente secuencia a continuación.

- (a) Se deberá encender el circuito de control del horno mas no el horno (Turn on).
- (b) Una vez prendido los controladores se deberá fijar en los cuatro botones existentes en el controlador.
- (c) Para entrar a los a los Parámetros del Yudian se manipularán uno por uno, en este caso únicamente los de la zona 1 y zona 3.
- (d) Para poder tener referencia de los botones tenemos esta imagen.

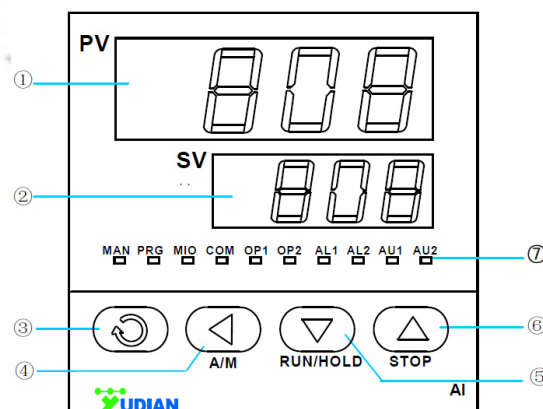


Figura 33: Botones y display de controlador de temperatura Yudian
Fuente: (Yudian, 2016)

(e) Se deberá presionar Setup Key (3) por unos dos segundos, a continuación, aparecerá un mensaje “LOC” en el display PV (1).

(f) A continuación, se ingresará el número 808 en el display SV (2) y se presionará Setup Key (3) por un segundo.

(g) Entonces habremos ingresado a los parámetros, en este modelo existen 33 parámetros los cuales están definidos en el manual de usuario del respectivo modelo.

(h) Se modifican solo presionando tanto el botón de Upper (6) y Lower (5) y para pasar al siguiente parámetro se presiona Setup Key (3) y así sucesivamente, cuando se llegue al último parámetro de manera automática se mostrará la pantalla inicial.

(i) Se cambió valores que eran erróneos y algunos que no concordaban con la secuencia establecida.

(j) **Nota:** Los parámetros deberán ser cambiados por personal capacitado, se deberá reiniciar el sistema cada vez que se cambien parámetros para que estos sean guardados en la memoria del controlador son en total.

** La tabla de parámetros se encuentran en el manual de usuario Anexo 07.*

Luego de la reprogramación de parámetros, los controladores de las zonas 1 y 3 se encuentran operativos. Esto permite que los controladores inicien la secuencia de control asignadas sin contratiempos.

En adición se verificó el correcto conexionado de las termocuplas. Se observó cables muy cercanos que inducían a una lectura incorrecta. Se levantó esta observación haciendo un mantenimiento del cableado a todo el sistema y evitar señales falsas de las termocuplas hacia los controladores. Hasta este punto todo el sistema se encuentra operativo y en condiciones normales de trabajo, solo de manera manual hasta ahora.

3.3. Integración de Subsistemas a un único Sistema

Ahora que todo el sistema se encuentra correctamente operativo, se detallará la integración de cada uno de los tres subsistemas aun mismo sistema de control.

3.3.1 Subsistema de control de flujo másico y presión.

Se tiene tres Controladores ALICAT de Flujo másico que controlan 3 gases: Metano CH₄, Hidrogeno H₂ y Nitrógeno H₂ y un Controlador ALICAT de Presión.

Cada uno de los controladores vienen con una salida física estándar MiniDIN 8 y con comunicación estándar RS-232 y un cable conexión que también es estándar MiniDIN 8.



Figura 34: Cable de Salida MiniDIN 8 y Entrada estándar MiniDIN 8
Fuente: (Alicat, Operating Manual - Precision Gas Mass Flow Controllers, 2016)

A continuación, se detallará la función de cada uno de los pines de entrada del controlador.

Tabla 7

Función y color de Pin conector MiniDIN 8 de Controladores ALICAT

PIN	FUNCION	COLOR DEL CABLE
1	No va conectado [opcionalmente sería la señal de salida primaria de 4 a 20mA]	Negro
2	5.12 VDC estático [opcionalmente sería la salida secundaria analógica, de (4 a 20mA, 5VDC o 10 VDC) o una alarma básica]	Marrón

3	Señal de entrada del Serial RS-232RX/RS-485(-) [recibe]	Rojo
4	Medidor de Tara Remota [El controlador viene a ser la entrada del set point analógico]	Naranja
5	Señal de salida del Serial RS-232RX/RS-485(-) [envía]	Amarillo
6	Señal de salida de 0 a 5VDC	Verde
7	Alimentación (+Vdc)	Azul
8	Tierra [común para la alimentación, comunicación y señales analógicas]	Morado

Fuente: (Alicat, Operating Manual - Precision Gas Mass Flow Controllers, 2016)

ATENCIÓN: No conecte a la corriente los pines 1 al 6, porque podría causar daño permanente.

Para la comunicación RS-232 solo se usarán 3 pines [3 – 5 – 8] que sirven para enviar y recibir datos con una PC.

Debido a que las computadoras actuales ya no usan entrada física de comunicación estándar RS-232, es necesario realizar una conversión a estándar USB, sin embargo, para realizar esta conversión es necesario convertir la Salida 8 Pin MiniDIN a conector DB9 y de DB9 a USB.

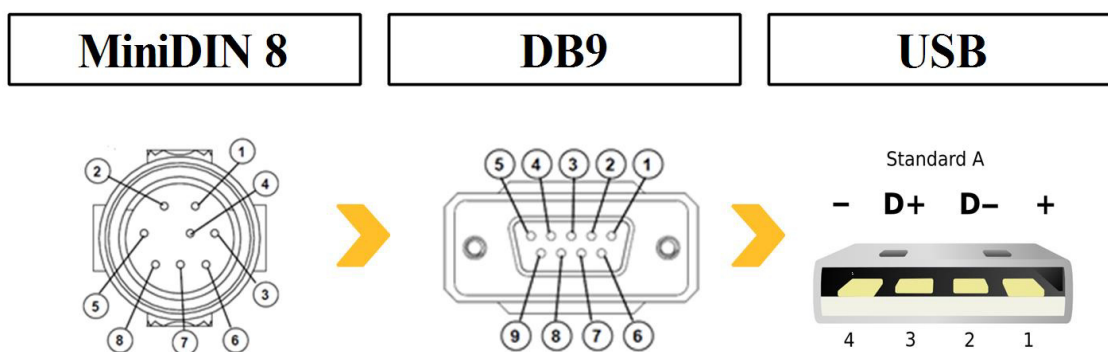


Figura 35: Conversión Requerida para comunicación con una PC

Fuente: Elaboración Propia

Por consiguiente, se realizó la primera conversión que debe cumplir la siguiente tabla, donde indica en que pines deben ser conectados.

Tabla 8
Primera Conversión física de MiniDIN 8 a DB9

MiniDIN 8 Cable Pines		Conector DB9 Hembra	
Pin	Función	Pin	Función
8	Tierra	8	Tierra
3	Recibe	3	Transmite
5	Transmite	2	Recibe

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente imagen podemos por la izquierda la salida del cable MiniDIN 8 y de ahí se extrae 3 cables que tienen que ir al conector DB9 Hembra, la unión esta detallada en la tabla anterior.



Figura 36: Conversión MiniDIN 8 a conector DB9 Hembra
Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado la primera conversión, es turno de realizar la segunda conversión, en este caso no hay necesidad de hacer la conversión uno mismo, como en el caso anterior, por el contrario, en el mercado local podemos encontrarlo como cable conversor DB9 - USB.

Este cable en un extremo tiene un conector DB9 macho y en el otro una salida USB macho. Por lo tanto, se debe conectar DB9 macho y hembra, con este obtenemos toda la conversión necesaria para comunicarnos con estándar RS-232 con una computadora o laptop.



Figura 37: DB9 a Salida USB Comunicación RS-232
Fuente: Elaboración Propia

Ahora este mismo procedimiento se repite tres veces más, para cada uno de los controladores faltantes, en este punto debemos observar que las computadoras y/o laptops tienen un aproximado de 4 a 6 puertos disponibles de los cuales normalmente se usan 2 o 3 en periféricos como un mouse, teclado u otros. Entonces es necesario usar Hub de Puertos, para ello se adquirió un Hub de 7 puertos, de este Hub usaremos cuatro puertos para la comunicación con los controladores, y en el hub se comunicará directamente usando un solo puerto con la computadora y/o laptop

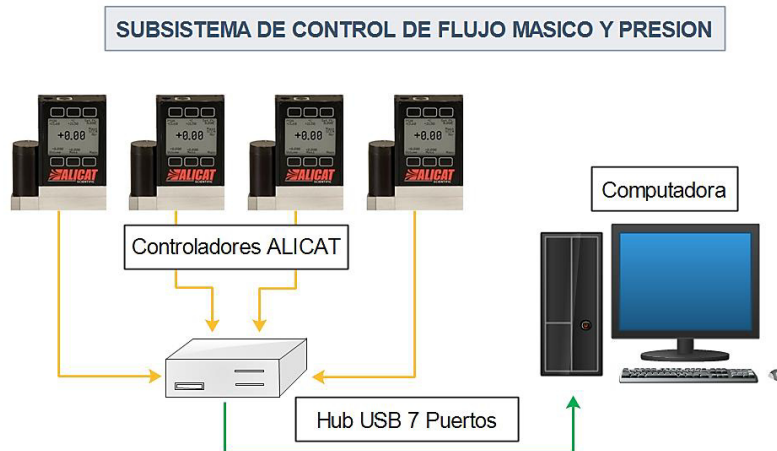


Figura 38: Comunicación del Subsistema de control de flujo másico y presión
Fuente: Elaboración Propia

Una vez el Hub se conecte con la computadora en necesario revisar que existe comunicación con cada uno de los controladores ALICAT, para ello se debe entrar al *Panel de Control* del ordenador, entrar al *Administrador de Dispositivos* y hacer clic en *Puertos (COM y LPT)* entonces se desplegará una lista de los puertos que estas siendo usados.

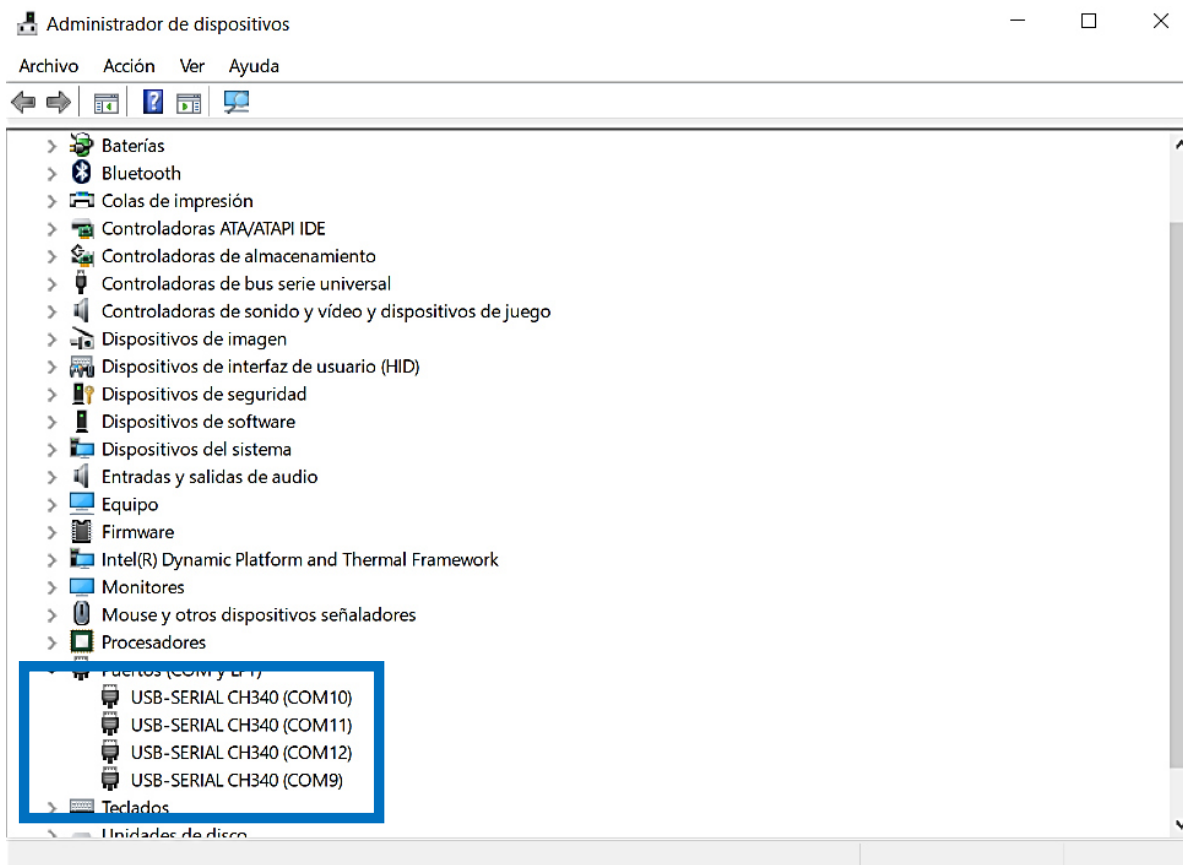


Figura 39: Visualización de Puertos COM
Fuente: Elaboración Propia

La computadora asigna aleatoriamente diferentes direcciones de puerto COM a los controladores, por ello es necesario asignar a cada puerto COM una dirección. Para identificar a los controladores ALICAT en la relación de puerto usados, los controladores adoptan el nombre de *USB-SERIAL CH340 (COM10)*, variando el número de puerto. Para saber cuál puerto está usando cada controlador simplemente se conecta uno por uno y se observará con facilidad que puerto estará usando.

Para ello deberemos hacer anti-clic sobre un Puerto usado de un controlador y entrar a **Propiedades**, ir a **Configuración de puerto**, entrar a **Opciones avanzadas...**

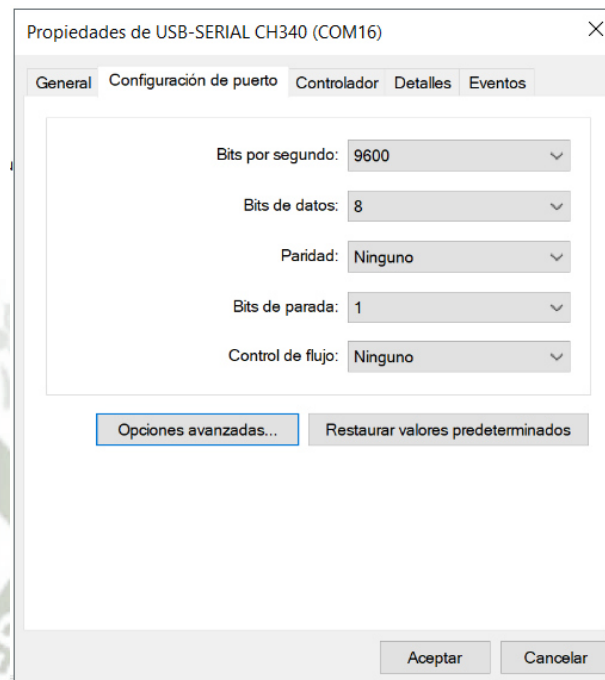


Figura 40: Propiedades de Puerto COM
Fuente: Elaboración Propia

En opciones avanzadas debemos ir a la lista desplegable de **Número de puerto COM:** en la lista se observará una lista de puertos, algunos puertos indicaran que ya están en uso, deberemos escoger un número de puerto libre.

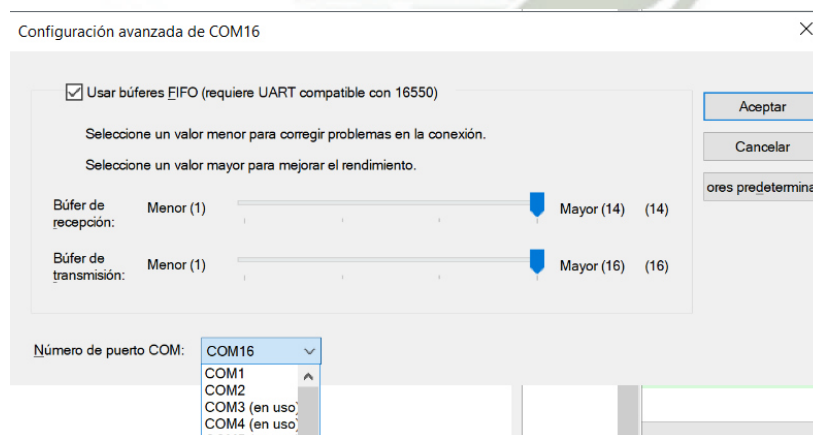


Figura 41: Configuración Avanzada de Puerto COM
Fuente: Elaboración Propia

A cada controlador se le asignó un puerto específico para que tenga comunicación con la computadora y con la interfaz.

Tabla 9
Asignación de Puertos de controladores ALICAT

Controlador	Número de Puerto
Controlador ALICAT de Presión	Puerto COM 11
Controlador ALICAT de Flujo másico – Metano CH ₄	Puerto COM 12
Controlador ALICAT de Flujo másico – Hidrógeno H ₂	Puerto COM 13
Controlador ALICAT de Flujo másico – Nitrógeno N ₂	Puerto COM 14

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, todo el subsistema está conectado a la computadora, más adelante se describirá su configuración y comunicación con la interfaz y software desarrollado.

3.3.2 Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.

El subsistema posee tres controladores inteligentes de temperatura Yudian, cada uno controla la temperatura de una zona del horno, los controladores trabajan con rampas, es decir, se programan los intervalos de tiempo y se define una temperatura objetivo. El controlador tendrá que reducir o aumentar la temperatura según sea el set point y tendrá que hacerlo en el tiempo que ha sido programado.

El objetivo de este subsistema es extraer la información desde los controladores para ello se hará uso del *Módulo MAX 6675* (datasheet en *Anexo 08*), se eligió estos módulos, porque son compatibles con los sensores de temperatura de los controladores (termopares de tipo K) y pueden trabajar con la presencia de ruido que proviene del circuito de potencia del horno.

A continuación, en la imagen se podrá observar las entradas y salidas que posee un controlador de temperatura Yudian.



Figura 42: Entradas y salidas del controlador Yudian
Fuente: Elaboración Propia

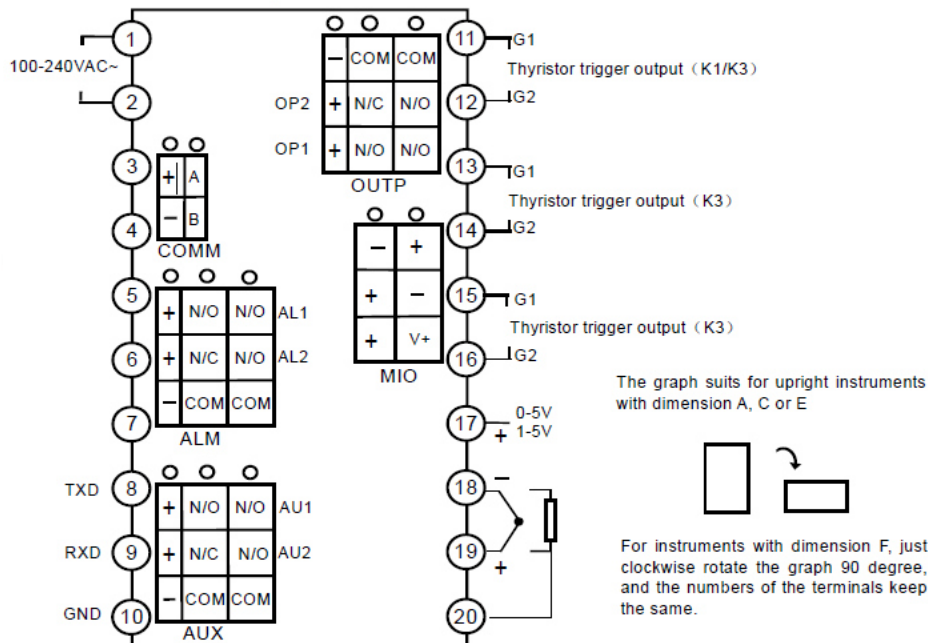


Figura 43: Entradas y salidas del controlador Yudian
Fuente: (Yudian, 2016)

La función de cada uno de ellas se detallará en *Anexo 07* y como se ve en la *Figura 38*, solo se usan 8 de ellos en lo que incluye señales de potencia, alimentación, sensores y comunicación.

Los **Módulo MAX 6675** poseen dos entradas y cinco salidas. Las entradas sirven para conectar con los terminales 18 y 19 del controlador los cuales son los responsables de la medición de la temperatura, sin embargo, solo es una señal eléctrica, el módulo se encarga de acondicionar la señal y enviarla por la salida del módulo a una tarjeta de adquisición de datos.

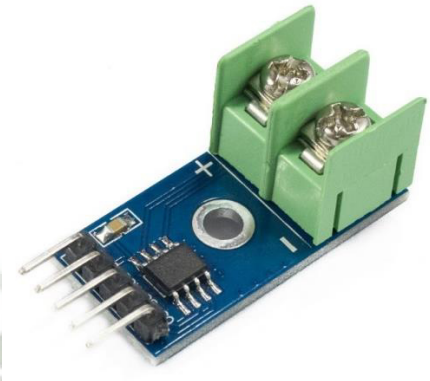


Figura 44: Módulo MAX 6675
Fuente: (Naylamp, 2017)

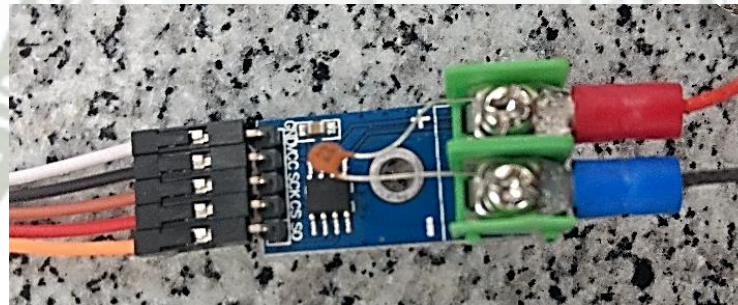


Figura 45: Entradas y salidas del Módulo MAX 6675
Fuente: Elaboración Propia

La conexión entre el módulo y el controlador se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 10
Conexión de Controlador Yudian y Módulo MAX 6675

Controlador de Temperatura Yudian		Módulo MAX 6675
Borne 19	Terminal de lectura de temperatura +	Borne +
Borne 18	Terminal de lectura de temperatura +	Borne -

Fuente: Elaboración Propia

Una vez la señal eléctrica entra al Módulo MAX 6675, este se encarga de acondicionar la señal que llega, y a su vez enviará la información a un Arduino-Mega que cumplirá el rol como tarjeta de adquisición de datos.

El Módulo MAX 6675 tiene 5 salidas que deberán conectarse al arduino, el modo de comunicación que existe entre el módulo y el arduino es un bus de interfaz de periféricos serie o bus SPI, en la siguiente tabla se detallara la función de una de las salidas del módulo.

Tabla 11
Función de los Pines de salida del módulo MAX 6675.

Pin de Salida	Función
SO: <i>Slave Output</i>	Salida de datos del Slave y entrada al Master. También conocida por SOMI.
CS: Chip Select	Controla que el MAX 6675 este o no habilitado.
SCK: Clock o Reloj	Es el pulso que marca la sincronización.
VCC	Alimentación de 5V
GND	Tierra, Común.

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, los pines del MAX 6675 pueden conectarse en cualquiera de las entradas digitales del Arduino, las entradas son declaradas dentro del programa según a que entrada estén conectadas.

Luego, se conectan los tres controladores a sus respectivos módulos **MAX 6675** y los tres módulos envían la señal al **Arduino Mega**, finalmente se conecta el Arduino Mega al HUB de USB de 7 puertos que se usó para los controladores de flujo másico y presión.

En la siguiente figura se muestra la comunicación del subsistema, como se logra observar el subsistema solo ocupa un puerto del HUB.

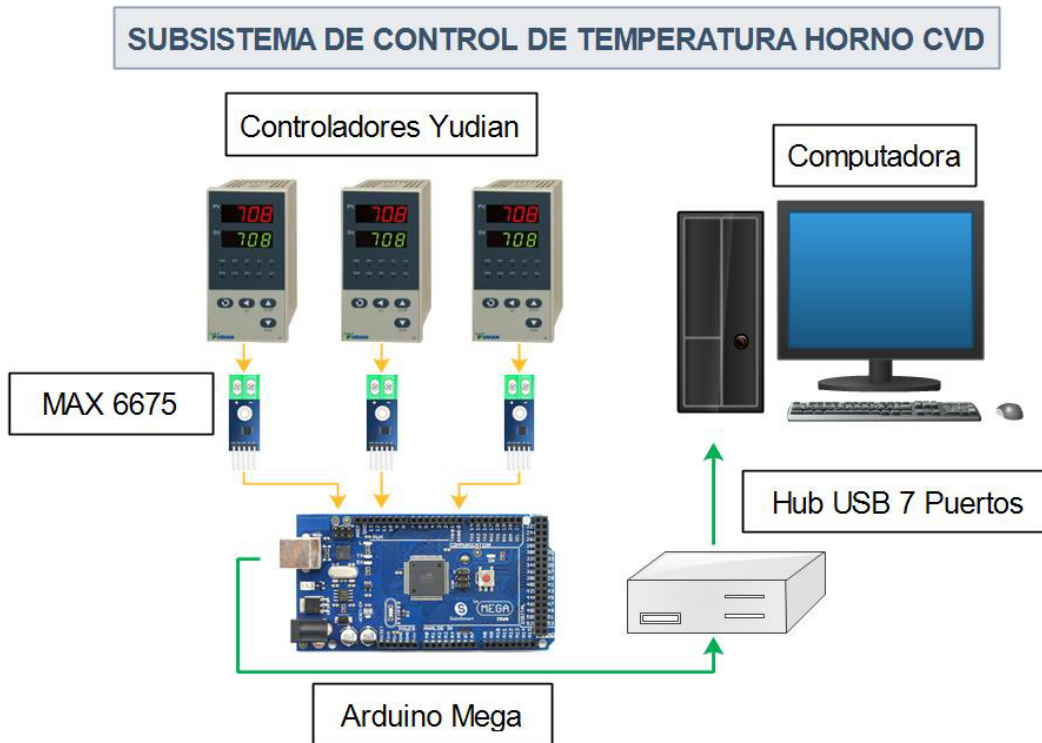


Figura 46: Comunicación del Subsistema de control de temperatura Horno CVD
Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Subsistema de termocuplas auxiliares.

El subsistema posee tres termocuplas tipo K, que tienen como objetivo medir la temperatura dentro del reactor, se hace uso de tres termocuplas para poder medir tres zonas, la Zona 1 mide la temperatura de los gases que entran al reactor, la Zona 2 se encarga de medir la zona media del reactor, aquí es donde se realiza la activación del catalizador y por último la Zona 3 que mide la temperatura de salida de los gases.

Debido a que la información extraída de estas tres zonas son datos valiosos para la investigación es necesario usar instrumentos que nos brinden mayor precisión y confiabilidad.

En este subsistema se usarán los módulos **MAX 31850** (datasheet en *Anexo 09*), que acondicionan la señal de las termocuplas tipo K y también usaremos una tarjeta **Arduino Uno** para adquirir la información, los módulos MAX 31850 usan el método de comunicación **1-Wire**.

Entonces primero se deberá conectar los terminales de las termocuplas a los bornes de los módulos coincidiendo el terminal positivo de la termocupla con el borne positivo del módulo y de la misma manera el terminal negativo de la termocupla con el borne negativo del módulo.

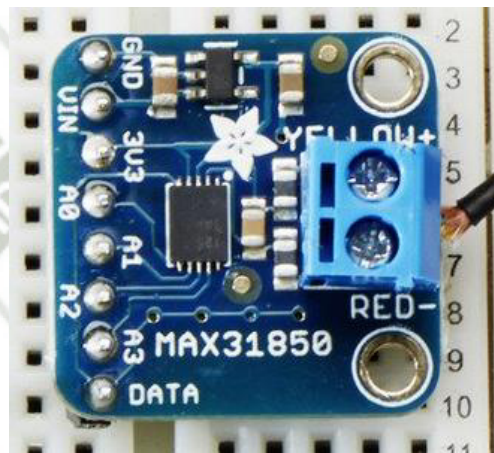


Figura 47: Módulo MAX 31850 - Adafruit
Fuente: (Adafruit, 2017)

Existen dos maneras de enviar la señal **1-Wire** al Arduino usando:

La energía parasitaria: Permite tener todos los datos y la potencia en una sola línea de datos más cable de tierra. El cableado es mínimo, pero como desventaja este modo es un poco más sensible a las fluctuaciones de energía

La alimentación externa: Tiene datos en la línea de datos única más cable de tierra, y luego una fuente de alimentación separada. Requiere más cables, sin embargo, son más estable las lecturas.

Por lo tanto, el método de cableado será usando *la alimentación externa*, esta alimentación externa se refiere a alimentar cada uno de los módulos en paralelo, y si es adecuado porque no se usará otros elementos en el arduino que puedan requerir energía.

A continuación, se detalla la función de cada Pin del módulo MAX 13850.

Tabla 12
Función de los Pines del módulo MAX 31850

Pin	Nombre	Función
1	GND	Tierra
2	T-	Entrada de terminal – de termocupla
3	T+	Entrada de terminal – de termocupla
4	VDD	Entrada de Voltaje – energía
5	DQ	Salida y entrada de data. 1-Wire
6	AD0	Dirección AD0
7	AD1	Dirección AD1
8	AD2	Dirección AD2
9	AD3	Dirección AD3
10	3.3V	Señal a 3.3 V

Fuente: Elaboración Propia

El modo de comunicación de estos módulos es *1-Wire* (un cable), es decir, que la información de *n-módulos*, se envía a través de un solo cable, y este será conectado a una entrada digital del Arduino Uno.

Posteriormente el Arduino Uno, que sirve solo como tarjeta de adquisición de datos será conectado al HUB USB de 7 puertos que se usó para los subsistemas anteriores.

En la siguiente figura se muestra la comunicación del subsistema, como se logra observar el subsistema solo ocupa un puerto del HUB.

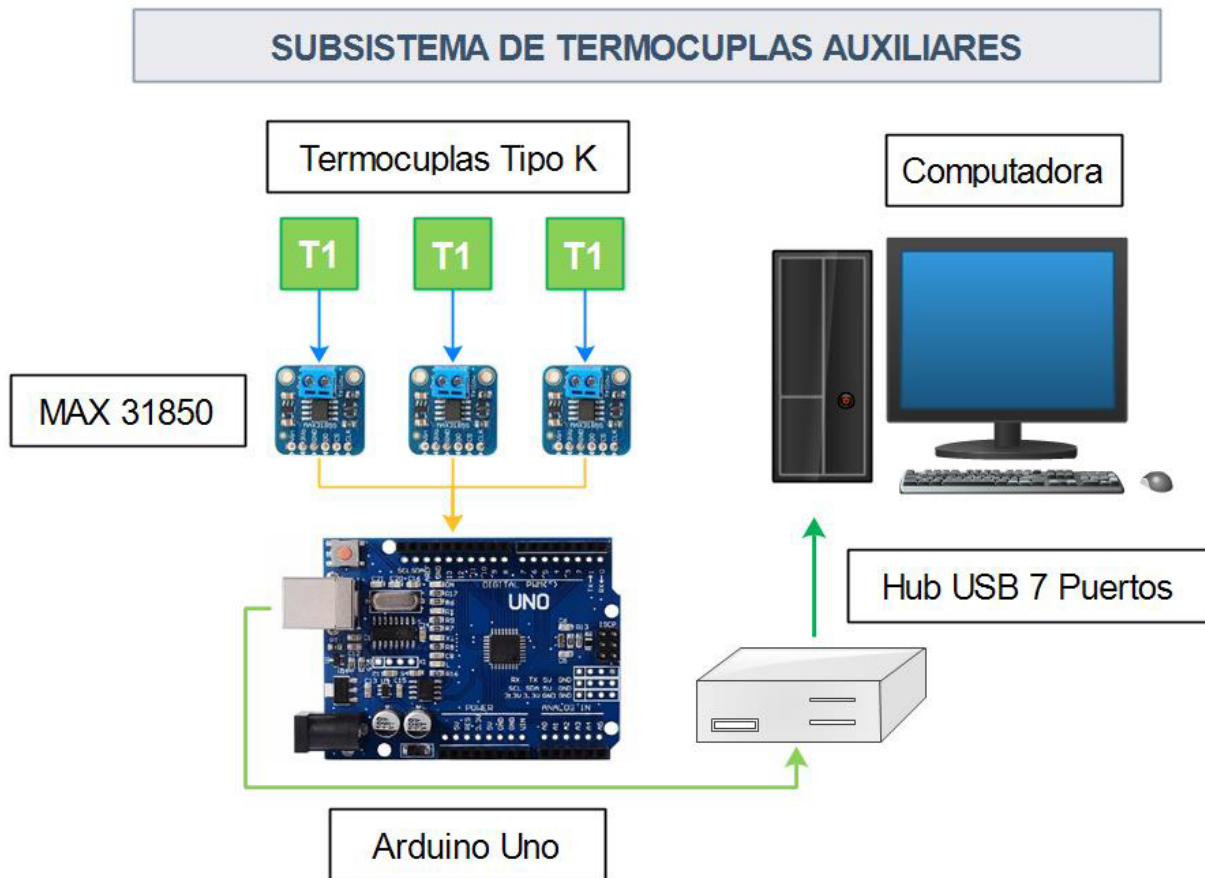


Figura 48: Comunicación del Subsistema de termocuplas auxiliares
Fuente: Elaboración Propia

3.3.4 Sistema Final

A manera de resumen se tiene 3 subsistemas conectados a un mismo HUB de USB de 7 Puertos de los cuales seis puertos son usados. Dónde: cuatro puertos son usados por el subsistema de control de flujo másico y presión ALICAT, un puerto usado por el subsistema de control de temperatura del horno CVD y un puerto usado por el subsistema de termocuplas auxiliares.

En la siguiente figura muestra como quedo el sistema final, debemos recordar que los controladores ALICAT que se comunican directamente usan estándar RS-232 y los dos Arduinos usan estándar UART.

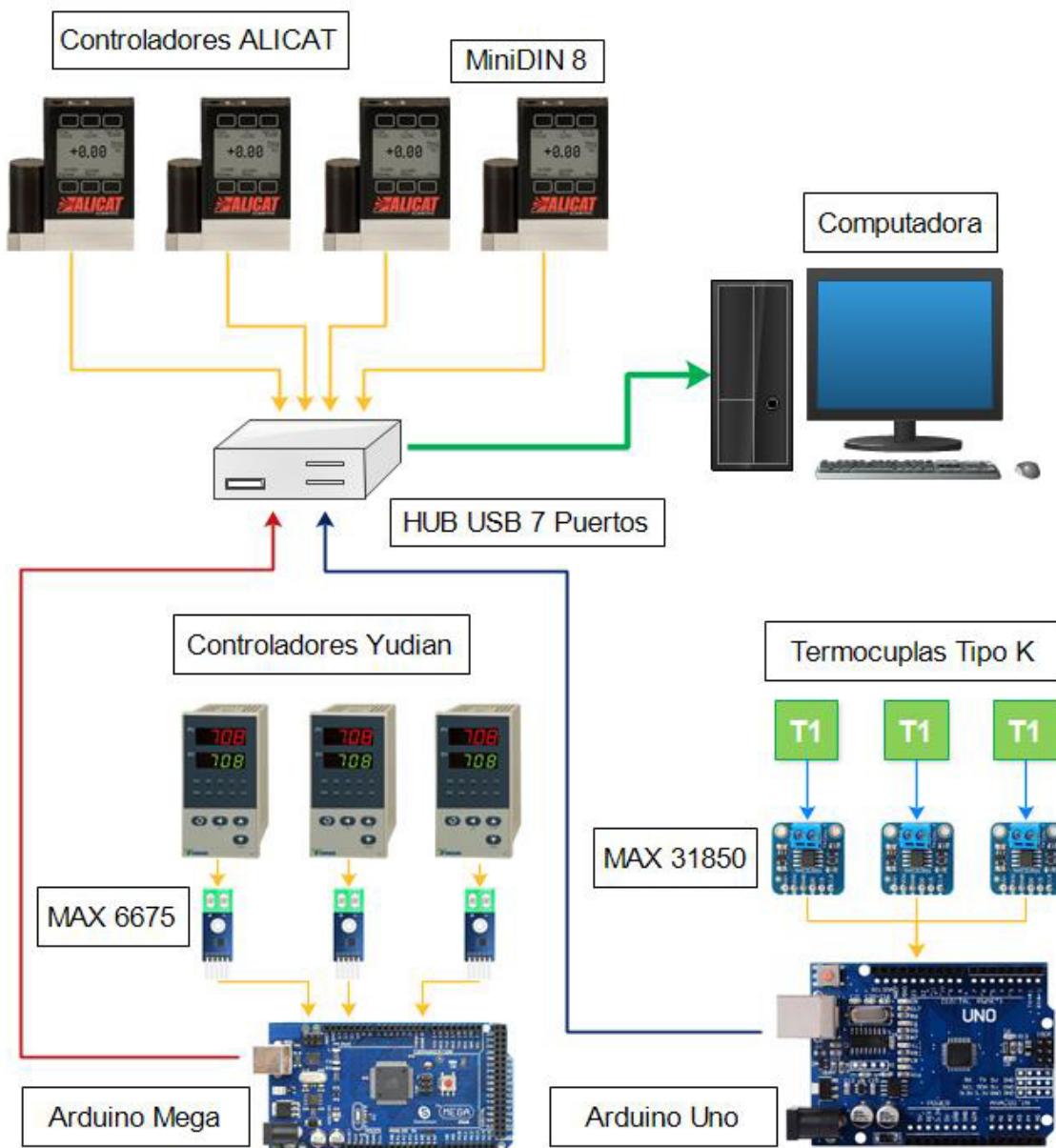


Figura 49: Comunicación del Sistema Final
Fuente: Elaboración Propia

Para su implementación en físico del Sistema Final se armó un tablero donde los subsistemas se encuentran en modulares, con la intención de evitar que se filtren ruidos, contacto con polvo u otros agentes, deterioro y así también evitar su manipulación directa.

La salida de todo este tablero de comunicación es solo la salida de un conector USB (del HUB) que deberá ir a un puerto de la computadora usada en el laboratorio.



Figura 50: Tablero de Comunicación del Sistema Final
Fuente: Elaboración Propia

Subsistema de control de flujo másico y presión.

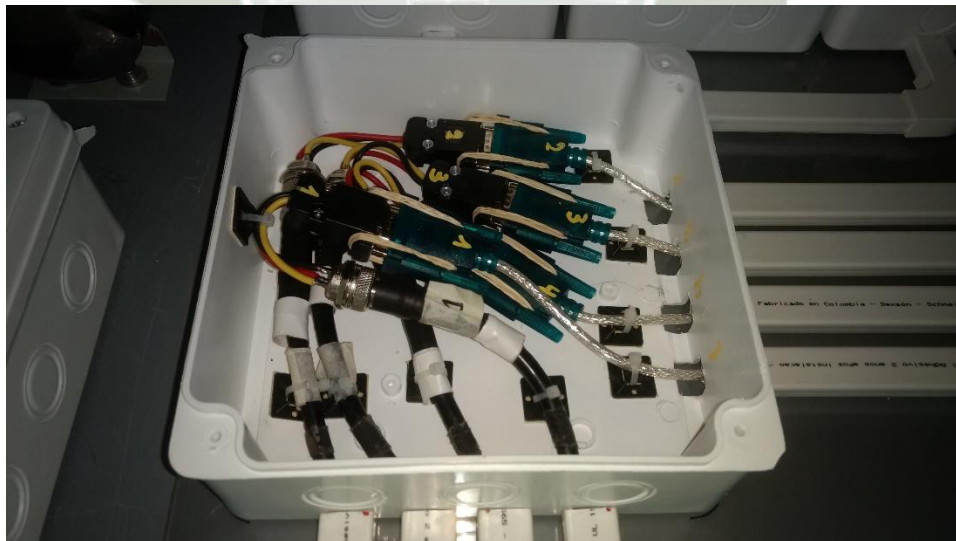


Figura 51: Módulo de Comunicación del Subsistema de control de flujo másico y presión.
Fuente: Elaboración Propia

Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.

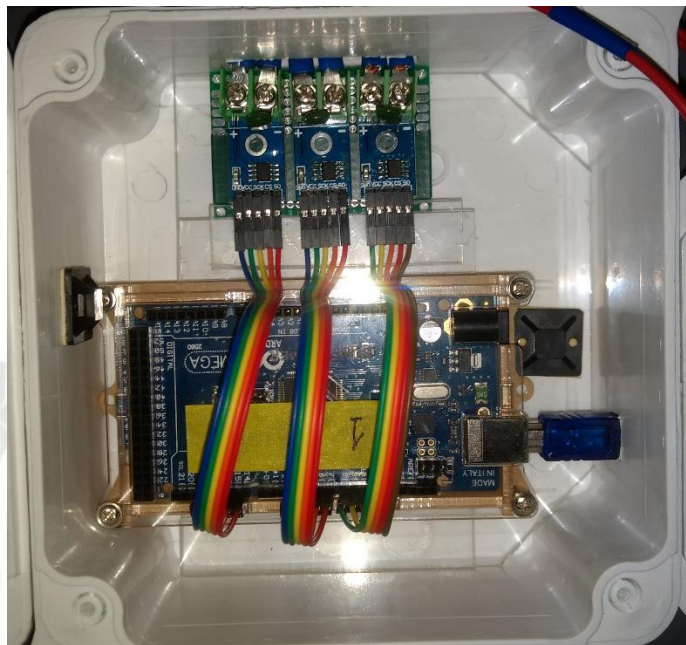


Figura 52: Módulo de Comunicación del Subsistema de control de temperatura del Horno.
Fuente: Elaboración Propia

Subsistema de termocuplas auxiliares.



Figura 53: Módulo de Comunicación del Subsistema de termocuplas auxiliares
Fuente: Elaboración Propia

HUB de USB central del sistema final, su salida se conecta a un puerto del ordenador.

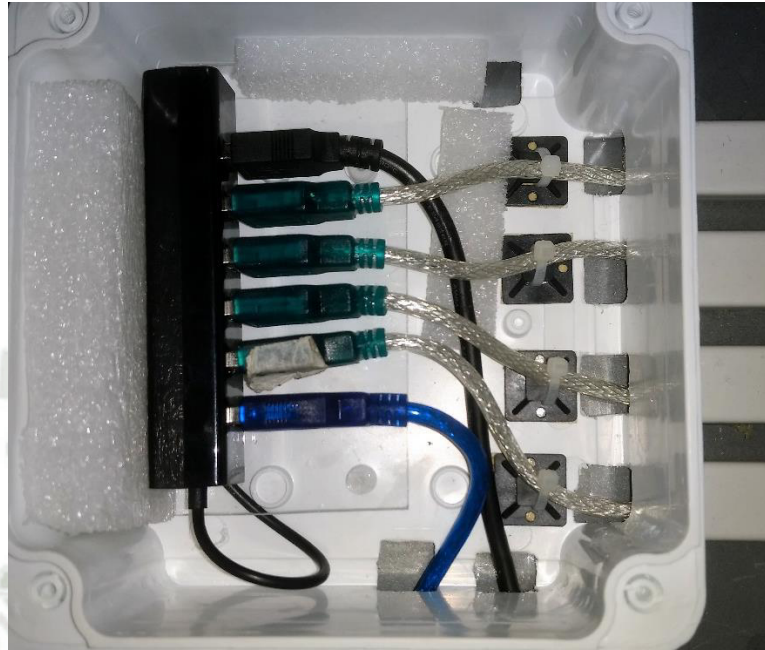


Figura 54: HUB de USB central del Sistema Final de Comunicación
Fuente: Elaboración Propia



Figura 55: Vista Completa del Sistema Final Físico
Fuente: Elaboración Propia

(Los circuitos de comunicación están en Anexo 02 y programas de las tarjetas en Anexo 04)

Cuando finalmente conectamos el HUB a la computadora, podremos observar en el *Administrador de Dispositivos* en *Puertos (COM y LPT)*, 6 entradas de las cuales cuatro puertos son usados por el subsistema de control de flujo másico y presión ALICAT, un puerto usado por el subsistema de control de temperatura del horno CVD y un puerto usado por el subsistema de termocuplas auxiliares.

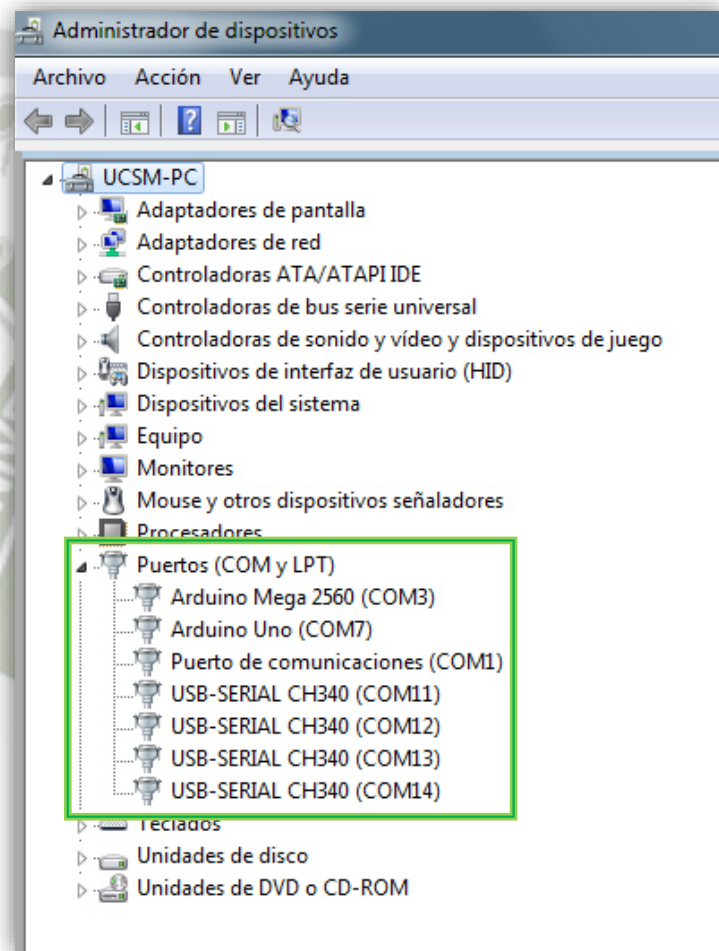


Figura 56: Verificación de comunicación del Sistema Final
Fuente: Elaboración Propia

Como se podrá observar, existen un total de 7 entradas en los Puertos COM que están siendo usados (el “Puerto de comunicaciones (COM1)”, viene como defecto del propio CPU del Laboratorio), de los cuales solo 6 son los que nos importan:

Tabla 13
Puerto COM usados por los Subsistemas

Puerto de Comunicación	Subsistema
Arduino Uno (COM7)	Subsistema de Termocuplas Auxiliares
Arduino Mega 2560 (COM3)	Subsistema de Horno CVD
USB – SERIAL CH340 (COM11)	Controlador Alicat de Presión
USB – SERIAL CH340 (COM12)	Controlador Alicat de flujo Gas: Metano CH ₄
USB – SERIAL CH340 (COM13)	Controlador Alicat de flujo Gas: Hidrógeno H ₂
USB – SERIAL CH340 (COM14)	Controlador Alicat de flujo Gas: Nitrógeno N ₂

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como se mencionó, los controladores del subsistema de control de flujo y presión son alimentados con una fuente externa de 24V-DC 12 Amp, deberá revisarse que estén prendidos para que puedan enviar información, se menciona este punto debido a que cuando están apagados la computadora reconoce esos puertos como si estuvieran conectados sin embargo esto no causara problemas solo se presentará un cuadro de mensaje donde indicara un error de comunicación.

Por otro lado, los subsistemas de control de temperatura Yudian y el subsistema de termocuplas auxiliares son alimentados por el mismo cable de datos del Arduino 5V-DC, por lo que no existirán problemas como en el caso anterior.

Hasta este punto podemos mencionar que todos los subsistemas forman ahora parte de un mismo Sistema, en el siguiente apartado se explica el desarrollo de la interfaz HMI y comunicación del sistema con el software desarrollado SISTEMA SCADA.

3.4. Diseño y desarrollo del HMI - SISTEMA SCADA

El diseño y desarrollo del HMI del SISTEMA SCADA, fue programado en el software Visual Basic 6.0, este programa es compatible con las versiones de Windows 2000 hasta Windows 10, se decidió usar este programa, porque permite usar con mucha facilidad la misma plataforma de los sistemas Windows, debido a que tiene acceso total a la API (en español, Interfaz de Programación de Aplicaciones) de Windows como también acceso a sus librerías.

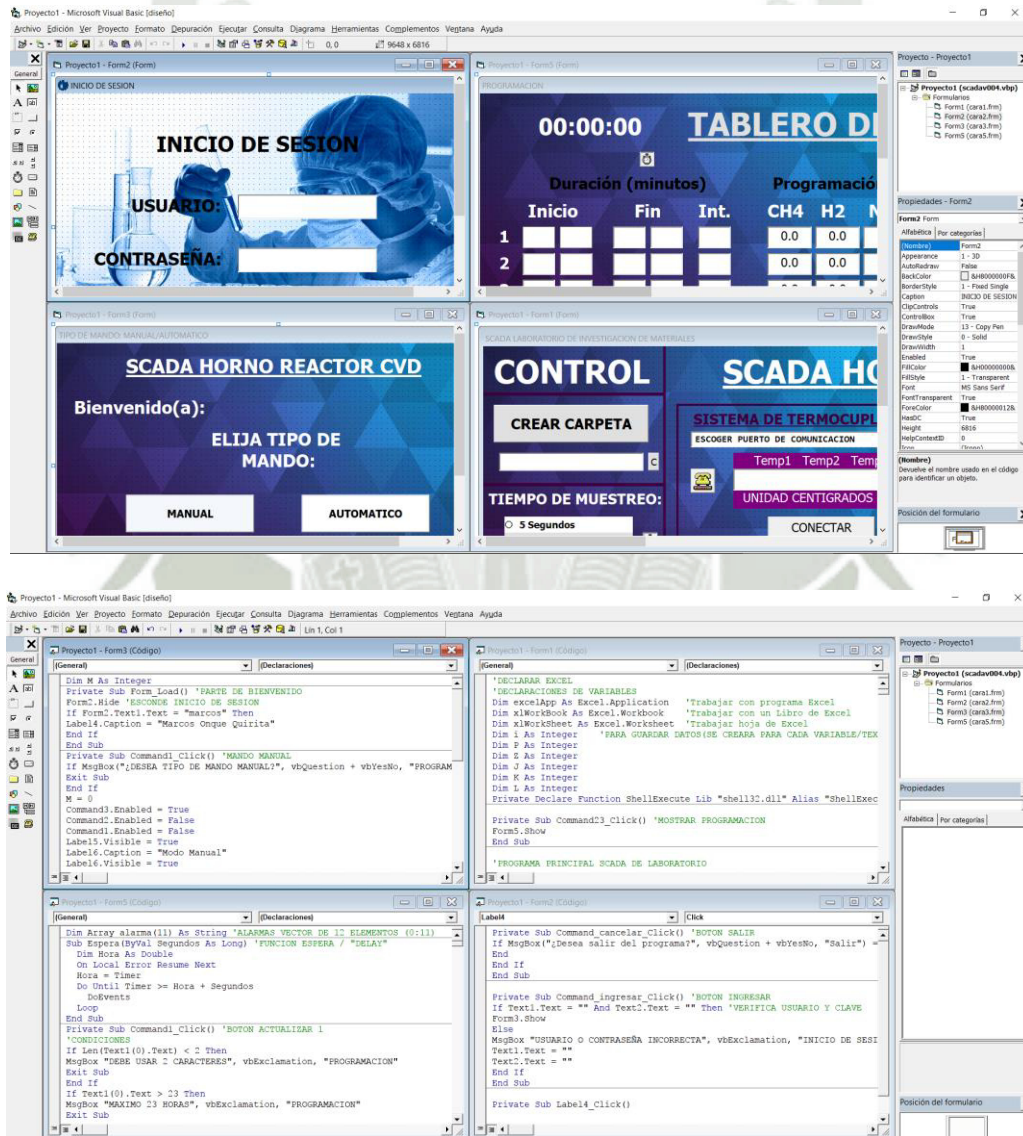


Figura 57: Diseño y programación del SISTEMA SCADA
Fuente: Elaboración Propia

En la anterior figura podemos observar parte de la programación y diseño que se realizó.

A continuación, se detalla el proceso de diseño, desarrollo y comunicación del HMI. Para entrar al programa solo deberá ingresar desde escritorio y ubicar el icono del programa.



Figura 58: Icono del Programa SISTEMA SCADA
Fuente: Elaboración Propia

3.4.1 Diseño y desarrollo del HMI

En el diseño del HMI se desarrolló cuatro ventanas o formularios:

3.4.1.1 Ventana de Inicio de Sesión

Esta ventana tiene como objetivo, dar acceso al programa evaluando el nombre de usuario y contraseña que hayan sido ingresadas.

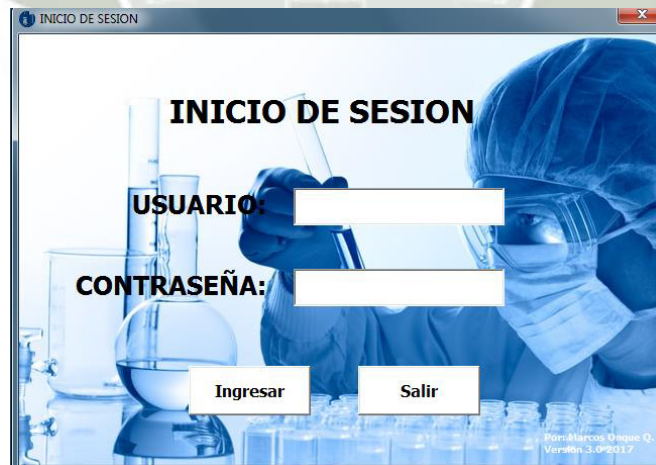


Figura 59: Ventana – Inicio de Sesión
Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.2 Ventana de Tipo de Mando

En esta ventana, se pide al usuario escoger si desea un tipo de mando manual o mando automático del sistema.

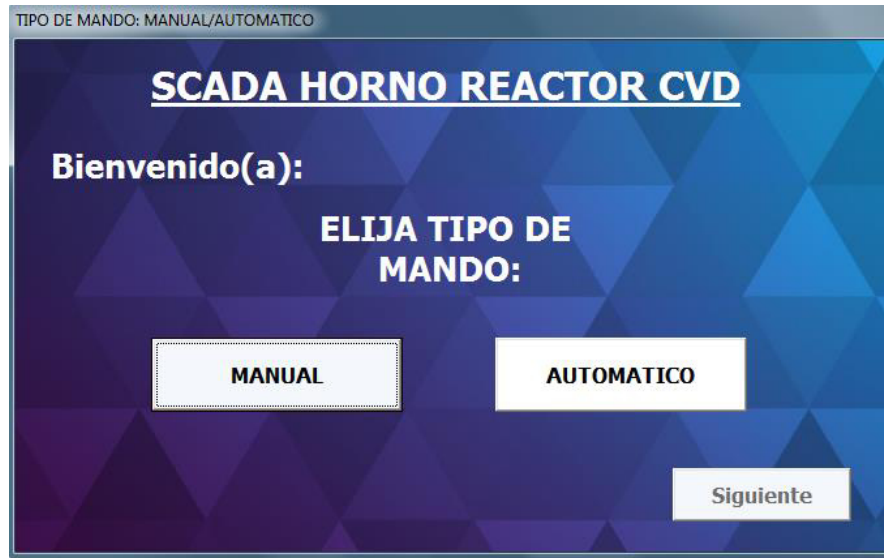


Figura 60: Ventana – Tipo de Mando
Fuente: Elaboración Propia

Los dos tipos de mando trabajan de diferente manera, como se describe a continuación.

Manual: Si se escoge esta opción permite al usuario:

- Modificar las variables como Presión, Flujo, etc. desde el programa en cualquier momento que crea necesario.
- La adquisición de data podrá ser inicializada o detenida en cualquier momento.

Automático: Si se escoge esta opción permite al usuario:

- Tendrá acceso a la ventana de “**Programación**” donde podrá programar los tiempos y condiciones del sistema, es decir, el sistema modificará de manera automática las variables del sistema siguiendo lo que el usuario programó en la ventana de “Programación”.

- La adquisición de data empezara y culminara de manera automática según lo programado en la ventana “**Programación**”.

3.4.1.3 Ventana de Supervisión y Control

La ventana de Supervisión y control se modificará según el tipo de mando que haya elegido usted en la ventana de Tipo de Mando, en esta ventana el usuario podrá:

- Crear una carpeta para el ensayo y/o prueba que se va a realizar, la carpeta se creará en una dirección que ya ha sido previamente establecida, más adelante en ella se guardara un libro de Excel que contiene toda la información y datos obtenidos del ensayo y/o prueba.
- Elegir el tiempo de muestreo, el usuario escogerá cual será el intervalo de tiempo en que se guardará la información, si cada 5 segundos, 30 segundos o cada 1 minuto.
- Abrir el formato, se abrirá un formato en Excel dependiendo del tiempo de muestreo que se haya escogido.
- Iniciar o detener la adquisición de data, este evento solo podrá ser usado en el Tipo de mando Manual, en el Tipo de mando Automático esta tarea se hará de manera automática.
- Guardar Excel, una vez terminado el ensayo y/o prueba el sistema le pedirá guardar el Excel donde se ha grabado toda la data que ha sido adquirida. Previo a ello le pedirá un nombre para que el archivo Excel pueda guardarse.
- Cerrar Excel, esta opción solo estará habilitada cuando el usuario haya guardado el libro Excel.
- Seleccionar Dispositivos, el usuario deberá Seleccionar los dispositivos (que vienen a ser los subsistemas) para su supervisión y control a tiempo real.

- Visualizar todas las variables de los tres subsistemas como temperatura, presión, flujo volumétrico, flujo másico, etc.
- Modificar las variables, esta acción solo está permitida en Tipo de mando Manual el cual le permite modificar una variable del sistema cuando usted crea conveniente, en el Tipo de mando Automático las variables solo serán modificadas según lo programado en la Ventada de “**Programación**”.
- Acceder a “Ayuda”, al hacer clic sobre este botón se abrirá automáticamente un archivo PDF que contiene a ser el manual de usuario.
- Acceder a la calculadora de Windows o al Notepad de manera directa.

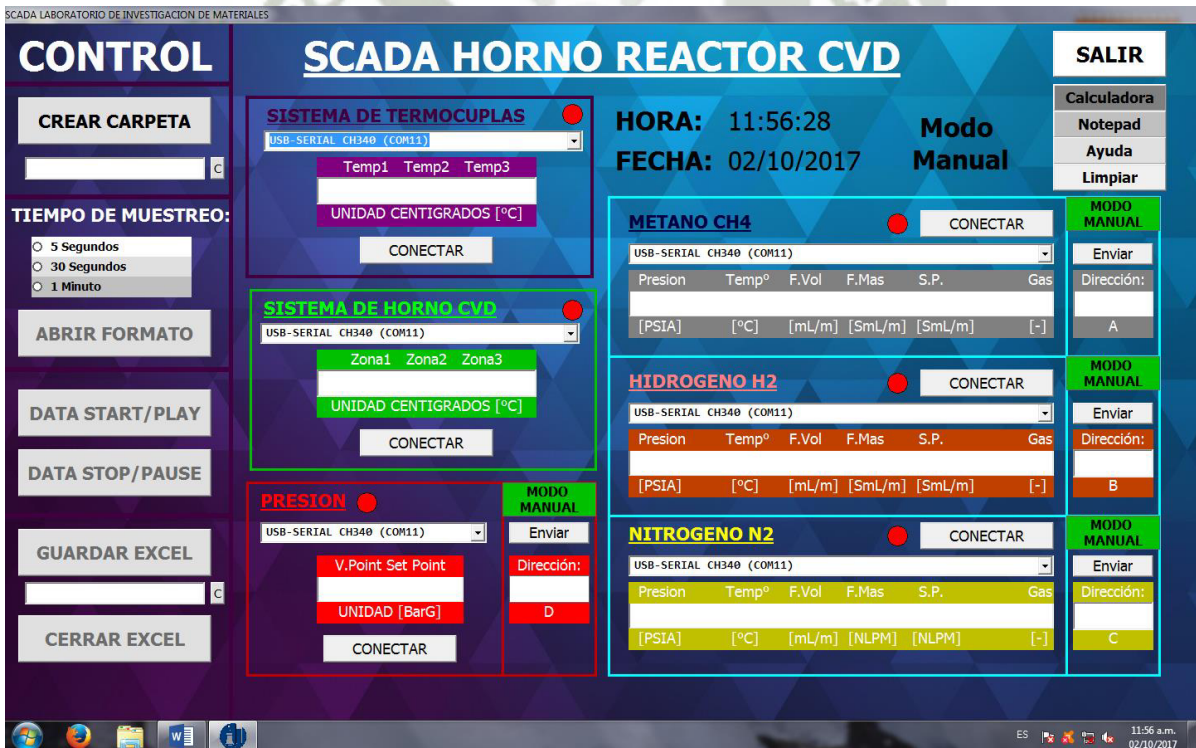


Figura 61: Ventana – Supervisión y Control (Tipo de mando Manual)
Fuente: Elaboración Propia

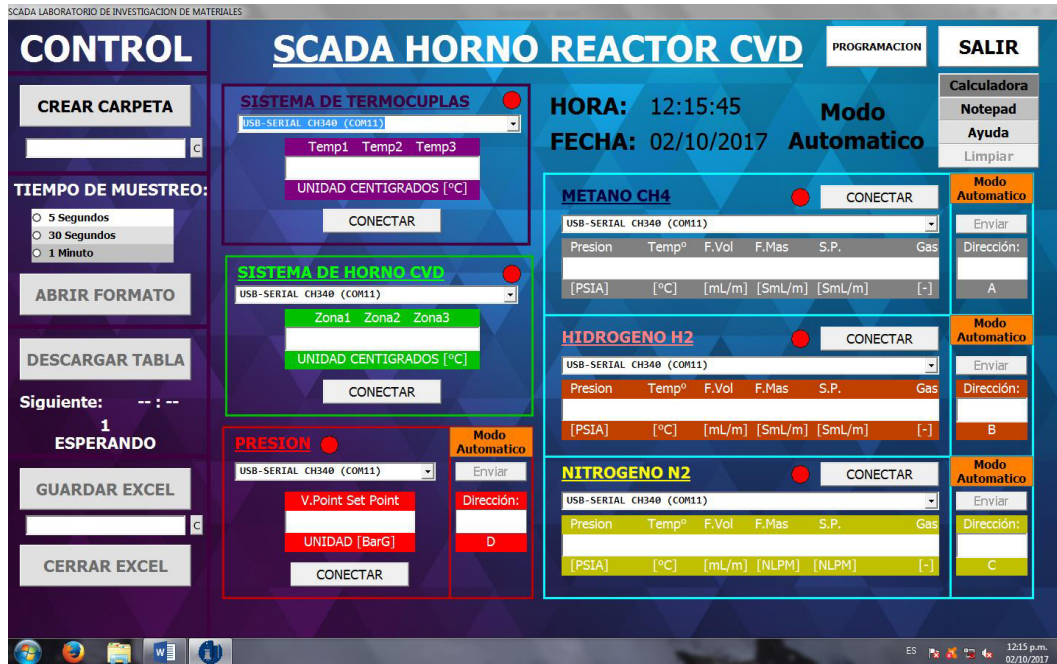


Figura 62: Ventana – Supervisión y Control (Tipo de mando Automático)
Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.4 Ventana de Programación

Como se mencionó antes, esta ventana solo está disponible en el Tipo de Mando Automático, su función es programar la secuencia del cambio de variables, indicar tiempos de trabajo y alarmas.



Figura 63: Ventana – Programación (Tipo de mando Automático)
Fuente: Elaboración Propia

3.5. Comunicación del Sistema Final y HMI

Para recordar nuestro Sistema Final está compuesto por:

- Subsistema de control de flujo másico y presión.
- Subsistema de control de temperatura del Horno CVD.
- Subsistema de termocuplas auxiliares.

A continuación, se detalla la configuración para comunicar cada subsistema con el HMI. Pero primero configuraremos nuestro HMI.

3.5.1 Configuración del HMI

Para establecer comunicación con los subsistemas es importante hacer uso del Componente **Microsoft Comm Control 6.0 (SP6)** o **MSComm** esta herramienta del Visual Basic 6.0 nos permite tener interacción con los puertos serie.

Esta herramienta la podemos encontrar en el menú **Proyecto** como **Componentes...** seleccionamos la casilla de **Microsoft Comm Control 6.0** y le damos **Aplicar** y **Aceptar**.

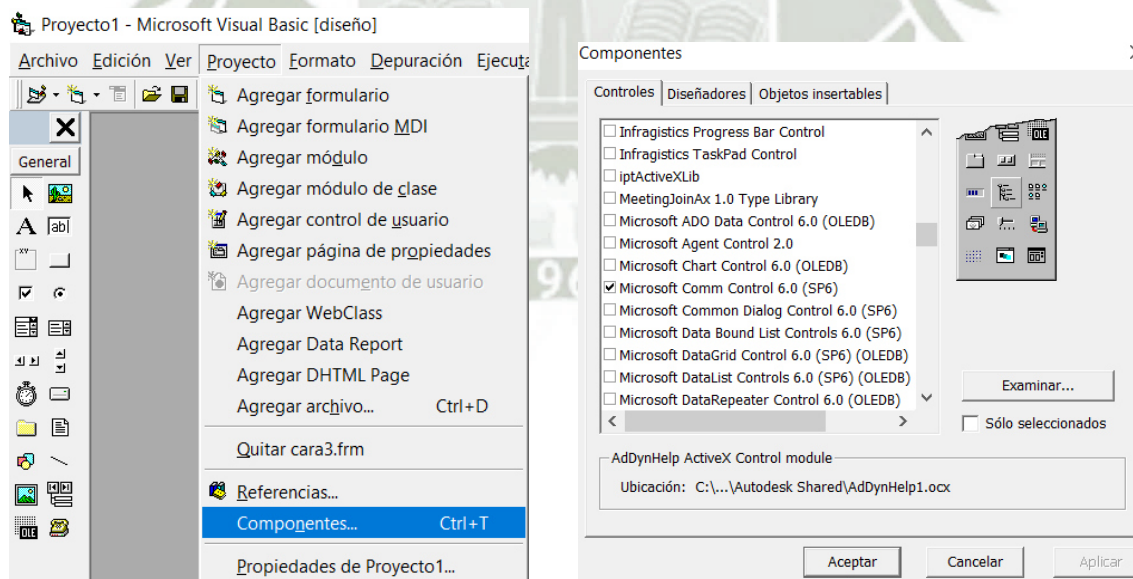


Figura 64: Componentes de Visual Basic 6.0 - MSComm
Fuente: Elaboración Propia

En el formulario solamente se puede ver en tiempo de diseño. El icono que lo representa en la caja de herramientas aparecerá en el formulario y es el siguiente:

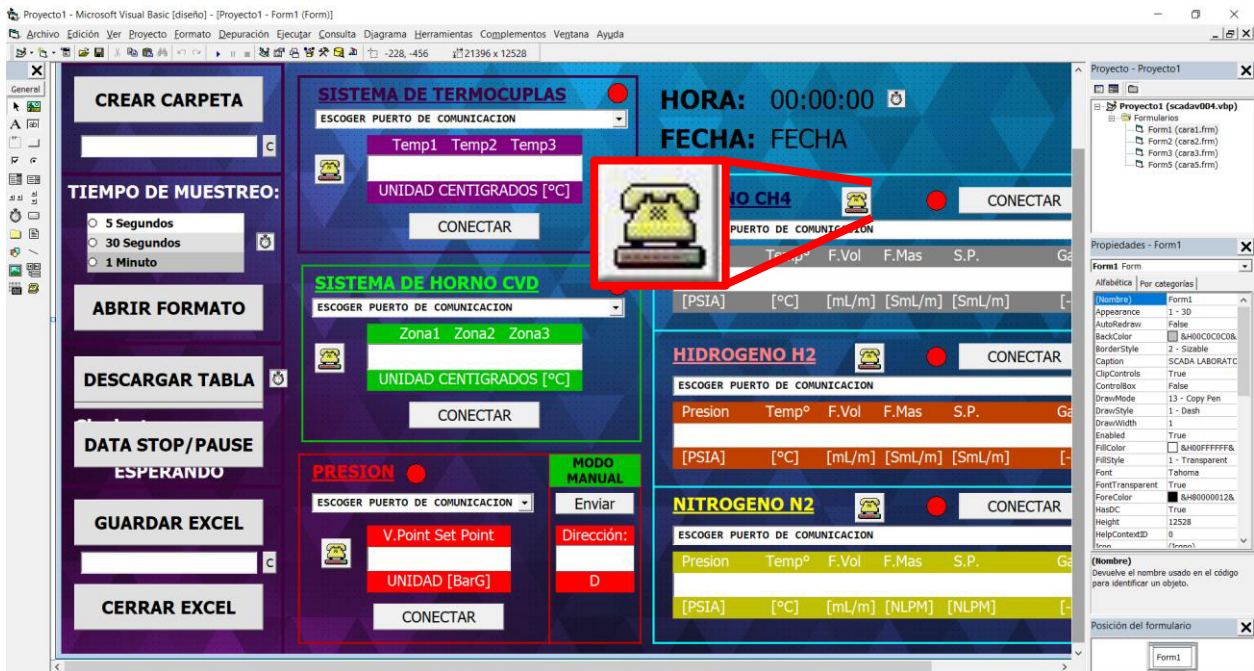


Figura 65: Componentes MSComm en el diseño
Fuente: Elaboración Propia

Como se logra observar cada Sub-Sistema tiene un componente **MSComm**, en total tenemos seis que es el mismo número de puertos que deseamos comunicar.

Nota: En caso no exista este componente en el ordenador al ejecutar el programa le aparecerá este mensaje de advertencia:

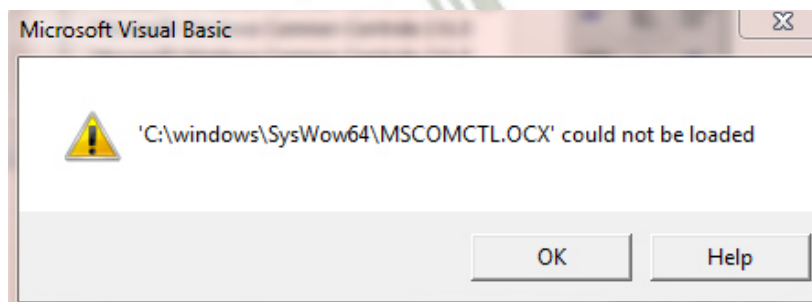


Figura 66: El componente MSComm no puede ser usado y/o no existe
Fuente: Elaboración Propia

Para solucionarlo simplemente debemos descargar la extensión **MSCOMCTL.OCX** dependerá de que versión de Windows sea el ordenador, luego de descargarlo se tiene que copiar o reemplazar el archivo en las siguientes direcciones:

- C:\Windows\System32
- C:\Windows\SysWOW64

Dependerá del sistema operativo de 32 o 64 bits respectivamente, y por último se deberá registrar el archivo ejecutando en el símbolo de sistema o CMD:

- regsvr32 c:\windows\System32\MSCOMCTL.OCX
- regsvr32 c:\windows\SysWOW64\MSCOMCTL.OCX

Nuevamente, dependerá del sistema operativo de 32 o 64 bits respectivamente, una vez registrado aparecerá un cuadro con el siguiente mensaje que indica que el archivo OCX ha sido registrado exitosamente.

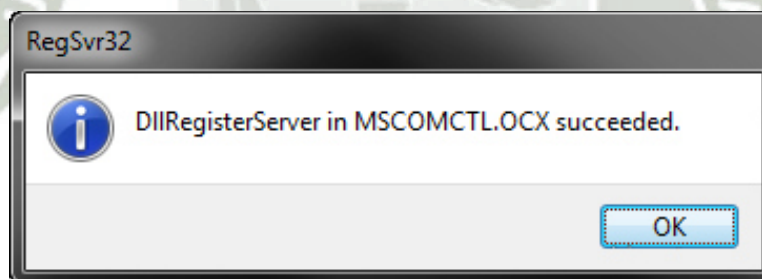


Figura 67: Mensaje de que el archivo ha sido registrado en el sistema
Fuente: Elaboración Propia

Se debe resaltar que el archivo **MSCOMCTL.OCX** y el componente **Microsoft Comm Control 6.0 (SP6)** o **MSComm** son realmente importante para este trabajo debido a que permiten la comunicación serial de los subsistemas y con el HMI.

El archivo y el componente se encuentran disponibles a partir desde la versión Windows 2000.

3.5.2 Configuración del Subsistema de control de flujo másico y presión.

En este subsistema tenemos cuatro controladores ALICAT, debemos configurar primero los controladores y luego configurar el **MSComm** del HMI.

3.5.2.1 Configuración de controladores ALICAT

Se deben configurar dos parámetros: la dirección del controlador y la velocidad de transmisión.

Dirección del Controlador: A los ALICAT se les asigna una letra del abecedario como dirección, como por ejemplo en la siguiente figura el ALICAT tiene como dirección la letra: “C”

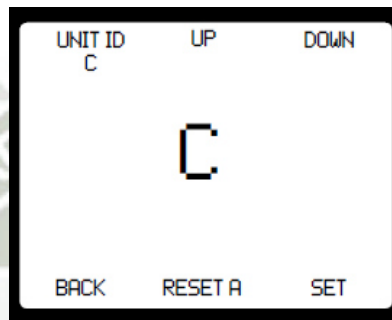


Figura 68: Ejemplo de dirección de un controlador ALICAT
Fuente: (Alicat, Operating Manual - Precision Gas Mass Flow Controllers, 2016)

La dirección puede ser cambiada por otra letra, sin embargo, se debe tener cuidado en no repetir la dirección de otro ALICAT y así evitar problemas al enviar o recibir datos. En la siguiente tabla se indica la dirección de cada uno de los controladores del subsistema.

Tabla 14
Dirección de Controladores ALICAT

Controlador ALICAT	Dirección:
Controlador ALICAT de Presión	A
Controlador ALICAT de Flujo másico – Metano CH ₄	B
Controlador ALICAT de Flujo másico – Hidrógeno H ₂	C
Controlador ALICAT de Flujo másico – Nitrógeno N ₂	D

Fuente: Elaboración Propia

Velocidad de Transmisión: Los controladores ALICAT pueden comunicarse a una velocidad de 38400, 19200, 9600, o 2400 baudios. Se recomienda usar una velocidad de transmisión de 19200 baudios en los 4 controladores ALICAT, porque el controlador enviará y recibirá órdenes.

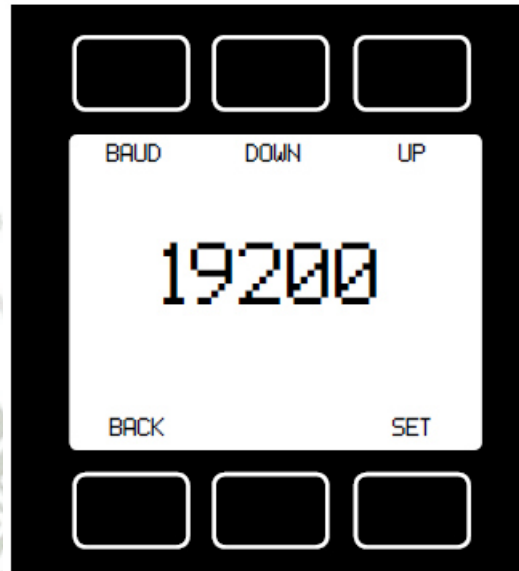


Figura 69: Selección de velocidad de Transmisión en Baudios ALICAT
Fuente: (Alicat, Operating Manual - Precision Gas Mass Flow Controllers, 2016)

3.5.2.2 Configuración de MSComm del subsistema en el HMI

Debemos tener en cuenta las siguientes propiedades del MSComm de cada Controlador en el HMI.

Tabla 15

Propiedades del MSComm del Subsistema de Control de flujo másico y presión

Controlador ALICAT	RThreshold	Settings	MSComm
Controlador ALICAT de Presión	15	19200,n,8,1	3
Controlador ALICAT de Metano CH ₄	47	19200,n,8,1	4
Controlador ALICAT de Hidrógeno H ₂	47	19200,n,8,1	5
Controlador ALICAT de Nitrógeno N ₂	47	19200,n,8,1	6

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se describe las propiedades del MSComm mencionados en la tabla anterior.

Tabla 16
Descripción de propiedades del MSComm

Propiedad	Descripción
RThreshold	Devuelve o establece el número de caracteres para recibir
Settings	Devuelve o establece los parámetros de velocidad en baudios, paridad, bit de datos y bit de parada.
MSComm	Devuelve el nombre usado en el código para identificar el objeto

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3 Configuración del Subsistema de control de temperatura del Horno CVD

En este subsistema debemos configurar el Arduino Mega que se utiliza como tarjeta de adquisición de datos y también configurar el MSComm del HMI.

3.5.3.1 Configuración del Arduino Mega

En el arduino se debe establecer tres parámetros: la velocidad de transmisión, el número de caracteres en la salida y tiempo muestreo.

Velocidad de transmisión: Se declaró una velocidad de transmisión de 9600 Baudios.

Serial.begin(9600); (Declaración en la programación del Arduino)

Número de caracteres al enviar: Se usarán 19 caracteres de salida.

Se aclara este punto debido a que si el envío tendría el siguiente formato **25.....30.....22** el número de caracteres sería de 16 caracteres y si en un momento determinado sube la temperatura a más de 99°C por ejemplo: **150.....130.....122** el número de caracteres sería ahora 19. Para evitar que se distorsione la visualización de los datos se usara el formato **000.....000.....000**.

Tiempo de muestreo: Sera cada 1000 milisegundos = 1 segundo.

delay(1000); (Declaración en la programación del Arduino)

3.5.3.2 Configuración del MSComm del subsistema en el HMI

Al igual que el anterior subsistema se debe tener en cuenta la configuración del Arduino Mega para cambiar y/o modificar las propiedades del MSComm del subsistema en el HMI.

Tabla 17

Propiedades del MSComm del Subsistema de control de temperatura Horno CVD

Subsistema	RThreshold	Settings	MSComm
Subsistema de control de temperatura del horno CVD	19	9600,n,8,1	2

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: La descripción de las propiedades del MSComm se encuentran en la Tabla 15.

3.5.4 Configuración del Subsistema de termocuplas auxiliares

En este subsistema debemos configurar el Arduino Uno que se utiliza como tarjeta de adquisición de datos y también configurar el MSComm del HMI.

3.5.4.1 Configuración del Arduino Uno

En el arduino se debe establecer tres parámetros: la velocidad de transmisión, el número de caracteres en la salida y tiempo muestreo.

Velocidad de transmisión: Se declaró una velocidad de transmisión de 9600 Baudios.

Serial.begin(9600); (Declaración en la programación del Arduino)

Número de caracteres al enviar: Se usarán 19 caracteres de salida.

Al igual que el subsistema de control de temperatura del Horno CVD se usará la misma metodología para evitar que se distorsione el envío de datos.

Tiempo de muestreo: Sera cada 1000 milisegundos = 1 segundo.

delay(1000); (Declaración en la programación del Arduino)

3.5.4.2 Configuración del MSComm del subsistema en el HMI

Al igual que el anterior subsistema se debe tener en cuenta la configuración del Arduino Uno para cambiar y/o modificar las propiedades del MSComm del subsistema en el HMI.

Tabla 18

Propiedades del MSComm del Subsistema de Termocuplas Auxiliares

Subsistema	RThreshold	Settings	MSComm
Subsistema de termocuplas auxiliares	19	9600,n,8,1	1

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: La descripción de las propiedades del MSComm se encuentran en la Tabla 15.

En el siguiente cuadro se muestra en resumen la configuración de los subsistemas en el HMI.

Tabla 19

Resumen de configuración de comunicación de los subsistemas

Controlador ALICAT	RThreshold	Settings	MSComm	Puerto
Controlador ALICAT de Presión	15	19200,n,8,1	3	COM11
Controlador ALICAT de Metano	47	19200,n,8,1	4	COM12
Controlador ALICAT de Hidrógeno	47	19200,n,8,1	5	COM13
Controlador ALICAT de Nitrógeno	47	19200,n,8,1	6	COM14
Subsistema de control de temperatura del horno CVD	19	9600,n,8,1	2	COM3
Subsistema de termocuplas auxiliares	19	9600,n,8,1	1	COM7

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: La descripción de las propiedades del MSComm se encuentran en la Tabla 15.

(El programa principal del HMI – SISTEMA SCADA se encuentran Anexo 03)

3.6. Adquisición de Data

Como se explicó anteriormente en la ventana de Supervisión y Control, el usuario deberá escoger un tiempo de muestreo: 5 segundos, 30 segundos o 1 minuto. Luego de escoger el tiempo de muestreo se deberá abrir un libro de Excel donde todas las variables y datos obtenidos de un ensayo o prueba se registrarán. Dependiendo de qué tiempo de muestreo se haya elegido se abrirá un formato. Los formatos posibles son 3 estos varían en el número muestras de datos posibles que se registrarán en un tiempo total de 10 horas, se determina un límite de 10 horas dado que los ensayos o pruebas tienen una duración de aproximadamente entre 8 a 9 horas de trabajo.

Tabla 20
Número de muestras según el formato elegido

Formato	Tiempo de muestreo	Número de muestras
Formato 1 (10 horas)	5 segundos	7200 muestras
Formato 2 (10 horas)	30 segundos	1200 muestras
Formato 3 (10 horas)	1 minuto o 60 segundos	600 muestras

Fuente: Elaboración Propia

Una vez abierto el formato iniciara la adquisición de data. Se guardarán un total de 24 datos en cada muestreo, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 21
Variables que se registran por cada muestreo.

Elementos del Sistema Final	Variables	Total (24)
Controlador ALICAT de Presión	Pp, SPp	2
Controlador ALICAT de Metano	P ,T ,FV, FM, SP	5

Controlador ALICAT de Hidrógeno	P ,T ,FV, FM, SP	5
Controlador ALICAT de Nitrógeno	P ,T ,FV, FM, SP	5
Subsistema de control de temperatura del horno CVD	T del Controlador 1, 2 y 3	3
Subsistema de termocuplas auxiliares	T Zona 1, 2 y 3	3
Hora formato de 24 horas	HH:MM:SS	1

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Donde Pp es presión del reactor en Bar, SPp es set point del reactor en Bar, P es presión en Psia, T es temperatura en Celsius, FV es flujo volumétrico en mL/min, FM es flujo másico en SmL/min, SP es set point del controlador en SmL/min, H es horas, M es minutos y S es segundos.

Los datos se guardan de manera automática, para entender el funcionamiento explicaremos la comunicación del HMI con el formato en Excel y las zonas de trabajo del Formato.

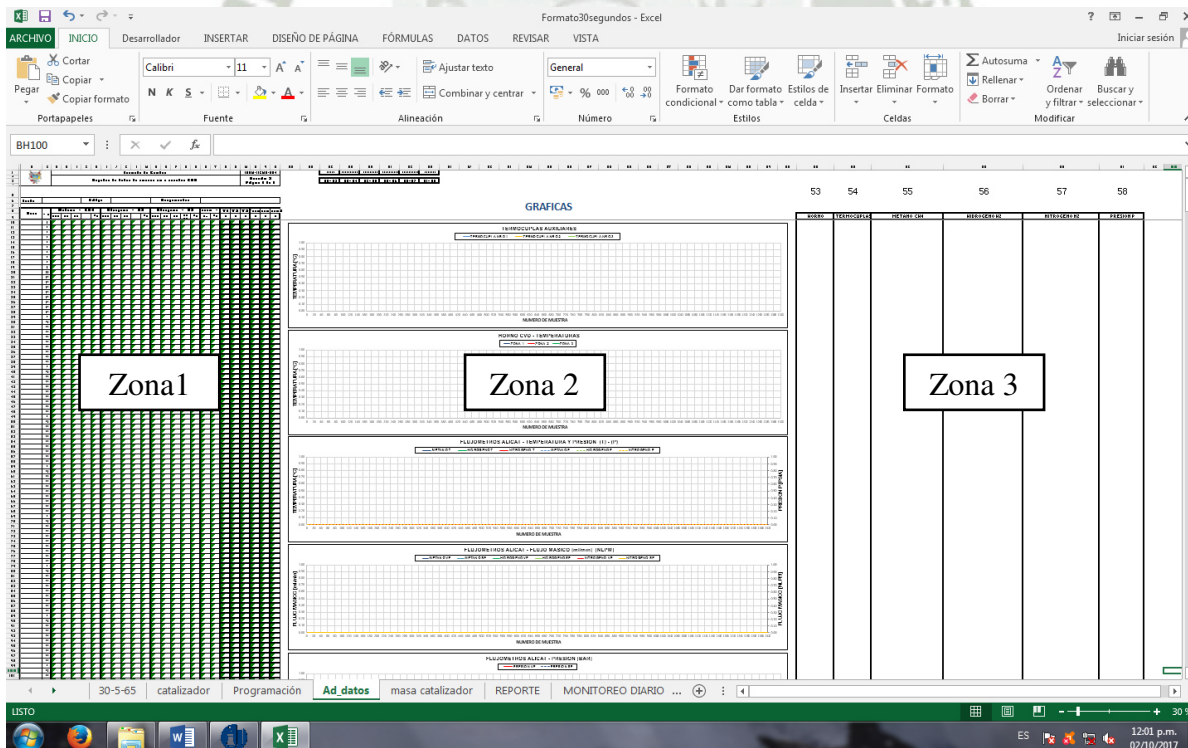


Figura 70: Formato en Excel y zonas de trabajo
Fuente: *Elaboración Propia*

3.6.1 Excel y Visual Basic 6.0

Para establecer una comunicación de la aplicación Excel y Visual Basic 6.0 primero debe agregar una *referencia* de la aplicación, para agregarla debemos ir a menú **Proyecto** ir **Referencias...** seleccionamos la casilla de **Microsoft Excel 16.0 Object Library** y le damos a **Aceptar**

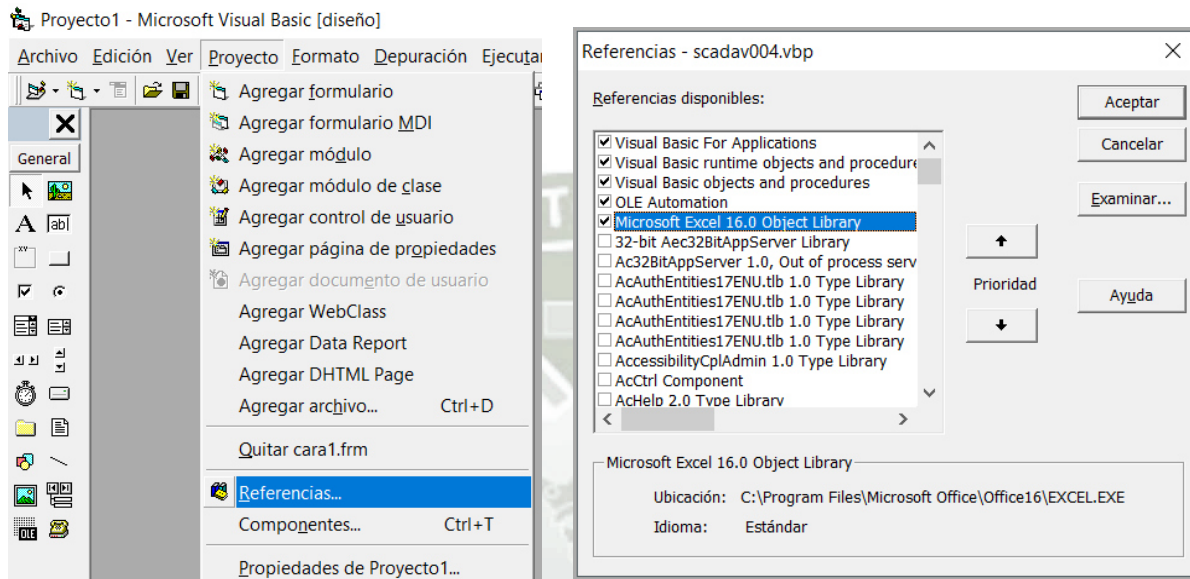


Figura 71: Referencias de Visual Basic 6.0 – Microsoft Excel 2016
Fuente: Elaboración Propia

Nota: Como se observa la referencia que se agregó es **Microsoft Excel 16.0 Object Library** este hace referencia de la versión Microsoft Excel 2016 si el ordenador que trabajamos tiene el Microsoft Excel 2013 la referencia será **Microsoft Excel 15.0 Object Library** y para la versión de Microsoft Excel 2010 la referencia será **Microsoft Excel 12.0 Object Library**.

3.6.2 Zonas de Trabajo del Formato en Excel

Como se mencionó anteriormente, el libro de Excel que tiene el formato se abrirá desde el SISTEMA SCADA de manera automática e ira a la hoja Ad_datos. Esta hoja posee tres zonas de trabajo.

Para explicar las partes del formato en Excel empezaremos por la zona 3 (*Figura 66*), donde se guarda la información que se visualiza en la **ventana de Supervisión y Control** de los subsistemas, sin embargo, la información que llega viene en una trama de datos por lo que necesitan ser separadas y copiadas en orden en sus respectivas columnas en la zona 1 (*Figura 66*),

Para separar las tramas de datos se hizo uso del VBA de Excel y se creó un módulo, en este módulo se creó funciones personalizadas que dividen la trama de datos de cada subsistema en particular debido a que las tramas son diferentes en número de caracteres (Ver Anexo 05).

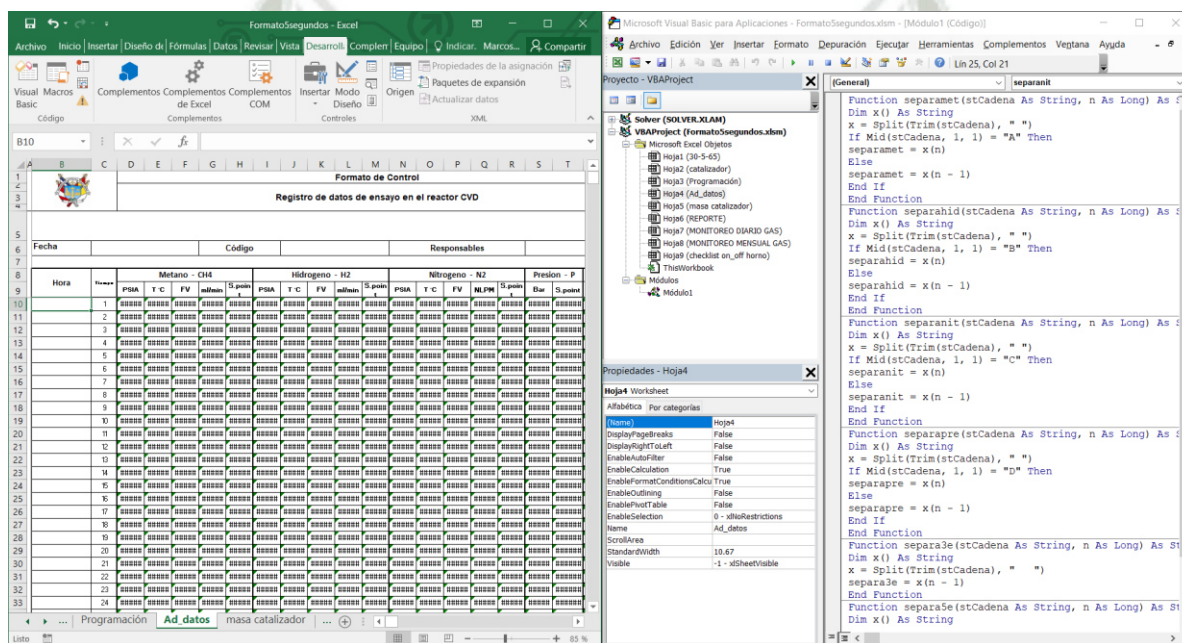


Figura 72: Programación de funciones personalizadas en VBA Excel
Fuente: Elaboración Propia

Entonces ya separadas todas las tramas de la Zona 3 se empiezan a llenar las columnas de las 24 variables fila por fila cada vez que el sistema solicite, esto depende del tiempo de muestreo elegido, si elegimos **1 minuto** el sistema enviara de minuto en minuto la información para que se guardada en una nueva fila en el formato de Excel en la Zona 1.

Nota: Durante el ensayo el usuario no podrá cambiar a otra hoja Excel ni podrá abrir otro Libro de Excel. Porque el SISTEMA SCADA enviara la información a la ventana más reciente de Excel

Formato de Control
Registro de datos de ensayo en el reactor CVD
 FORM-LICMA-004
 Versión 2
 Página 1 de 1

Fecha	Código	Responsables	Metano - CH4				Hidrogeno - H2				Nitrogeno - N2			Presion - P		T1	T2	T3	Term1	Term2	Term3				
			PSIA	T °C	FV	ml/min	S.point	PSIA	T °C	FV	ml/min	S.point	PSIA	T °C	FV	NLPM	S.point	Bar	S.point	°C	°C	°C	°C	°C	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									

Figura 73: Zona 1 de trabajo del Formato en Excel
 Fuente: Elaboración Propia

	HORNO	TERMOCUPLAS	METANO CH4	HIDROGENO H2	NITROGENO N2	PRESION P
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						
101						
102						
103						
104						
105						
106						
107						
108						
109						
110						
111						

Figura 74: Zona 3 de trabajo del Formato en Excel
 Fuente: Elaboración Propia

Por último, en la Zona 2 de trabajo del formato en Excel, es la zona dedicada a realizar las gráficas del SISTEMA SCADA en tiempo real las, las gráficas son las siguientes:

- Gráfica 1: Termocuplas Auxiliares [$T^{\circ}C$] por zonas
- Gráfica 2: Temperatura del horno CVD - Yudian [$T^{\circ}C$] por cada controlador
- Gráfica 3: Temperatura [$T^{\circ}C$] y Presión [PSIA] de los Gases (CH_4 , H_2 , N_2)
- Gráfica 4: Flujo Másico [SmL/min] de los Gases (CH_4 , H_2) y [NLPM] de (N_2)
- Gráfica 5: Presión del reactor [Bar]

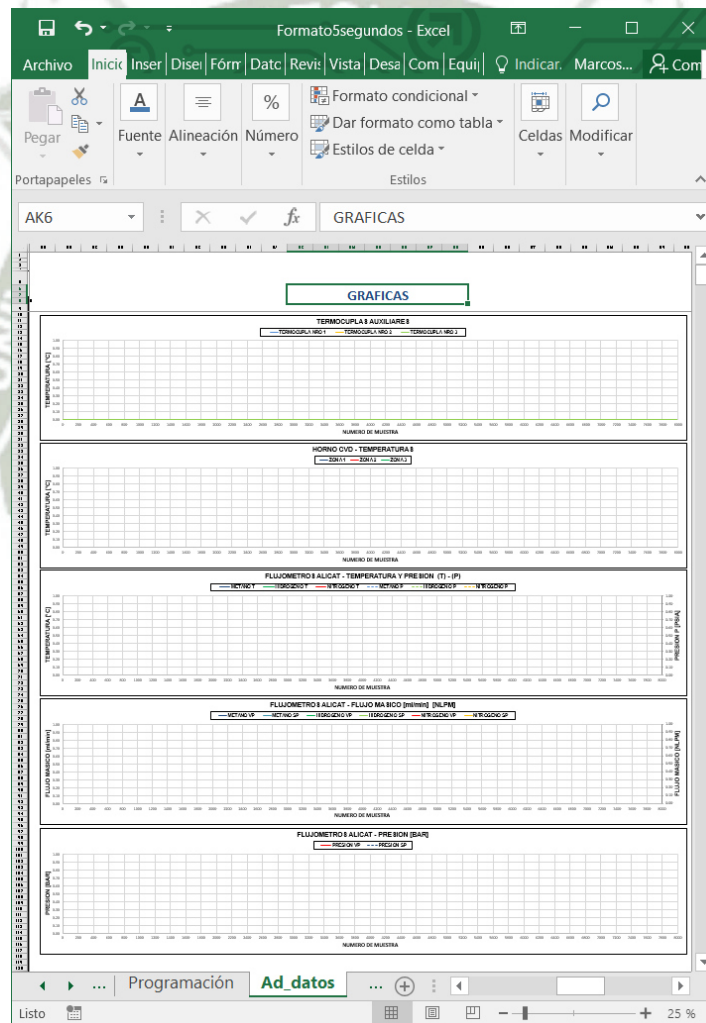


Figura 75: Zona 2 de trabajo del Formato en Excel
Fuente: Elaboración Propia

Cuando finaliza un ensayo o prueba, el archivo Excel que tiene toda la información y data adquirida será guardada dentro de la carpeta que se creó inicialmente, esta carpeta tiene una ruta especifica ya programada donde se podrá encontrar también carpetas de ensayos ya realizados.

En el caso del Laboratorio la información obtenida deberá ir a la siguiente carpeta: “D:\Laboratorio\Data_ensayos\” dentro de esta se encontrará la carpeta que ha sido creado y dentro de la misma el Excel con la información adquirida del ensayo o prueba realizada.

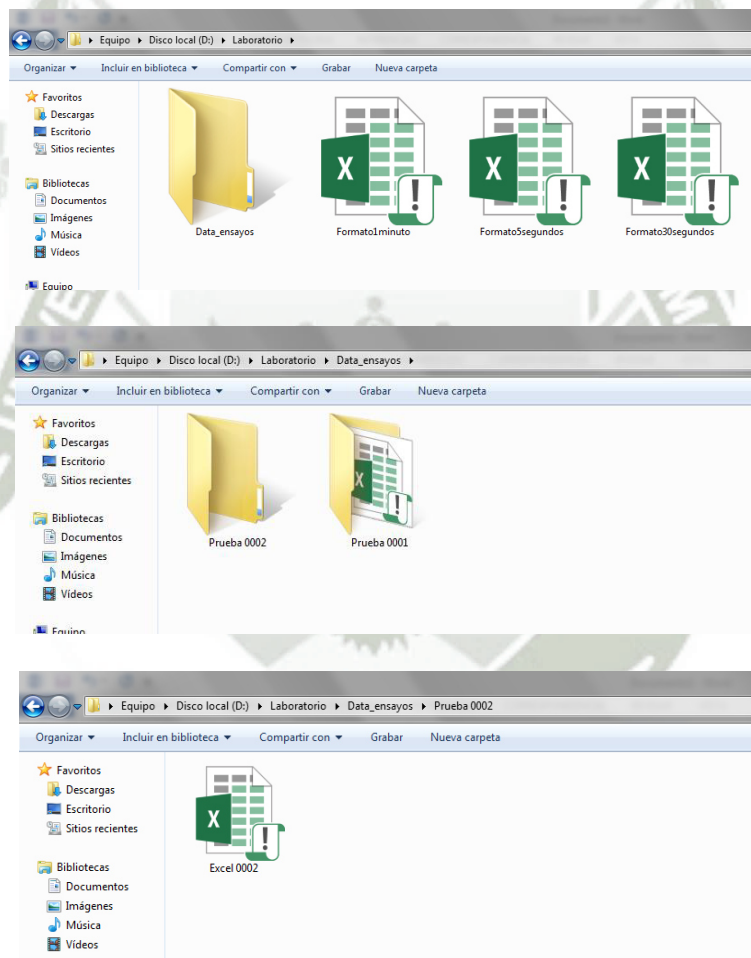


Figura 76: Dirección de Guardado Automático
Fuente: Elaboración Propia

3.7. Generalidades del SISTEMA SCADA

A continuación, se detallarán las propiedades y características del SISTEMA SCADA.

3.7.1 Requerimientos del SISTEMA SCADA

Mínimo:

- Sistema Operativo: Windows 2000
- Procesador: Dual Core de Intel o AMD 2.8 GHz
- Memoria: 2 GB de RAM
- Almacenamiento: 1 MB de espacio disponible

Recomendado:

- Sistema Operativo: Windows 7,8, 10.
- Procesador: Intel Core i3- 3xxM
- Memoria: 4 GB de RAM
- Almacenamiento: 1 MB de espacio disponible

3.7.2 Instalación y configuración del SISTEMA SCADA

Instalación: El programa no necesita instalación alguna, solo es necesario copiar el programa al escritorio y abrir el ejecutable haciendo doble clic sobre el icono del programa.

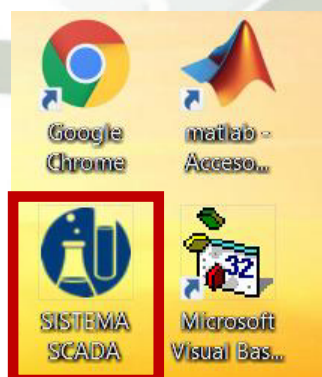


Figura 77: Icono del Programa SISTEMA SCADA

Fuente: Elaboración Propia

Configuración: No hay una configuración previa, sin embargo, para poder mejorar los detalles gráficos del programa se recomienda:

- Anti-clic en el icono del programa.
- Seleccionar Propiedades.
- Ir a la ventana de Compatibilidad.
- Activar la casilla “Invalidar el comportamiento de ajuste con valores altos de PPP.”
- Ajuste realizado por “Aplicación.”, por último, aplicar y aceptar.

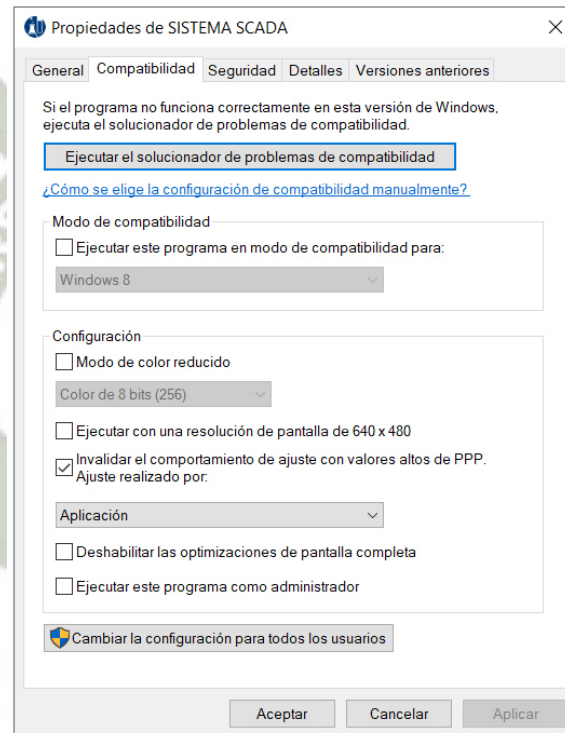


Figura 78: Ventana de Propiedades de SISTEMA SCADA
Fuente: Elaboración Propia

(El manual de usuario del software SISTEMA SCADA: “MANUAL DE USUARIO – SISTEMA SCADA HORNO REACTOR CVD” en Anexo 01)

Capítulo IV: PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Pruebas del SISTEMA SCADA

En este capítulo se muestran las pruebas y resultados experimentales del SISTEMA SCADA donde sus principales funciones son la supervisión de las variables del sistema, el control de variables y la adquisición de data.

Para iniciar con el funcionamiento del SISTEMA SACADA se deberá conectar el conector USB macho de la salida del tablero de comunicación y control a uno de los puertos de la computadora o laptop que se utilice para la prueba o ensayo.

Una vez conectado se deberá entrar al software SISTEMA SCADA, que se encuentra disponible en el escritorio, ya abierto se mostrará la primera ventana donde se deberá ingresar un usuario y contraseña para poder acceder al Sistema.



Figura 79: Ventana – Inicio de Sesión
Fuente: Elaboración Propia

Una vez ingresado usuario y contraseña se presionará en Ingresar para acceder a la siguiente ventana. La siguiente ventana nos dará dos opciones a escoger sobre el tipo de mando que se desea sobre el sistema. Para este ensayo se usará el Tipo de Mando Automático.

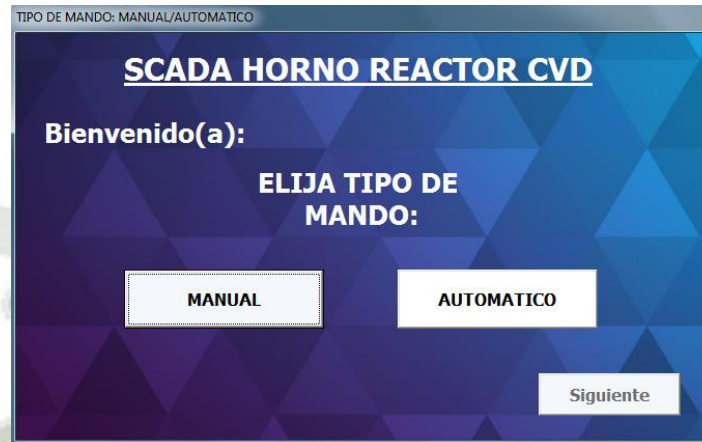


Figura 80: Ventana – Tipo de Mando
Fuente: Elaboración Propia

Lo primero que deberá realizar será crear una carpeta, deberá escribir un nombre en la caja de texto señalada y luego dar un clic al botón CREAR CARPETA.

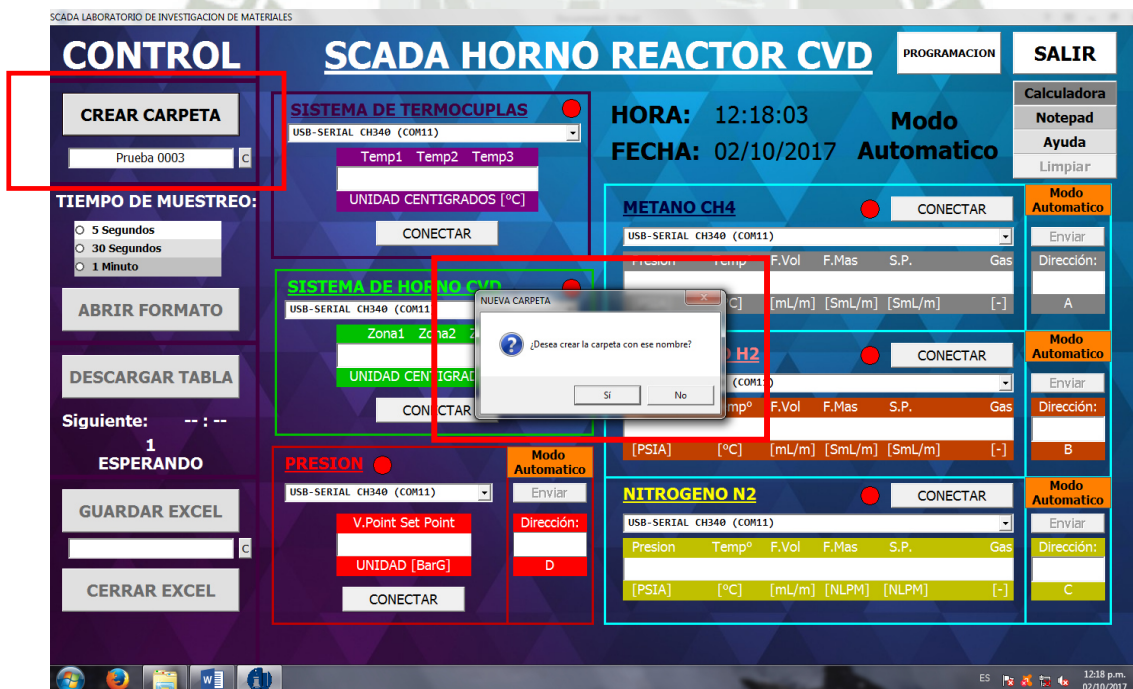


Figura 81: Ventana – Supervisión y Control (Tipo de mando Automático)
Fuente: Elaboración Propia

Le aparecerá una ventana auxiliar para confirmar si desea guardar la carpeta creada con el nombre que colocho dentro de la caja de texto.

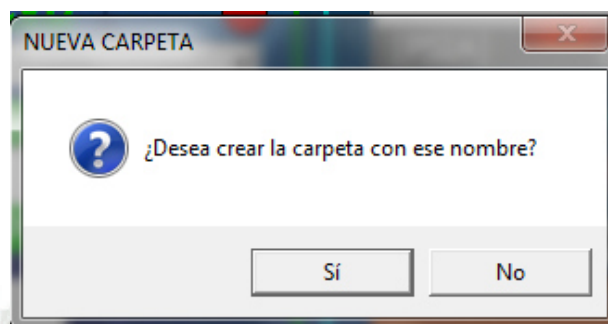


Figura 82: Mensaje de confirmación de creación de carpeta
Fuente: Elaboración Propia

Nota: Si existe otra carpeta con el mismo nombre, el programa le avisará y deberá cambiar el nombre de la caja de texto por otro.

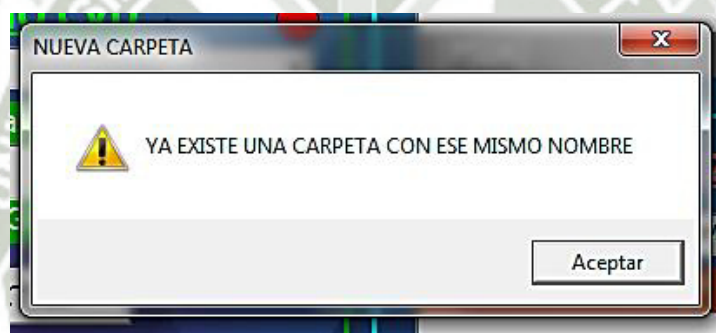


Figura 83: Mensaje de Aviso de creación de carpeta
Fuente: Elaboración Propia

Si todo ha salido bien el sistema deberá confirmarle con otra ventana emergente.

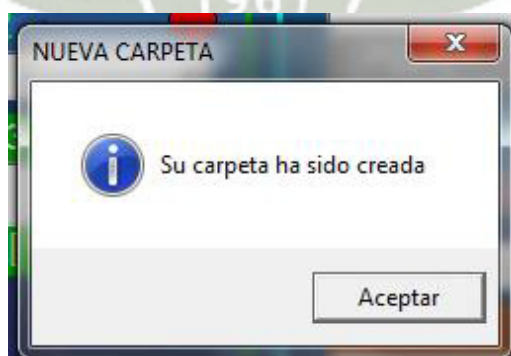


Figura 84: Creación de carpeta correcta
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se deberá escoger un TIEMPO DE MUESTREO para la adquisición de datos de la prueba y/o ensayo y luego hacer clic en el botón ABRIR FORMATO, se abrirá una hoja de Excel en su barra de tareas de manera automática.

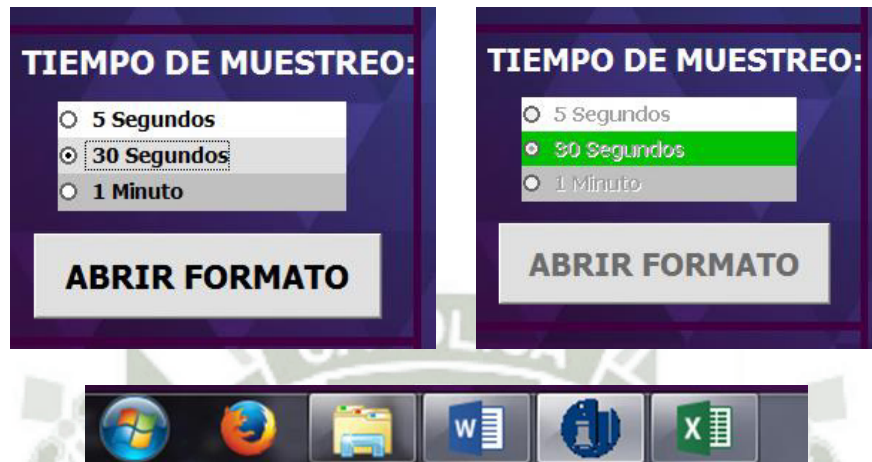


Figura 85: Selección de Tiempo de muestreo y apertura de Excel
Fuente: Elaboración Propia

Esta Libro de Excel una vez abierto se encontrará activa en la hoja de **Programación**, esta hoja contiene un cuadro donde se programan los tiempos y magnitudes de las variables. Esta tabla será llenada desde el programa, para ello deberemos hacer clic en el botón de PROGRAMACION que se ubica en la esquina superior derecha (al costado del botón SALIR).



Figura 86: Selección de Tiempo de muestreo y apertura de Excel
Fuente: Elaboración Propia

Luego entramos a la ventana de Programación donde colocaremos las magnitudes de las variables e intervalos de tiempos programados para el ensayo o prueba.



Figura 87: Ventana – Programación
Fuente: Elaboración Propia

Nota: Se debe llenar de izquierda a derecha, los intervalos están dados en minutos, se debe usar el botón Actualizar para asegurar que los datos son correctos y están dentro de los límites, luego el botón Guardar, una vez llenado y guardado cada sección se presiona en INICIAR SECUENCIA.

Como se nota en la parte derecha de la ventana – Programación se encuentran las alarmas, estas alarmas indican en que momento iniciara y finalizara las condiciones propuestas en el tablero de programación.

En caso de que se quiera actualizar toda la ventana, es decir, colocar nuevos datos desde el principio nuevamente se deberá hacer clic en el botón RESET. En caso de querer solo una sección se deberá hacer clic en el botón de LIMPIAR de la respectiva sección.

Una vez saliendo de la Ventana – Programación y luego de dar inicio a la secuencia deberemos dar clic en el botón de DESCARGAR TABLA de la Ventana – Supervisión y Control (debajo del botón ABRIR FORMATO).

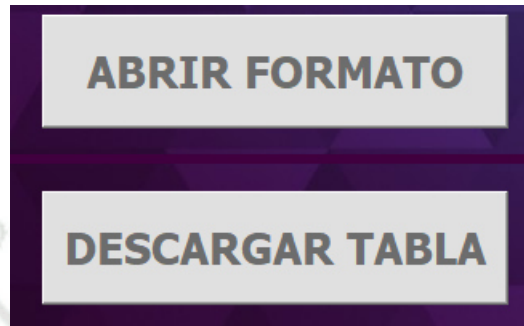


Figura 88: Botón DESCARGAR TABLA
Fuente: Elaboración Propia

Este botón tiene la función de guardar toda la información de la Ventana – Programación en la hoja de Excel **Programación** que ha sido abierta anteriormente.

		ZONA 1				ZONA 2				ZONA 3			
		T(°C)		Tiempo		T(°C)		Tiempo		T(°C)		Tiempo	
1	t1	20.0	C1	0.0	t1	0.0	C1	10.0	t1	0.0	C1	0.0	
2	t2	20.0	C2	0.0	t2	10.0	C2	0.0	t2	20.0	C2	0.0	
3	t3	20.0	C3	0.0	t3	0.0	C3	0.0	t3	20.0	C3	0.0	
4	t4	0.0	C4	20.0	t4	20.0	C4	20.0	t4	0.0	C4	0.0	
5	t5	0.0	C5	0.0	t5	0.0	C5	20.0	t5	0.0	C5	0.0	
6	t6	0.0	C6	10.0	t6	10.0	C6	0.0	t6	10.0	C6	0.0	
7	t7	0.0	C7	0.0	t7	0.0	C7	0.0	t7	0.0	C7	0.0	
8	t8	0.0	C8	0.0	t8	0.0	C8	0.0	t8	0.0	C8	0.0	
9	t9	0.0	C9	0.0	t9	0.0	C9	0.0	t9	0.0	C9	0.0	
10	t10	0.0	C10	0.0	t10	0.0	C10	0.0	t10	0.0	C10	0.0	
11	t11	0.0	C11	0.0	t11	0.0	C11	0.0	t11	0.0	C11	0.0	
12	t12	0.0	C12	0.0	t12	0.0	C12	0.0	t12	0.0	C12	0.0	

		Duración		T	CH4	H2	N2	P	At	
		INICIO	FIN	min	°C	ml/min	ml/min	NLPM	bar	min
1	13:15	13:17	2	0.0	10.00	0.00	0.00	0.10	2	
2	13:17	13:19	4	10.0	0.00	20.00	0.00	0.10	2	
3	13:19	13:21	6	0.0	0.00	0.00	10.00	0.10	2	
4	13:21	13:23	8	20.0	0.00	10.00	20.00	0.10	2	
5	13:23	13:25	10	0.0	10.00	0.00	0.00	0.10	2	
6	13:25	:	10	10.0	0.00	0.00	100.00	0.10	0	
7	:	:	10	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		
8	:	:	10	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		
9	:	:	10	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		
10	:	:	10	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		
11	:	:	10	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		

Figura 89: Guardado de la programación en Excel
Fuente: Elaboración Propia

Cuando toda la información ha sido guardada el programa lo indicara con un mensaje:

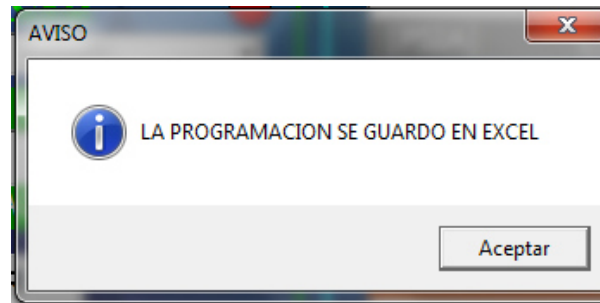


Figura 90: Confirmación de guardado
Fuente: Elaboración Propia

Al aceptar y confirmar el mensaje la hoja de Excel cambiara automáticamente a la de hoja de **Ad_datos** el cual tiene la función de guardar y graficar toda la información que se obtendrá de la prueba o ensayo.

Formato de Control																			
Registro de datos de ensayo en el reactor CVD																			
Responsables																			
Fecha	Código					Responsables													
Hora	tiempo	Metano - CH4					Hidrogeno - H2					Nitrogeno - N2					Presion - P		
		PSIA	T C	FV	m/min	S.poin	PSIA	T C	FV	m/min	S.poin	PSIA	T C	FV	NLPM	S.poin	Bar	S.poin	
1	1																		
2	2																		
3	3																		
4	4																		
5	5																		
6	6																		
7	7																		
8	8																		
9	9																		
10	10																		
11	11																		
12	12																		
13	13																		
14	14																		
15	15																		
16	16																		
17	17																		
18	18																		
19	19																		
20	20																		
21	21																		
22	22																		
23	23																		
24	24																		
25	25																		
26	26																		
27	27																		
28	28																		
29	29																		
30	30																		
31	31																		
32	32																		
33	33																		

Figura 91: Hoja para la adquisición de datos
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se procede a conectar todos los subsistemas escogiendo desde el cuadro de lista respectivo, luego se despliega la lista y deberá escoger el dispositivo correcto, después deberá hacer clic en CONECTAR, se podrá observar el cambio de estado de conectado/desconectado observando el cambio el color verde/rojo de los indicadores del costado.

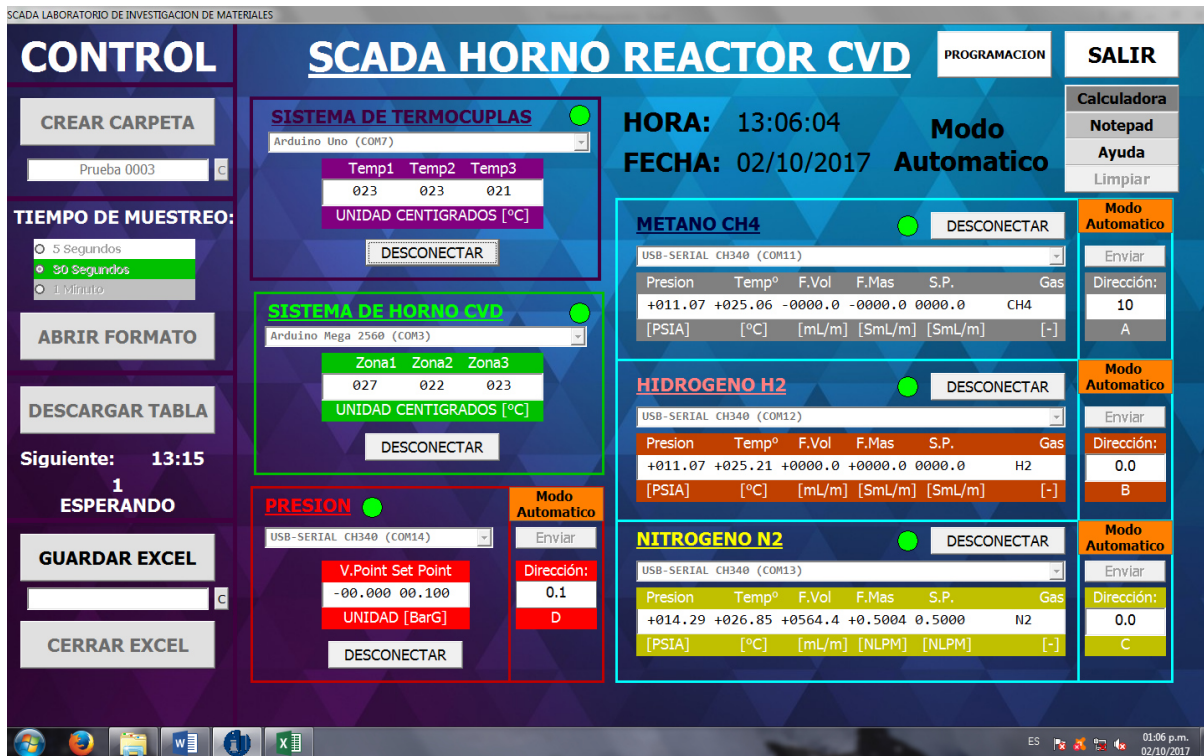


Figura 92: Representación de datos de los subsistemas
Fuente: Elaboración Propia

El guardado de la información y el cambio de estados se dará de manera automática cuando empiece la programación a la hora indicada. Aparecerá el mensaje de GRABANDO cuando ya haya empezado y estará guardando la información al Excel directamente.



Figura 93: Mensaje del estado de la programación
Fuente: Elaboración Propia

El guardado de información se realiza durante toda el ensayo o prueba, se registran 24 variables en cada fila y en sus respectivas columnas (Zona1). Las gráficas se realizan en tiempo real en la misma hoja de Excel en la parte derecha (Zona2).

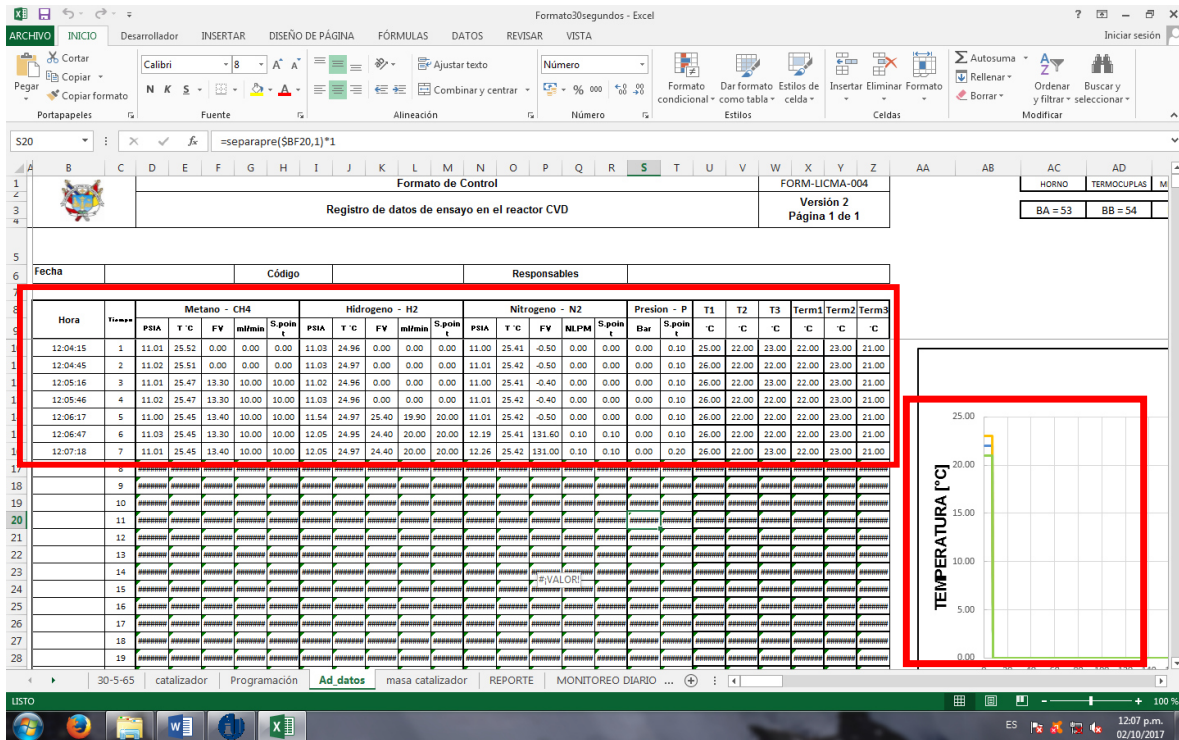


Figura 94: Adquisición de data y graficas
Fuente: Elaboración Propia

Cuando se muestre un STOP indicará que acabo la programación de la prueba o ensayo y también se habrá detenido la adquisición de data y las gráficas en el Excel, el siguiente paso es DESCONECTAR todos los subsistemas. Luego deberá ingresar un nombre el cuadro de texto inferior para guardar el archivo de Excel (el programa no le permitirá usar signos +, *, /, etc.).



Figura 95: Mensaje del estado de la programación STOP y guardado de Excel
Fuente: Elaboración Propia

Luego de escribir el nombre se debe hacer clic en el botón de GUARDAR EXCEL y luego deberá confirmar si desea guardar el archivo con el nombre del cuadro de texto.

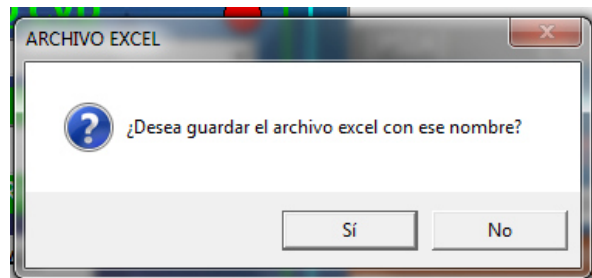


Figura 96: Mensaje de confirmación de guardado de Excel
Fuente: Elaboración Propia

Por ultimo queda cerrar el archivo haciendo clic en CERRAR EXCEL y le aparecerá un mensaje confirmado que el Excel ha sido cerrado.

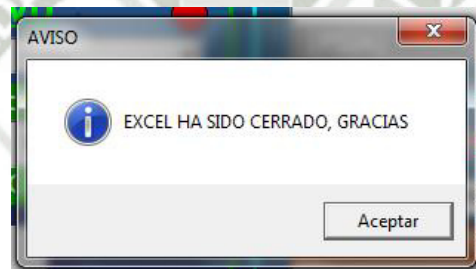


Figura 97: Mensaje de Confirmación del cerrado de Excel
Fuente: Elaboración Propia

Solo queda cerrar el software SISTEMA SCADA dando clic sobre el botón de CERRAR, una vez cerrado el programa puede confirmar la existencia del archivo Excel en la dirección programada, dentro podrá observar su carpeta creada y al interior el archivo Excel.

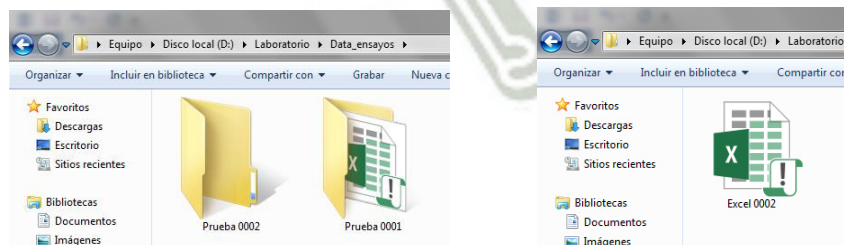


Figura 98: Archivos generados por el SISTEMA SCADA
Fuente: Elaboración Propia

4.2. Resultados del SISTEMA SCADA

A continuación, se muestra la diferencia de resultados antes y después de haber implementado el Sistema SCADA al proceso de obtención de trazas de fibra de carbono. Donde la diferencia más notable es la automatización de la adquisición de data de un ensayo o prueba. Cabe mencionar que la recolección de datos es un tema muy importante en una investigación.

En la siguiente figura, se muestra la adquisición de data que se recolectaba de manera manual en una hoja impresa de Excel, donde el número de muestras era muy bajo y las variables no eran registradas en su totalidad. Las muestras no poseen un tiempo de muestreo exacto y existe la probabilidad de registrar un valor incorrecto por un error humano.

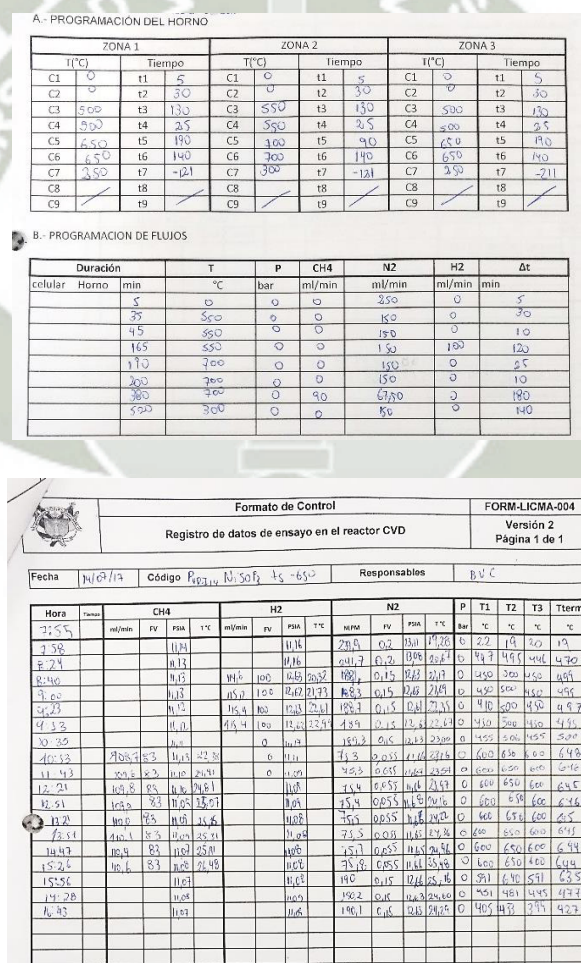
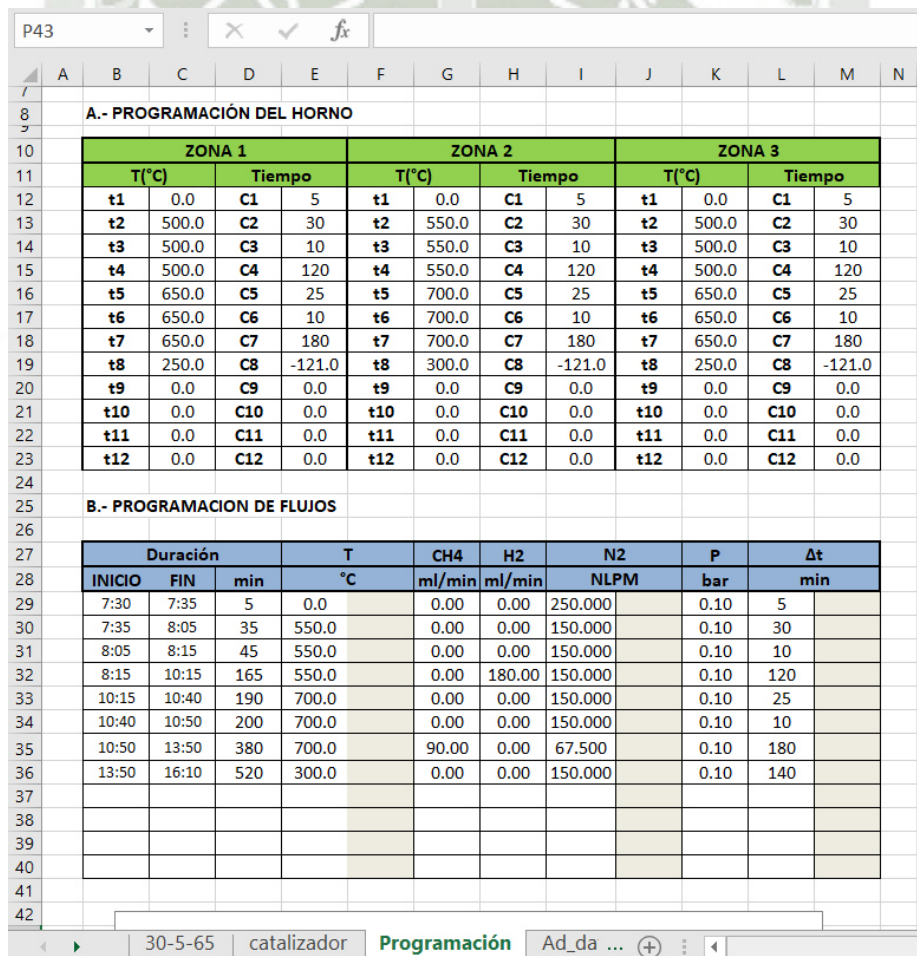


Figura 99: Adquisición de data sin un Sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, los resultados obtenidos son muy notables después que el Sistema SCADA ha sido implementado en el proceso, donde podemos observar el orden y la gran cantidad de data adquirida del ensayo. Los datos adquiridos son obtenidos directamente del sistema y no existe perdida de datos, en adición a ello el Sistema SCADA permite la generación de graficas del comportamiento del sistema y de sus variables como presión, temperatura, flujo másico, de cada uno de los subsistemas.

Debido a que toda la información del ensayo se encuentra Excel este puede ser imprimido directamente para generar un informe o puede ser modificado a gusto del usuario.



A.- PROGRAMACIÓN DEL HORNO

ZONA 1				ZONA 2				ZONA 3			
T(°C)		Tiempo		T(°C)		Tiempo		T(°C)		Tiempo	
t1	0.0	C1	5	t1	0.0	C1	5	t1	0.0	C1	5
t2	500.0	C2	30	t2	550.0	C2	30	t2	500.0	C2	30
t3	500.0	C3	10	t3	550.0	C3	10	t3	500.0	C3	10
t4	500.0	C4	120	t4	550.0	C4	120	t4	500.0	C4	120
t5	650.0	C5	25	t5	700.0	C5	25	t5	650.0	C5	25
t6	650.0	C6	10	t6	700.0	C6	10	t6	650.0	C6	10
t7	650.0	C7	180	t7	700.0	C7	180	t7	650.0	C7	180
t8	250.0	C8	-121.0	t8	300.0	C8	-121.0	t8	250.0	C8	-121.0
t9	0.0	C9	0.0	t9	0.0	C9	0.0	t9	0.0	C9	0.0
t10	0.0	C10	0.0	t10	0.0	C10	0.0	t10	0.0	C10	0.0
t11	0.0	C11	0.0	t11	0.0	C11	0.0	t11	0.0	C11	0.0
t12	0.0	C12	0.0	t12	0.0	C12	0.0	t12	0.0	C12	0.0

B.- PROGRAMACION DE FLUJOS

Duración			T	CH4	H2	N2	P	Δt
INICIO	FIN	min	°C	ml/min	ml/min	NLPM	bar	min
7:30	7:35	5	0.0	0.00	0.00	250.000	0.10	5
7:35	8:05	35	550.0	0.00	0.00	150.000	0.10	30
8:05	8:15	45	550.0	0.00	0.00	150.000	0.10	10
8:15	10:15	165	550.0	0.00	180.00	150.000	0.10	120
10:15	10:40	190	700.0	0.00	0.00	150.000	0.10	25
10:40	10:50	200	700.0	0.00	0.00	150.000	0.10	10
10:50	13:50	380	700.0	90.00	0.00	67.500	0.10	180
13:50	16:10	520	300.0	0.00	0.00	150.000	0.10	140

Figura 100: Programación del Ensayo

Fuente: Elaboración Propia

Formato de Control		Registro de datos de ensayo en el reactor CVD														FORM-LICMA-004									
Versión 2															Página 1 de 1										
Fecha	Código	Responsables																							
Hora	Temperatura	Metano - CH4					Hidrogeno - H2					Nitrogeno - N2					Presion - P		T1	T2	T3	Term1	Term2	Term3	
		PSIA	T °C	FV	ml/min	S.pois t	PSIA	T °C	FV	ml/min	S.pois t	PSIA	T °C	FV	MLPM	S.pois t	Bar	S.pois t	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
7:30:00	1	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1405	26.09	27.68	0.250	0.250	0.01	0.10	26.00	23.00	23.00	26.00	23.00	23.00	
7:31:00	2	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1403	26.08	27.68	0.250	0.250	0.02	0.10	26.00	22.00	23.00	26.00	22.00	23.00	
7:32:00	3	1103	25.45	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1406	26.07	27.68	0.250	0.250	0.01	0.10	27.00	23.00	22.00	27.00	23.00	22.00	
7:33:00	4	1103	25.42	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1402	26.08	27.68	0.250	0.250	0.01	0.10	26.00	22.00	23.00	26.00	22.00	23.00	
7:34:00	5	1101	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1405	26.07	27.68	0.250	0.250	0.02	0.10	26.50	22.00	22.50	26.50	22.00	22.50	
7:35:00	6	1104	25.43	0.00	0.00	0.00	1106	25.54	0.00	0.00	0.00	1403	26.09	27.68	0.250	0.250	0.01	0.10	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	
7:36:00	7	1102	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1305	26.09	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	42.20	43.90	42.20	37.70	39.40	37.70	
7:37:00	8	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.54	0.00	0.00	0.00	1304	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	57.90	61.30	57.90	53.40	56.80	53.40	
7:38:00	9	1103	25.42	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1307	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	73.60	78.70	73.60	69.10	74.20	69.10	
7:39:00	10	1106	25.45	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1305	26.09	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	89.30	96.10	89.30	84.80	91.60	84.80	
7:40:00	11	1103	25.44	0.00	0.00	0.00	1106	25.54	0.00	0.00	0.00	1304	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	105.00	113.50	105.00	100.50	109.00	100.50	
7:41:00	12	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1105	25.55	0.00	0.00	0.00	1307	26.07	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	120.70	130.90	120.70	116.20	126.40	116.20	
7:42:00	13	1103	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.54	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	136.40	148.30	136.40	131.90	143.80	131.90	
7:43:00	14	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1105	25.55	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	152.10	165.70	152.10	147.60	161.20	147.60	
7:44:00	15	1103	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1305	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	167.80	183.10	167.80	163.30	178.60	163.30	
7:45:00	16	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1103	25.55	0.00	0.00	0.00	1304	26.09	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	183.50	200.50	183.50	179.00	196.00	179.00	
7:46:00	17	1103	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1307	26.08	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	199.20	217.90	199.20	194.70	213.40	194.70	
7:47:00	18	1103	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.56	0.00	0.00	0.00	1305	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	214.90	235.30	214.90	210.40	230.80	210.40	
7:48:00	19	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1305	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	230.60	252.70	230.60	226.10	248.20	226.10	
7:49:00	20	1102	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	246.30	270.10	246.30	241.80	265.60	241.80	
7:50:00	21	1104	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1304	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	262.00	287.50	262.00	257.50	283.00	257.50	
7:51:00	22	1104	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.54	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	277.70	304.90	277.70	273.20	300.40	273.20	
7:52:00	23	1102	25.46	0.00	0.00	0.00	1106	25.55	0.00	0.00	0.00	1304	26.08	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	293.40	322.30	293.40	288.90	317.80	288.90	
7:53:00	24	1103	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.54	0.00	0.00	0.00	1307	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	309.10	339.70	309.10	304.60	335.20	304.60	
7:54:00	25	1103	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.55	0.00	0.00	0.00	1305	26.09	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	324.80	357.10	324.80	320.30	352.60	320.30	
7:55:00	26	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1119	25.54	0.00	0.00	0.00	1304	26.09	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	340.50	374.50	340.50	336.00	370.00	336.00	
7:56:00	27	1103	25.43	0.00	0.00	0.00	1156	25.54	0.00	0.00	0.00	1307	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	356.20	391.90	356.20	351.70	387.40	351.70	
7:57:00	28	1105	25.43	0.00	0.00	0.00	1181	25.55	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	371.90	409.30	371.90	367.40	404.80	367.40	
7:58:00	29	1106	25.45	0.00	0.00	0.00	1198	25.54	0.00	0.00	0.00	1305	26.08	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	387.60	426.70	387.60	383.10	422.20	383.10	
7:59:00	30	1104	25.42	0.00	0.00	0.00	1207	25.54	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	403.30	444.10	403.30	398.80	439.60	398.80	
621	17:41:00	612	1102	25.45	0.00	0.00	0.00	1104	25.58	0.00	0.00	0.00	1307	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	300.40	350.40	300.40	295.90	345.90	295.90
622	17:42:00	613	1102	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1305	26.08	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	298.88	348.88	298.88	294.38	344.38	294.38
623	17:43:00	614	1102	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1305	26.09	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	297.36	347.36	297.36	292.86	342.86	292.86
624	17:44:00	615	1102	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	295.84	345.84	295.84	291.34	341.34	291.34
625	17:45:00	616	1102	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1304	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	294.32	344.32	294.32	289.82	339.82	289.82
626	17:46:00	617	1102	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.58	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	292.80	342.80	292.80	288.30	338.30	288.30
627	17:47:00	618	1102	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1304	26.07	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	291.28	341.28	291.28	286.78	336.78	286.78
628	17:48:00	619	1102	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1307	26.08	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	289.76	339.76	289.76	285.26	335.26	285.26
629	17:49:00	620	1102	25.44	0.00	0.00	0.00	1104	25.58	0.00	0.00	0.00	1305	26.09	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	288.24	338.24	288.24	283.74	333.74	283.74
630	17:50:00	621	1102	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1304	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	286.72	336.72	286.72	282.22	332.22	282.22
631	17:51:00	622	1102	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.58	0.00	0.00	0.00	1307	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	285.20	335.20	285.20	280.70	330.70	280.70
632	17:52:00	623	1102	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.59	0.00	0.00	0.00	1305	26.08	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	283.68	333.68	283.68	279.18	329.18	279.18
633	17:53:00	624	1102	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.60	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	282.16	332.16	282.16	277.66	327.66	277.66
634	17:54:00	625	1102	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.58	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	280.64	330.64	280.64	276.14	326.14	276.14
635	17:55:00	626	1102	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.58	0.00	0.00	0.00	1304	26.07	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	279.12	329.12	279.12	274.62	324.62	274.62
636	17:56:00	627	1102	25.46	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1307	26.08	27.68	0.150	0.150	0.01	0.10	277.60	327.60	277.60	273.10	323.10	273.10
637	17:57:00	628	1102	25.43	0.00	0.00	0.00	1104	25.57	0.00	0.00	0.00	1305	26.07	27.68	0.150	0.150	0.02	0.10	276.08					

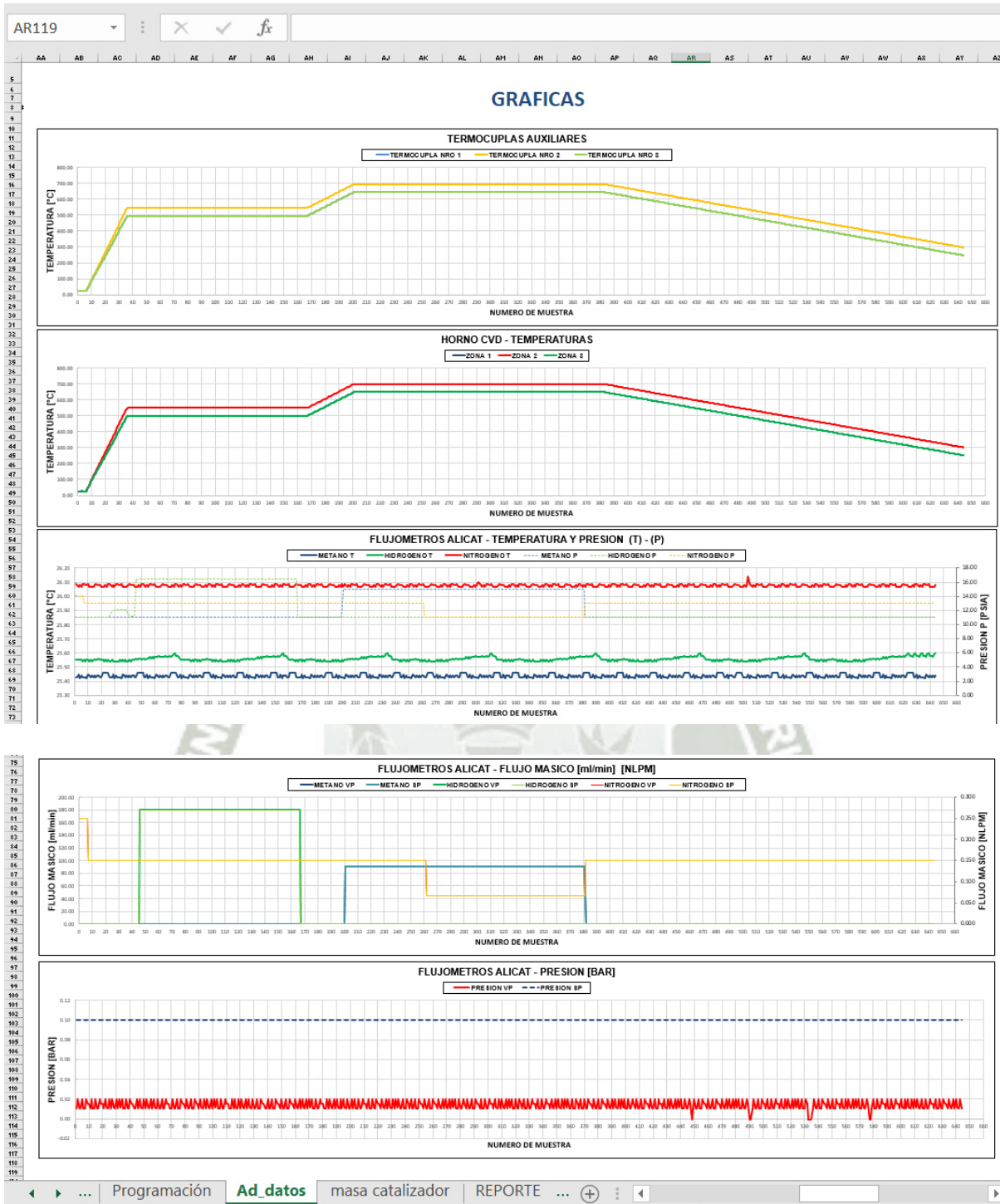


Figura 102: Generación de gráficas del Ensayo
Fuente: Elaboración Propia

Capítulo V: COSTE ECONOMICO DEL PROYECTO

Para el desarrollo y diseño del Sistema SCADA del proyecto de tesis, se realizó un análisis y selección de materiales, equipos y componentes electrónicos de bajo costo y de fácil obtención en el medio local. Demostrando así que la implementación de este sistema es viable, eficaz y de bajo presupuesto.

A continuación, se detalla el costo económico que se invirtió para la integración de cada uno de los subsistemas que integran el Sistema SCADA.

Se dividió en cuatro partes las cuales son:

- Subsistema de control de flujo y presión
- Subsistema de control de temperatura del Horno CVD
- Subsistema de termocuplas auxiliares.
- Tablero de Comunicación

4.3. Costo del Subsistema de control de flujo y presión

Tabla 22:
Costo del Subsistema de control de flujo y presión

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Cable DB9-USB	4	S/ 12.00	S/ 48.00
Caja Modular 200x200x80	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Conector DB9 Hembra	3	S/ 1.00	S/ 3.00
Conector XLR Hembra	3	S/ 4.00	S/ 12.00
Conector XLR Macho	3	S/ 4.00	S/ 12.00
		SUB TOTAL	S/ 90.00

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Costo del Subsistema de control de temperatura del Horno CVD

Tabla 23:

Costo del Subsistema de control de temperatura del Horno CVD

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Arduino Mega	1	S/ 23.50	S/ 23.50
Cables para pines	15	S/ 0.20	S/ 3.00
Caja Modular 150x150x80	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Case Arduino Mega	1	S/ 7.00	S/ 7.00
Módulo MAX 6675	3	S/ 35.00	S/ 105.00
Placa de Circuito	1	S/ 5.00	S/ 5.00
		SUB TOTAL	S/ 153.50

Fuente: Elaboración Propia

4.5. Costo del Subsistema de termocuplas auxiliares.

Tabla 24:

Costo del Subsistema de termocuplas auxiliares.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Arduino Uno	1	S/ 13.50	S/ 13.50
Caja Modular 150x150x80	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Case Arduino Uno	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Convertidor de nivel lógico	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Módulo MAX 31850	3	S/ 47.00	S/ 141.00
Placa de Circuito	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Quemado de Placa	1	S/ 10.00	S/ 10.00
		SUB TOTAL	S/ 199.50

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Costo del Tablero de Comunicación

Tabla 25:
Costo del Tablero de Comunicación

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Cable extensor USB	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Caja Modular 100x100x70	1	S/ 6.00	S/ 6.00
Caja Modular 150x150x80	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Caja Modular 200x200x80	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Canaleta 20x20x8 metros	2	S/ 8.00	S/ 16.00
Hub de 7 puertos	1	S/ 72.00	S/ 72.00
Plancha Acrílico	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Soldadura Estaño	1	S/ 10.00	S/ 10.00
		SUB TOTAL	S/ 209.00

Fuente: Elaboración Propia

4.7. Costo Total del Proyecto

Tabla 26:
Costo Total del Proyecto

Subtotales	Precio Total
Subsistema de control de flujo másico y presión	S/ 90.00
Subsistema de control de temperatura del Horno CVD	S/ 153.50
Subsistema de termocuplas auxiliares	S/ 199.50
Tablero de Comunicación	S/ 209.00
TOTAL	S/ 652.00

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

Al término de este proyecto de tesis se encontraron resultados satisfactorios, a continuación, mencionaremos las conclusiones del presente trabajo.

En relación al objetivo general:

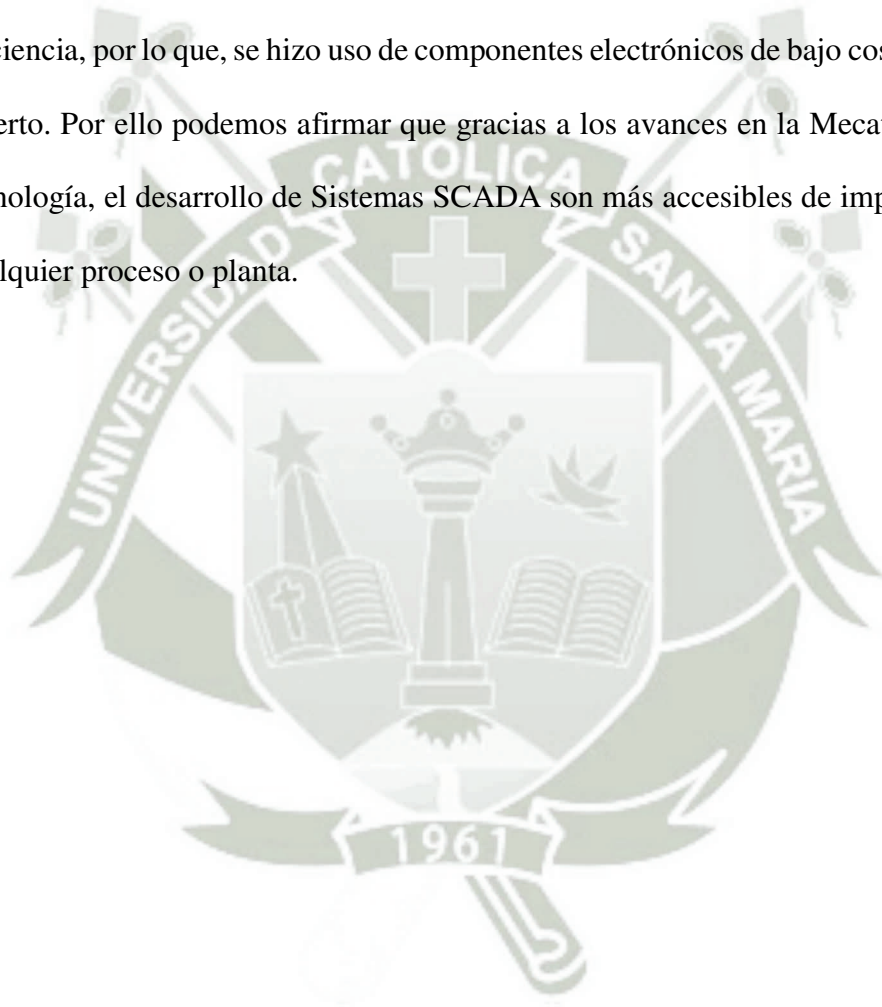
- Se implementó e integró un Sistema SCADA al proceso de obtención de trazas de fibra de carbono en el Laboratorio de Investigación de Materiales de la Universidad Católica de Santa María.

Considerando los objetivos específicos:

- Se definió tres subsistemas del proceso de obtención de trazas de fibra de carbono los cuales son el subsistema de control de flujo y presión, el subsistema de control de temperatura del Horno CVD y el subsistema de termocuplas auxiliares.
- Se integró los tres subsistemas a un mismo sistema de control usando estándar de comunicación RS-232 para el subsistema de control de flujo y presión y UART para los subsistemas de control de temperatura del Horno CVD y termocuplas auxiliares, usando topología Estrella.
- Se diseñó y desarrollo un HMI para el Sistema SCADA, usando como ambiente gráfico y de programación el Visual Basic 6.0, este programa permitió generar un software ejecutable que se encarga de la supervisión y control de las variables de una prueba o

ensayo y que es compatible con cualquier Sistema Operativo Windows, desde la versión Windows 2000 hasta la actual Windows 10. Se comunicó el SISTEMA SCADA con la aplicación Microsoft Excel para que realice las funciones de graficar, manejar y adquirir la data de los ensayo o pruebas.

- El Hardware que se usó en este trabajo tuvo como prioridad el bajo costo y máxima eficiencia, por lo que, se hizo uso de componentes electrónicos de bajo costo y de código abierto. Por ello podemos afirmar que gracias a los avances en la Mecatrónica y de la tecnología, el desarrollo de Sistemas SCADA son más accesibles de implementarse en cualquier proceso o planta.



RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar las siguientes acciones previas antes de usar el SISTEMA SCADA en una prueba o ensayo.

- Abrir las válvulas de los gases que se usaran en el ensayo.
- Alimentar/Encender los Controladores ALICAT (de flujos y de presión), desde el UPS (uninterruptible power supply) y encender el sistema de potencia del horno CVD.
- Encender la PC – Laboratorio y conectar la salida USB del sistema a un puerto.
- Verificar que los subsistemas tienen comunicación con la computadora, para ello se ingresará a “Administrador de Dispositivos”, que se encuentra como acceso directo en el escritorio o de lo contrario ingresar a través de “Panel de Control”.

Durante el uso del sistema se recomienda:

- No cambiar la hoja de Excel y/o abrir otro libro de Excel.
- Mantener energizado todo el sistema y no desconectar el cable de comunicación de la computadora.
- Hacer uso de la campana extractora, para retirar los gases del ambiente.

Al terminar de usar el sistema se recomienda:

- Desconectar la comunicación con los subsistemas.
- Dejar todos los controladores en cero ya sea flujo, presión, etc.
- Cerrar las válvulas de los gases.

No deberá modificar el hardware del sistema sin antes no haber estudiado a profundidad el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adafruit. (2017). *SENSORS / TEMPERATURE / THERMOCOUPLE AMPLIFIER WITH 1-WIRE BREAKOUT BOARD - MAX31850K*. Obtenido de <https://www.adafruit.com/product/1727>
- Aguirre Zapata, D. (2013). *Desarrollo de un sistema SCADA para uso en pequeñas y medianas empresas*. Piura: Universidad de Piura.
- Alicat. (23 de Mayo de 2014). *Alicat Scientific*. Obtenido de <http://www.alicat.com/products/pressure-controllers/single-valve-pressure-controllers/>
- Alicat. (2016). *Operating Manual - Precision Gas Mass Flow Controllers*.
- Arranz, Q. (12 de Mayo de 2013). *Excel y VBA*. Obtenido de <https://excelyvba.com/que-es-un-modulo-de-vba/>
- Baker, R. T. (1989). Catalytic Growth of carbon filaments. *Carbon Vol. 58 n°2*, 315-323.
- Banzi, M. (2011). *Getting Started with Arduino*. Estados Unidos: Make.
- Barbosa. (27 de Noviembre de 2015). *SEACCNA*. Obtenido de <http://www.seaccna.com/modelo-si-guia-definitiva/>
- Bicsi, B. (2002). *Network Design Basics for Cabling Professionals*. McGraw-Hill Professional.
- Castells, M. (1997). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura (Vol I: La sociedad red)*. Madrid: Alianza Editorial.
- D.L.M. (2004, Octubre). *DISPOSITIVOS LÓGICOS MICROPROGRAMABLES*. Retrieved from http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm#modos_de_transmision
- EcuRed. (30 de Mayo de 2011). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Sistema_SCADA
- ElectroCrea. (2017). *ElectroCrea*. Obtenido de <https://electrocrea.com/products/arduino-uno>

García de Jalón, J., Ignacio Rodríguez, J., & Brazález, A. (1999). *Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero*. San Sebastián: Universidad de Navarra.

García, J. (10 de Diciembre de 2012). *Scribd*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/76466757/HISTORIA-SCADA>

Geocities. (2012, Diciembre 11). *FUNCIONES DEL SISTEMA SCADA*. Retrieved from http://www.oocities.org/gabrielordonez_ve/FUNCIONES_DEL_SISTEMA_SCADA.html

Gomez-Aleixandre, C. (29 de Abril de 2001). *Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid*. Obtenido de <http://www.icmm.csic.es/fis/espa/cvd.html>

Guerrero, V., Yuste, R., & Martínez, L. (2009). *Comunicaciones Industriales*. Mexico: Marcombo.

How Product are Made. (26 de Marzo de 2006). *How Product are Made*. Obtenido de <http://www.madehow.com/Volume-4/Carbon-Fiber.html>

Ies Haria. (15 de Octubre de 2014). Obtenido de https://smr.iesharia.org/wiki/doku.php/rde:ut2:capa_fisica

ITU-ISO-IEC. (01 de Julio de 1994). *Committed to connecting the world*. Obtenido de <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=2820>

Margolis, M. (2012). *Arduino Cookbook*. Estados Unidos: O'Reilly.

Microsoft. (23 de Abril de 2006). *Microsoft*. Obtenido de <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyId=D7E31492-2595-49E6-8C02-1426FEC693AC&displaylang=en>

MSDN, M. (11 de Diciembre de 2009). *Office*. Obtenido de Excel 2010 - Office 2010 - SharePoint Server 2010: <https://msdn.microsoft.com/es->

es/library/office/ee814737(v=office.14).aspx#odc_Office14_ta_GettingStartedWithVBAInExcel2010_WhyUseVBAInExcel2010

Naylamp. (2017). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de

<http://www.naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/331-transmisor-para-termocupla-max6675.html>

Park, J., & Cho, W. (2001). Argonne National Laboratory. *Chemical Vapor Deposition*. Utah, Ohio, United States: ASM.

Reddy, A. (Abril de 2014). *Carbon Fibers Manufacturing*. Obtenido de Researchgate:

https://www.researchgate.net/publication/261912956_Carbon_Fibers_Manufacturing

See, C., & Harris, A. (2007). A review of carbon nanotubes synthesis via fluidized - Bed Chemical Vapor Deposition. En *Industrial Engineering Chemistry* (págs. 996-1012).

Support Microsoft. (24 de Abril de 2017). *Sopote Técnico de Microsoft*. Obtenido de

<https://support.microsoft.com/es-es/help/103884/the-osi-model-s-seven-layers-defined-and-functions-explained>

Tech on the net. (s.f.). Obtenido de

https://www.techonthenet.com/excel/macros/visual_basic_editor2016.php

Troelsen, A. (2008). *Pro VB 2008 and the .NET 3.5 Platform*. Apress.

Wikipedia. (31 de Mayo de 2017). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/D-sub>

Wikipedia. (Marzo de 2017). *Wikipedia The Free Encyclopedia*. Obtenido de

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Visual_Basic_6.0_logo.png

Yudian. (2016). *AI SERIES ARTIFICIAL INTELLIGENCE INDUSTRIAL CONTROLLER*

Operation Instruction. Obtenido de

<https://www.yudian.com.hk/app/download/7245340846/TemperatureControllerAI708708P808808Pv70r3.pdf>.

Yudian, X. (29 de Noviembre de 2012). *Xiamen Yudian Automation Technology*. Obtenido de <http://www.yudianautomation.com/index.php/Product/63#>

Zimmerman, H. (26 de Noviembre de 2015). *IEEE Transactions on Communications*. Obtenido de http://www.comsoc.org/livepubs/50_journals/pdf/RightsManagement_eid=136833.pdf



ANEXOS

ANEXO 01: “MANUAL DE USUARIO – SISTEMA SCADA HORNO REACTOR CVD”

ANEXO 02: CIRCUITOS DEL TABLERO DE COMUNICACIÓN

ANEXO 03: CÓDIGO DEL HMI – VISUAL BASIC 6.0

ANEXO 04: CÓDIGO DE TARJETAS ARDUINO UNO Y ARDUINO MEGA

ANEXO 05: CÓDIGO FUNCIONES PERSONALIZADAS EN VBA EXCEL

ANEXO 06: MANUAL DE CONTROLADORES ALICAT DE FLUJO MASICO Y
PRESION

ANEXO 07: MANUAL DE CONTROLADORES DE TEMPERATURA YUDIAN

ANEXO 08: DATASHEET MAX 6675

ANEXO 09: DATASHEET MAX 31850

ANEXO 01: “MANUAL DE USUARIO – SISTEMA

SCADA HORNO REACTOR CVD”



" Año del Buen Servicio al Ciudadano "

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE CIENCIA DE LOS MATERIALES MANUAL DE USUARIO – SISTEMA SCADA HORNO REACTOR CVD



Duración (minutos)		Programación de flujos				Programación de Horno CVD						ALARMAS:	
Inicio	Fin	Int.	CH4	H2	N2	Presion	T1	C1	T2	C2	T3	C3	
1			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
2			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
3			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
4			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
5			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
6			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
7			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
8			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
9			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
10			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
11			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00
12			0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	00:00

Elaborado Por:
ONQUE QUIRITA, Marcos Everaldo
marcosonque@outlook.com

Contenido

1. Introducción y generalidades	3
2. Requerimientos del Sistema	3
3. Versión del Sistema	3
4. Instalación y configuración	3
5. Uso del Software	4
5.1 Acciones Previas	4
5.2 Inicializar el software	6
5.3 Tipo de mando Manual	8
5.4 Tipo de mando Automático	18
6. Solución de Problemas	29

MANUAL DE USUARIO – INTERFAZ SCADA HORNO REACTOR CVD

1. Introducción y generalidades

El siguiente manual incluye una descripción general de las funciones de SISTEMA SCADA HORNO REACTOR CVD, que usted como usuario utilizara para controlar y supervisar las variables del sistema, así como adquirir la información de todos los controladores a una base de datos.

El programa se desarrolló en el Laboratorio de Investigación de Ciencias de los Materiales - LICMA de la Universidad Católica de Santa María – 2017. Con el propósito de automatizar los ensayos y pruebas, realizadas para el obtención y estudio de trazas de fibra de carbono.

El programa está basado en lenguaje de programación C y para su desarrollo se usó Visual Basic 6.0, el software se encuentra actualizándose a cada momento por lo que se sugiere preguntar por su versión más reciente.

2. Requerimientos del Sistema

- ❖ Sistema Operativo: Windows 2000 hasta Windows 10
- ❖ Procesador: Dual Core de Intel o AMD 2.8 GHz
- ❖ Memoria: 2 GB de RAM
- ❖ Almacenamiento: 1 MB de espacio disponible

3. Versión del Sistema

- ❖ Versión 4.1.0 octubre del 2017

4. Instalación y configuración

Instalación: El programa no necesita instalación alguna, solo es necesario copiar el programa al escritorio y abrir el ejecutable.

Configuración: Sin embargo, para poder mejorar los detalles gráficos del programa se recomienda:

- Seleccionar **Propiedades** del programa.
- Ir a la ventana de **Compatibilidad**.
- Activar la casilla **“Invalidar el comportamiento de ajuste con valores altos de PPP. Ajuste realizado por”** Aplicación.

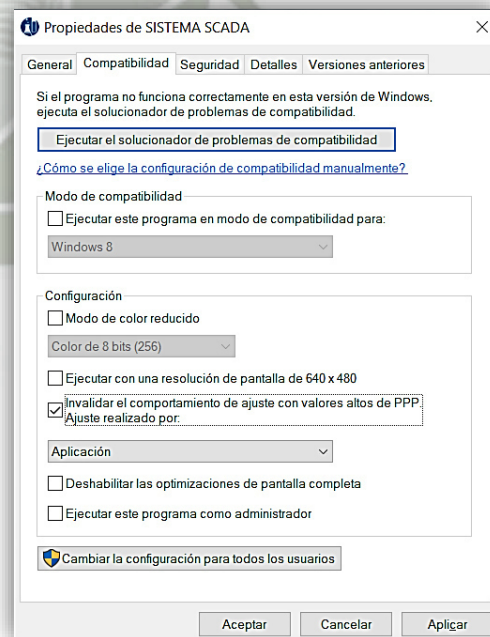


Figura 01: Propiedades – Compatibilidad del programa

5. Uso del Software

5.1 Acciones Previas

Para usar el programa primero se deber realizar los siguientes pasos, previos a empezar un ensayo o prueba.

- Abrir las válvulas de los gases que se usaran en el ensayo.
- Alimentar/Encender los Controladores ALICAT (de flujos y de presión), desde el UPS (uninterruptible power supply).
- Encender el sistema de potencia del horno CVD.
- Encender la PC – Laboratorio y conectar la salida USB al primer puerto.
- Verificar que los subsistemas tienen comunicación con la computadora, para ello se ingresara a **“Administrador de Dispositivos”**, que se encuentra como acceso directo en el escritorio o de lo contrario ingresar a través de **“Panel de Control”**.



Figura 02: Acceso directo de **Administrador de Dispositivos** en el escritorio.

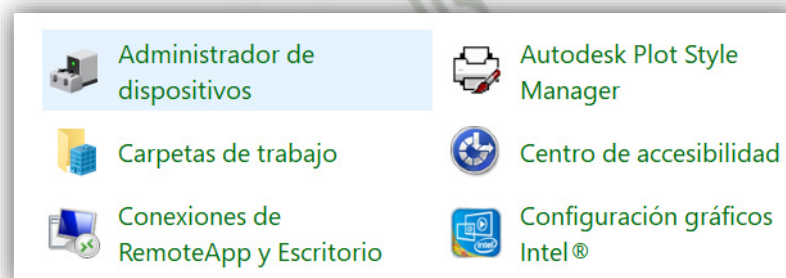


Figura 03: **Administrador de Dispositivos** en el **panel de control**.

- f) Una vez dentro del **“Administrador de Dispositivos”**, se verificará la comunicación en **“Puerto (COM y LPT)”**, donde se deberá observar todas las conexiones del sistema de control que son 6 en total.

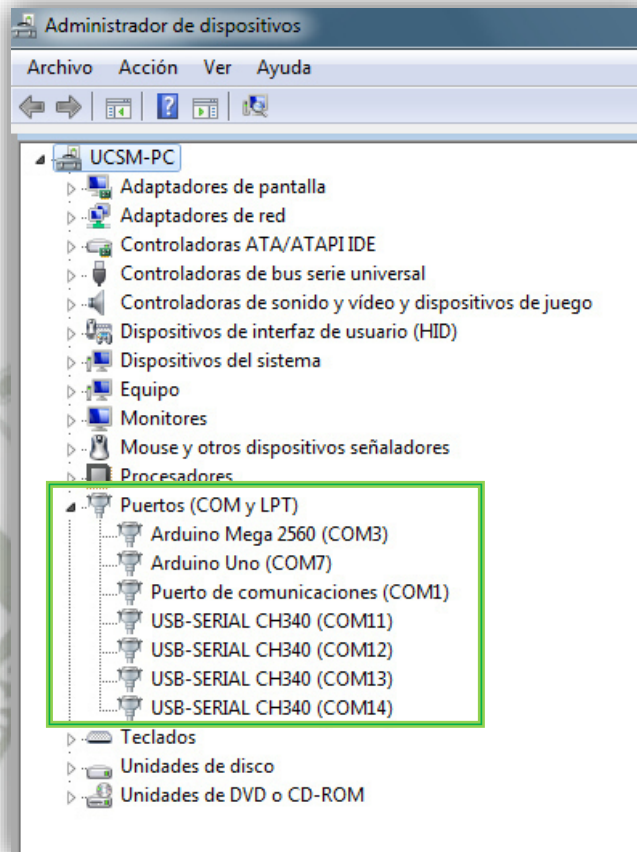


Figura 04: Administrador de Dispositivos

Como se podrá observar, existen un total de 7 que están siendo usados (**el Puerto de comunicaciones (COM1), viene como defecto del propio CPU**), de los cuales solo 6 son los que nos importan:

Puerto de Comunicación	Subsistema
Arduino Mega Uno (COM7)	Subsistema de Termocuplas Auxiliares
Arduino Mega 2560 (COM3)	Subsistema de Horno CVD Temperaturas
USB – SERIAL CH340 (COM11)	Controlador Alicat Gas: Metano CH4
USB – SERIAL CH340 (COM12)	Controlador Alicat Gas: Hidrógeno H2
USB – SERIAL CH340 (COM13)	Controlador Alicat Gas: Nitrógeno N2
USB – SERIAL CH340 (COM14)	Controlador Alicat de Presión

NOTA: Si por algún motivo uno o más dispositivos no se encuentran conectado o tienen falla de comunicación, solo necesita retirar la salida USB y de nueva conectarla al CPU (al mismo puerto).

- g) Si todo se encuentra conectado como en la figura anterior usted recién podrá usar el software **“SCADA Horno Reactor CVD”**.

5.2 Inicializar el software

Una vez realizada las acciones previas, se prosigue al uso de la aplicación.

- a) Lo primero es abrir el software **"SISTEMA SCADA.exe"**, que se encuentra disponible en el escritorio; en caso no se encuentre, podrá encontrarlo en la siguiente dirección **"D:\Laboratorio\SISTEMA SCADA.exe"** de la misma PC.



Figura 05: Aplicación **SISTEMA SCADA.exe**

- b) Una vez abierto se nos mostrará la primera ventana donde se deberá ingresar un usuario y contraseña para poder acceder al Sistema.



Figura 06: Ventana - Inicio de Sesión

NOTA: Por el momento el usuario y contraseña son: "" (Vacías), si se desea colocar un nuevo usuario y su contraseña respectiva, se deberá comunicar con la persona encargada del sistema para actualizar el programa.

- c) Una vez ingresado usuario y contraseña se presionará en **Ingresar** para acceder a la siguiente ventana.

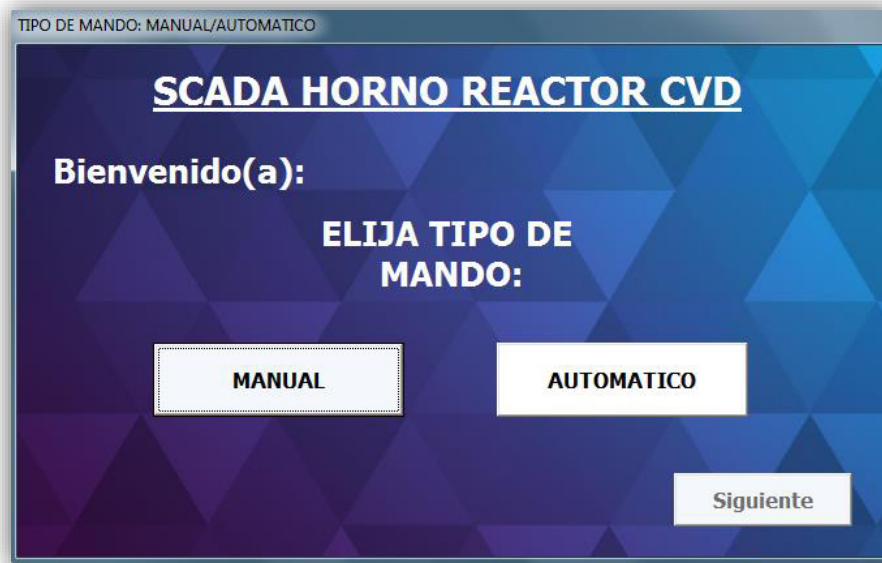


Figura 07: Ventana - Selección de Tipo de Mando

- d) La ventana anterior nos dará dos opciones a escoger sobre el tipo de mando que se desea sobre el sistema, donde:

❖ **Tipo de mando Manual:**

- Usted podrá modificar las variables del sistema en cualquier momento que crea necesario.
- La adquisición de data podrá ser inicializada o detenida en cualquier momento.
- Podrá crear una carpeta y guardar dentro el archivo Excel con toda la información obtenida durante el procedimiento.
- Podrá usarlo como solo supervisión del sistema si lo desea.

❖ **Tipo de mando Automático:**

- Usted hará uso de una tabla de programación donde llenará y decidirá las variables que deberán estar presentes en el sistema en intervalos de tiempo específicos.
- La adquisición de data inicializará y se detendrá en forma paralela a la tabla de programación especificada.
- Podrá crear una carpeta y guardar dentro el archivo Excel con toda la información obtenida durante el procedimiento.
- Podrá usarlo como solo supervisión del sistema si lo desea.

a) Una vez escogida la opción tendrá que aceptar y hacer click el botón de **Siguiente**.

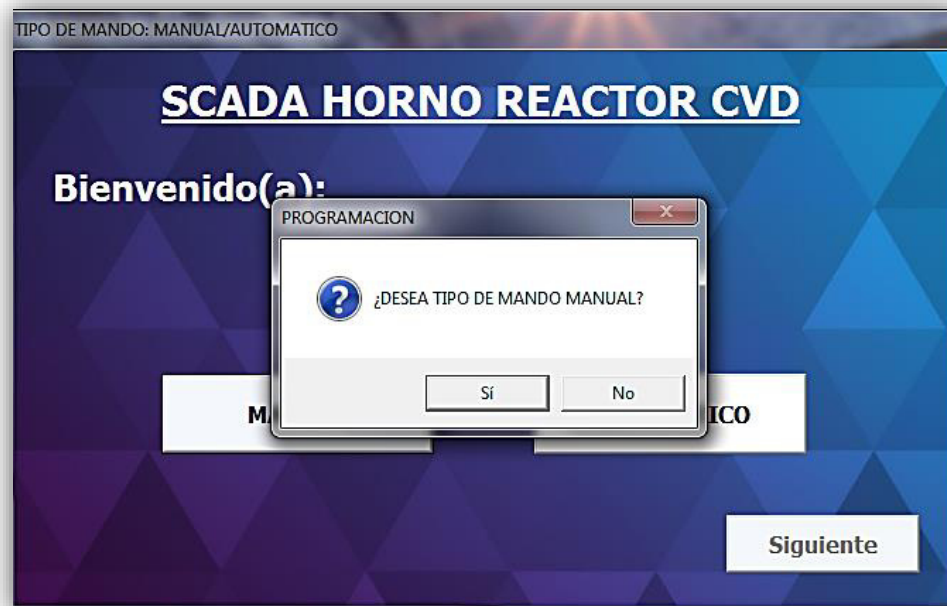


Figura 08: Ventana Emergente - Selección de Tipo de Mando

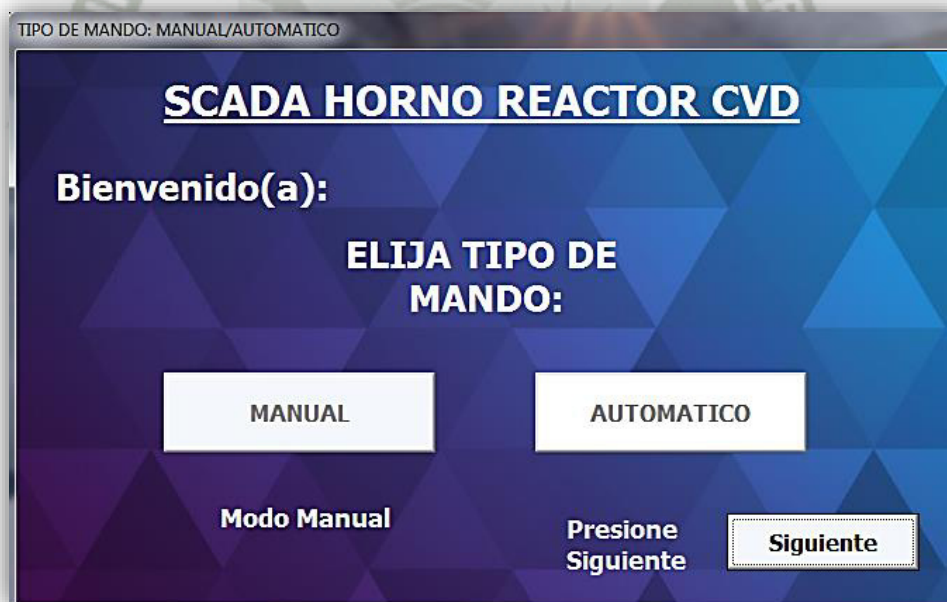


Figura 09: Ventana - Selección de Tipo de Mando > Siguiente

Nota: Si por algún motivo usted se confundió de escoger el tipo de mando solo haga click en **SALIR** de la siguiente ventana y entre nuevamente el programa.

- b) Después de dar click a **Siguiente** le aparecerá una nueva ventana en el cual usted tendrá que realizar en orden los siguientes pasos:

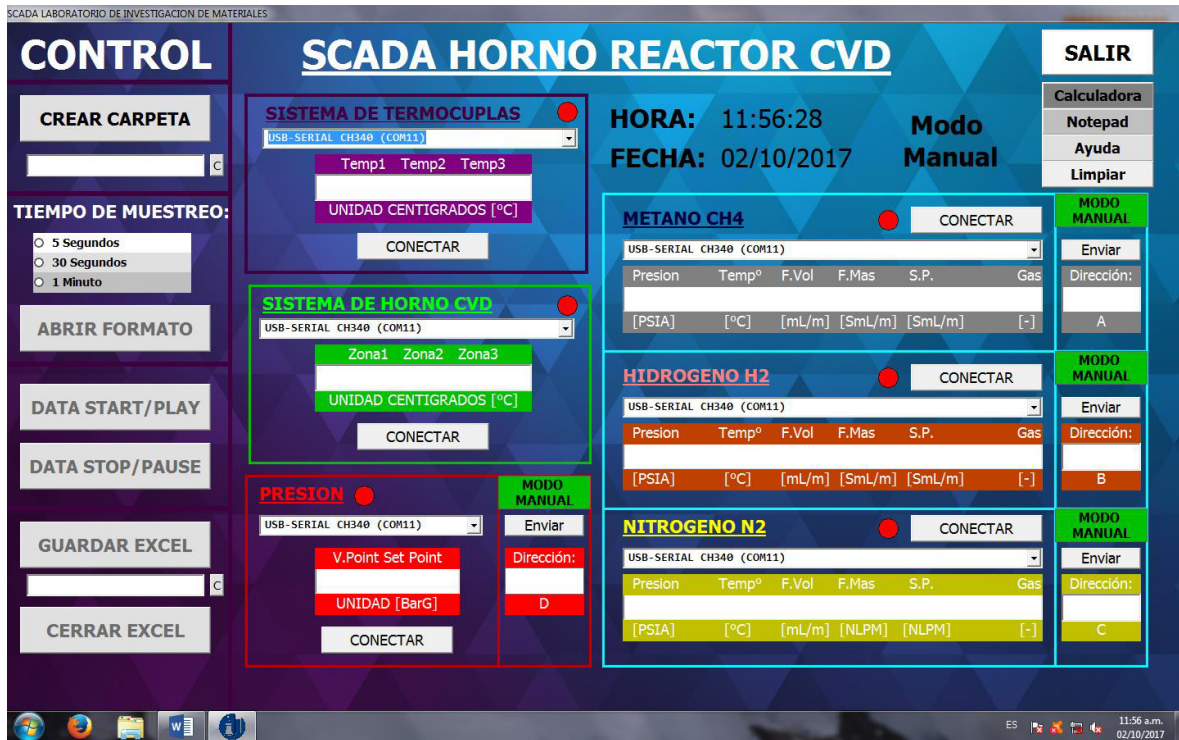


Figura 10: Ventana – SCADA HORNO REACTOR CVD

- c) Lo primero que deberá realizar será crear una carpeta, deberá escribir un nombre en la caja señalada y luego dar un click al botón **CREAR CARPETA** y le aparecerá una ventana auxiliar para confirmar.

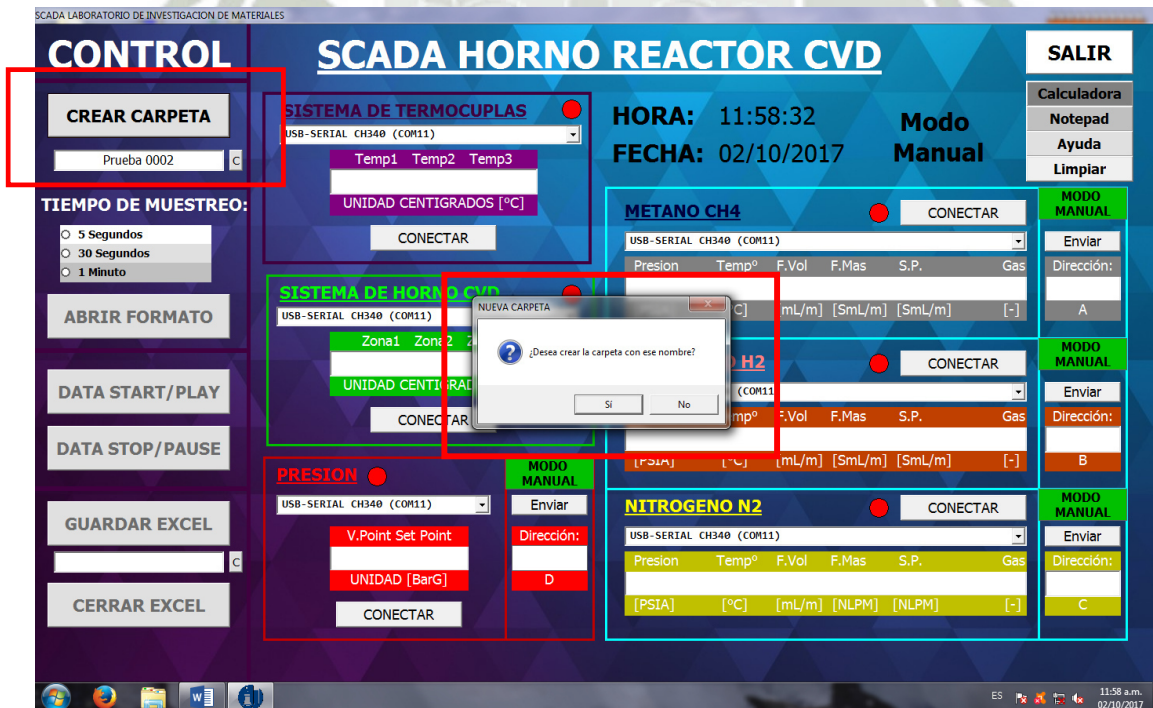


Figura 11: Ventana – Nombre para crear carpeta nueva

NOTA: Si existe otra carpeta con el mismo nombre, el programa le avisará (Figura 12) y deberá cambiar de nombre, dentro del cajón de texto no podrá usar la tecla **“Borrar”** por lo que si desea cambiar el nombre deberá usar **Suprimir** o **Seleccionar el texto y sobrescribir** o por ultimo usar el **botón** que esta al costado **“C” (Clear)**.

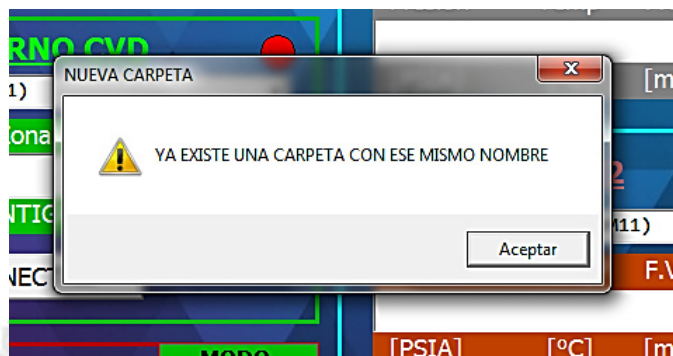


Figura 12: Ventana Emergente – Ya existe otra carpeta con ese mismo nombre

Si todo ha salido bien deberá confirmarle el sistema con otra ventana emergente.

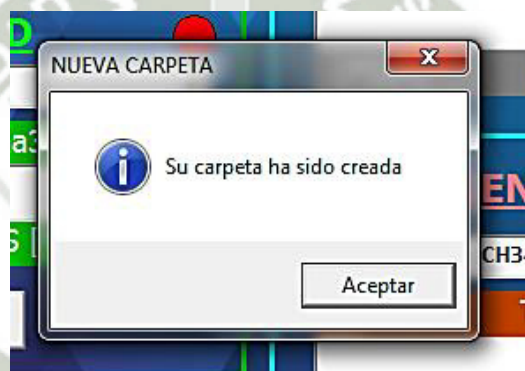


Figura 13: Ventana Emergente – Su carpeta ha sido creada

d) A continuación, deberá escoger un **TIEMPO DE MUESTREO** y hacer click en el botón **ABRIR EL FORMATO**, se fijará que se abrirá una hoja de Excel en su barra de tareas.



Figura 14: Aplicación Excel en la barra de tareas

e) Esta hoja de Excel se encontrará activa en la hoja de **Ad_Datos**, esta hoja de Excel contiene el formato usado en el laboratorio para registrar las variables del sistema.

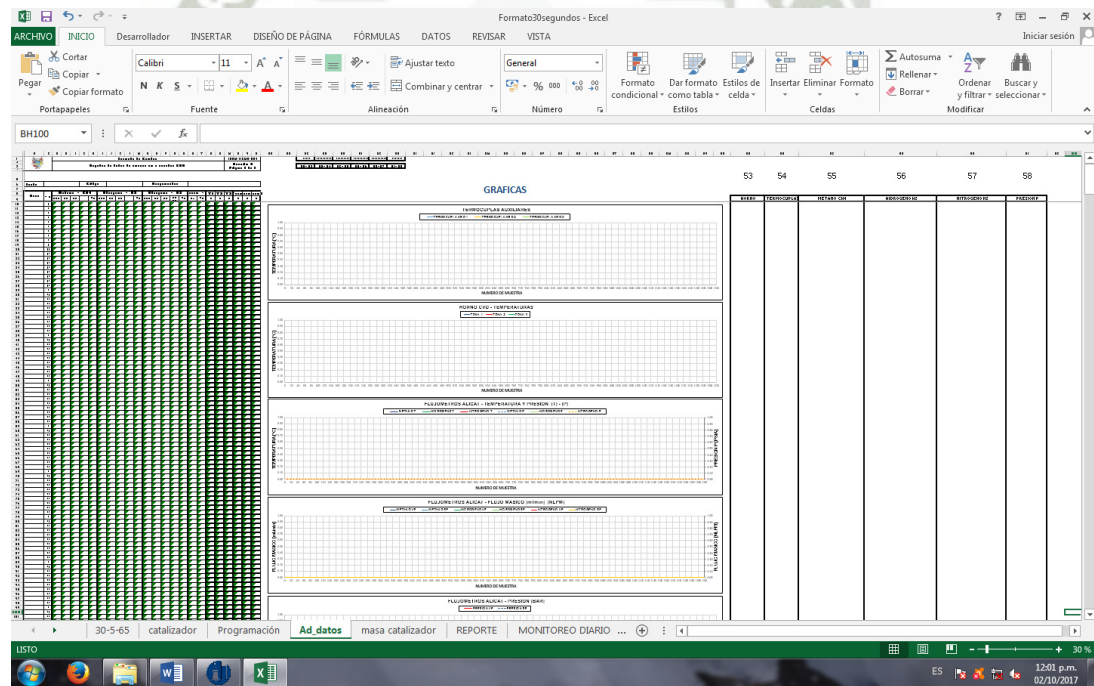
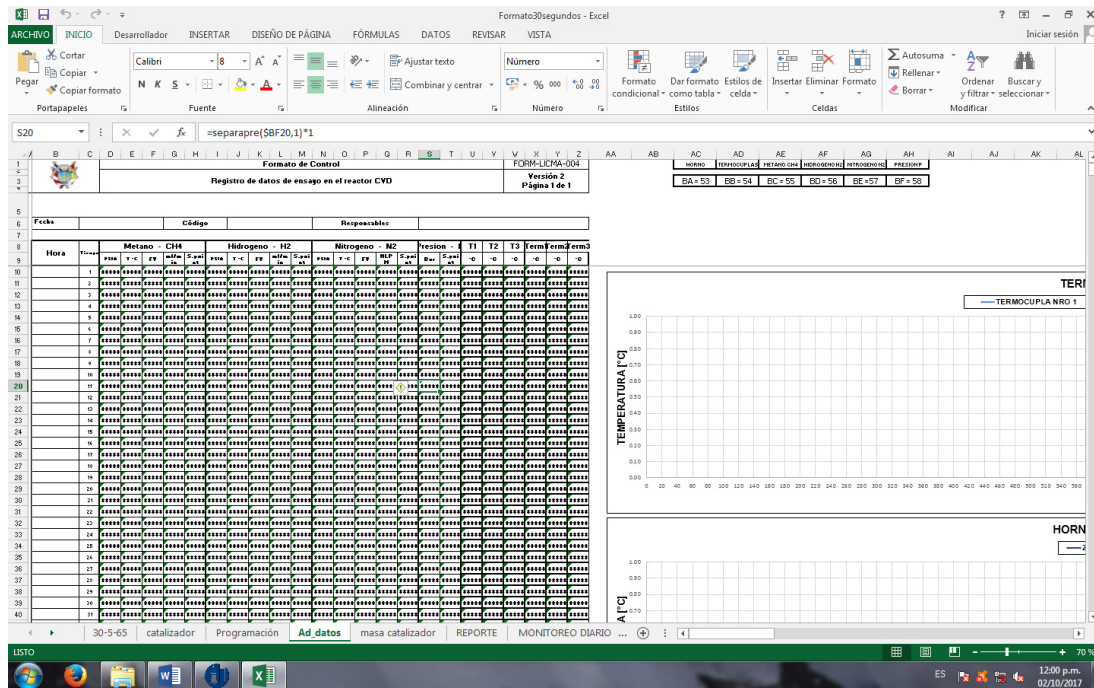


Figura 15: Aplicación Excel para la adquisición de data y representación en tiempo real.

NOTA: Por ningún motivo deberá cambiar la hoja activa hasta que finalice el ensayo, ni tampoco podrá usar o abrir otro documento Excel, ya que el sistema trabaja sobre la hoja activa más reciente, en el caso de que esta active otra hoja o libro de Excel la información ira a parar allá.

- f) Luego podemos minimizar el o esconder la aplicación Excel mas no cerrarla.
- g) A continuación, se procede a conectar todos los subsistemas escogiendo desde la lista en cada subsistema, puede realizarse en orden aleatorio, pero con la sugerencia de no hacerlo de manera rápida, sino que al conectar un subsistema se deberá esperar aproximadamente 2 segundos para conectar las siguiente. Una vez escogido el correcto Puerto COM deberá hacer click en **CONECTAR**.

La tabla para conectar es la siguiente.

Puerto de Comunicación	Subsistema
Arduino Mega Uno (COM7)	Subsistema de Termocuplas Auxiliares
Arduino Mega 2560 (COM3)	Subsistema de Horno CVD Temperaturas
USB – SERIAL CH340 (COM11)	Controlador Alicat Gas: Metano CH4
USB – SERIAL CH340 (COM12)	Controlador Alicat Gas: Hidrógeno H2
USB – SERIAL CH340 (COM13)	Controlador Alicat Gas: Nitrógeno N2
USB – SERIAL CH340 (COM14)	Controlador Alicat de Presión

Tabla 01: Dirección de puerto COM de los subsistemas

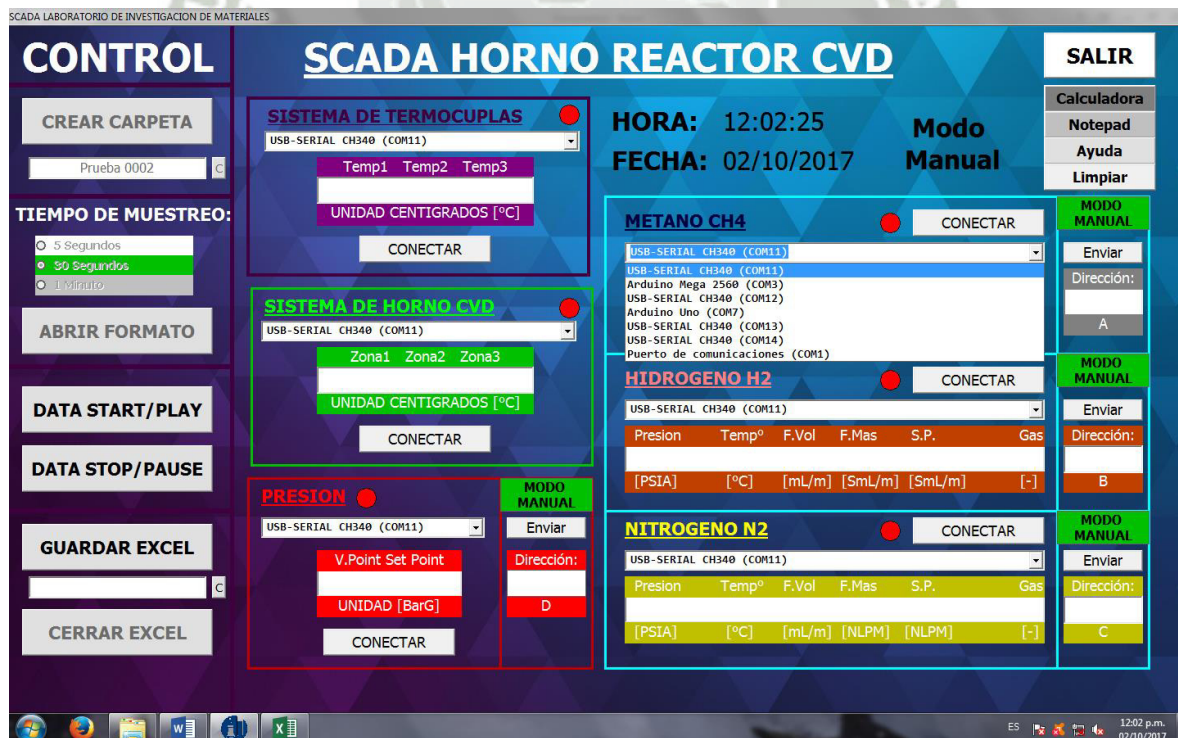


Figura 16: Conexión de todos los subsistemas al SISTEMA SCADA.

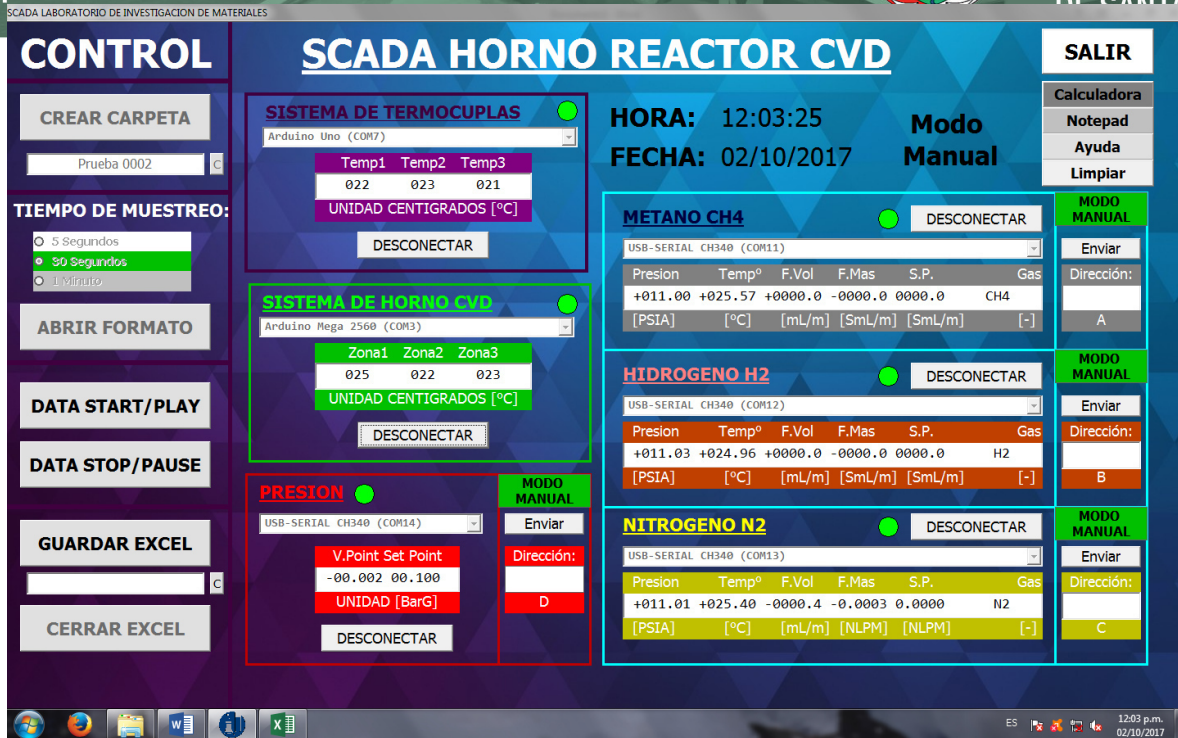


Figura 17: Todos los subsistemas conectados al SISTEMA SCADA.

NOTA: Tratar de no conectar dos veces el mismo puerto COM, en el caso que se haya conectado un subsistema en otro deberá **DESCONECTAR** y luego elegir el correcto.

- h) Una vez conectado todos los subsistemas podremos dar en cualquier momento empezar el guardado de la adquisición de data con un click en el botón **"DATA START/PLAY"**

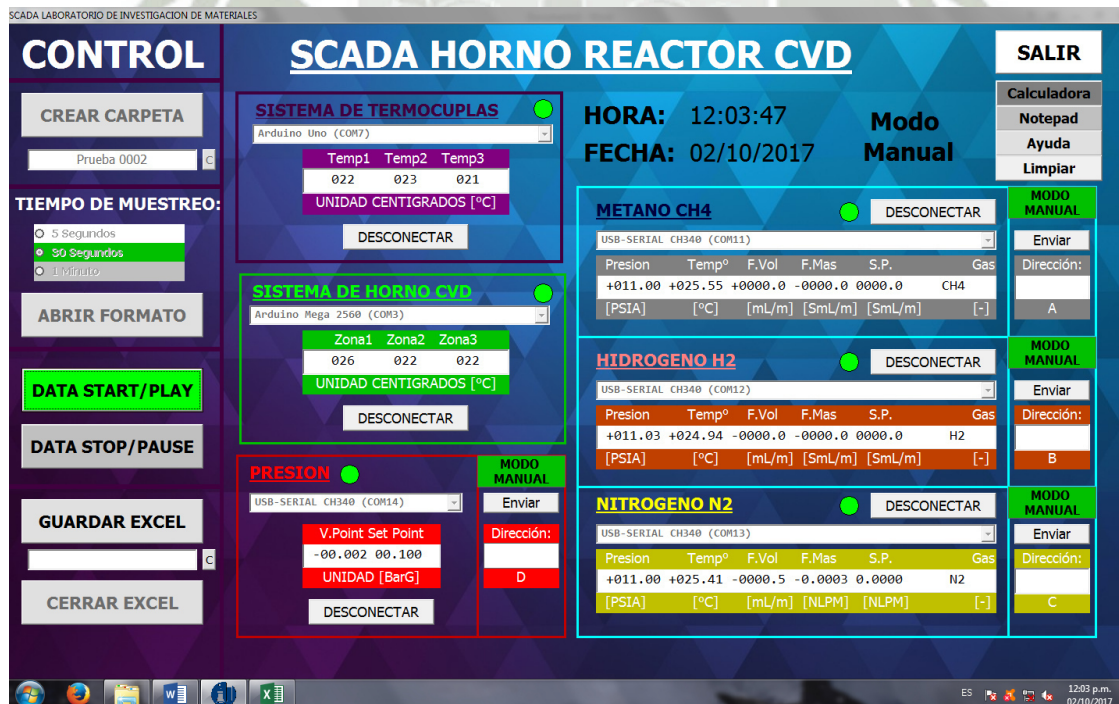


Figura 18: Inicio de adquisición de datos.

i) Toda la información recolectada será guardada en el Excel en un intervalo de tiempo, definido por el tiempo de muestreo escogido. De manera paralela también se empezará a graficar los datos.

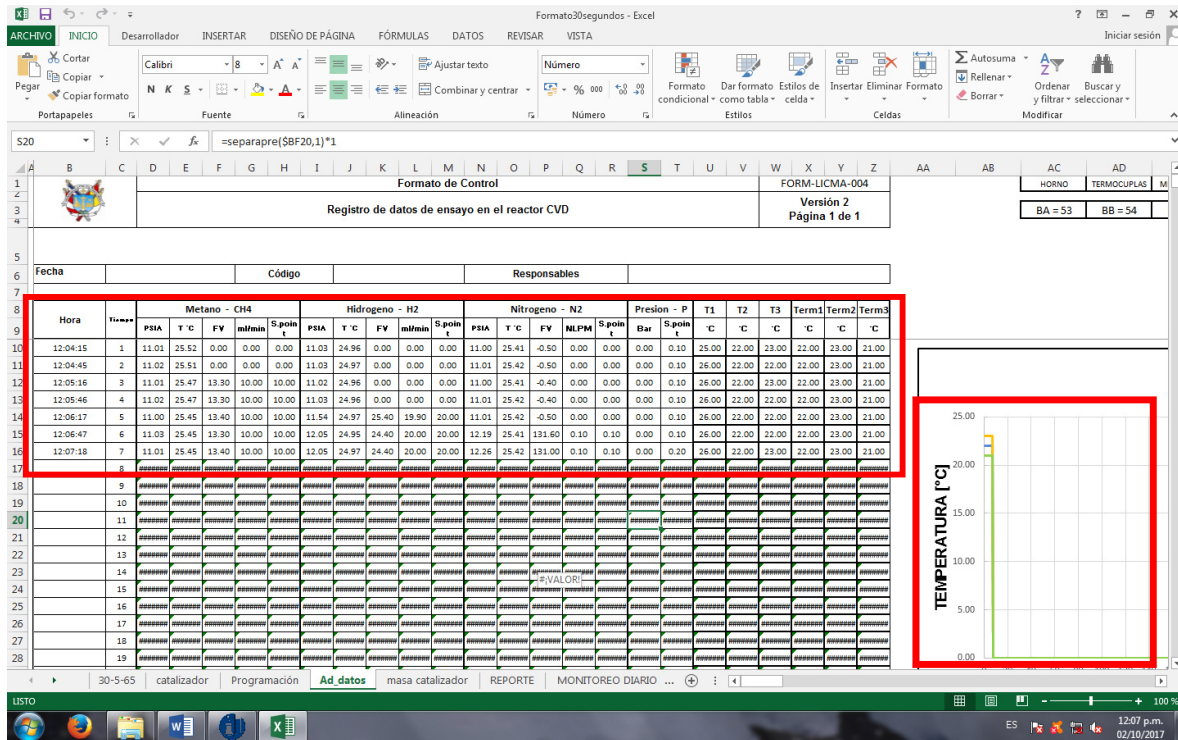


Figura 19: Los datos guardados en la hoja de Excel y también graficados.

j) Usted puede cambiar el flujo másico de cada gas a su gusto como la presión colocando el valor deseado en el cajetín del costado de cada uno de ellos y luego presionar **Enviar**.



Figura 20: Cambiando el Set Point del Metano de 0 a 10.

NOTA: Se recomienda esperar aproximadamente 5 segundos para cambiar otro gas y/o presión. Para evitar error en el direccionamiento del Set Point.

- k) Una vez finalizado el ensayo o prueba se deberá poner en Pausa la adquisición de datos haciendo click en **“DATA STOP/PAUSE”**, donde le aparecerá una ventana indicándole que los datos has sido pausados, confirmar y luego desconectar todos los subsistemas con **DESCONECTAR**.

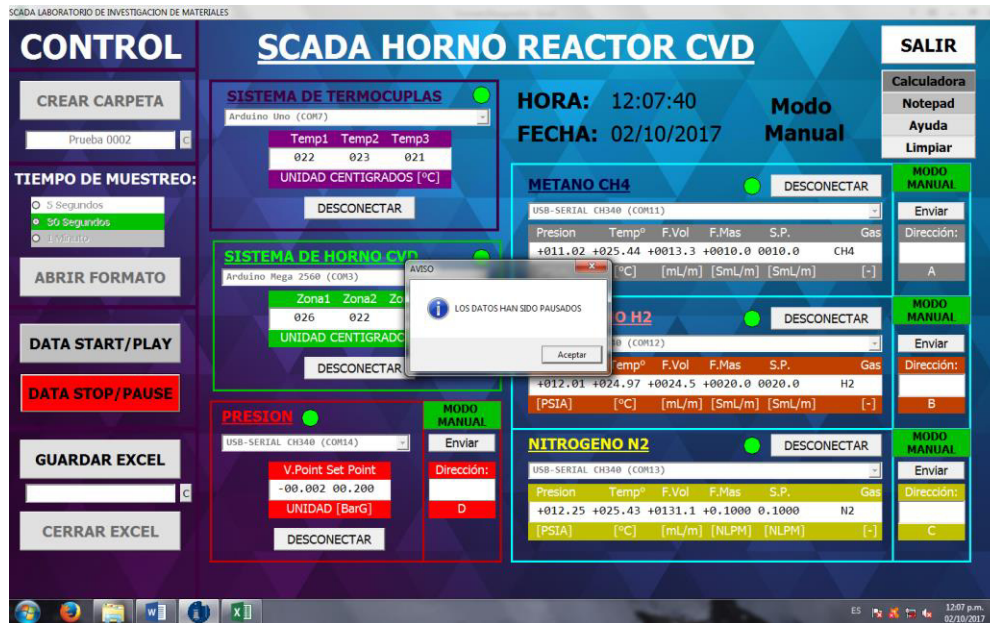


Figura 21: Finalización de adquisición de datos.

- l) Luego deberá escoger un nombre para el Libro de Excel para su posterior guardado haciendo click en **GUARDAR EXCEL** y luego esperar un momento para su posterior confirmación.

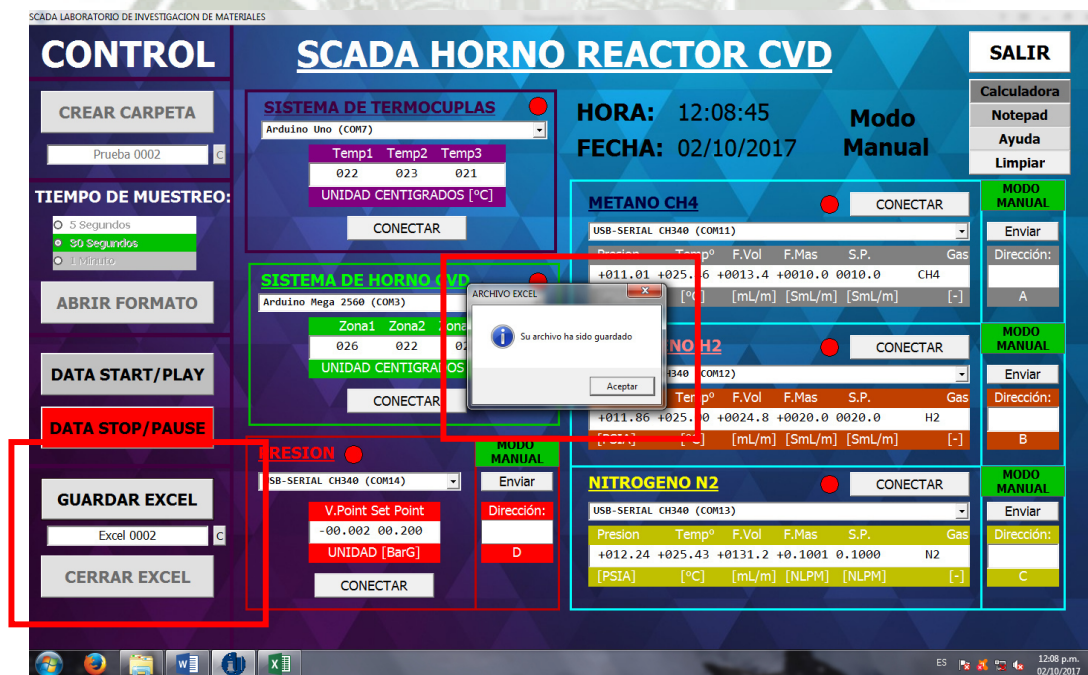


Figura 22: Guardado del Libro de Excel con la información obtenida.

m) Por ultimo deberá HACER CLIC EN **CERRAR EXCEL**, esperamos un momento que confirme que ha sido cerrado y por ultimo damos a **SALIR** para salir del programa

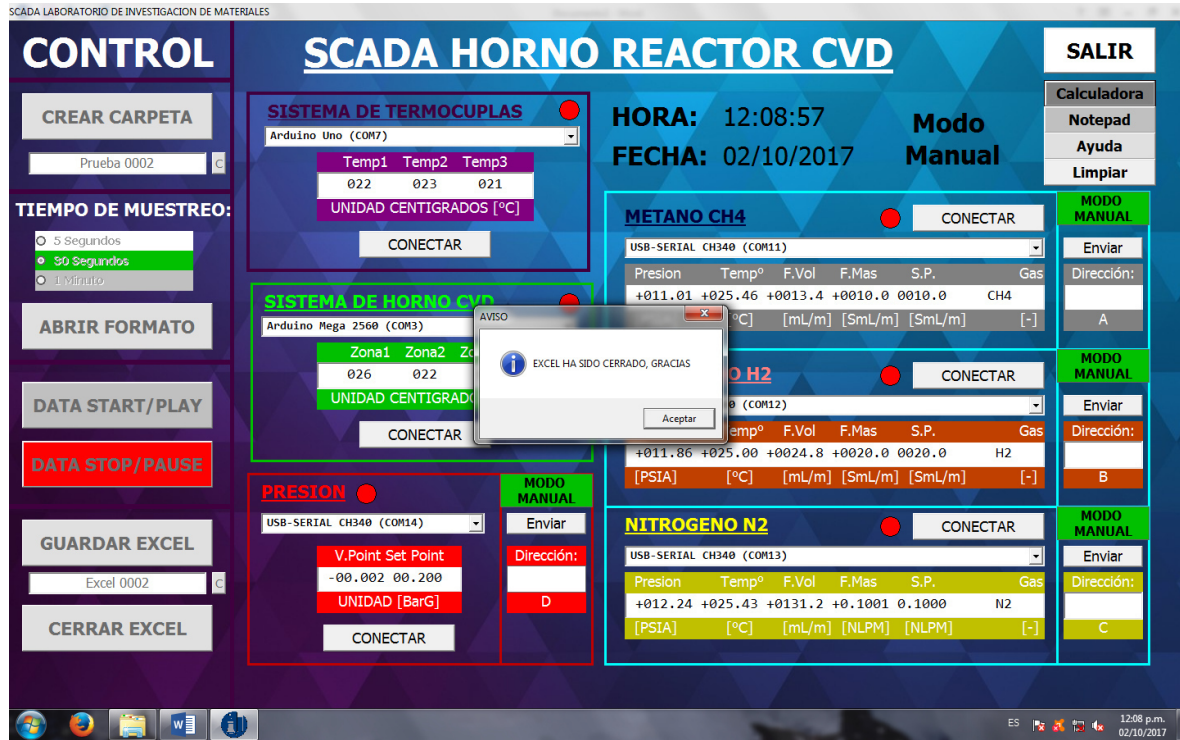


Figura 23: Ventana de confirmación de que Excel ha sido cerrado.

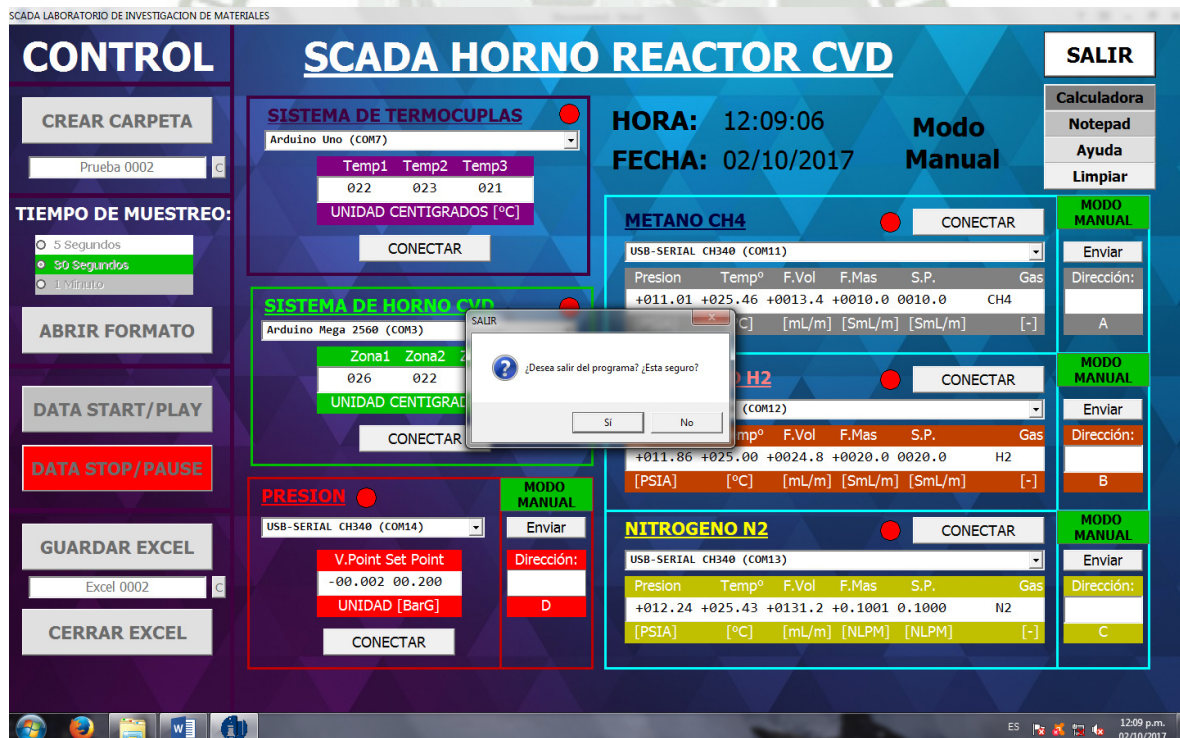


Figura 24: Salir del sistema.

n) Ahora si desea ver la información obtenida deberá ir a la siguiente carpeta: **"D:\Laboratorio\Data_ensayos"** dentro de esta se encontrará la carpeta que usted ha creado y dentro de la misma el Excel con la información adquirida.

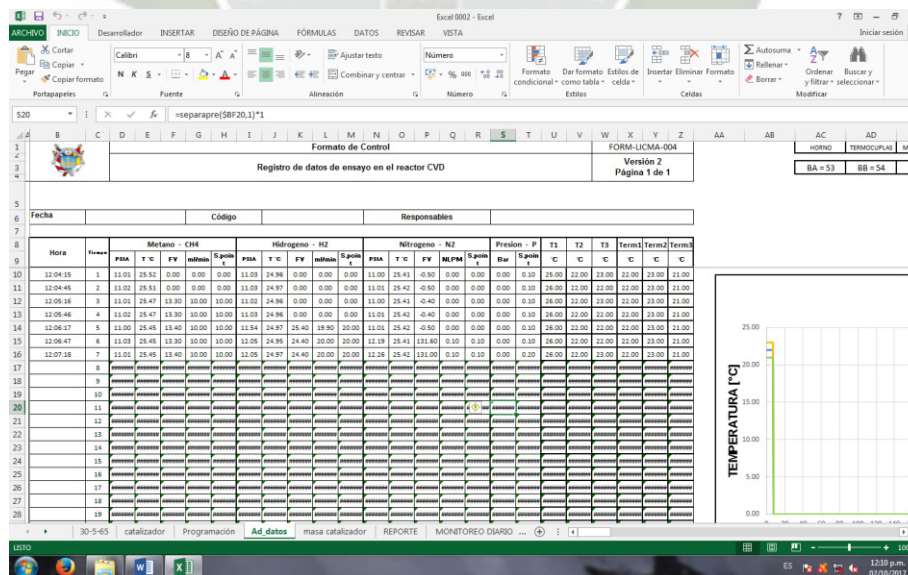
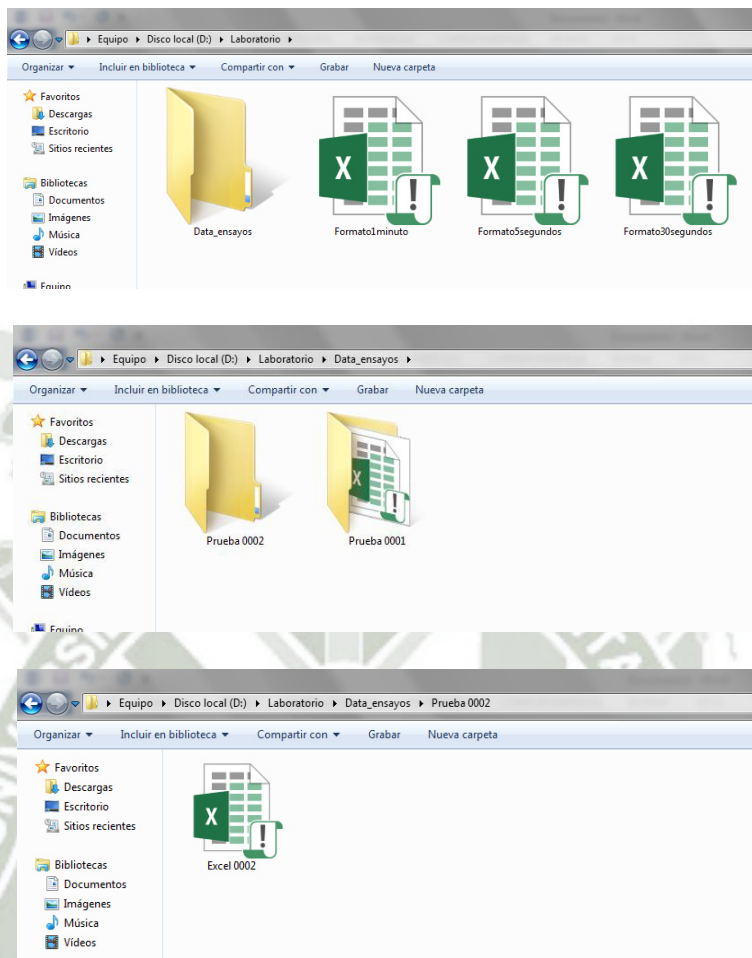


Figura 25: Dirección de la información obtenida del ensayo.

5.4 Tipo de mando Automático

- a) Una vez escogida la opción tendrá que aceptar y hacer click el botón de **Siguiente**.

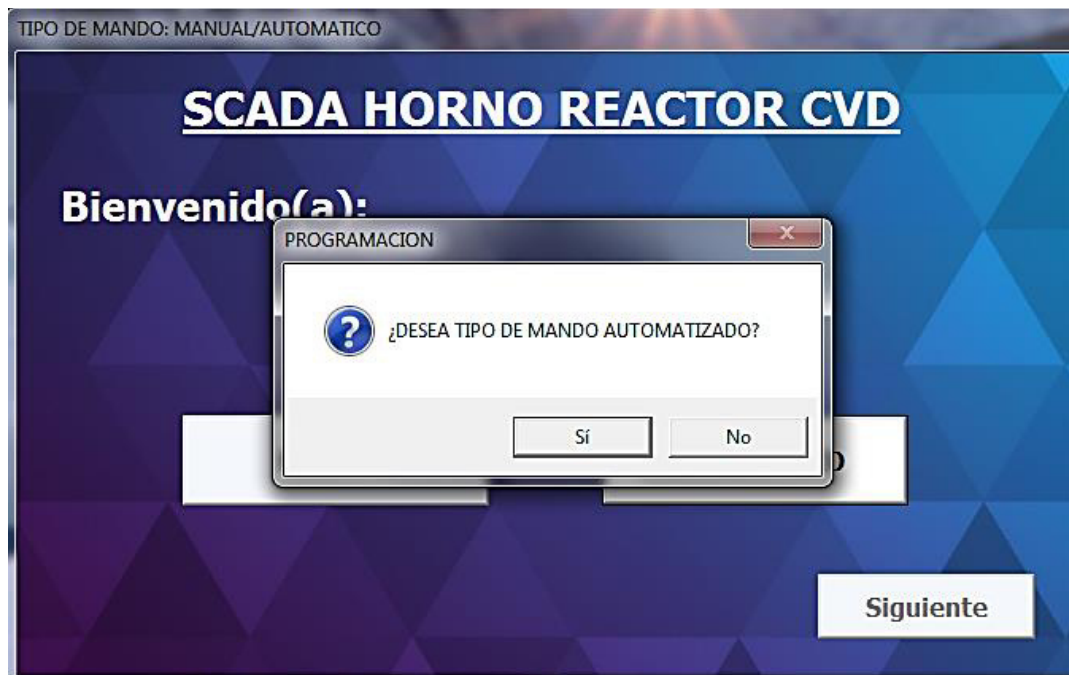


Figura 26: Ventana Emergente - Selección de Tipo de Mando

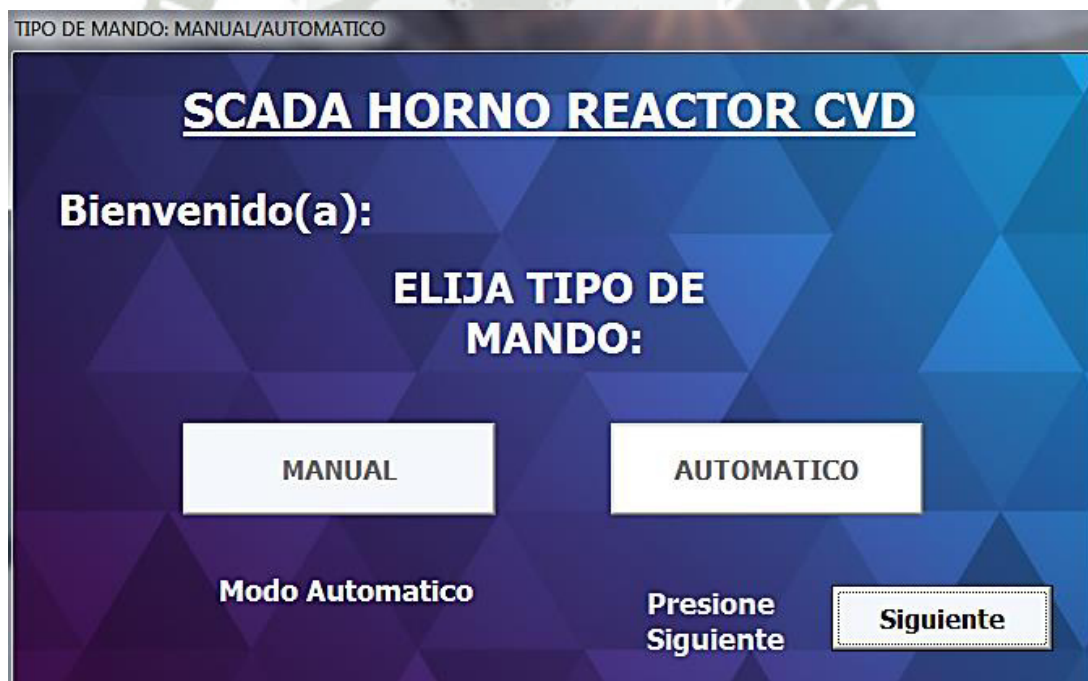


Figura 27: Ventana - Selección de Tipo de Mando > Siguiente

Nota: Si por algún motivo usted se confundió de escoger el tipo de mando solo haga click en **SALIR** de la siguiente ventana y entre nuevamente el programa.

- b) Después de dar click a **Siguiente** le aparecerá una nueva ventana en el cual usted tendrá que realizar en orden los siguientes pasos:

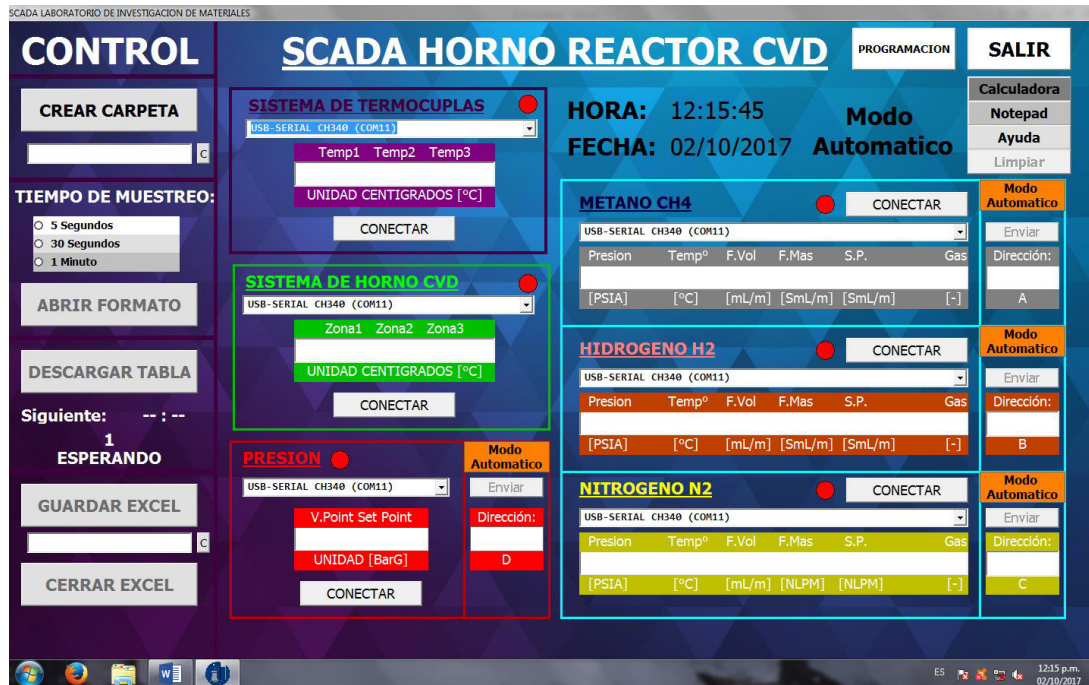


Figura 28: Ventana – SCADA HORNO REACTOR CVD

- c) Lo primero que deberá realizar será crear una carpeta, deberá escribir un nombre en la caja señalada y luego dar un click al botón **CREAR CARPETA** y le aparecerá una ventana auxiliar para confirmar.

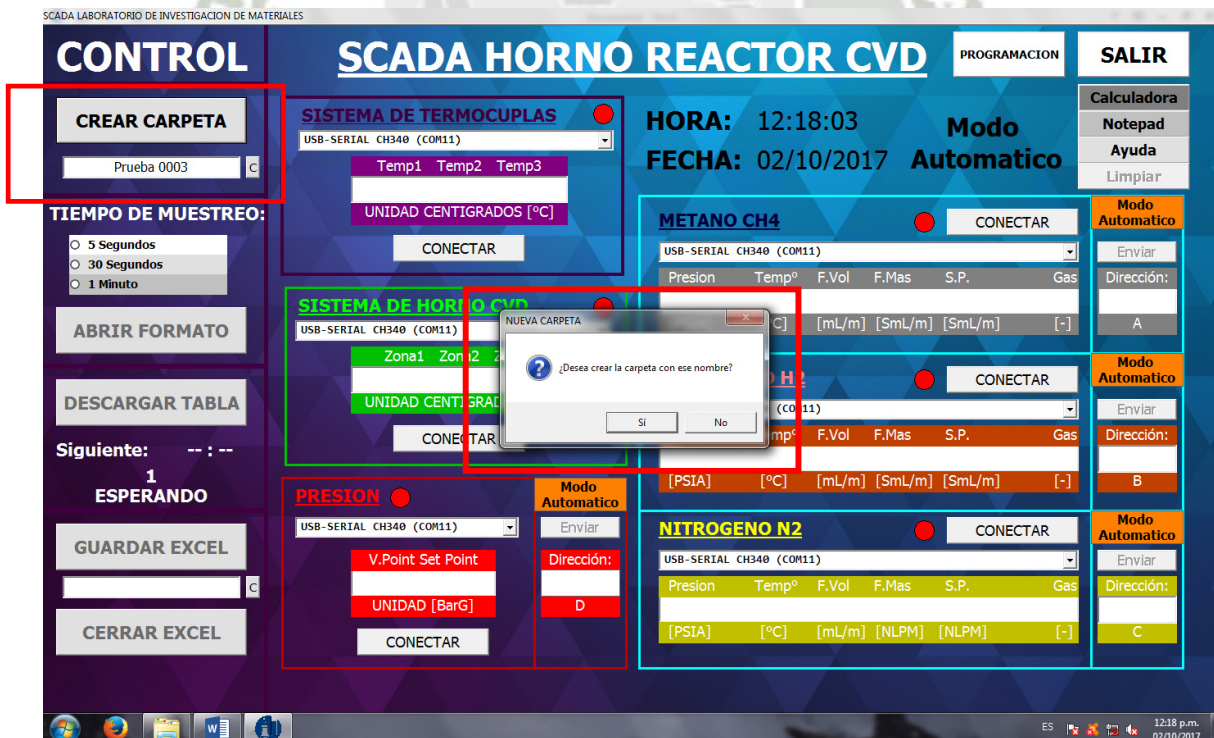


Figura 29: Ventana – Nombre para crear carpeta nueva

NOTA: Si existe otra carpeta con el mismo nombre, el programa le avisará (Figura 29) y deberá cambiar de nombre, dentro del cajón de texto no podrá usar la tecla **“Borrar”** por lo que si desea cambiar el nombre deberá usar **Suprimir** o **Seleccionar el texto y sobrescribir** o por ultimo usar el **botón** que esta al costado **“C” (Clear)**.

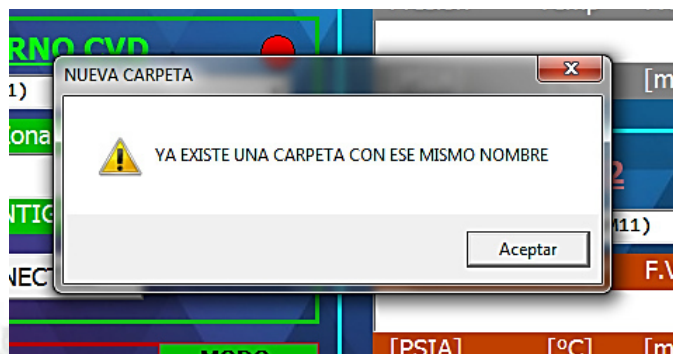


Figura 30: Ventana Emergente – Ya existe otra carpeta con ese mismo nombre

Si todo ha salido bien deberá confirmarle el sistema con otra ventana emergente.

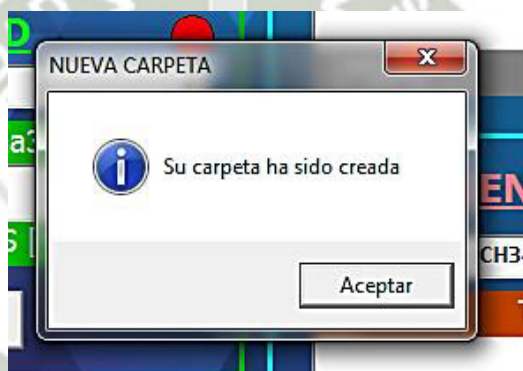


Figura 31: Ventana Emergente – Su carpeta ha sido creada

d) A continuación, deberá escoger un **TIEMPO DE MUESTREO** y hacer click en el botón **ABRIR EL FORMATO**, se fijará que se abrirá una hoja de Excel en su barra de tareas.



Figura 32: Aplicación Excel en la barra de tareas

e) Esta hoja de Excel se encontrará activa en la hoja de **Ad_Datos**, esta hoja de Excel contiene el formato usado en el laboratorio para registrar las variables del sistema.

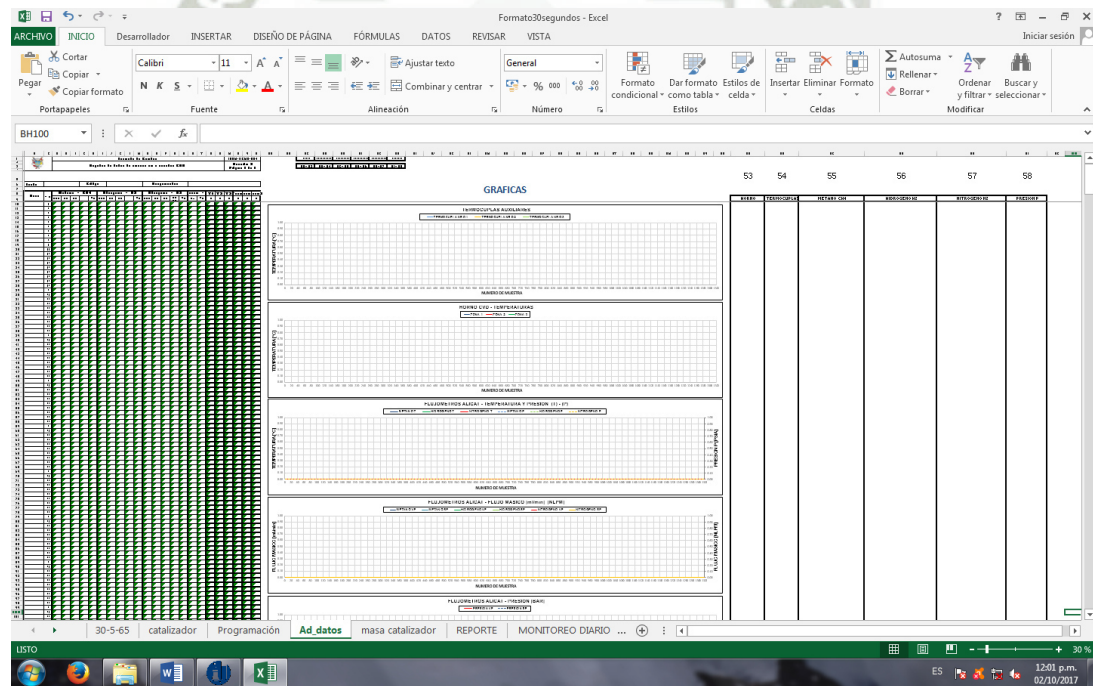
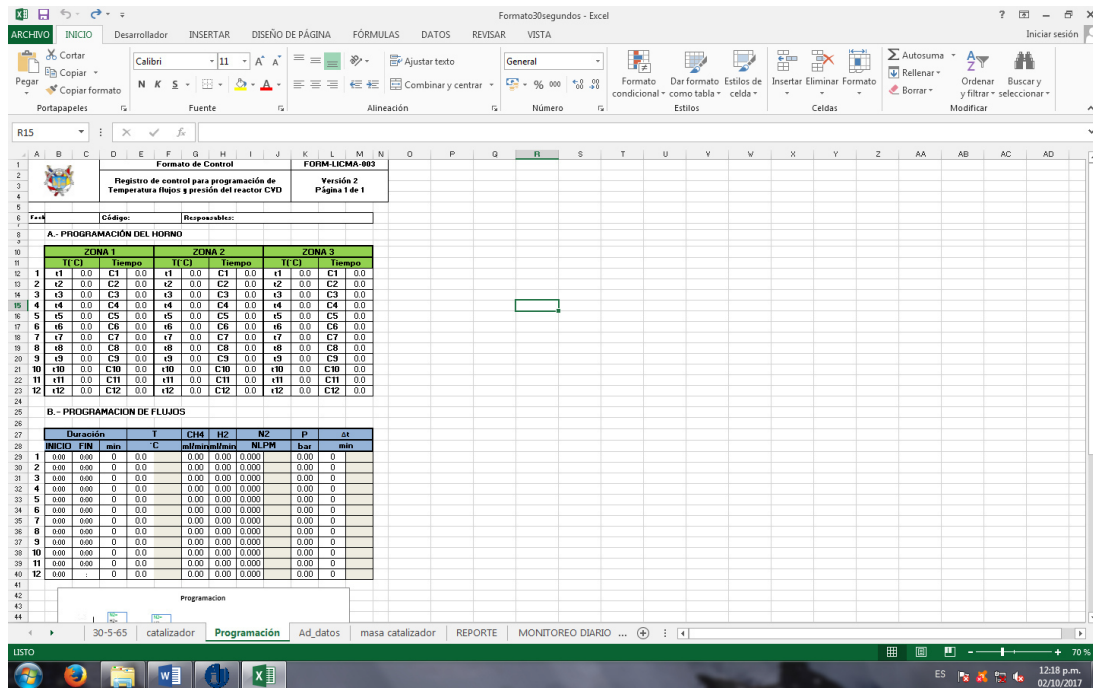


Figura 33: Aplicación Excel para la adquisición de data y representación en tiempo real.

NOTA: Por ningún motivo deberá cambiar la hoja activa hasta que finalice el ensayo, ni tampoco podrá usar o abrir otro documento Excel, ya que el sistema trabaja sobre la hoja activa más reciente, en el caso de que esta activa otra hoja o libro de Excel la información ira a parar allá.

f) Luego podemos minimizar el o esconder la aplicación Excel mas no cerrarla.

g) Luego entramos al tablero de Programación donde colocaremos las variables e intervalos necesario para el ensayo.



Figura 34: Tablero de Programación.

NOTA: Se debe llenar de izquierda a derecha, los intervalos están dados en minutos, se debe usar el botón **Actualizar** para asegurar que los datos están correctos y posteriormente **Guardar** una vez llenado y guardado cada sección de coloca **INICIAR SECUENCIA**, esta ventana se puede ocultar o mostrar en cualquier momento usando los botones de **PROGRAMACION – OCULTAR**.



Figura 35: Al iniciar secuencia se muestra las alarmas y el estado que esta por empezar.

h) A continuación, a descargar la tabla que será guardada en la hoja de Programación del libro de Excel

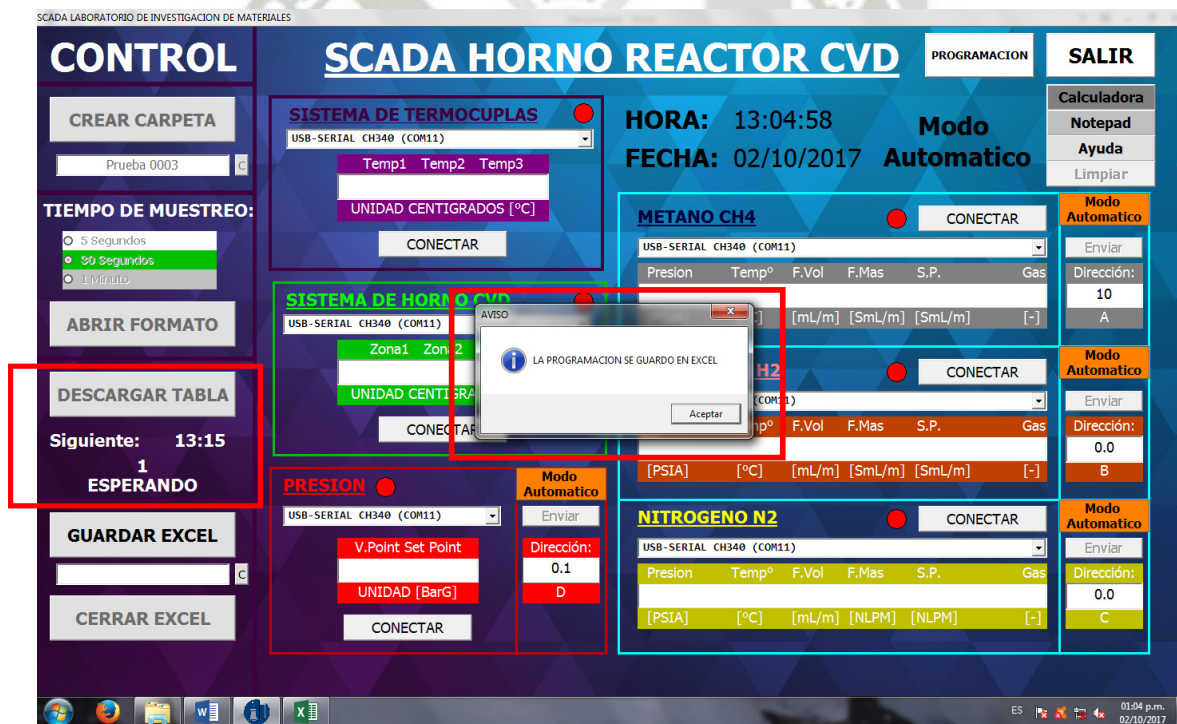
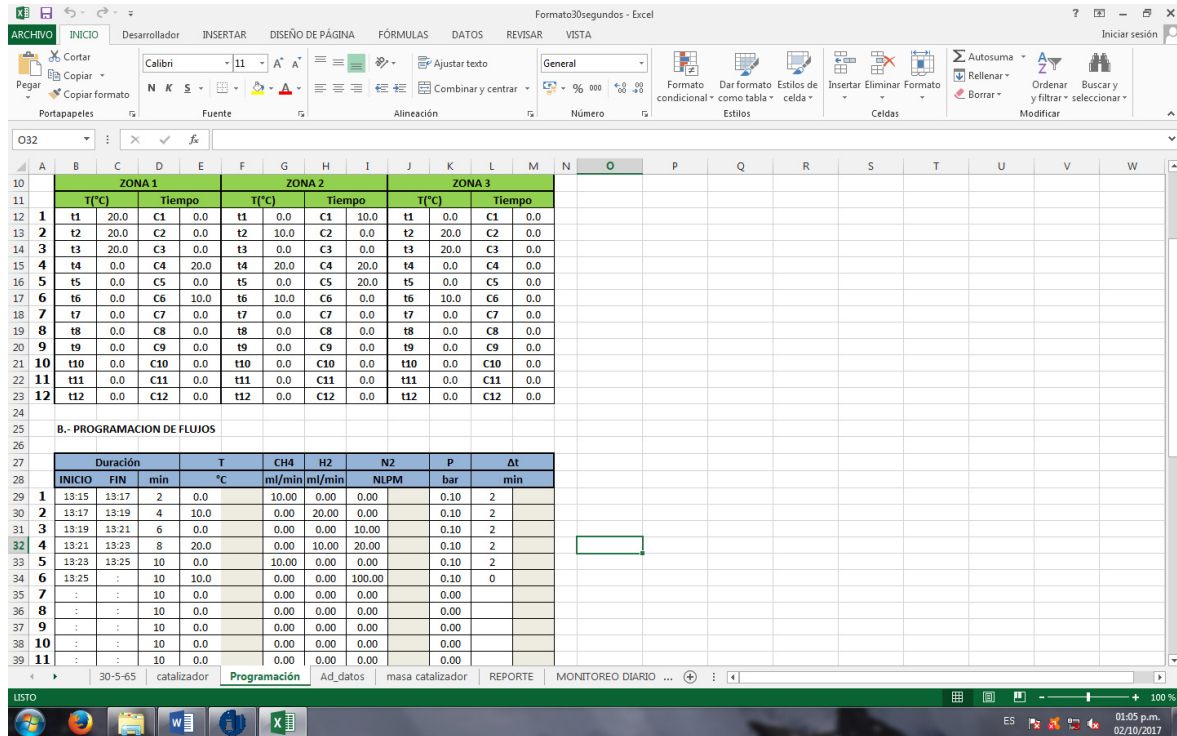


Figura 36: Guardado de la programación

Una vez guardado los datos saldrá una ventana para confirmar, por otra parte, el Excel habrá cambiado a la hoja de Ad_datos para su uso posterior.

En la zona indicada muestra el siguiente tiempo y estado del tablero de programación.

- i) A continuación, se procede a conectar todos los subsistemas escogiendo desde la lista en cada subsistema, puede realizarse en orden aleatorio, pero con la sugerencia de no hacerlo de manera rápida, sino que al conectar un subsistema se deberá esperar aproximadamente 2 segundos para conectar las siguiente. Una vez escogido el correcto Puerto COM deberá hacer click en **CONECTAR**.

La tabla para conectar es la siguiente.

Puerto de Comunicación	Subsistema
Arduino Mega Uno (COM7)	Subsistema de Termocuplas Auxiliares
Arduino Mega 2560 (COM3)	Subsistema de Horno CVD Temperaturas
USB – SERIAL CH340 (COM11)	Controlador Alicat Gas: Metano CH4
USB – SERIAL CH340 (COM12)	Controlador Alicat Gas: Hidrógeno H2
USB – SERIAL CH340 (COM13)	Controlador Alicat Gas: Nitrógeno N2
USB – SERIAL CH340 (COM14)	Controlador Alicat de Presión

Tabla 02: Dirección de puerto COM de los subsistemas

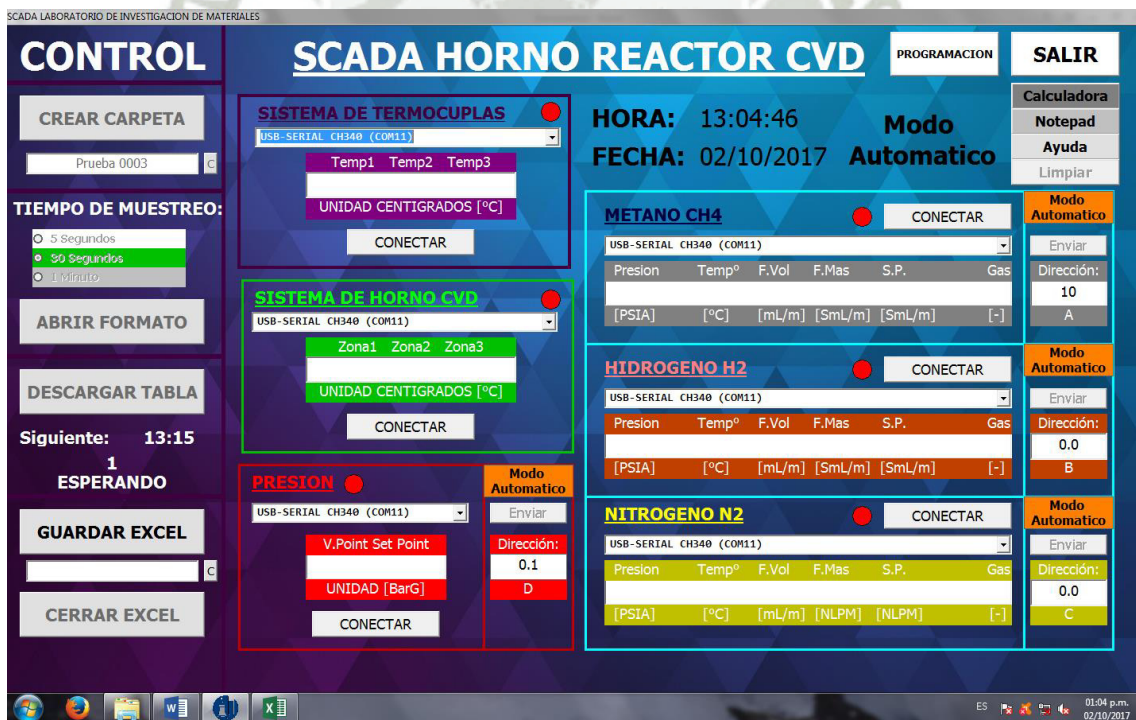


Figura 37: Conexión de todos los subsistemas al SISTEMA SCADA.

NOTA: Tratar de no conectar dos veces el mismo puerto COM, en el caso que se haya conectado un subsistema en otro deberá **DESCONECTAR** y luego elegir el correcto.

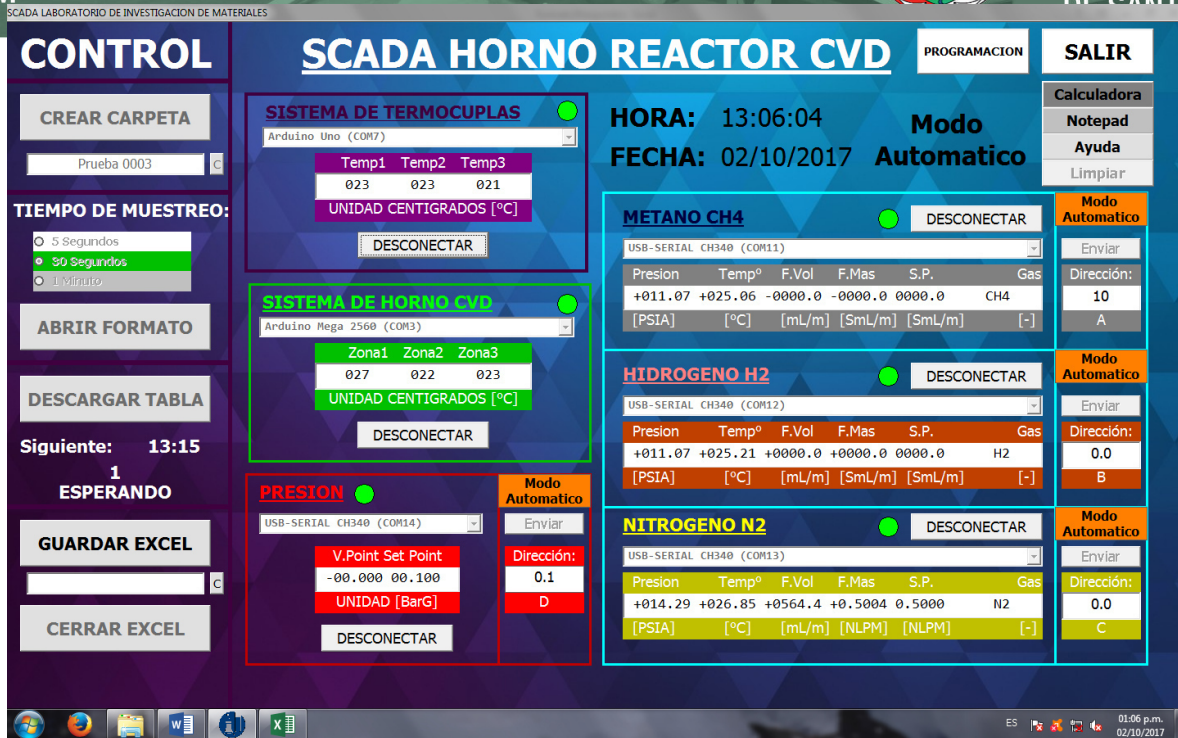


Figura 38: Inicio de adquisición de datos.

- j) El guardado de la información y el cambio de estados se dará de manera automática cuando empiece la programación a la hora indicada. Aparecerá **GRABANDO** cuando ya haya empezado y estará guardando la información al Excel.

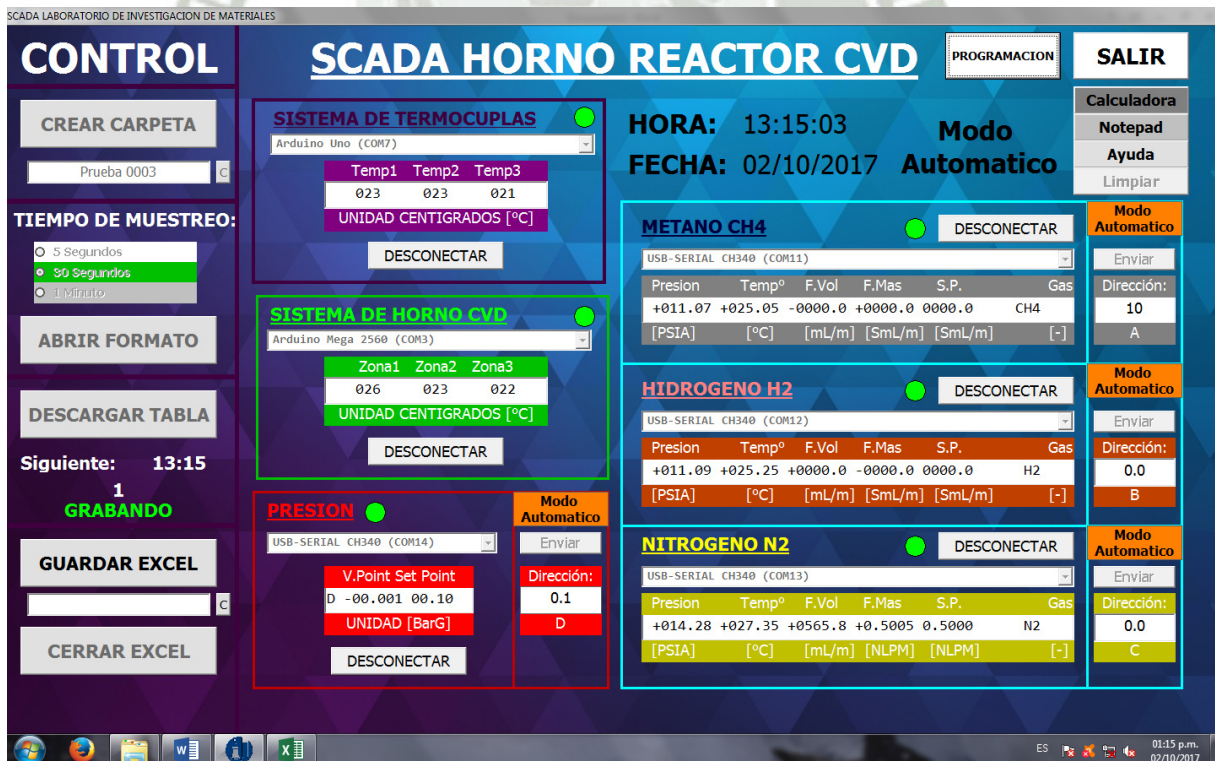


Figura 39: Finalización de adquisición de datos.

- k) Toda la información recolectada será guardada en el Excel en un intervalo de tiempo, definido por el tiempo de muestreo escogido. De manera paralela también se empezará a graficar los datos.

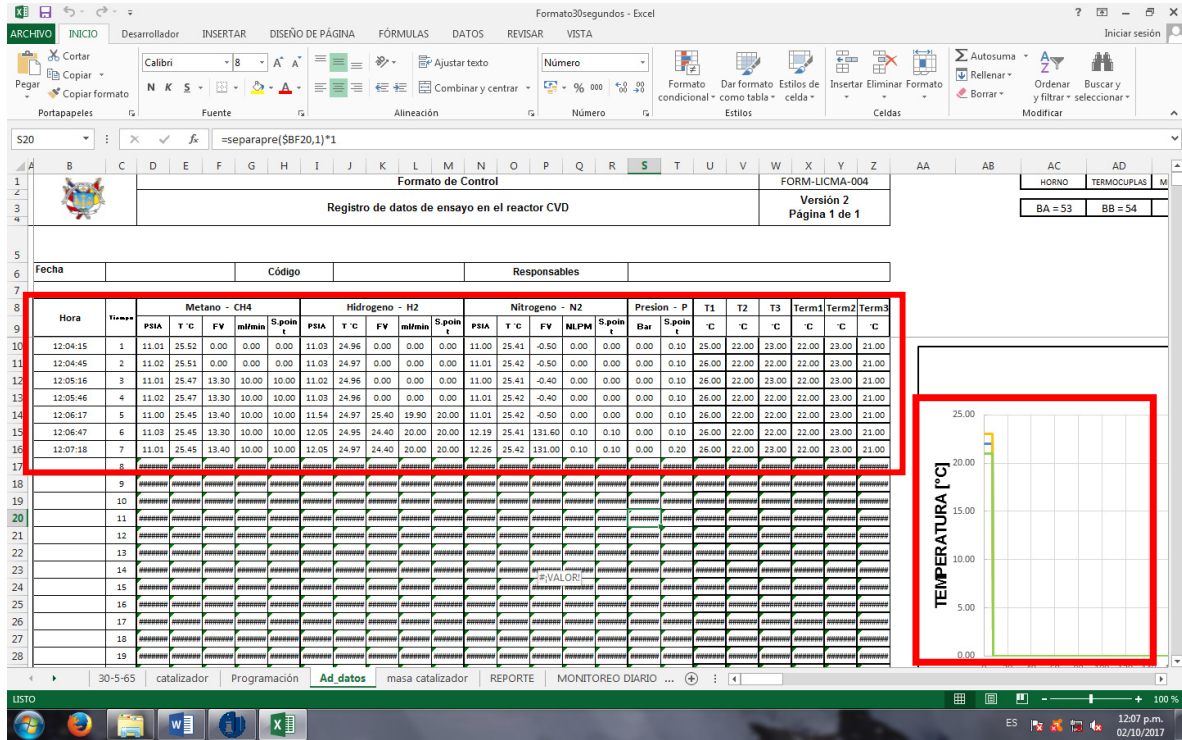


Figura 40: Los datos son guardados en la hoja de Excel y también graficados.

- l) Cuando se muestre un **STOP** que indicará que ya acabo la programación y también la adquisición de la información hacia el Excel habrá parado también y se deberá **DESCONECTAR** todos los subsistemas.

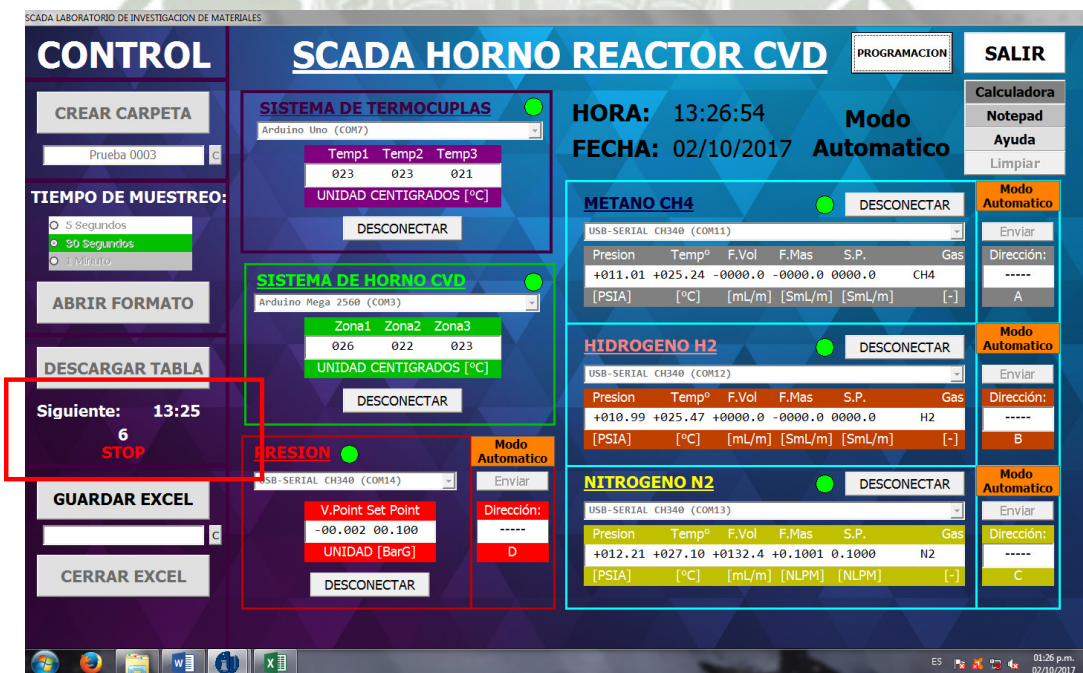


Figura 41: Indica que la programación ha finalizado.

m) Se deberá entonces guardar la información del Excel con un nombre, luego se nos confirmará que ha sido guardado.

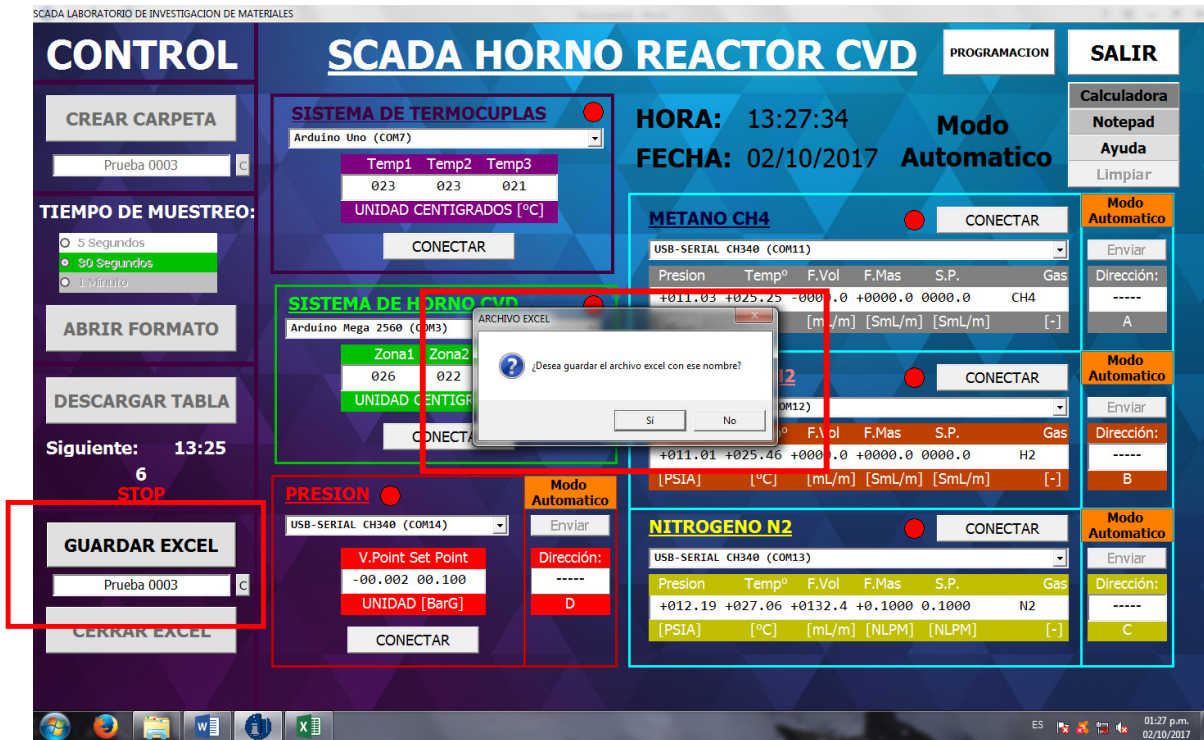


Figura 42: Guardar la hoja de Excel con los datos obtenidos.

n) Por ultimo deberá hacer click en **CERRAR EXCEL**, esperamos un momento que confirme que ha sido cerrado y por ultimo damos a **SALIR** para salir del programa

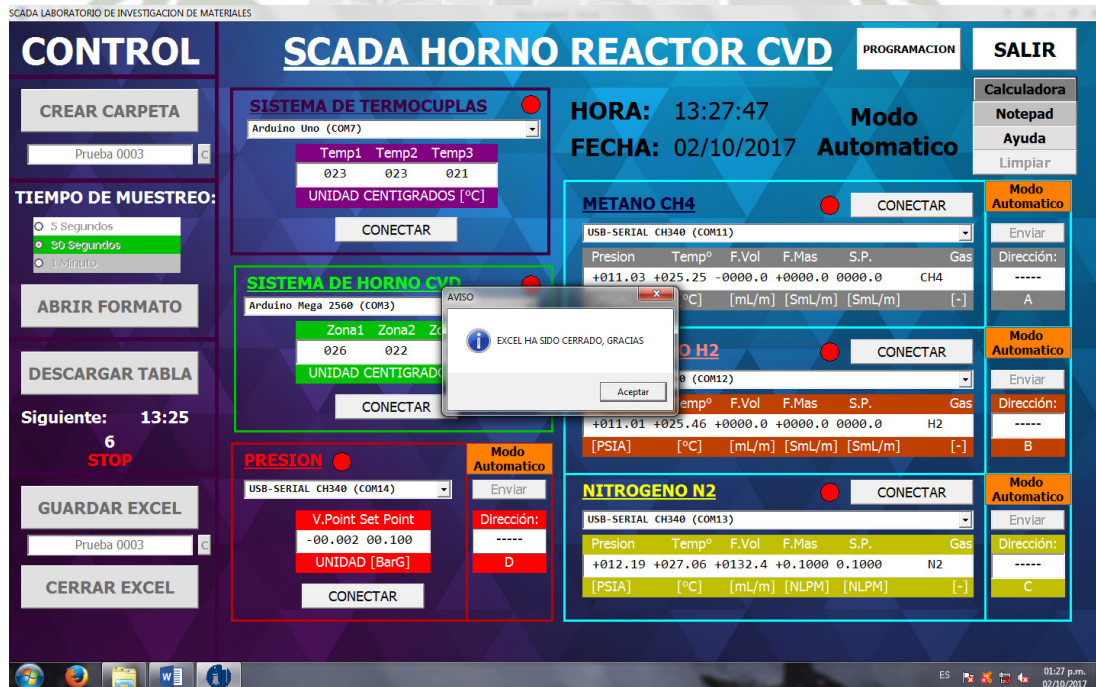


Figura 43: Ventana de confirmación de que Excel ha sido cerrado.

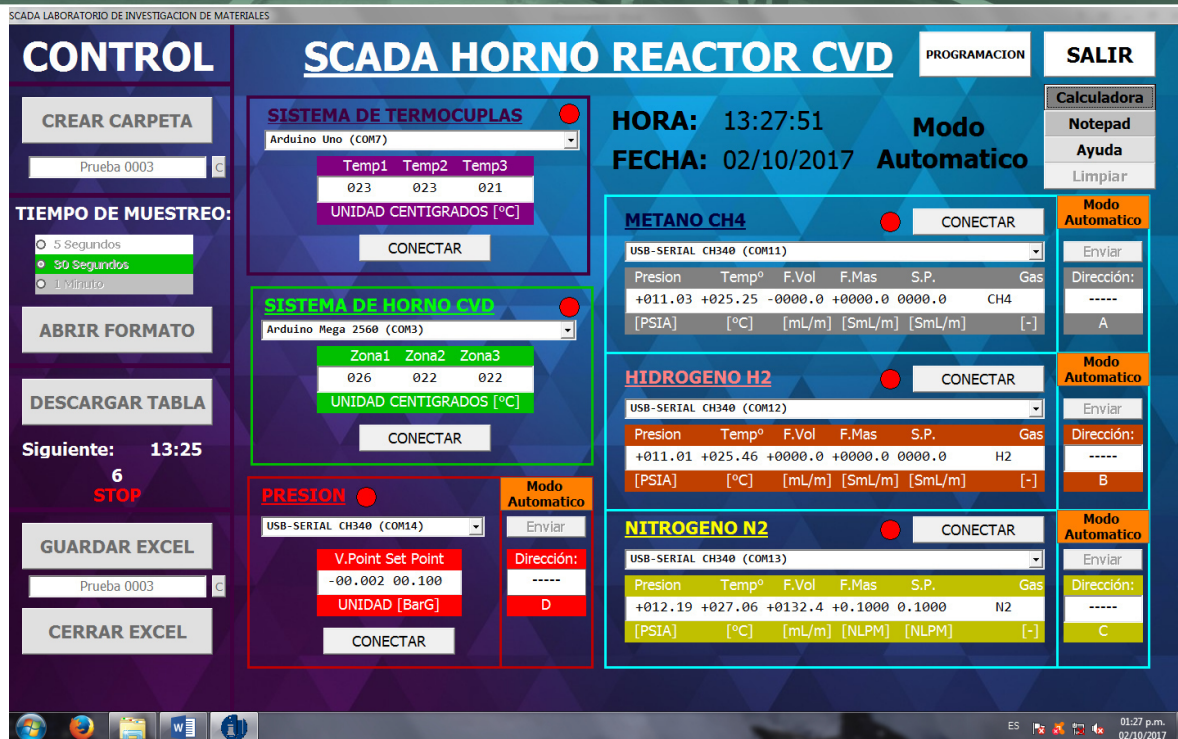
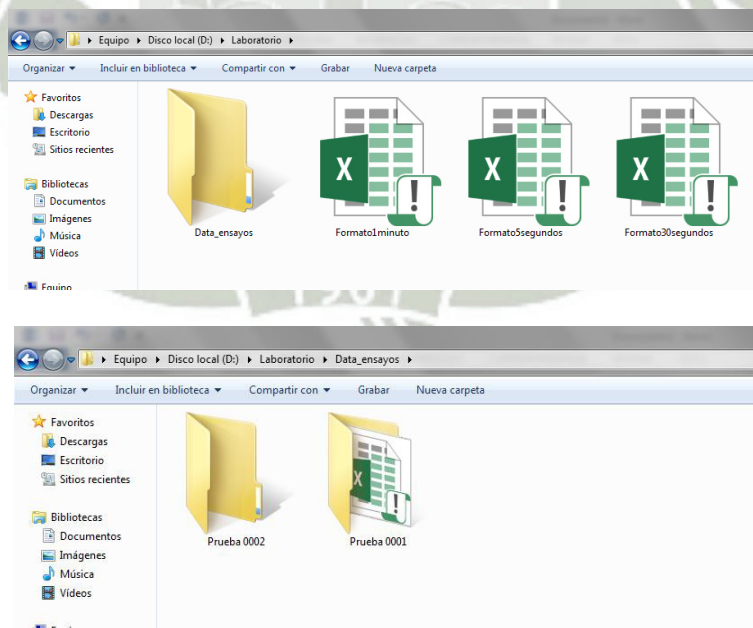


Figura 44: Salir del sistema.

- o) Ahora si desea ver la información obtenida deberá ir a la siguiente carpeta: **"D:\Laboratorio\Data_ensayos"** dentro de esta se encontrará la carpeta que usted ha creado y dentro de la misma el Excel con la información adquirida.



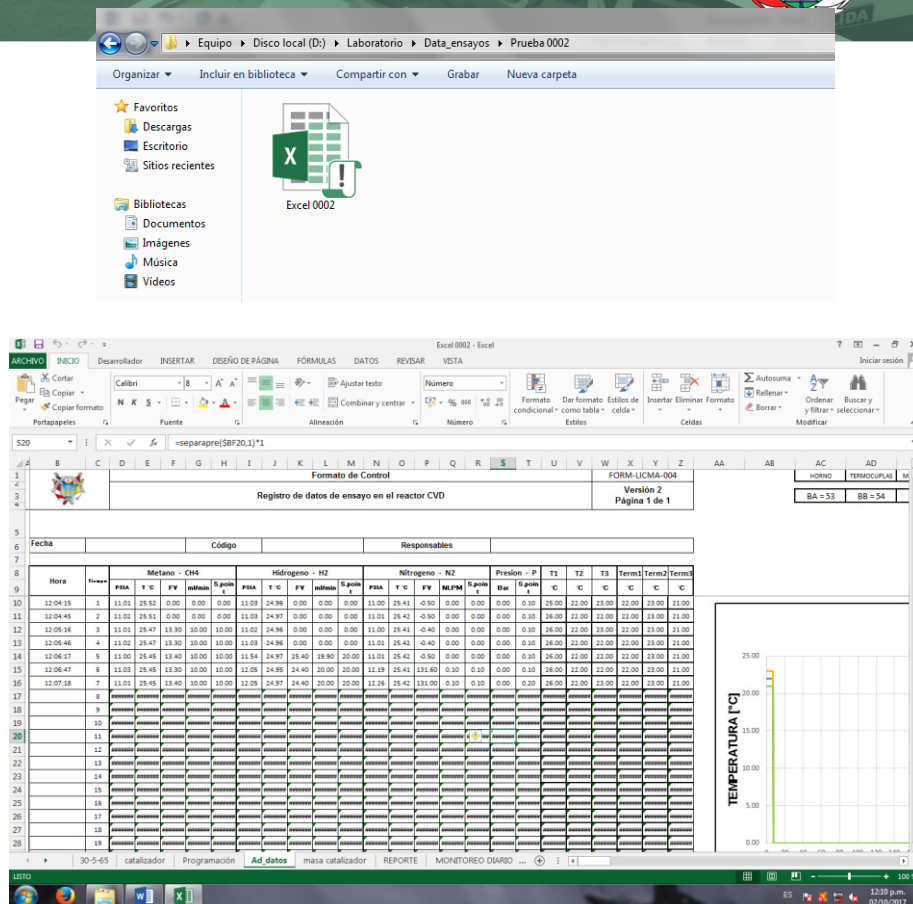


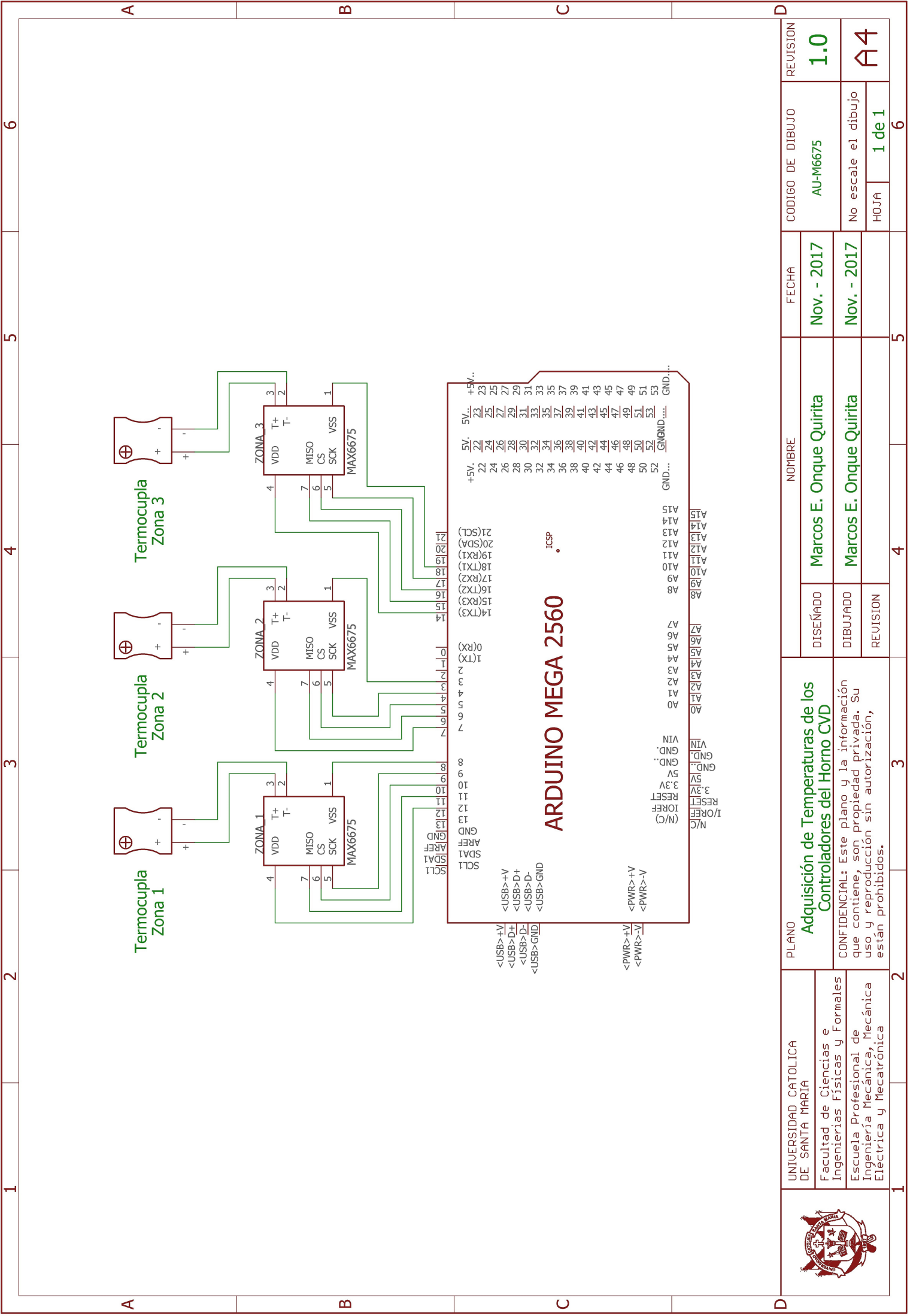
Figura 45: Dirección de la información obtenida del ensayo.

6. Solución de Problemas

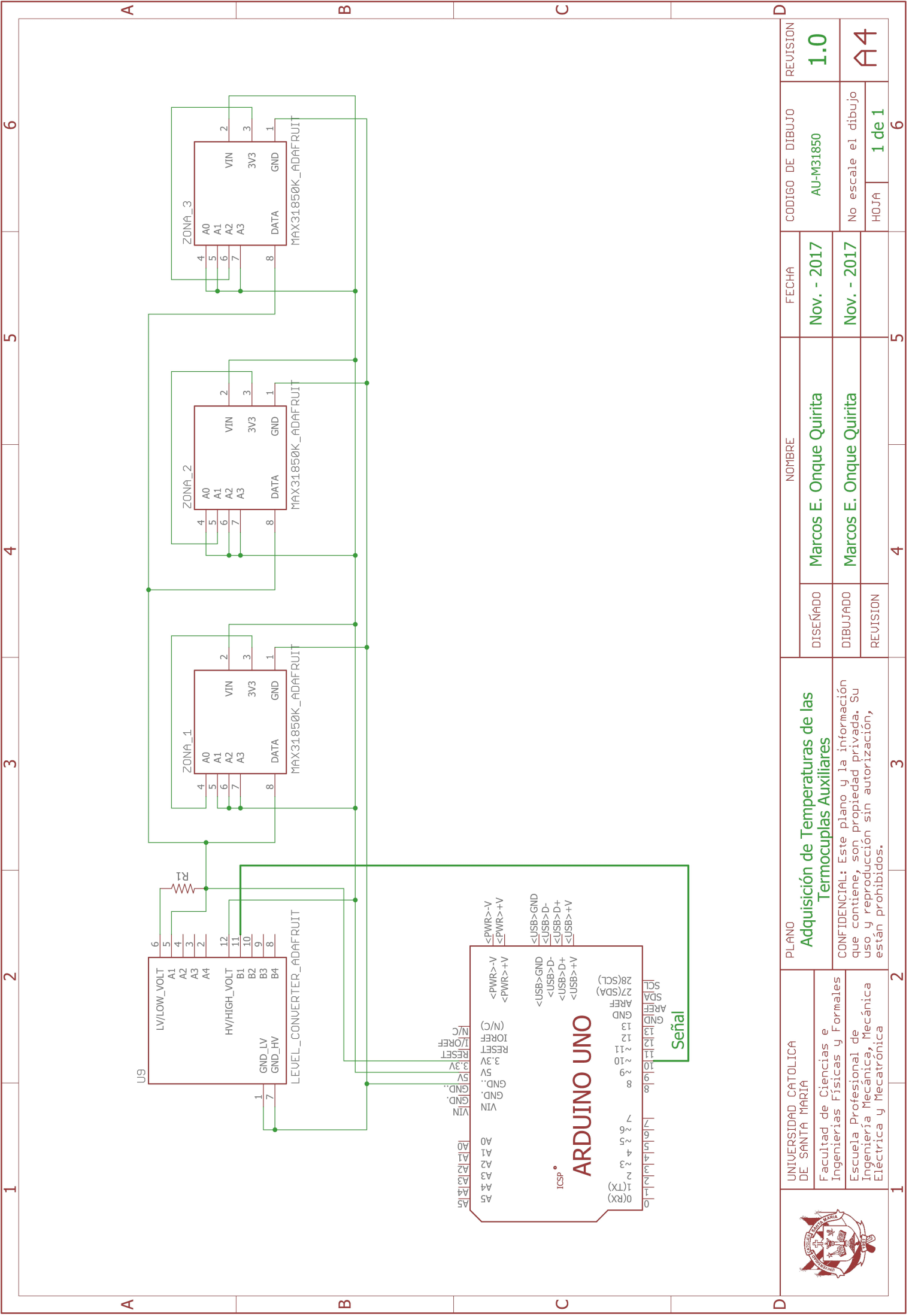
- ❖ Uno de los mayores problemas que pueden existir al iniciar el programa en otra computadora es la ausencia del componente **MSCOMCTL.OCX**.
- ❖ Para ello solo deberá descargar el archivo y copiarlo dependiendo del sistema operativo de 64 o 32 bits:
 - C:\Windows\System32
 - C:\Windows\System32SysWOW64
- ❖ Luego instalarlo desde símbolo de sistema o CMD, también dependiendo del S.O. de 32 o 64 bits.
 - regsvr32 c:\windows\System32\MSCOMCTL.OCX
 - regsvr32 c:\windows\Syswow64\MSCOMCTL.OCX

ANEXO 02: CIRCUITOS DEL TABLERO DE COMUNICACIÓN





	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	PLANO Adquisición de Temperaturas de los Controladores del Horno CVD		NOMBRE Marcos E. Onque Quirita		FECHA Nov. - 2017	CODIGO DE DIBUJO AU-M6675	REVISION 1.0
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales	CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos.		DISEÑADO Marcos E. Onque Quirita		DIBUJADO Marcos E. Onque Quirita		No escale el dibujo
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Meatrónica			REVISION		Nov. - 2017		HOJA 1 de 1
1	2	3	4	5	6	7	8	9



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	PLANO	ADQUISICIÓN DE TEMPERATURAS DE LAS TERMOCOPULAS AUXILIARES		NOMBRE		FECHA	CODIGO DE DIBUJO	REVISION
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales	Marcos E. Onque Quirita		Nov. - 2017	AU-M31850		1.0		
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Marcos E. Onque Quirita		Nov. - 2017	No escale el dibujo		A4		
					4	5		1 de 1	6

CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos.

ANEXO 03: CÓDIGO DEL HMI – VISUAL BASIC 6.0



Ventana de Inicio de Sesión

```
Private Sub Command_cancelar_Click() 'BOTON SALIR
If MsgBox("¿Desea salir del programa?", vbQuestion + vbYesNo, "Salir") = vbYes
Then
End
End If
End Sub
```

```
Private Sub Command_ingresar_Click() 'BOTON INGRESAR
If Text1.Text = "" And Text2.Text = "" Then 'VERIFICA USUARIO Y CLAVE
Form3.Show
Else
MsgBox "USUARIO O CONTRASEÑA INCORRECTA", vbExclamation, "INICIO
DE SESION"
Text1.Text = ""
Text2.Text = ""
End If
End Sub
```

Ventana de Tipo de Mando

```
Dim M As Integer
Private Sub Form_Load() 'PARTE DE BIENVENIDO
Form2.Hide 'ESCONDE INICIO DE SESION
If Form2.Text1.Text = "marcos" Then
Label4.Caption = "Marcos Onque Quirita"
End If
End Sub
Private Sub Command1_Click() 'MANDO MANUAL
If MsgBox("¿DESEA TIPO DE MANDO MANUAL?", vbQuestion + vbYesNo,
"PROGRAMACION") = vbNo Then
Exit Sub
End If
M = 0
Command3.Enabled = True
Command2.Enabled = False
Command1.Enabled = False
Label5.Visible = True
Label6.Caption = "Modo Manual"
Label6.Visible = True
End Sub
Private Sub Command2_Click() 'MODO AUTOMATIZADO
If MsgBox("¿DESEA TIPO DE MANDO AUTOMATIZADO?", vbQuestion +
vbYesNo, "PROGRAMACION") = vbNo Then
```

```

Exit Sub
End If
M = 1
Command3.Enabled = True
Command2.Enabled = False
Command1.Enabled = False
Label5.Visible = True
Label6.Caption = "Modo Automatico"
Label6.Visible = True
End Sub
Private Sub Command3_Click() 'BOTON SIGUIENTE
If M = 0 Then
Form1.Show
ElseIf M = 1 Then
Form1.Show
Else
Exit Sub
End If
End Sub

```

Ventana de Supervisión y Control

```

'DECLARAR EXCEL
'DECLARACIONES DE VARIABLES
Dim excelApp As Excel.Application 'Trabajar con programa Excel
Dim xlWorkBook As Excel.Workbook 'Trabajar con un Libro de Excel
Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet 'Trabajar hoja de Excel
Dim i As Integer 'PARA GUARDAR DATOS(SE CREA PARA CADA VARIABLE/TEXTO)
Dim P As Integer
Dim Z As Integer
Dim J As Integer
Dim K As Integer
Dim L As Integer
Private Declare Function ShellExecute Lib "shell32.dll" Alias "ShellExecuteA" (ByVal
hwnd As Long, ByVal lpOperation As String, ByVal lpFile As String, ByVal
lpParameters As String, ByVal lpDirectory As String, ByVal nShowCmd As Long) As
Long

```

```

Private Sub Command23_Click() 'MOSTRAR PROGRAMACION
Form5.Show
End Sub

```

```

'PROGRAMA PRINCIPAL SCADA DE LABORATORIO
'CODIGO PRINCIPAL DE LA INTERFAZ (FORM)
Private Sub Form_Load()
Label15.Caption = Form3.Label6.Caption
Form3.Hide
If Label15.Caption = "Modo Automatico" Then

```

```

Command18.Enabled = False
Command19.Enabled = False
Command20.Enabled = False
Command21.Enabled = False
Command22.Enabled = False
Command23.Visible = True
Label22.Visible = True
Label23.Visible = True
Command24.Visible = True 'DESCARGAR TABLA
Command9.Visible = False 'DATA PLAY
Command14.Visible = False 'DATA PAUSE
Label20.Visible = True
Label21.Visible = True
Label16.Caption = "Modo Automatico"
Label16.BackColor = &H80FF&
Label17.Caption = "Modo Automatico"
Label17.BackColor = &H80FF&
Label18.Caption = "Modo Automatico"
Label18.BackColor = &H80FF&
Label19.Caption = "Modo Automatico"
Label19.BackColor = &H80FF&

```

Else 'MANUAL

```

Label22.Visible = False
Command18.Enabled = True
Command19.Enabled = True
Command20.Enabled = True
Command21.Enabled = True
Command23.Visible = False
Command24.Visible = False 'DESCARGAR TABLA
Command9.Visible = True 'DATA PLAY
End If

```

Dim WMIObjectSet As Object

Dim wmiobject As Object

Dim nCom%

'SISTEMA DE TERMOCUPLAS-----

With Me.Combo1

```

Set WMIObjectSet = GetObject("winmgmts:\\.\root\CIMV2").ExecQuery("SELECT *
FROM Win32_PnPEntity")

```

For Each wmiobject In WMIObjectSet

If InStr(wmiobject.Name, "COM") Then

Combo1.AddItem wmiobject.Name

nCom = InStrRev(wmiobject.Name, "COM", , vbTextCompare)

nCom = Val(Mid(wmiobject.Name, nCom + 3))

Combo1.ItemData(Combo1.NewIndex) = nCom

End If

Next

Set WMIObjectSet = Nothing

If Combo1.ListCount = 0 Then

```

Me.Combo1.Clear
Me.Command1.Enabled = False
Me.Combo1.Enabled = False
Me.Text1.FontBold = True
Me.Text1.FontSize = 15
Me.Text1.Text = "REVISAR PUERTOS COM"
Me.Text1.ForeColor = &HFF&
Exit Sub
End If
Combo1.ListIndex = 0
End With
'SISTEMA DE HORNO -----
--
With Me.Combo2
Set WMIObjectSet = GetObject("winmgmts:\\.root\CIMV2").ExecQuery("SELECT *
FROM Win32_PnPEntity")
For Each wmiobject In WMIObjectSet
If InStr(wmiobject.Name, "COM") Then
Combo2.AddItem wmiobject.Name
nCom = InStrRev(wmiobject.Name, "COM", , vbTextCompare)
nCom = Val(Mid(wmiobject.Name, nCom + 3))
Combo2.ItemData(Combo2.NewIndex) = nCom
End If
Next
Set WMIObjectSet = Nothing
If Combo2.ListCount = 0 Then
Me.Combo2.Clear
Me.Command2.Enabled = False
Me.Combo2.Enabled = False
Me.Text2.FontBold = True
Me.Text2.FontSize = 15
Me.Text2.Text = "REVISAR PUERTO COM"
Exit Sub
End If
Combo2.ListIndex = 0
End With
'PRESION-----
With Me.Combo3
Set WMIObjectSet = GetObject("winmgmts:\\.root\CIMV2").ExecQuery("SELECT *
FROM Win32_PnPEntity")
For Each wmiobject In WMIObjectSet
If InStr(wmiobject.Name, "COM") Then
Combo3.AddItem wmiobject.Name
nCom = InStrRev(wmiobject.Name, "COM", , vbTextCompare)
nCom = Val(Mid(wmiobject.Name, nCom + 3))
Combo3.ItemData(Combo3.NewIndex) = nCom
End If
Next
Set WMIObjectSet = Nothing
If Combo3.ListCount = 0 Then

```

```

Me.Combo3.Clear
Me.Command3.Enabled = False
Me.Combo3.Enabled = False
Me.Text3.FontBold = True
Me.Text3.FontSize = 15
Me.Text3.Text = "REVISAR PUERTO COM"
Exit Sub
End If
Combo3.ListIndex = 0
End With
'METANO-----
With Me.Combo4
Set WMIObjectSet = GetObject("winmgmts:\\.root\CIMV2").ExecQuery("SELECT *
FROM Win32_PnPEntity")
For Each wmiobject In WMIObjectSet
If InStr(wmiobject.Name, "COM") Then
Combo4.AddItem wmiobject.Name
nCom = InStrRev(wmiobject.Name, "COM", , vbTextCompare)
nCom = Val(Mid(wmiobject.Name, nCom + 3))
Combo4.ItemData(Combo4.NewIndex) = nCom
End If
Next
Set WMIObjectSet = Nothing
If Combo4.ListCount = 0 Then
Me.Combo4.Clear
Me.Command4.Enabled = False
Me.Combo4.Enabled = False
Me.Text4.FontBold = True
Me.Text4.FontSize = 15
Me.Text4.Text = "REVISAR PUERTO COM"
Exit Sub
End If
Combo4.ListIndex = 0
End With
'HIDROGENO-----
-
With Me.Combo5
Set WMIObjectSet = GetObject("winmgmts:\\.root\CIMV2").ExecQuery("SELECT *
FROM Win32_PnPEntity")
For Each wmiobject In WMIObjectSet
If InStr(wmiobject.Name, "COM") Then
Combo5.AddItem wmiobject.Name
nCom = InStrRev(wmiobject.Name, "COM", , vbTextCompare)
nCom = Val(Mid(wmiobject.Name, nCom + 3))
Combo5.ItemData(Combo5.NewIndex) = nCom
End If
Next
Set WMIObjectSet = Nothing
If Combo5.ListCount = 0 Then
Me.Combo5.Clear

```



```

Me.Command5.Enabled = False
Me.Combo5.Enabled = False
Me.Text5.FontBold = True
Me.Text5.FontSize = 15
Me.Text5.Text = "REVISAR PUERTO COM"
Exit Sub
End If
Combo5.ListIndex = 0
End With
'NITROGENO-----
-
With Me.Combo6
Set WMIObjectSet = GetObject("winmgmts:\\.\root\CIMV2").ExecQuery("SELECT *
FROM Win32_PnPEntity")
For Each wmiobject In WMIObjectSet
If InStr(wmiobject.Name, "COM") Then
Combo6.AddItem wmiobject.Name
nCom = InStrRev(wmiobject.Name, "COM", , vbTextCompare)
nCom = Val(Mid(wmiobject.Name, nCom + 3))
Combo6.ItemData(Combo6.NewIndex) = nCom
End If
Next
Set WMIObjectSet = Nothing
If Combo6.ListCount = 0 Then
Me.Combo6.Clear
Me.Command6.Enabled = False
Me.Combo6.Enabled = False
Me.Text6.FontBold = True
Me.Text6.FontSize = 15
Me.Text6.Text = "REVISAR PUERTO COM"
Exit Sub
End If
Combo6.ListIndex = 0
End With
End Sub

'CREAR NUEVA CARPETA

Private Sub Command7_Click()

Dim crear_carpeta As Object
Dim nombre As String
Dim ruta As String

ruta = "C:\Users\usuario\Desktop\Data_ensayos\"
nombre = Text14.Text

If nombre = "" Then
MsgBox "DEBE COLOCAR UN NOMBRE PARA LA CARPETA", vbExclamation,
"NUEVA CARPETA"

```

```
Exit Sub
End If
```

```
If MsgBox("¿Desea crear la carpeta con ese nombre?", vbQuestion + vbYesNo,
"NUEVA CARPETA") = vbNo Then
```

```
Exit Sub
End If
```

```
If Dir("C:\Users\usuario\Desktop\Data_ensayos\" & nombre, vbDirectory) <> "" Then
MsgBox "YA EXISTE UNA CARPETA CON ESE MISMO NOMBRE",
vbExclamation, "NUEVA CARPETA"
```

```
Exit Sub
End If
```

```
Set crear_carpeta = CreateObject("scripting.filesystemobject")
crear_carpeta.createfolder ruta & nombre
```

```
MsgBox "Su carpeta ha sido creada", vbInformation, "NUEVA CARPETA"
```

```
Text14.Enabled = False
Command7.Enabled = False
Command8.Enabled = True
Command14.Enabled = False
Command16.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
'%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%'
```

```
'PRIMERA PARTE
```

```
'SISTEMA DE TERMOCUPLAS
```

```
Private Sub Combo1_Click()
```

```
With Me.Combo1
```

```
MSComm1.CommPort = Combo1.ItemData(Combo1.ListIndex)
```

```
End With
```

```
Debug.Print "Puerto seleccionado : COM" & MSComm1.CommPort
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
If Not MSComm1.PortOpen Then
```

```
MSComm1.CommPort = Combo1.ItemData(Combo1.ListIndex)
```

```
MSComm1.PortOpen = True
```

```
Command1.Caption = "DESCONECTAR"
```

```
Combo1.Enabled = False
```

```
Shape11.BackColor = &HFF00&
```

```
Else
```

```
MSComm1.PortOpen = False
```

```
Command1.Caption = "CONECTAR"
```

```
Combo1.Enabled = True
```

```
Shape11.BackColor = &HFF&
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```

Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim Dato1 As String
Dato1 = MSComm1.Input
Text1.Text = ""
Text1.Text = Text1.Text & Dato1
Text1.SelStart = Len(Text1.Text)
End Sub
'%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
'SEGUNDA PARTE
'SISTEMA HORNO CVD
Private Sub Combo2_Click()
With Me.Combo2
MSComm2.CommPort = Combo2.ItemData(Combo2.ListIndex)
End With
Debug.Print "Puerto seleccionado : COM" & MSComm2.CommPort
End Sub
Private Sub Command2_Click()
If Not MSComm2.PortOpen Then
MSComm2.CommPort = Combo1.ItemData(Combo2.ListIndex)
MSComm2.PortOpen = True
Command2.Caption = "DESCONECTAR"
Combo2.Enabled = False
Shape10.BackColor = &HFF00&
Else
MSComm2.PortOpen = False
Command2.Caption = "CONECTAR"
Combo2.Enabled = True
Shape10.BackColor = &HFF&
End If
End Sub
Private Sub MSComm2_OnComm()
Dim Dato2 As String
Dato2 = MSComm2.Input
Text2.Text = ""
Text2.Text = Text2.Text & Dato2
Text2.SelStart = Len(Text2.Text)
End Sub
'%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
'TERCERA PARTE
'SISTEMA DE ALICAT - PRESION P
Private Sub Combo3_Click()
With Me.Combo3
MSComm3.CommPort = Combo3.ItemData(Combo3.ListIndex)
End With
Debug.Print "Puerto seleccionado : COM" & MSComm3.CommPort
End Sub
Private Sub Command3_Click()
If Not MSComm3.PortOpen Then

```

```

MSComm3.CommPort = Combo3.ItemData(Combo3.ListIndex)
MSComm3.PortOpen = True
Command3.Caption = "DESCONECTAR"
Combo3.Enabled = False
Shape4.BackColor = &HFF00&
Else
MSComm3.PortOpen = False
Command3.Caption = "CONECTAR"
Combo3.Enabled = True
Shape4.BackColor = &HFF&
End If
End Sub
Private Sub MSComm3_OnComm()
Dim Dato3 As String
Dato3 = MSComm3.Input
Text3.Text = ""
Text3.Text = Text3.Text & Dato3
Text3.SelStart = Len(Text3.Text)
End Sub
Private Sub Command21_Click() 'MANDAR MODO MANUAL
On Local Error Resume Next
If Text32.Text = "" Then
MsgBox "DEBE COLOCAR UNA CANTIDAD", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
If Text32.Text > 6 Then
MsgBox "MAXIMO: 6 Bar", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
MSComm3.Output = "DS" & Text32.Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
If Error <> 0 Then
End If
End Sub
'SISTEMA DE ALICAT - METANO CH4
Private Sub Combo4_Click()
With Me.Combo4
MSComm4.CommPort = Combo4.ItemData(Combo4.ListIndex)
End With
Debug.Print "Puerto seleccionado : COM" & MSComm4.CommPort
End Sub
Private Sub Command4_Click()
If Not MSComm4.PortOpen Then
MSComm4.CommPort = Combo4.ItemData(Combo4.ListIndex)
MSComm4.PortOpen = True
Command4.Caption = "DESCONECTAR"
Combo4.Enabled = False

```

```

Shape5.BackColor = &HFF00&
Else
MSComm4.PortOpen = False
Command4.Caption = "CONECTAR"
Combo4.Enabled = True
Shape5.BackColor = &HFF&
End If
End Sub
Private Sub MSComm4_OnComm()
Dim Dato4 As String
Dato4 = MSComm4.Input
Text4.Text = ""
Text4.Text = Text4.Text & Dato4
Text4.SelStart = Len(Text4.Text)
End Sub
Private Sub Command18_Click()
On Local Error Resume Next
If Text21.Text = "" Then
MsgBox "DEBE COLOCAR UNA CANTIDAD", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
If Text21.Text > 100 Then
MsgBox "MAXIMO: 100 SmL/m", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
MSComm4.Output = "AS" & Text21.Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
If Error <> 0 Then
End If
End Sub
'SISTEMA DE ALICAT - HIDROGENO H2
Private Sub Combo5_Click()
With Me.Combo5
MSComm5.CommPort = Combo5.ItemData(Combo5.ListIndex)
End With
Debug.Print "Puerto seleccionado : COM" & MSComm5.CommPort
End Sub
Private Sub Command5_Click()
If Not MSComm5.PortOpen Then
MSComm5.CommPort = Combo5.ItemData(Combo5.ListIndex)
MSComm5.PortOpen = True
Command5.Caption = "DESCONECTAR"
Combo5.Enabled = False
Shape6.BackColor = &HFF00&
Else
MSComm5.PortOpen = False
Command5.Caption = "CONECTAR"

```

```

Combo5.Enabled = True
Shape6.BackColor = &HFF&
End If
End Sub
Private Sub MSComm5_OnComm()
Dim Dato5 As String
Dato5 = MSComm5.Input
Text5.Text = ""
Text5.Text = Text5.Text & Dato5
Text5.SelStart = Len(Text5.Text)
End Sub
Private Sub Command19_Click()
On Local Error Resume Next
If Text26.Text = "" Then
MsgBox "DEBE COLOCAR UNA CANTIDAD", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
If Text26.Text > 200 Then
MsgBox "MAXIMO: 200 SmL/m", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
MSComm5.Output = "BS" & Text26.Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
If Error <> 0 Then
End If
End Sub
'SISTEMA DE ALICAT - NITROGENO N2
Private Sub Combo6_Click()
With Me.Combo6
MSComm6.CommPort = Combo6.ItemData(Combo6.ListIndex)
End With
Debug.Print "Puerto seleccionado : COM" & MSComm6.CommPort
End Sub
Private Sub Command6_Click()
If Not MSComm6.PortOpen Then
MSComm6.CommPort = Combo6.ItemData(Combo6.ListIndex)
MSComm6.PortOpen = True
Command6.Caption = "DESCONECTAR"
Combo6.Enabled = False
Shape7.BackColor = &HFF00&
Else
MSComm6.PortOpen = False
Command6.Caption = "CONECTAR"
Combo6.Enabled = True
Shape7.BackColor = &HFF&
End If
End Sub

```

```

Private Sub MSComm6_OnComm()
Dim Dato6 As String
Dato6 = MSComm6.Input
Text6.Text = ""
Text6.Text = Text6.Text & Dato6
Text6.SelStart = Len(Text6.Text)
End Sub
Private Sub Command20_Click()
On Local Error Resume Next
If Text29.Text = "" Then
MsgBox "DEBE COLOCAR UNA CANTIDAD", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
If Text29.Text > 500 Then
MsgBox "MAXIMO: 500 SmL/m", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
If Text29.Text < 1 Then
MsgBox "MINIMO: 1 SmL/m", vbExclamation, "Modo Manual"
Exit Sub
End If
MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
MSComm6.Output = "CS" & Text29.Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
If Error <> 0 Then
End If
End Sub
'%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
'TIEMPO DE MUESTREO
Private Sub Option2_Click()
Timer2.Interval = 5000
End Sub
Private Sub Option3_Click()
Timer2.Interval = 30000
End Sub
Private Sub Option4_Click()
Timer2.Interval = 60000
End Sub

'ABRIR FORMATO EXCEL
Private Sub Command8_Click()

Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
xlApp.Visible = True

If Timer2.Interval = 5000 Then

```

```

Set xlWorkBook =
xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\usuario\Desktop\Formato5segundos.xlsx")
Option2.BackColor = &HC000&
ElseIf Timer2.Interval = 30000 Then
Set xlWorkBook =
xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\usuario\Desktop\Formato30segundos.xlsx")
Option3.BackColor = &HC000&
ElseIf Timer2.Interval = 60000 Then
Set xlWorkBook =
xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\usuario\Desktop\Formato1 minuto.xlsx")
Option4.BackColor = &HC000&
Else
MsgBox "ESCOGA TIEMPO DE MUESTREO", vbExclamation, "FORMATO"
Exit Sub
End If

```

```
xlApp.WindowState = xlMaximized
```

```

If Label15.Caption = "Modo Automatico" Then
xlApp.Sheets("Programación").Activate
Else
xlApp.Sheets("Ad_datos").Activate
Command9.Enabled = True
Command14.Enabled = True
End If

```

```

'xlApp.Sheets(1).Activate se puede usar numeros tambien
Command10.Enabled = True
Command8.Enabled = False
Text20.Enabled = True
Option2.Enabled = False
Option3.Enabled = False
Option4.Enabled = False

```

```

Z = 0
i = 10
End Sub

```

```

'DATA A EXCEL ON/PLAY/START
Private Sub Command9_Click()
Command14.BackColor = &HC0C0C0
Command9.BackColor = &HFF00&
If Z = 0 Then
Timer2.Enabled = True
Else
i = P
Timer2.Enabled = True
End If
End Sub
'DATA A EXCEL OFF/STOP/PAUSE

```



```

Private Sub Command14_Click()
Command14.BackColor = &HFF&
Command9.BackColor = &HC0C0C0
Timer2.Enabled = False
MsgBox "LOS DATOS HAN SIDO PAUSADOS", vbInformation, "AVISO"
Z = 1
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
Cells(i, 2) = Label7.Caption 'HORA
Cells(i, 54) = Text1.Text 'TERMOCUPLAS AUXILIARES
Cells(i, 53) = Text2.Text 'TERMOCUPLAS HORNO
Cells(i, 58) = Text3.Text 'PRESION
Cells(i, 55) = Text4.Text 'METANO
Cells(i, 56) = Text5.Text 'HIDROGENO
Cells(i, 57) = Text6.Text 'NITROGENO
i = i + 1
P = i
End Sub

'GUARDAR LIBRO DE EXCEL

Private Sub Command10_Click()

Dim ruta_dos As String
Dim nombre_archivo As String

nombre_archivo = Text20.Text

If nombre_archivo = "" Then
MsgBox "DEBE COLOCAR UN NOMBRE AL LIBRO DE EXCEL", vbExclamation,
"ARCHIVO EXCEL"
Exit Sub
End If

ruta_dos = "C:\Users\usuario\Desktop\Data_ensayos\" & Text14.Text & "\" &
nombre_archivo & ".xslm"

If MsgBox("¿Desea guardar el archivo excel con ese nombre?", vbQuestion +
vbYesNo, "ARCHIVO EXCEL") = vbNo Then
Exit Sub
End If

xlWorkBook.SaveAs (ruta_dos)
xlWorkBook.Close (SaveChanges)

MsgBox "Su archivo ha sido guardado", vbInformation, "ARCHIVO EXCEL"

Text20.Enabled = False
Command10.Enabled = False
Command11.Enabled = True

```

```
Command9.Enabled = False
Command14.Enabled = False
Command17.Enabled = False
End Sub
```

```
'CERRAR LIBRO EXCEL
```

```
Private Sub Command11_Click()
```

```
Excel.Application.Quit
```

```
Command11.Enabled = False
```

```
MsgBox "EXCEL HA SIDO CERRADO, GRACIAS", vbInformation, "AVISO"
```

```
End Sub
```

```
'RELOJ Y FECHA
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
Label7.Caption = Format(Time, "HH:mm:ss")
```

```
Label8.Caption = Date
```

```
End Sub
```

```
'BOTON DE SALIR DEL PROGRAMA
```

```
Private Sub salir_Click()
```

```
If MsgBox("¿Desea salir del programa? ¿Esta seguro?", vbQuestion + vbYesNo, "SALIR") = vbYes Then
```

```
End
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
'ABRIR NOTEPAD
```

```
Private Sub Command13_Click()
```

```
Shell "notepad.exe", vbNormalFocus
```

```
End Sub
```

```
'ABRIR CALCULADORA
```

```
Private Sub Command12_Click()
```

```
Shell "calc.exe"
```

```
End Sub
```

```
'TEXTO NO SIGNOS
```

```
Private Sub Text14_KeyPress(KeyAscii As Integer) 'USAR NUMEROSYIETRAS
```

```
KeyAscii = numeroyletra(KeyAscii)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Text20_KeyPress(KeyAscii As Integer) 'USAR NUMEROSYIETRAS
```

```
KeyAscii = numeroyletra(KeyAscii)
```

```
End Sub
```

```
Function numeroyletra(ByVal KeyAscii) As Integer 'USAR NUMEROSYIETRAS
```

```
If
```

```
InStr("0123456789qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVB
```

```
NM_- ", Chr(KeyAscii)) = 0 Then
```

```
numeroyletra = 0
```

```
Else
```

```

numeroyletra = KeyAscii
End If
End Function
Private Sub Command16_Click()
Text14.Text = ""
End Sub
Private Sub Command17_Click()
Text20.Text = ""
End Sub
'TEXTO NO LETRAS EN MODO MANUAL
Private Sub Command22_Click()
Text21.Text = ""
Text26.Text = ""
Text29.Text = ""
Text32.Text = ""
End Sub
Private Sub Text21_KeyPress(KeyAscii As Integer) 'USAR NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text26_KeyPress(KeyAscii As Integer) 'USAR NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text29_KeyPress(KeyAscii As Integer) 'USAR NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text32_KeyPress(KeyAscii As Integer) 'USAR NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Function numero(ByVal KeyAscii) As Integer 'USAR NUMEROS
If InStr("0123456789.", Chr(KeyAscii)) = 0 Then
numero = 0
Else
numero = KeyAscii
End If
End Function
'FUNCION ESPERA / "DELAY"
Sub Espera(ByVal Segundos As Long)
Dim Hora As Double
On Local Error Resume Next
Hora = Timer
Do Until Timer >= Hora + Segundos
DoEvents
Loop
End Sub
Private Sub Command24_Click() 'DESCARGAR DATOS
Timer3.Enabled = True
J = 12
K = 29
L = 0
LL = 0

```

```
Command24.Enabled = False
End Sub
Private Sub Timer3_Timer()
```

```
Cells(J, 3) = Form5.Text10(L).Text 'T1
Cells(J, 5) = Form5.Text13(L).Text 'C1
Cells(J, 7) = Form5.Text11(L).Text 'T2
Cells(J, 9) = Form5.Text14(L).Text 'C2
Cells(J, 11) = Form5.Text12(L).Text 'T3
Cells(J, 13) = Form5.Text15(L).Text 'T3
```

```
Cells(K, 2) = Form5.Text1(L).Text & ":" & Form5.Text2(L).Text ' INICIO
Cells(K, 12) = Form5.Text3(L).Text ' INT
Cells(K, 7) = Form5.Text6(L).Text ' CH4
Cells(K, 8) = Form5.Text7(L).Text ' H2
Cells(K, 9) = Form5.Text8(L).Text ' N2
Cells(K, 11) = Form5.Text9(L).Text ' PRESION
```

```
J = J + 1
K = K + 1
L = L + 1
```

```
If L = 12 Then
Timer3.Enabled = False
MsgBox "LA PROGRAMACION SE GUARDO EN EXCEL", vbInformation,
"AVISO"
Worksheets("Ad_datos").Activate
End If
End Sub
```

```
Private Sub Command15_Click()
If MsgBox("¿DESEA ABRIR EL MANUAL DE USUARIO?", vbQuestion +
vbYesNo, "ARCHIVO EXCEL") = vbNo Then
Exit Sub
End If
ShellExecute 0&, "OPEN", "C:\Users\usuario\Desktop\Practica 1 CE.pdf", "", "", 1
End Sub
```

Ventana de Programación

```
Dim Array_alarma(11) As String 'ALARMAS VECTOR DE 12 ELEMENTOS (0:11)
Sub Espera(ByVal Segundos As Long) 'FUNCION ESPERA / "DELAY"
Dim Hora As Double
On Local Error Resume Next
Hora = Timer
Do Until Timer >= Hora + Segundos
DoEvents
Loop
```

```

End Sub
Private Sub Command1_Click() 'BOTON ACTUALIZAR 1
'CONDICIONES
If Len(Text1(0).Text) < 2 Then
MsgBox "DEBE USAR 2 CARACTERES", vbExclamation, "PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
If Text1(0).Text > 23 Then
MsgBox "MAXIMO 23 HORAS", vbExclamation, "PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
If Len(Text2(0).Text) < 2 Then
MsgBox "DEBE USAR 2 CARACTERES", vbExclamation, "PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
If Text2(0).Text > 59 Then
MsgBox "MAXIMO 59 MINUTOS", vbExclamation, "PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
If Text3(0).Text = "" Then
MsgBox "COLOQUE MINIMO UN INTERVALO", vbExclamation,
"PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
'CONDICIONES
For c = 0 To 11
If Text3(c).Text = "" Then
B = c - 1
c = 11
Else
B = 11
End If
Next
'SUMA DE HORAS Y MINUTOS
For A = 0 To B
intervalo = Text3(A).Text / 60
horasintervalo = Int(intervalo)
minutosintervalo = (intervalo - horasintervalo) * 60
horanueva = Text1(A).Text + horasintervalo
minutonuevo = Text2(A).Text + minutosintervalo
If minutonuevo >= 60 Then
horanueva = horanueva + 1
minutonuevo = minutonuevo - 60
End If
If horanueva >= 24 Then
horanueva = horanueva - 24
End If
If horanueva < 10 Then
horanueva = "0" & horanueva
End If

```

```

If minutonuevo < 10 Then
minutonuevo = "0" & minutonuevo
End If
Text1(A + 1).Text = horanueva
Text2(A + 1).Text = minutonuevo
Next
Text1(0).Enabled = False
Text2(0).Enabled = False
Command3.Enabled = True
'CERIFICA CUANTAS ALARMAS SERAN ACTIVADAS
For E = 0 To 10
Text4(E).Text = Text1(E + 1).Text
Text5(E).Text = Text2(E + 1).Text
Next
For F = 0 To 11
If Text3(F).Text = "0" Then
Text6(F).Text = "0.0"
Text7(F).Text = "0.0"
Text8(F).Text = "0.0"
Text9(F).Text = "0.1"
G = F + 1
For H = G To 11
Text1(H).Text = ""
Text2(H).Text = ""
Next
End If
Next
Command3.Enabled = True
End Sub
Private Sub Command2_Click() 'BOTON LIMPIAR 1
For D = 0 To 12
Text1(D).Text = ""
Text2(D).Text = ""
Next
For D = 0 To 10
Text4(D).Text = ""
Text5(D).Text = ""
Next
For D = 0 To 11
Text3(D).Text = ""
Next
Text1(0).Enabled = True
Text2(0).Enabled = True
End Sub
Private Sub Command3_Click() 'BOTON GUARDAR 1
If MsgBox("¿Esta seguro de la secuencia?", vbQuestion + vbYesNo,
"PROGRAMACION") = vbNo Then
Exit Sub
End If
For D = 0 To 11

```

```

Text3(D).Enabled = False
Next
Command1.Enabled = False
Command2.Enabled = False
Command3.Enabled = False
End Sub
'GASES Y PRESION
Private Sub Command7_Click() 'BOTON ACTUALIZAR 2
On Local Error Resume Next
For D = 0 To 11
If Text6(D).Text > 100 Then
MsgBox "MAXIMO: 100 SmL/m (METANO)", vbExclamation, "PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
Next
For D = 0 To 11
If Text7(D).Text > 200 Then
MsgBox "MAXIMO: 200 SmL/m (HIDROGENO)", vbExclamation,
"PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
Next
For D = 0 To 11
If Text8(D).Text > 500 Then
MsgBox "MAXIMO: 500 SmL/m (NITROGENO)", vbExclamation,
"PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
If Text8(D).Text < 1 And Text8(D).Text > 0 Then
MsgBox "MINIMO: 1 SmL/m (NITROGENO)", vbExclamation, "PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
Next
For D = 0 To 11
If Text9(D).Text > 6 Then
MsgBox "MAXIMO: 6 BARES (PRESION)", vbExclamation, "PROGRAMACION"
Exit Sub
End If
Next
MsgBox "PARAMETROS DENTRO DE RANGO: CONTINUE ", vbInformation,
"PROGRAMACION"
If Error <> 0 Then
End If
Command5.Enabled = True
End Sub
Private Sub Command4_Click() 'BOTON LIMPIAR 2
For D = 0 To 11
Text6(D).Text = "0.0"
Text7(D).Text = "0.0"
Text8(D).Text = "0.0"

```

```

Text9(D).Text = "0.0"
Next
End Sub
Private Sub Command5_Click() 'BOTON GUARDAR 2
If MsgBox("¿Esta seguro de los Set Point?", vbQuestion + vbYesNo,
"PROGRAMACION") = vbNo Then
Exit Sub
End If
For D = 0 To 11
Text6(D).Enabled = False
Text7(D).Enabled = False
Text8(D).Enabled = False
Text9(D).Enabled = False
Next
Command5.Enabled = False
Command4.Enabled = False
Command7.Enabled = False
End Sub
Private Sub Command10_Click() 'BOTON LIMPIAR 3
For D = 0 To 11
Text10(D).Text = "0"
Text11(D).Text = "0"
Text12(D).Text = "0"
Text13(D).Text = "0"
Text14(D).Text = "0"
Text15(D).Text = "0"
Next
End Sub
Private Sub Command11_Click() 'BOTON GUARDAR 3
If MsgBox("¿Esta seguro de los Set Point?", vbQuestion + vbYesNo,
"PROGRAMACION") = vbNo Then
Exit Sub
End If
For D = 0 To 11
Text10(D).Enabled = False
Text11(D).Enabled = False
Text12(D).Enabled = False
Text13(D).Enabled = False
Text14(D).Enabled = False
Text15(D).Enabled = False
Next
Command10.Enabled = False
Command11.Enabled = False
Command8.Enabled = True
End Sub
Private Sub Timer1_Timer() 'TIEMPO HORA
Label2.Caption = Format(Time, "HH:mm:ss")
End Sub
Private Sub Text1_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS

```



```
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text2_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text3_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text6_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS.
KeyAscii = numeropunto(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text7_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS.
KeyAscii = numeropunto(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text8_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS.
KeyAscii = numeropunto(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text9_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS.
KeyAscii = numeropunto(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text10_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text11_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text12_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text13_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text14_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
Private Sub Text15_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer) 'USAR
NUMEROS
KeyAscii = numero(KeyAscii)
End Sub
```

```

Function numero(ByVal KeyAscii) As Integer 'USAR NUMEROS
If InStr("0123456789-", Chr(KeyAscii)) = 0 Then
numero = 0
Else
numero = KeyAscii
End If
End Function
Function numeropunto(ByVal KeyAscii) As Integer 'USAR NUMEROS Y PUNTO
If InStr("0123456789.", Chr(KeyAscii)) = 0 Then
numeropunto = 0
Else
numeropunto = KeyAscii
End If
End Function
'CAMBIOS RESET DE FORM
Private Sub Command6_Click()
If MsgBox("¿ESTA SEGURO DE RESETEAR?", vbQuestion + vbYesNo,
"PROGRAMACION") = vbNo Then
Exit Sub
End If
Unload Form5
Form5.Show
End Sub
Private Sub Command9_Click() 'BOTON DE OCULTAR FORM
Form5.Hide
End Sub
Private Sub Command8_Click() 'INICIA SECUENCIA
If MsgBox("¿ESTA SEGURO DE INICIAR LA SECUENCIA?", vbQuestion +
vbYesNo, "PROGRAMACION") = vbNo Then
Exit Sub
End If
Command8.Enabled = False
Command6.Enabled = False
Form1.Text32.Text = Text9(0).Text
Form1.Text21.Text = Text6(0).Text
Form1.Text26.Text = Text7(0).Text
Form1.Text29.Text = Text8(0).Text
For Q = 0 To 11
If Text3(Q).Text = "0" Then
NDA = Q
Label7.Caption = NDA + 1
End If
Next
'GUARDADO Y DECLARACION DE ALARMAS
For W = 0 To NDA
Array_alarma(W) = Text1(W).Text & ":" & Text2(W).Text
Label6(W).Caption = Array_alarma(W)
Next
Timer2.Enabled = True
Form1.Command24.Enabled = True

```

```

Form1.Label23.Caption = Text1(0).Text & ":" & Text2(0).Text
MsgBox "POR FAVOR DESCARGAR TABLA", vbExclamation,
"PROGRAMACION"
End Sub
Private Sub Timer2_Timer() 'TIMER DE PROGRAMACION DE ALARMAS
numalarma = Label8.Caption
Select Case numalarma
Case "1"
If Array_alarma(0) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.Label22.Caption = "GRABANDO"
Form1.Label22.ForeColor = &HFF00&
Form1.Timer2.Enabled = True
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(0).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(0).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(0).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(0).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "2"
Form1.Text32.Text = Text9(1).Text
Form1.Text21.Text = Text6(1).Text
Form1.Text26.Text = Text7(1).Text
Form1.Text29.Text = Text8(1).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(1)
End If
End If

Case "2"

```

```

If Array_alarma(1) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(1).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(1).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(1).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(1).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "3"
Form1.Text32.Text = Text9(2).Text
Form1.Text21.Text = Text6(2).Text
Form1.Text26.Text = Text7(2).Text
Form1.Text29.Text = Text8(2).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(2)
End If
End If

Case "3"
If Array_alarma(2) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(2).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(2).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)

```

```

Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(2).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(2).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "4"
Form1.Text32.Text = Text9(3).Text
Form1.Text21.Text = Text6(3).Text
Form1.Text26.Text = Text7(3).Text
Form1.Text29.Text = Text8(3).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(3)
End If
End If

Case "4"
If Array_alarma(3) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(3).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(3).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(3).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(3).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)

```

```

Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "5"
Form1.Text32.Text = Text9(4).Text
Form1.Text21.Text = Text6(4).Text
Form1.Text26.Text = Text7(4).Text
Form1.Text29.Text = Text8(4).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(4)
End If
End If

Case "5"
If Array_alarma(4) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(4).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(4).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(4).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(4).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "6"
Form1.Text32.Text = Text9(5).Text
Form1.Text21.Text = Text6(5).Text
Form1.Text26.Text = Text7(5).Text
Form1.Text29.Text = Text8(5).Text

```

```
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(5)
End If
End If
```

```
Case "6"
If Array_alarma(5) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(5).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(5).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(5).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(5).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "7"
Form1.Text32.Text = Text9(6).Text
Form1.Text21.Text = Text6(6).Text
Form1.Text26.Text = Text7(6).Text
Form1.Text29.Text = Text8(6).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(6)
End If
End If
```

```
Case "7"
If Array_alarma(6) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(6).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
```

```

Form1.MSComm3.Output = "*@=@ " & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(6).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@ " & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(6).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@ " & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(6).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@ " & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Form1.Text32.Text = "-----"
Form1.Text21.Text = "-----"
Form1.Text26.Text = "-----"
Form1.Text29.Text = "-----"
Else
Label8.Caption = "8"
Form1.Text32.Text = Text9(7).Text
Form1.Text21.Text = Text6(7).Text
Form1.Text26.Text = Text7(7).Text
Form1.Text29.Text = Text8(7).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(7)
End If
End If

Case "8"
If Array_alarma(7) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(7).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@ " & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(7).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@ " & vbCrLf & Chr(13)

```



```

Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(7).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(7).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "9"
Form1.Text32.Text = Text9(8).Text
Form1.Text21.Text = Text6(8).Text
Form1.Text26.Text = Text7(8).Text
Form1.Text29.Text = Text8(8).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(8)
End If
End If

Case "9"
If Array_alarma(8) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(8).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(8).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(8).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(8).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)

```

```

Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "10"
Form1.Text32.Text = Text9(9).Text
Form1.Text21.Text = Text6(9).Text
Form1.Text26.Text = Text7(9).Text
Form1.Text29.Text = Text8(9).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(9)
End If
End If

Case "10"
If Array_alarma(9) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(9).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(9).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(9).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(9).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "11"
Form1.Text32.Text = Text9(10).Text
Form1.Text21.Text = Text6(10).Text
Form1.Text26.Text = Text7(10).Text
Form1.Text29.Text = Text8(10).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption

```

```
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(10)
End If
End If
```

```
Case "11"
```

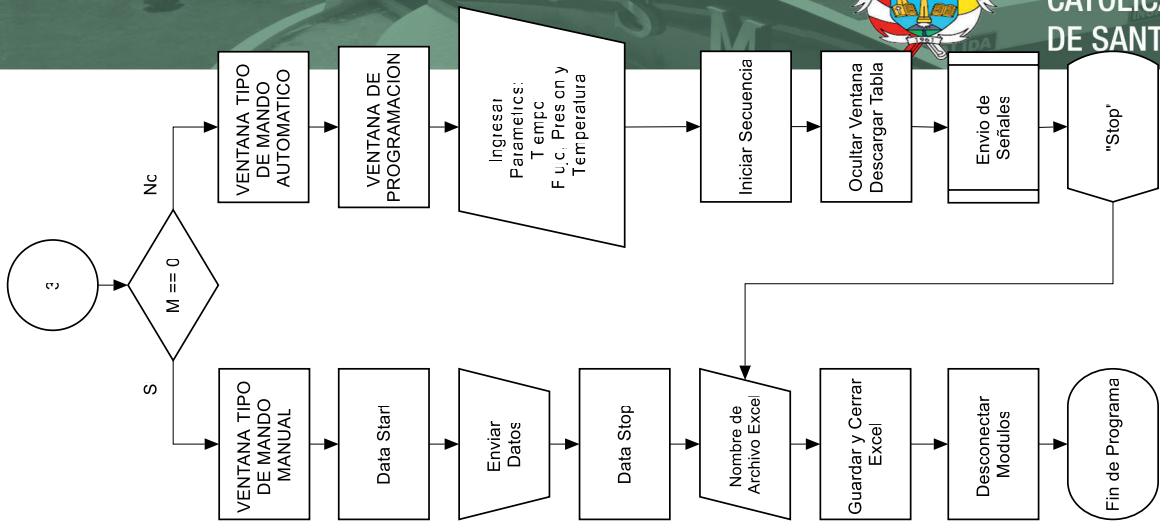
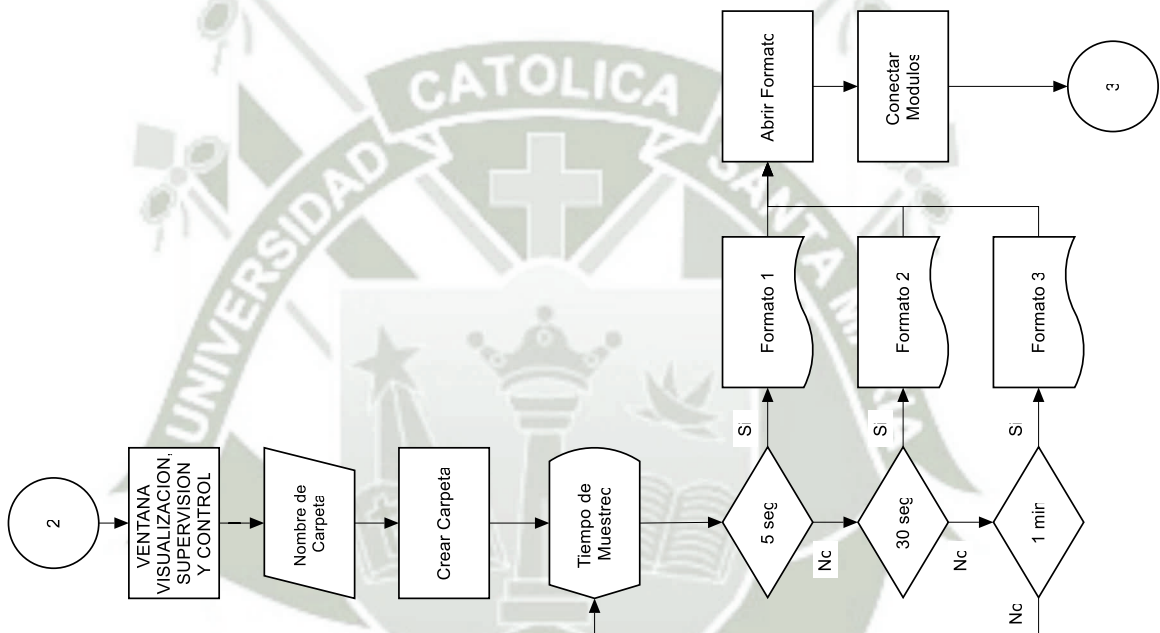
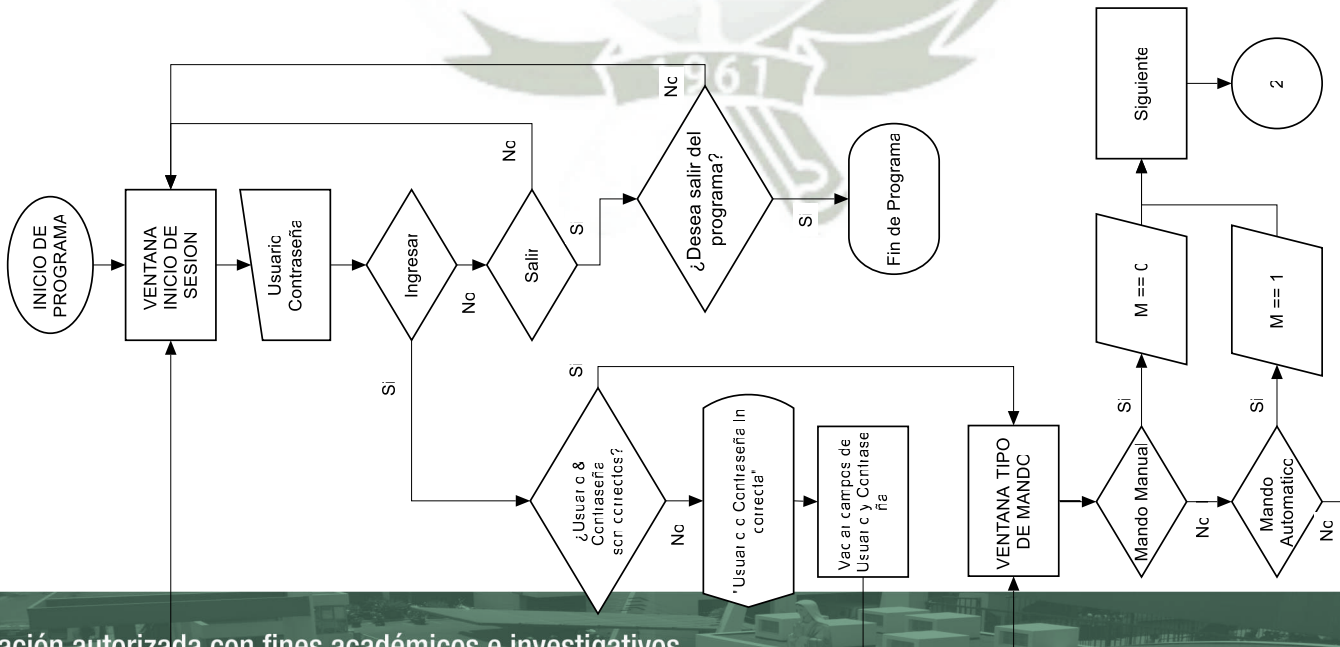
```
If Array_alarma(10) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(10).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(10).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(10).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(10).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
If Label8.Caption = Label7.Caption Then
Label8.Caption = "Finalizó"
Else
Label8.Caption = "12"
Form1.Text32.Text = Text9(11).Text
Form1.Text21.Text = Text6(11).Text
Form1.Text26.Text = Text7(11).Text
Form1.Text29.Text = Text8(11).Text
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = Array_alarma(11)
End If
End If
```

```
Case "12"
```

```
If Array_alarma(11) = Format(Time, "HH:mm") Then
Form1.MSComm3.Output = "*@=D" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "DS" & Text9(11).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm3.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
```

```
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=A" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "AS" & Text6(11).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm4.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=B" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "BS" & Text7(11).Text & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm5.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=C" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "CS" & Text8(11).Text / 1000 & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Form1.MSComm6.Output = "*@=@" & vbCrLf & Chr(13)
Espera (2)
Label8.Caption = "Finalizó"
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
End If
Form1.Label21.Caption = Label8.Caption
Form1.Label23.Caption = " --:-- "

Case Else
Form1.Text32.Text = "-----"
Form1.Text21.Text = "-----"
Form1.Text26.Text = "-----"
Form1.Text29.Text = "-----"
Form1.Label22.ForeColor = &HFF&
Form1.Label22.Caption = "STOP"
Form1.Timer2.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
End Select
End Sub
```



ANEXO 04: CÓDIGOS DE TARJETAS ARDUINO UNO

Y ARDUINO MEGA



AUXILIARES

```
#include "max6675.h"

int T1;
int T2;
int T3;
int T11;
int T22;
int T33;

int thermoDO = 12;
int thermoCS = 11;
int thermoCLK = 10;

int thermoDO2 = 7;
int thermoCS2 = 6;
int thermoCLK2 = 5;

int thermoDO3 = 14;
int thermoCS3 = 15;
int thermoCLK3 = 16;

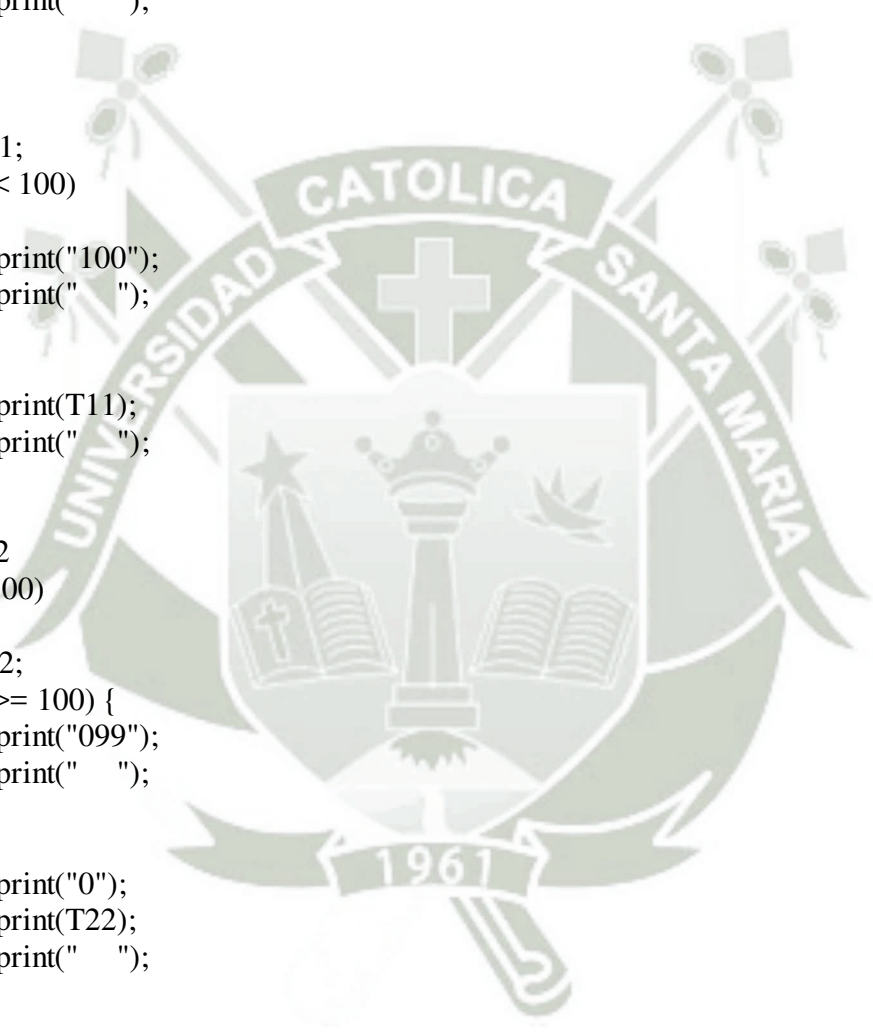
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);
int vccPin = 9;
int gndPin = 8;
MAX6675 thermocouple2(thermoCLK2, thermoCS2, thermoDO2);
int vccPin2 = 4;
int gndPin2 = 3;
MAX6675 thermocouple3(thermoCLK3, thermoCS3, thermoDO3);
int vccPin3 = 17;
int gndPin3 = 18;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vccPin, OUTPUT); digitalWrite(vccPin, HIGH);
  pinMode(gndPin, OUTPUT); digitalWrite(gndPin, LOW);
  pinMode(vccPin2, OUTPUT); digitalWrite(vccPin2, HIGH);
  pinMode(gndPin2, OUTPUT); digitalWrite(gndPin2, LOW);
  pinMode(vccPin3, OUTPUT); digitalWrite(vccPin3, HIGH);
  pinMode(gndPin3, OUTPUT); digitalWrite(gndPin3, LOW);
  delay(500);
}

void loop() {

  T1 = thermocouple.readCelsius()+1;
  T2 = thermocouple2.readCelsius()-2;
```

```
T3 = thermocouple3.readCelsius()-3;
//TERM 1
if (T1 < 100)
{
  T11 = T1;
  if (T11 >= 100) {
    Serial.print("099");
    Serial.print(" ");
  }
  else {
    Serial.print("0");
    Serial.print(T11);
    Serial.print(" ");
  }
}
else {
  T11 = T1;
  if (T11 < 100)
  {
    Serial.print("100");
    Serial.print(" ");
  }
  else {
    Serial.print(T11);
    Serial.print(" ");
  }
}
//TERM 2
if (T2 < 100)
{
  T22 = T2;
  if (T22 >= 100) {
    Serial.print("099");
    Serial.print(" ");
  }
  else {
    Serial.print("0");
    Serial.print(T22);
    Serial.print(" ");
  }
}
else {
  T22 = T2;
  if (T22 < 100)
  {
    Serial.print("100");
    Serial.print(" ");
  }
  else {
    Serial.print(T22);
  }
}
```




```
Serial.print(" ");
}
}
//TERM 3
if (T3 < 100)
{
  T33 = T3;
  if (T33 >= 100) {
    Serial.print("099");
  }
  else {
    Serial.print("0");
    Serial.print(T33);
  }
}
else {
  T33 = T3;
  if (T33 < 100)
  {
    Serial.print("100");
  }
  else {
    Serial.print(T33);
  }
}
delay(1000);
}
```

**MAX 31850 – ARDUINO UNO – SUBSISTEMA DE CONTROL DE
TEMPERATURA HORNO CVD**

```
//LIBRERIA
#include <SoftwareSerial.h>
#include <OneWire.h>

//ENTRADAS Y SALIDAS
OneWire ds(10); // on pin 10

//CONSTANTES Y VARIABLES
#define TYPE_MAX31850 3
int T1;
int T2;
int T3;
int T11;
int T22;
int T33;
int pinDir = 2;
int pinLed = 13;
```

```

int temp2;
float pv[] = {0, 0, 0, 0};

//SECUENCIA DE INICIO
void setup(void) {
  Serial.begin(115200);
  Serial.setTimeout(100);
  while (!Serial) {
    ;
  }
  pinMode(pinLed, OUTPUT);
  pinMode(pinDir, OUTPUT);
  digitalWrite(pinLed, LOW);
  digitalWrite(pinDir, LOW);
}

//SECUENCIA PRINCIPAL
void loop(void) {
  byte i;
  byte present = 0;
  byte temptype;
  byte data[12];
  byte addr[8];
  float celsius;
  if ( !ds.search(addr) ) {
    ds.reset_search();
    delay(250);
    return;
  }
  if (OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7]) {
    return; Serial.println("CRC is not valid!");
  }
  if (addr[0] == 0x3B) {
    temptype = TYPE_MAX31850;
  }
  else {
    //Serial.print("chip no reconocido: 0x");
    //Serial.println(addr[0], HEX);
    return;
  }
  ds.reset();
  ds.select(addr);
  ds.write(0x44, 1);
  delay(800);
  present = ds.reset();
  ds.select(addr);
  ds.write(0xBE); //Read Scratchpad
  for ( i = 0; i < 9; i++) { // we need 9 bytes
    data[i] = ds.read();
  }
}

```

```

int direc = data[4] & 0xF;
// switch(direc){
// case 0:pv[0]=0;break;
// case 1:pv[1]=0;break;
// case 2:pv[2]=0;break;
// case 4:pv[3]=0;break;
// }
int16_t raw = (data[1] << 8) | data[0];
if(raw & 0x01) {//FAULT!
    return;
}
byte cfg = (data[4] & 0x60);
if(cfg == 0x00) raw = raw & ~7; // 9 bit resolution, 93.75 ms
else if (cfg == 0x20) raw = raw & ~3; // 10 bit res, 187.5 ms
else if (cfg == 0x40) raw = raw & ~1; // 11 bit res, 375 ms
celsius = (float)raw / 16.0;
switch (direc) {
case 0:
    pv[0] = celsius;
    break;
case 1:
    pv[1] = celsius;
    break;
case 2:
    pv[2] = celsius;
    break;
case 4:
    pv[3] = celsius;
    break;
}
// Serial.print(pv[0]);
// Serial.print("\t");

T1 = pv[1];
T2 = pv[2];
T3 = pv[3];

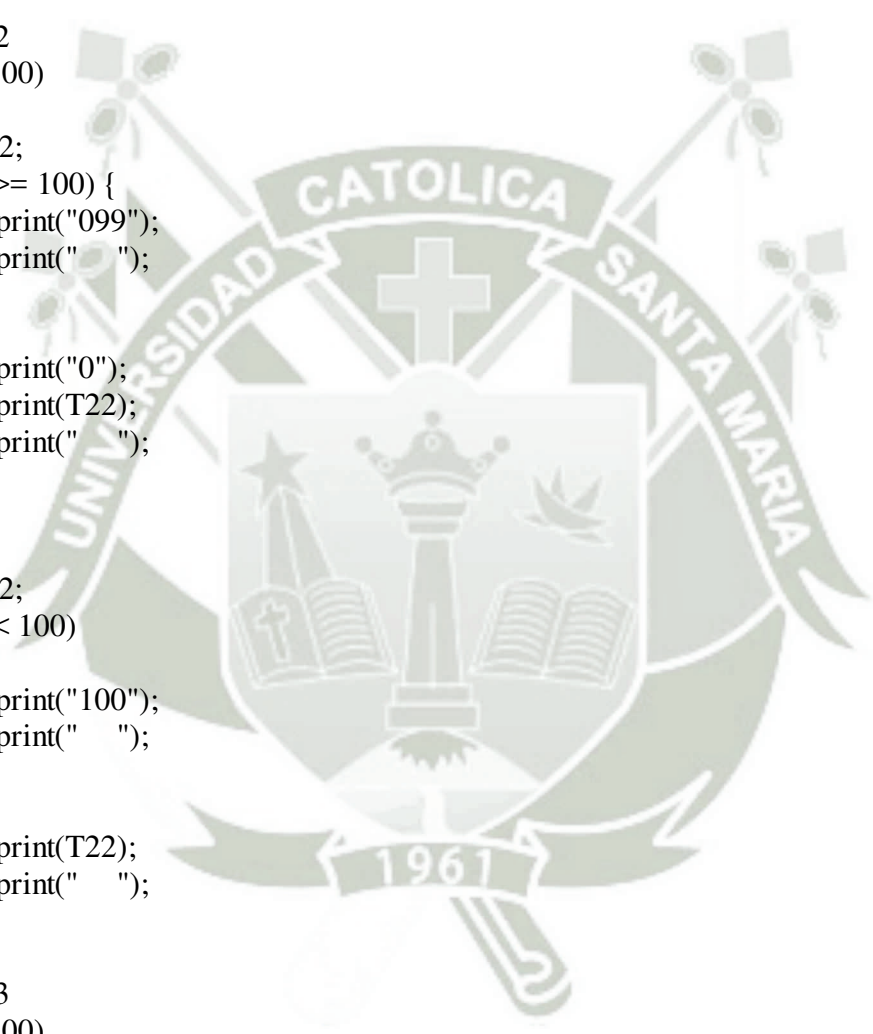
//TERM 1
if (T1 < 100)
{
    T11 = T1;
    if (T11 >= 100) {
        Serial.print("099");
        Serial.print(" ");
    }
}
else {
    Serial.print("0");
    Serial.print(T11);
    Serial.print(" ");
}
}

```

```

}
else {
    T11 = T1;
    if (T11 < 100)
    {
        Serial.print("100");
        Serial.print(" ");
    }
    else {
        Serial.print(T11);
        Serial.print(" ");
    }
}
}
//TERM 2
if (T2 < 100)
{
    T22 = T2;
    if (T22 >= 100) {
        Serial.print("099");
        Serial.print(" ");
    }
    else {
        Serial.print("0");
        Serial.print(T22);
        Serial.print(" ");
    }
}
else {
    T22 = T2;
    if (T22 < 100)
    {
        Serial.print("100");
        Serial.print(" ");
    }
    else {
        Serial.print(T22);
        Serial.print(" ");
    }
}
}
//TERM 3
if (T3 < 100)
{
    T33 = T3;
    if (T33 >= 100) {
        Serial.print("099");
    }
    else {
        Serial.print("0");
        Serial.print(T33);
    }
}
}

```



```
}  
else {  
  T33 = T3;  
  if (T33 < 100)  
  {  
    Serial.print("100");  
  }  
  else {  
    Serial.print(T33);  
  }  
}  
}
```



ANEXO 05: FUNCIONES PERSONALIZADAS EN VBA

EXCEL



FUNCIONES PERSONALIZADAS EN EXCEL

```

Function separamet(stCadena As String, n As Long) As String
Dim x() As String
x = Split(Trim(stCadena), " ")
If Mid(stCadena, 1, 1) = "A" Then
separamet = x(n)
Else
separamet = x(n - 1)
End If
End Function
Function separahid(stCadena As String, n As Long) As String
Dim x() As String
x = Split(Trim(stCadena), " ")
If Mid(stCadena, 1, 1) = "B" Then
separahid = x(n)
Else
separahid = x(n - 1)
End If
End Function
Function separanit(stCadena As String, n As Long) As String
Dim x() As String
x = Split(Trim(stCadena), " ")
If Mid(stCadena, 1, 1) = "C" Then
separanit = x(n)
Else
separanit = x(n - 1)
End If
End Function
Function separapre(stCadena As String, n As Long) As String
Dim x() As String
x = Split(Trim(stCadena), " ")
If Mid(stCadena, 1, 1) = "D" Then
separapre = x(n)
Else
separapre = x(n - 1)
End If
End Function
Function separa3e(stCadena As String, n As Long) As String
Dim x() As String
x = Split(Trim(stCadena), " ")
separa3e = x(n - 1)
End Function
Function separa5e(stCadena As String, n As Long) As String
Dim x() As String
x = Split(Trim(stCadena), " ")
separa5e = x(n - 1)
End Function

```

ANEXO 06: MANUAL DE CONTROLADORES ALICAT

DE FLUJO MASICO Y PRESION





Operating Manual



MC-Series



WHISPER



MCS-Series



MCR-Series



MCV-Series

Precision Gas Mass Flow Controllers

The Fastest Flow Controller Company in the World!



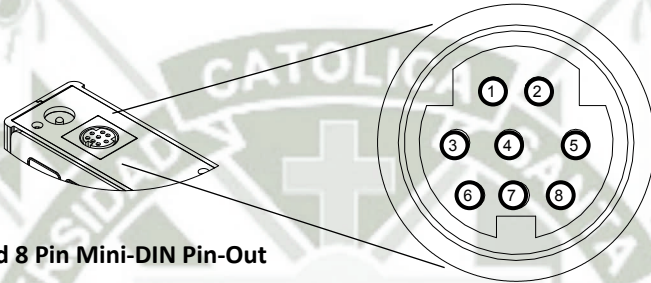
POWER AND SIGNAL CONNECTIONS

Power can be supplied to your controller through either the power jack (power jack not available on CSA/ATEX approved devices) or the 8 pin Mini-DIN connector.

An AC to DC adapter which converts line AC power to DC voltage and current as specified below is required to use the power jack.

Small Valve controllers require a 12-30Vdc power supply with a 2.1 mm female positive center plug capable of supplying 250 mA. **NOTE:** 4-20mA analog output requires at least 15 Vdc.

Large Valve controllers require a 24-30 Vdc power supply with a 2.1 mm female positive center plug capable of supplying at least 750mA.



Standard 8 Pin Mini-DIN Pin-Out

Pin	Function	Mini-DIN cable color
1	Not Connected (or optional 4-20mA Primary Output Signal)	Black
2	Static 5.12 Vdc [or optional Secondary Analog Output (4-20mA, 5Vdc, 10Vdc) or Basic Alarm]	Brown
3	Serial RS-232RX / RS-485(-) Input Signal (receive)	Red
4	Meters/Gauges = Remote Tare (Ground to Tare) Controllers = Analog Set-Point Input	Orange
5	Serial RS-232TX / RS-485(+) Output Signal (send)	Yellow
6	0-5 Vdc (or optional 0-10 Vdc) Output Signal	Green
7	Power In (as described above)	Blue
8	Ground (common for power, communications and analog signals)	Purple

Note: The above pin-out is applicable to all the flow meters and controllers with the Mini-DIN connector. The availability of different output signals depends on the options ordered. Optional configurations are noted on the unit's calibration sheet.



CAUTION! DO NOT CONNECT POWER TO PINS 1 THROUGH 6 AS PERMANENT DAMAGE CAN OCCUR!



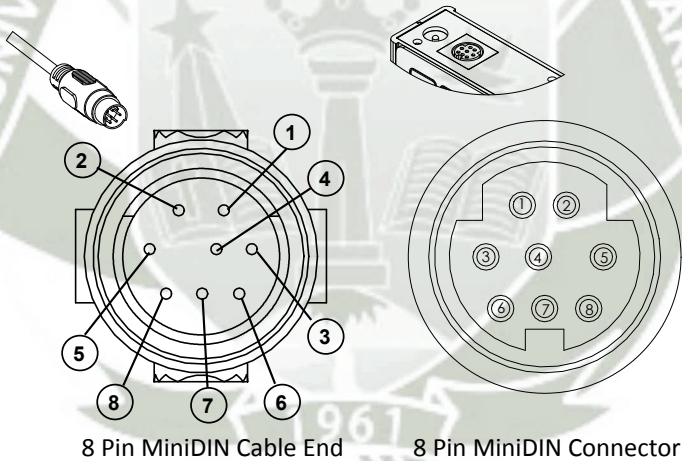
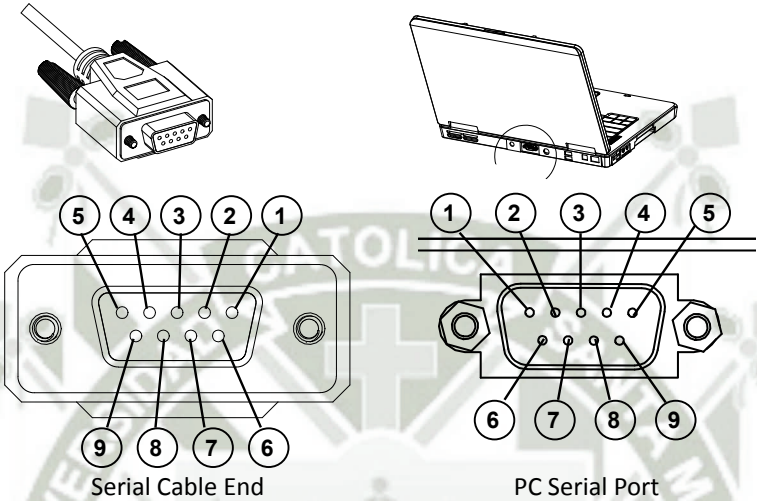
It is common to mistake Pin 2 (labeled 5.12 Vdc Output) as the standard 0-5 Vdc analog output signal. In fact Pin 2 is normally a constant 5.12 Vdc that reflects the system bus voltage and can be used as a source for the set-point signal.



For 6 Pin Locking Industrial Connector, DB9 and DB15 pin-outs see pages 85 to 98. For PROFIBUS pin-outs see page 83.

RS-232 / RS-485 Digital Input Signal

To use the RS-232 or RS-485 input signal, connect the RS-232 / RS-485 Output Signal (Pin 5), the RS-232 / RS-485 Input Signal (Pin 3), and Ground (Pin 8) to your computer serial port as shown below. (See page 33 for details on accessing RS-232 / RS-485 input.)



9 Pin Serial Connection		8 Pin MiniDIN Connection	
Pin	Function	Function	Pin
5	Ground	Ground	8
3	Transmit	Receive	3
2	Receive	Transmit	5

DB9 to Mini-DIN Connection for RS-232 / RS-485 Signals



Electrical Connections and Basic Wiring

<http://www.alicat.com/support/instructional-videos/>

Information for Alicat TFT (Color Display) Instruments

Alicat TFT (color display) instruments have a high contrast back-lit LCD display. TFT instruments operate in accordance with Alicat standard operating instructions for our monochrome menus and displays with the following differences.

Multi-Color Display Color Codes:

GREEN: Green labels identify the parameters and/or adjustments associated with the button directly above or below the label.

WHITE: The color of each parameter is displayed in white while operating under normal conditions.

RED: The color of a parameter is displayed in red when operating conditions for that parameter exceed 128% of the device's specifications.

YELLOW: Yellow is the equivalent of the selection arrow on the monochrome display.

LCD Contrast:

LCD contrast is ranged from 0 to 11 on color displays with 11 being the greatest contrast.

Display On/Off:

Pushing the button under the Alicat name will turn the device display on or off. This feature is not available on monochrome displays.

Technical Data for TFT (Color Display) Meters, Gauges and Controllers

The following specifications are applicable to Alicat **TFT** (color display) meters, gauges and controllers only. All other operating specifications are shown in the Technical Data page for standard Alicat instruments. All standard device features and functions are available and operate in accordance with the Alicat operating manual provided with the device.

Specification	Meter or Gauge	Small Valve Controller	Large Valve Controller
Supply Voltage	7 to 30 Vdc	12 to 30 Vdc	24 to 30 Vdc
Supply Current	80 mA @ 12Vdc 70 mA @ 24Vdc	290 mA @ 12Vdc 200 mA @ 24Vdc	780 mA @ 24Vdc

RS-232 / RS-485 Output and Input

Configuring HyperTerminal®:

1. Open your HyperTerminal® RS-232 / RS-485 terminal program (installed under the “Accessories” menu on all Microsoft Windows® operating systems).
2. Select “Properties” from the file menu.
3. Click on the “Configure” button under the “Connect To” tab. Be sure the program is set for: 19,200 baud (or matches the baud rate selected in the RS-232 / RS-485 communications menu on the meter) and an 8-N-1-None (8 Data Bits, No Parity, 1 Stop Bit, and no Flow Control) protocol.
4. Under the “Settings” tab, make sure the Terminal Emulation is set to ANSI or Auto Detect.
5. Click on the “ASCII Setup” button and be sure the “Send Line Ends with Line Feeds” box is not checked and the “Echo Typed Characters Locally” box and the “Append Line Feeds to Incoming Lines” boxes are checked. Those settings not mentioned here are normally okay in the default position.
6. Save the settings, close HyperTerminal® and reopen it.

Streaming Mode (RS-485 units do not have a streaming mode)

In the **default** Polling Mode, the screen should be blank except the blinking cursor. In order to get the data streaming to the screen, hit the “Enter” key several times to clear any extraneous information. Type “* @= @” followed by “Enter” (or using the RS-232 / RS-485 communication select menu, select @ as identifier and exit the screen). If data still does not appear, check all the connections and COM port assignments.

Streaming Mode – Advanced

The streaming data rate is controlled by register 91. The recommended default rate of data provision is once every 50 milliseconds and this is suitable for most purposes. If a slower or faster streaming data rate is desired, register 91 can be changed to a value from 1 millisecond to 65535 milliseconds, or slightly over once every minute. Below approximately 40 milliseconds, data provision will be dependent upon how many parameters are selected. Fewer data parameters can be streamed more quickly than more. It is left to the user to balance streaming speed with number of parameters streamed.

To read register 91, type “*r91” followed by “Enter”.

To modify register 91, type “*w91=X”, where X is a positive integer from 1 to 65535, followed by “Enter”.

To return to the recommended factory default streaming speed, type “*w91= 50”.

Changing From Streaming to Polling Mode:

When the meter is in the Streaming Mode (*RS-485 units do not have a streaming mode*), the screen is updated approximately 10-60 times per second (depending on the amount of data on each line) so that the user sees the data essentially in real time. It is sometimes desirable, and necessary when using more than one unit on a single RS-232 line, to be able to poll the unit.

In Polling Mode the unit measures the flow normally, but only sends a line of data when it is “polled”. Each unit can be given its own unique identifier or address.

Unless otherwise specified each unit is shipped with a default address of capital A. Other valid addresses are B thru Z.

Once you have established communication with the unit and have a stream of information filling your screen:

1. Type `*@=A` followed by “Enter” (or using the RS-232 / RS-485 communication select menu, select A as identifier and exit the screen) to stop the streaming mode of information. Note that the flow of information will not stop while you are typing and you will not be able to read what you have typed. Also, the unit does not accept a backspace or delete in the line so it must be typed correctly. If in doubt, simply hit enter and start again. If the unit does not get exactly what it is expecting, it will ignore it. If the line has been typed correctly, the data will stop.
2. You may now poll the unit by typing A followed by “Enter”. This does an instantaneous poll of unit A and returns the values once. You may type A “Enter” as many times as you like. Alternately you could resume streaming mode by typing `*@=@` followed by “Enter”. Repeat step 1 to remove the unit from the streaming mode.
3. To assign the unit a new address, type `*@=New Address`, e.g. `*@=B`. Care should be taken not to assign an address to a unit if more than one unit is on the RS-232 / RS-485 line as all of the addresses will be reassigned. Instead, each should be individually attached to the RS-232 / RS-485 line, given an address, and taken off. After each unit has been given a unique address, they can all be put back on the same line and polled individually.

Sending a Set-point via RS-232 / RS-485: To send a set-point via RS-232 / RS-485, “Serial” must be selected under the “Input” list in the control set up mode.

Method 1: Set-point may be set in floating point in serial communication using serial command (UnitID)SX.YZ

Example: AS4.54 results in Unit ID A changing set-point to 4.54.

Method 2: Type in a number between 0 and 65535 (2% over range), where 64000 denotes full-scale flow rate, and hit “Enter”.

The set-point column and flow rates should change accordingly. If they do not, try hitting “Enter” a couple of times and repeating your command. The formula for performing a linear interpolation is as follows:

$$\text{Value} = (\text{Desired Set-point} \times 64000) / \text{Full Scale Flow Range}$$

For example, if your device is a 100 slpm full-scale unit and you wish to apply a set-point of 35 slpm you would enter the following value:

$$22400 = (35 \text{ slpm} \times 64000) / 100 \text{ slpm}$$

If the controller is in polling mode as described in *Changing from Streaming Mode to Polling Mode*, the set-point must be preceded by the address of the controller. For example, if your controller has been given an address of D, the set-point above would be sent by typing:

D22400 followed by “Enter”

Collecting Data:

The RS-232 / RS-485 output updates to the screen many times per second. Very short-term events can be captured simply by disconnecting (there are two telephone symbol icons at the top of the HyperTerminal® screen for disconnecting and connecting) immediately after the event in question. The scroll bar can be driven up to the event and all of the data associated with the event can be selected, copied, and pasted into Microsoft® Excel® or other spreadsheet program as described below.

For longer term data, it is useful to capture the data in a text file. With the desired data streaming to the screen, select “Capture Text” from the Transfer Menu. Type in the path and file name you wish to use. Push the start button. When the data collection period is complete, simply select “Capture Text” from the Transfer Menu and select “Stop” from the sub-menu that appears.

Data that is selected and copied, either directly from HyperTerminal® or from a text file can be pasted directly into Excel®. When the data is pasted it will all be in the selected column. Select “Text to Columns...” under the Data menu in Excel® and a Text to Columns Wizard (dialog box) will appear.

Make sure that “Fixed Width” is selected under Original Data Type in the first dialog box and click “Next”. In the second dialog box, set the column widths as desired, but the default is usually acceptable. Click on “Next” again. In the third dialog box, make sure the column data format is set to “General”, and click “Finish”. This separates the data into columns for manipulation and removes symbols such as the plus signs from the numbers. Once the data is in this format, it can be graphed or manipulated as desired. ***For extended term data capture see page 39.***

Data Format:

The data stream on the screen represents the flow parameters of the main mode in the units shown on the display.

For mass flow controllers, there are six columns of data representing pressure, temperature, volumetric flow, mass flow, set-point, and the selected gas

The first column is absolute pressure (normally in psia), the second column is temperature (normally in °C), the third column is volumetric flow rate (in the units specified at time of order and shown on the display), the fourth column is mass flow (also in the units specified at time of order and shown on the display), the fifth column is the currently selected set-point value, the sixth column designates the currently selected gas. For instance, if the controller was ordered in units of scfm, the display on the controller would read 2.004 scfm and the last two columns of the output below would represent volumetric flow and mass flow in cfm and scfm respectively.

+014.70	+025.00	+02.004	+02.004	2.004	Air
+014.70	+025.00	+02.004	+02.004	2.004	Air
+014.70	+025.00	+02.004	+02.004	2.004	Air
+014.70	+025.00	+02.004	+02.004	2.004	Air
Pressure	Temp	Vol. Flow	Mass Flow	Set Point	Gas

MC-Series Mass Flow Controller Data Format

Note: On units with the totalizer function, the sixth column will be the totalizer value, with gas select moving to a seventh column.



Operating Manual



PC-Series



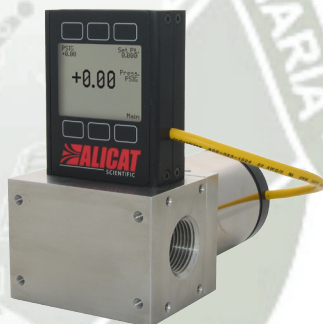
P-Series



PC3-Series



PCD-Series



PCR-Series

Digital Pressure and Vacuum Gauges and Controllers

The Fastest Flow Controller Company in the World!



RS-232 / RS-485 Output and Input

Alicat flow and pressure units come standard with Alicat's integrated multi-drop RS-232 connectivity; although, RS-485 can be substituted.

Alicat's Flow Vision Software

Flow Vision is an affordable software program that interfaces with RS-232 or RS-485 and is compatible with most Alicat flow and pressure instruments. The graphical user interface (GUI) provides automatic configuration, session saving for easy configuration and experiment setup reloads, data capturing and logging (including a graphing tool), simple script building for automating meter and control command sequences, software alarms, and support for multiple devices. Flow Vision SC™ is for general use with up to 26 different Alicat devices, while Flow Vision MX™ is specifically designed for gas mixing applications.

Alicat's Free Serial Terminal Application

Serial Terminal was written by Alicat as a preconfigured program for RS-232 or RS-485 communication with Alicat devices and can be downloaded from www.alicat.com/support/software-drivers.

Serial Terminal requires a Microsoft® .Net Framework to run properly which is usually preinstalled on the PC. Once downloaded, simply run SerialTerminal.exe and enter the COM port number and baud rate of your Alicat device as prompted.

The COM port number may be determined using the Device Manager on the computer, and the default baud rate of an Alicat device is 19200.

Additional Programs that are compatible with Alicat products

Alicat products are compatible with many serial communication type software packages including PuTTY and LabVIEW. A brief set of instructions for each of these programs is available at www.alicat.com/support/software-drivers.

Many other programs are also compatible with Alicat devices. To set up serial communication it is important to note which COM port the Alicat is connected to and the communication settings required.

The default communication settings are as follows: baud rate = 19200, data bits = 8, stop bits = 1, parity = none, and flow control = none. Not all programs have these options and care should be taken to determine the proper communication setup with the desired program.

Alicat has written drivers specifically for LabVIEW which are available for download at www.alicat.com/support/software-drivers.

Sending a Command

In this section, a command will be denoted with a different font. For example, `command<CR>`. <CR> will be used to symbolize a carriage return. How a carriage return is entered is dependent on the serial communication program being used. With Serial Terminal, this can commonly be accomplished by pressing "Enter" or "Return".

Parenthesis denote a value that must be filled in by the user. For example, `(unit ID)<CR>` should be changed to `A<CR>` when using a

device with Unit ID “A”. It may also be useful to note that commands are case insensitive. For example, A<CR> is equivalent to a<CR>.

Polling Mode

All Alicat devices are sent in Polling Mode with Unit ID A unless otherwise requested. Polling a device will return a data frame of the current measurements in the device in units shown on the display. See Data Format, later in this section, for more information. Each unit may be polled individually using the command (unit ID)<CR>.

A device’s Unit ID may be changed using the command (current unit ID)@=(desired unit ID)<CR>. The Unit ID can also be changed via the front panel using the RS-232 / RS-485 communication select menu. Care should be taken not to assign the same unit ID to more than one device on a single COM port. Up to 26 units may be connected simultaneously as Unit IDs between A and Z are allowed.

Streaming Mode (RS-485 units do not have streaming mode)

In Streaming Mode, a device will automatically output the data stream at a pre-determined rate. The default rate is set to 50 ms and can be changed via register values for units with software version 4v30 or newer. Only one unit on a given COM port may be in streaming mode at a time.

To change a unit from Polling Mode to Streaming Mode, type (unit ID) @=@<CR>. This is equivalent to changing the unit ID to “@”. If data does not appear, check all the connections and COM port settings.

When sending a command to a unit in streaming mode, the flow of information will not stop while the user is typing; and the typed text may not be readable depending on the terminal settings. If the unit does not receive a valid command, it will ignore it. If in doubt, simply perform another carriage return and start again.

To change a unit from Streaming Mode to Polling Mode, type @@=(unit ID) <CR>. If entered correctly, the data stream will stop and the device will now be in polling mode.

Data Format

The data frame on the screen represents the current measurements in the device in the units shown on the display. By default, pressure gauges are configured to output two columns of data, and pressure controllers output three.

All data is displayed in the “device units” selected on the unit. Devices come standard with units of PSIA, PSIG or PSID, depending on the type of the device. Note that the “button units” available on portable units will not affect the serial output. The first column is the unit ID. This column will be excluded if the device is in streaming mode. The next column is pressure, and on controllers, a third column of setpoint will be displayed.

ANEXO 07: MANUAL DE CONTROLADORES DE

TEMPERATURA YUDIAN



AI-518 ARTIFICIAL INTELLIGENCE INDUSTRIAL CONTROLLER

Operation Instruction
Ver. 7.5

(Applicable for accurate controls of temperature, pressure, flow, level, humidity etc.)



1. SUMMARY	1
1.1 MAIN FEATURES	1
1.2 ORDERING CODE DEFINITION	1
1.3 MODULES	2
1.3.1 Slots of modules	2
1.3.2 Commonly used modules:	3
1.3.3 Installation and replacement of modules	3
1.3.4 Electric isolation of the modules.	3
1.3.5 Further descriptions about module applications	4
1.4 TECHNICAL SPECIFICATION	4
1.5 REAR TERMINAL LAYOUT AND WIRING	5
2. DISPLAYS AND OPERATIONS	8
2.1 FRONT PANEL DESCRIPTION	8
2.2 PARAMETER SETTING FLOW CHART	8
2.3 OPERATION DESCRIPTION	8
2.3.1 Set Value Setting	8
2.3.2 Parameter Setting	9
2.3.3 Auto Tuning	9
4. PARAMETERS AND SETTINGS	9
3.1 PARAMETER LOCK (LOC) AND FIELD PARAMETERS	9
3.2 THE ENTIRE PARAMETER TABLE	10
3.3 ADDITIONAL REMARKS OF SPECIAL FUNCTIONS	13
3.3.1 Single-phase phase-shift trigger output	13
3.3.2 Alarm blocking at the beginning of power on	13
3.3.3 Setpoints switch	13
3.3.4 Communication function	13
3.3.5 Temperature retransmitter / set current output	13

1.1 Main Features

- Adopt digital calibration technology for input measurement with input measurement accuracy 0.3% F.S., non-linear calibration tables for standard thermocouples and RTDs are available in the instrument.
- Adopt advanced AI artificial intelligence control algorithm, no overshoot and with the function of auto tuning and self-adaptation.
- Adopt advanced modular structure, conveniently providing plentiful output options, can satisfy the requirements of various applications, and make quick delivery and conveniences the maintenance of the instrument.
- Friendly and customized operating interface leads to easy learning and simple manipulation. Any parameter can be promoted to immediate operator access in Field Parameter Table or password protected in Full Parameter Table.
- With worldwide power supply of 100-240VAC or 24VDC and various installation dimensions for users to choose.
- High quality and performance hardware design, using high performance tantalum capacitor or ceramic capacitor. Compared to competing models, it consumes less electricity, experiences less temperature shifting, provides higher stability and reliability, and can work in a wider range of temperature.
- ISO9001 and CE certified, achieving world class level of quality, anti-interference ability and safety.

POINTS FOR ATTENTION

- This manual introduces AI-518 ARTIFICIAL INTELLIGENCE INDUSTRIAL CONTROLLER of Version 7.5. Certain functions introduced by this manual are probably not applicable for the instrument of other version. After power on, the instrument type and software version will be displayed. User should pay attention to the difference between different versions when using the instrument. Please read this manual carefully in order to use the instrument correctly and make it to its full use.
- Please correctly set parameters according to input / output type and function. Only correctly wired instruments with parameters correctly set can be put into use.
- Compared to Version 7.0 or earlier versions, some important changes are:
 1. Replace MPT algorithm with advanced APID algorithm which is compatible with traditional PID and AI intelligent algorithm.
 2. New current output modules X3 and X5 whose precision is 50% higher than the old current modules.
 3. Some new parameters are added and the meaning of some parameters have been changed.

1.2 Ordering Code Definition

Advanced modularized hardware design is utilized for AI series instruments. There are maximum five module slots: multi-function input/output (MIO), main output (OUTP), alarm (ALM), auxiliary output (AUX) and communication (COMM). The modules can be purchased together with or separately from the instrument, and can be assembled freely. The input type can be freely set to thermocouple, RTD, or linear current/voltage.

The ordering code of AI-508 series instrument is made up of 9 parts. For example:

AI-518 A (F2) N X3 L5 N S4 — 24VDC
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

It shows that the model of this instrument is AI-518, front panel dimension is 96×96mm, an extended input type (F2 radiation type pyrometer) is available, no module is installed in MIO (Multi-function I/O) slot, X3 linear current output module is installed in OUTP (main output), ALM (alarm) is L5 (dual relay contact output module), no module is installed in AUX (auxiliary output), a RS485 communication interface with photoelectric isolation is installed, and the power supply of the instrument is 24VDC.

The following is the meanings of the 9 parts:

- ① **shows the model of the instrument**
AI-518 economical type instrument with measurement accuracy 0.3%F.S. It adopts artificial intelligent control technology, and has the functions of control, alarm, retransmission and communication.
- ② **shows the front panel dimension.**
A(A2) front panel 96×96mm(width×height), cut out 92×92mm, depth behind mounting surface 100mm. A2 has a light bar with 25 segments and 4 levels of luminosity.
B front panel 160×80mm(width×height), cut out 152×76mm, depth behind mounting surface 100mm.
C(C3) front panel 80×160mm(width×height), cut out 76×152mm, depth behind mounting surface 100mm. C3 has an additional light bar with 50 segments and 2 levels of luminosity.
D front panel 72×72mm(width×height), cut out 68×68mm, depth behind mounting surface 95mm
D2 front panel 48×48mm(width×height), cut out 45×45mm, depth behind mounting surface 95mm`
E front panel 48×96mm(width×height), cut out 45×92mm, depth behind mounting surface 100mm
F front panel 96×48mm(width×height), cut out 92×45mm, depth behind mounting surface 100mm
- ③ **shows the optional extended graduation spec (If none, leave it blank).** AI-518 series instruments support many input types including popular thermocouples, RTDs, linear voltage, current and resistance inputs. If needed, an additional specification not mentioned in input type selection (InP) table can be extended.
- ④ **shows the module type of multiple function I/O (MIO).** Selectable modules are I2, I4, K3 and V. N means none, no module installed.
- ⑤ **shows the module type of main output (OUTP).** Selectable modules are L1, L4, W1, W2, G, K1, K3, K5, X3, X5 etc.
- ⑥ **shows the module type of alarm (ALM).** Selectable modules are L1, L2, L4, L5, W1, W2, G, etc.
- ⑦ **shows the module type of auxiliary output (AUX).** Selectable modules are L1, L2, L4, L5, W1, W2, G, K1, X3, X5, etc.
- ⑧ **shows the module type of communication (COMM).** Selectable modules are S, S4, V, etc.
- ⑨ **shows the power supply of the instrument.** If left blank, the power of the instrument is 100-240VAC. "24VDC" means the power supply of 24V direct current.

Note 1: The instrument applies the technology of automatic zero and digital calibration, and is free of maintenance. If the error exceeds certain range, generally, cleaning and drying the inside of the instrument can fix it. If not, send the instrument back to the factory to examine and repair.

Note 2: Free repair and maintenance will be given in 36 months since the delivery. In order to get full and correct repair, write the phenomena and causes of the malfunction of the instrument.

1.3 Modules

1.3.1 Slots of modules

AI-518 series instruments have five slots for modules to be installed (D dimension instruments have 3 slots: OUTP, AUX and COMM/AL1; D2 dimension instruments have 2 slots: OUTP and COMM/AUX). By installing different modules, the controller can meet the requirements of different functions and output types.

- **Multiple function Input/Output (MIO):** can input signal from 2-wire transmitter or 4-20mA signal by installing I4 (current input) module. If a I2 (on-off signal input) module is installed, the instrument can switch between setpoints SV1 and SV2 by an external switch. Cooperating with OUTP and installing a K3 module can realize three-phase thyristor zero cross triggering output.
- **Main output (OUTP):** is commonly used as control output such as on-off control, standard PID control, and AI PID control. It can be also used as retransmission output of process value (PV) or setpoint (SV). Installing L1 or L4

module can realize relay contact output; installing X3 or X5 module can realize 0-20mA/4-20mA/0-10mA linear current output; installing G module can realize SSR voltage output; installing W1 or W2 module can implement TRIAC no contact switch output.

- **Alarm (ALM):** is commonly used to be alarm output. Support 1 normal open + normal close relay output (AL1) by installing L1 or L2 module or 2 normal open relay outputs (AL1+AL2) by installing L5 module.
- **Auxiliary output (AUX):** In a heating/refrigerating dual output system, module X3, X5, L1, L4, G, W1, W2 can be installed for the second control output. It can also output alarm by installing L1, L2 or L5 module, or be used for communicating with computer by installing R module (RS232C interface).
- **Communication Interface (COMM):** Module S or S4 can be installed in for communicating with computer (RS485 communication interface), and it can also be used as power supply for external sensor when equipped with a voltage output module.

1.3.2 Commonly used modules:

N (or null) no module installed

L2 normal open + normal close relay output module (small volume, capacity: 30VDC/1A, 250VAC/1A, suitable for alarm)

L1/L4 Large capacity normal open relay output module (large volume, Capacity: 30VDC/2A, 250VAC/2A)

L5 Dual normal open relay output module (Capacity: 30VDC/2A, 250VAC/2A)

W1/W2 TRIAC no contact normal open (W2 is normal close) discrete output module (Capacity: 100-240VAC/0.2A)

G SSR voltage output module (DC12V/30mA time proportional output)

K1 Single-phase thyristor zero crossing trigger output module (can trigger one loop of a TRIAC or a pair of inverse parallel SCR with current of 5-500A)

K3 Three-phase thyristor zero crossing trigger output module (can trigger 3-phase circuit; each loop can trigger TRIAC or a pair of inverse parallel SCR with current of 5-500A)

K5 Single-phase thyristor phase-shift trigger output module (can trigger one loop of TRIAC or a pair of inverse parallel SCR with current of 5-500A)

X3/X5 Linear current output module (continuous 0-22mA output, selectable in the range of 0-10mA, 4-20mA etc.). X5 is equipped with photoelectric isolated power supply.

S/S4 RS485 communication interface module. S4 is equipped with photoelectric isolated power supply.

V24/V12/V10 Isolated 24V/12V/10V DC voltage output with maximum current of 50mA, can supply power for transmitter.

I2 Switch / frequency signal input interface for inputting external switch or frequency signal, has a 12VDC power supply for external transducer.

I4 4-20mA/0-20mA analogue input interface, has a 24VDC/24mA power supply for a transmitter.

1.3.3 Installation and replacement of modules

Before the instrument delivery, module installation is done on request, with corresponding parameter set correctly. Users can replace or install modules by themselves when needed. When replacing a module, you should pull the controller out of the housing at first, insert a small flat-tip screwdriver into the opening between the original module and the slot on motherboard to remove the old module, and then install a new module. Changing module type needs to modify the corresponding parameters.

1.3.4 Electric isolation of the modules

There are a group of 24V and a group 12V power supply built in the instrument and isolated to the main circuit. The 24V power commonly supplies voltage output module, such as V24/V12/V10, I2 and I4. The 12V power is commonly supplies output or communication module. Generally, the relay contact output and TRIAC no contact discrete output are self insulated from the other circuit, no matter whether other modules are installed or not. SSR voltage output do not need to be insulated from input circuit, because SSR itself has isolation function. Therefore, only the electric isolation

between the communication interface and the current output should be considered. Those modules, for example, S (RS485 communication interface), R (RS232 communication interface) and X3 (linear current output), all need the 12V power supply. If more than one of the above modules are installed, in order to be electric isolated, only one of them can be module without electric isolation, the other modules should be S4 or X4, which has its own isolated power supply. For example, if an X module is installed in OUP (main output) slot, and an S or X module is installed in COMM (communication interface) slot, then OUP and COMM can not be electric isolated, so S or X should be replaced with S4 or X4.

1.3.5 Further descriptions about module applications

- **Voltage output module:** The voltage output modules like V24, V10 or V12 are often used for supplying power for external transducer or feedback resistance of transmitter. These modules can be installed in any slot. To standardize the wiring, it is recommended to be installed in the first idle slot in the order of MIO, AUX, and COMM.
- **No contact switch module :** W1 and W2 are new types of no contact switch module which apply the advanced technology of “burn proof” and zero crossing conduction. It can replace the relay contact switch. Compared to the relay contact output module, W1 and W2 have longer life and lower interference. They can largely lower the interference spark of the equipment, and greatly improve the stability and reliability of the system. Since the driver element is TRIAC, it is suitable for controlling 100-240VAC (not for DC power) with current up to 80A. For the current larger than 80A, an intermediate relay is needed.
- **Relay Switch Module :** the relay modules are widely used in industrial control. However, they are the only modules with life time limit and volume limit and have much electromagnetic interference. It is important to choose a suitable relay module. To control equipments with 220VAC supply, such as contactor and electromagnetic valve, W1 module is recommended. To control DC or AC below 100V, users can only use relay module. L2 module is small, and both its normal open and normal close terminals have the function of varistor spark absorption, but the capacity is small. It is suitable for alarm output. L1 and L5 have big volume and big capacity. In the 48mm dimension instrument (for example, D2, E, F and E5), only one of L1 or L5 can be installed. L5 has dual output, can be used to support two loops of alarm, for example, AL1+AL2. If you don't like mechanical switch, you can choose G5 (dual SSR voltage driver) and connect with external SSR instead.

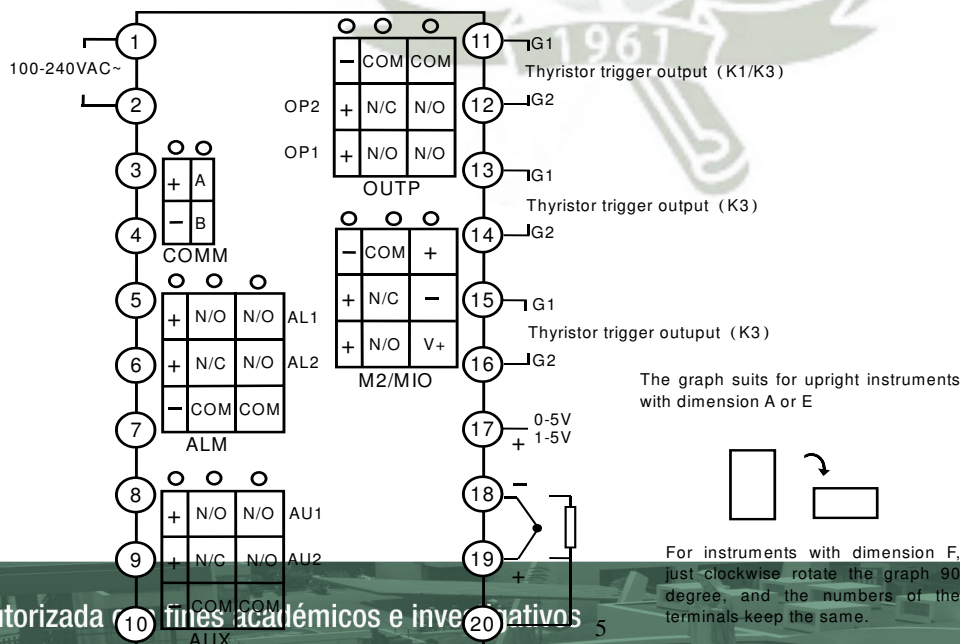
1.4 TECHNICAL SPECIFICATION

- **Input type: (Either of below specifications can be used selectively in the same instrument)**
 Thermocouple: K, S, R, E, J, N
 Resistance temperature detector: Cu50, Pt100
 Linear voltage: 0~5V, 1~5V, 0~1V, 0~100mV, 0~20mV, etc.
 Linear current (external precise shunt resist needed): 0~10mA, 1~20mA, 4~20mA, etc.
 Extended input (install I4 module in MIO) : 0~20mA, 4~20mA or two line transmitter.
 Optional: apart from the above-mentioned Input type, an additional type can be provided upon request. (Graduation index is needed)
- **Instrument Input range**
 K(0~1300°C), S(0~1700°C), R(0~1700°C), E(0~1000°C), J(0~1200°C), N(0~1300°C)
 K(32~2372°F), S(32~3092°F), R(32~3092°F), E(32~1832°F), J(32~2192°F), N(32~2372°F)
 Cu50(-50~+150°C), Pt100(-200~+800°C)
 Cu50(-58~+302°F), Pt100(-328~+1472°F)
 Linear Input: -9990~30000 defined by user.
- **Measurement accuracy :** 0.3%FS ± 0.1°C
- **Resolution :** 0.1°C for K, E, T, N, J, Cu50, Pt100; 1°C for S, R

- **Temperature shift** : $\leq 0.015\%FS / ^\circ C$ (typical value is 80ppm/ $^\circ C$)
- **Sampling period** : read A/D converter 8 times per second
- **Response time** : $\leq 0.5s$ (when digital filter parameter FILT=0)
- **Alarm function** : high limit, low limit, deviation high limit and deviation low limit; with alarm blocking at the beginning of power on.
- **Control period** : 0.5~120.0 seconds selectable, and it should be integer times of 0.5 second.
- **Control mode:**
On-off control mode (deadband adjustable)
Standard PID with auto tuning
AI PID with auto tuning, adopting AI artificial intelligence algorithm.
- **Output mode (modularized)**
Relay output (NO+NC): 250VAC/2A or 30VDC/1A
TRIAC no contact discrete output (NO or NC): 100~240VAC/0.2A (continuous), 2A (20mS instantaneous, repeat period $\geq 5s$)
SSR Voltage output: 12VDC/30mA (used to drive SSR).
Thyristor zero crossing trigger output: can trigger TRIAC of 5~500A, a pair of inverse paralleled SCRs or SCR power module.
Linear current output: 0~20mA, 4~20mA (Output voltage $\geq 11V$, maximum load resistor 500ohm, output precision 0.2%FS)
- **Electromagnetic compatibility (EMC)** : $\pm 4KV/5KHz$ according to IEC61000-4-4; 4KV according to IEC61000-4-5.
- **Isolation withstanding voltage** : between power, relay contact or signal terminal $\geq 2300VDC$; between isolated electroweak terminals $\geq 600VDC$
- **Power supply** : 100~240VAC, -15%, +10% / 50-60Hz; 120~240VDC; or 24VDC/AC, -15%, +10%.
- **Power consumption:** $\leq 6W$
- **Operating Ambient** : temperature -10~60 $^\circ C$; humidity $\leq 90\%RH$
- **Front panel dimension:** 96x96mm, 160x80mm, 80x160mm, 48x96mm, 96x48mm, 48x48mm, 72x72mm
- **Panel cutout dimension:** 92x92mm, 152x76mm, 76x152mm, 45x92mm, 92x45mm, 45x45mm, 68x68mm
- **Depth behind mounting surface:** 100mm

1.5 Rear Terminal Layout and Wiring

Wiring graph for instruments except D and D2 dimension.

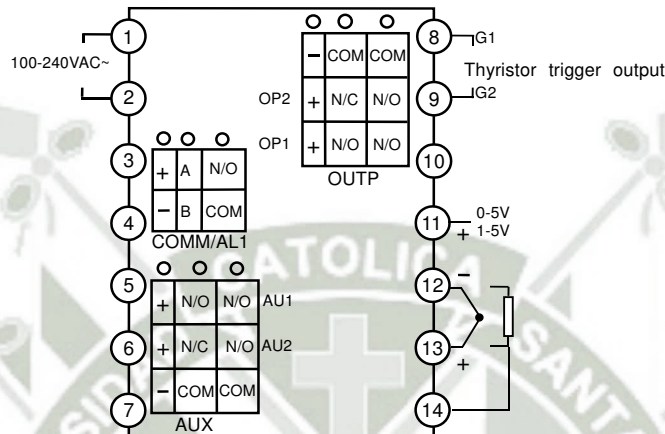


Note 1: For linear voltage input, if the range is below 500mV, connect to terminals 19 and 18. 0~5V or 1~5V signal can be inputted from terminals 17 and 18.

Note 2: 4~20mA linear current signal can change to 1~5V voltage signal by connecting a 250 ohm resistor, and then be inputted from terminals 17 and 18. If I4 module is installed in MIO slot, 4~20mA signal can be inputted from terminals 14+ and 15-, and 2-wire transmitter can be inputted from terminals 16+ and 14-.

Note 3: The compensation wires for different kinds of thermocouple are different, and should be directly connect to the terminals. When the internal auto compensation mode is used, connecting the common wire between the compensation wire and the terminals will cause measurement error.

Wiring graph of D dimension instruments (72x72mm)

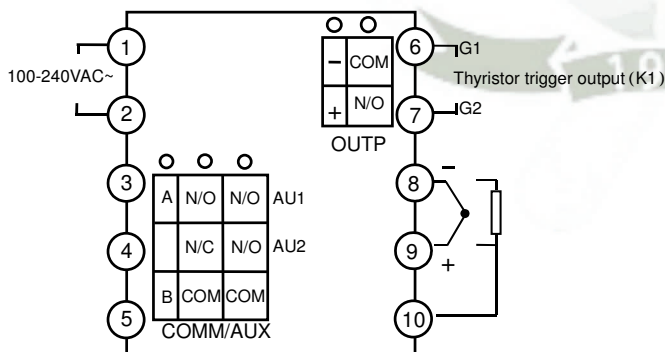


Note 1: Linear voltage signal of range below 500mV should be inputted from terminals 13 and 12, and signal of 0~5V and 1~5V should be inputted from terminals 11 and 12.

Note 2: 4~20mA linear current signal can be converted to 1~5V voltage signal by connecting a 250 ohm resistor and inputted from terminals 11 and 12.

Note 3: S or S4 module can be installed in COMM slot for communication. If relay, TRIAC no contact switch, or SSR driver voltage output module is installed in COMM, it can be used as alarm output. If I2 module is installed in COMM and parameter "bAud" is set to 1, then on-off signal can be inputted, and SV1 and SV2 can be switched by connecting a switch between terminals 3 and 4.

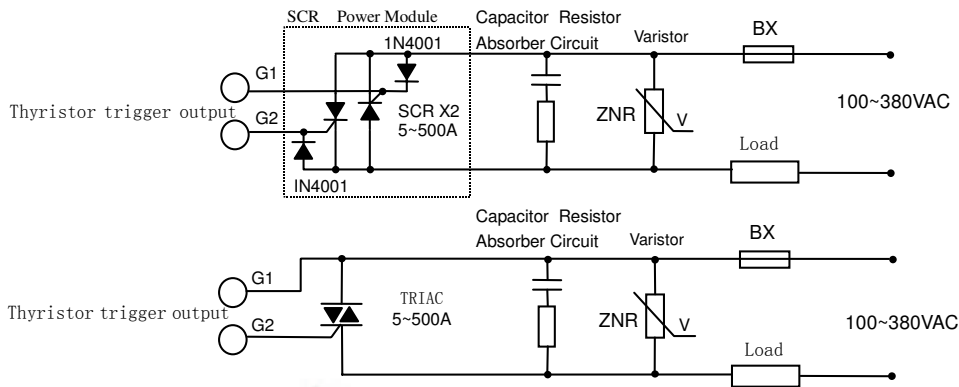
Wiring graph of instruments with D2 dimension as below:



Note 1: D2 dimension instruments don't support 0~5V or 1~5V linear voltage input. However, 0~5V or 1~5V signal can be converted to 0~500mV or 100~500mV by connecting external precise resistors, 4~20mA can be converted to 100~500mV by connecting a 25ohm resistor, then be inputted from terminals 9 and 8.

Note 2: For COMM/AUX slot, if S or S4 communication module is installed in, it can be used for communication; if L2 or L5 module is installed in, and parameter bAud is set to 0, it can be used for AU1 or AU1+AU2 alarm output; if L1, L2, L4, G, K1, W1 or W2 is installed, it can be the auxiliary output in bidirectional (heating/refrigerating) control (Auxiliary output

(doesn't support analog current output); if I2 is installed and bAud is set to 1, then it can input on-off signal to switch SV1 and SV2 by connecting a switch between terminals number 3 and 5.



Note 1: According to the voltage and current of load, choose suitable varistor to prevent the thyristor. Capacitor resistor absorber is needed for inductance load or phase-shift trigger output.

Note 2: SCR power module is recommended. A power module includes two SCRs, is similar to the above dashed square.

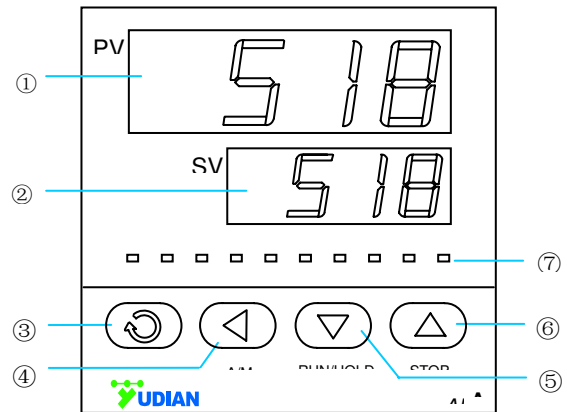
Note 3: K5 (Phase-shift trigger module) only support 220~380VAC and 50Hz power.



2. DISPLAYS AND OPERATIONS

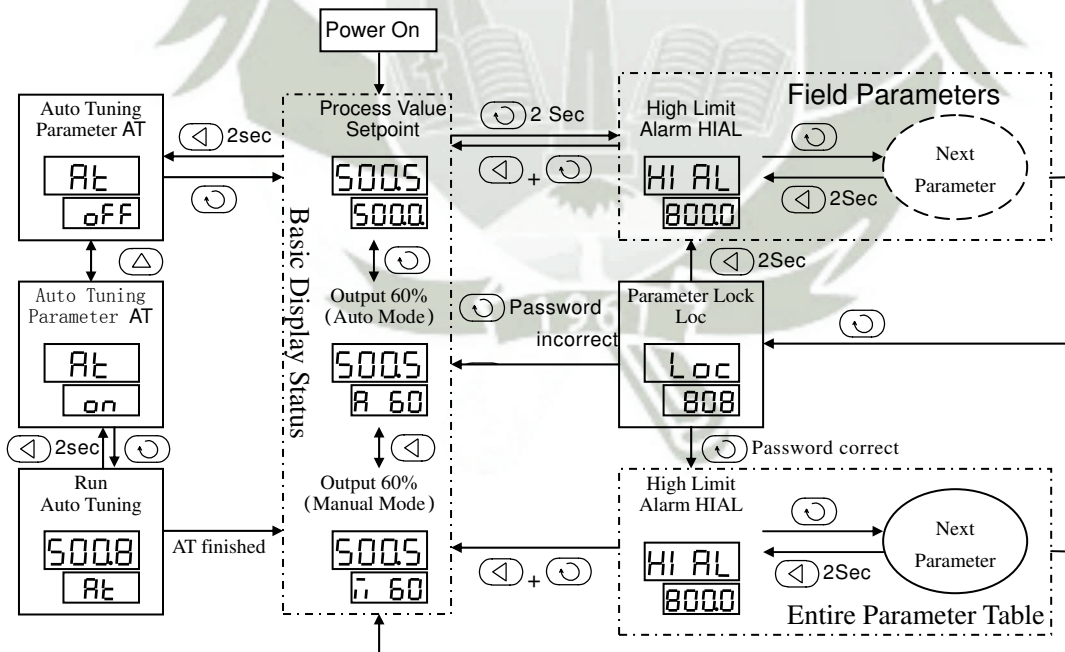
2.1 Front Panel Description

- ① Upper display window, displays PV, parameter code, etc.
- ② Lower display window, displays SV, parameter value, or alarm
- ③ Setup key, for accessing parameter table and conforming parameter modification.
- ④ Data shift key, and auto tuning.
- ⑤ Data decrease key, and also run/pause switch
- ⑥ Data increase key, and also stop key
- ⑦ LED indicator. MAN and PRG indicators is non-applicable for AI-518. MIO, OP1, OP2, AL1, AL2, AU1 and AU2 indicate I/O operation of the corresponding module. For example, That the COMM indicator is lighting means that the instrument is communicating with computer.



Basic display status : When power on, the upper display window of the instrument shows the process value (PV), and the lower window shows the setpoint (SV). This status is called basic display status. When the input signal is out of the measurable range (for example, the thermocouple or RTD circuit is break, or input specification sets wrong), the upper display window will alternately display “orAL” and the high limit or the low limit of PV, and the instrument will automatically stop output. If the lower display window alternately display “HIAL”, “LoAL”, “HdAL” or “LdAL”, it means high limit alarm, low limit alarm, deviation high alarm, and deviation low alarm happening. The alarm display can also be turned off by setting parameter AdIS to oFF.

2.2 Parameter Setting Flow Chart



2.3 Operation Description

2.3.1 Set Value Setting

In basic display status, if the parameter lock “Loc” isn’t locked, we can set setpoint (SV) by pressing \leftarrow , \checkmark or \wedge . Press \checkmark key to decrease the value, \wedge key to increase the value, and \leftarrow key to move to the digit expected to

modify. Keep pressing \downarrow or \uparrow , the speed of decreasing or increasing value gets quick. The range of setpoint is between the parameter SPL and SPH. The default range is 0~400.

2.3.2 Parameter Setting

In basic display status, press Ⓚ and hold for about 2 seconds can access Field Parameter Table. Pressing Ⓚ can go to the next parameter; pressing ⏪ , \downarrow or \uparrow can modify a parameter. Press and hold ⏪ can return to the preceding parameter. Press ⏪ (don't release) and then press Ⓚ key simultaneously can escape from the parameter table. The instrument will escape automatically from the parameter table if no key is pressed within 25 seconds, and the change of the last parameter will not be saved.

In Field Parameter Table, press Ⓚ till the last field parameter Loc appears. Setting Loc=808 and then press Ⓚ can access System Parameter Table.

2.3.3 Auto Tuning

When artificial intelligence PID control or standard PID control is chosen (Ctrl=APId or nPid), the PID parameters can be obtained by running auto-tuning. In basic display status, press ⏪ for 2 seconds, the "At" parameter will appear. Press \uparrow to change the value of "At" from "oFF" to "on", then press Ⓚ to active the auto-tuning process. During auto tuning, "At" will flash at lower display window and the instrument executes on-off control. After 2 cycles of on-off action, the instrument will obtain the values of PID control parameters. If you want to escape from auto tuning status, press and hold ⏪ for about 2 seconds until the "At" parameter appears again. Change "At" from "on" to "oFF", press Ⓚ to confirm, then the auto tuning process will be cancelled.

Note 1: AI-518 instruments apply the advanced artificial intelligence algorithm, which has avoided the overshoot problem of standard PID algorithm, and achieve precise control.

Note 2: If the setpoint is different, the parameters obtained from auto-tuning are possibly different. So you'd better set setpoint to an often-used value or middle value first, and then start auto-tuning. For the ovens with good heat preservation, the setpoint can be set to the highest applicable temperature. It is forbidden to change SV during auto tuning. Depending on the system, the auto-tuning time can be from several seconds to several hours.

Note 3: Parameter CHYS (on-off differential, control hysteresis) has influence on the accuracy of auto-tuning. Generally, the smaller the value of CHYS, the higher the precision of auto tuning. But the value of CHYS parameter should be large enough to prevent the instrument from error action around setpoint due to the oscillation of input. CHYS is recommended to be 2.0.

Note 4: In a heating/refrigerating dual output system, auto tuning should be executed at the main output (OUTP).

Note 5: AI series instrument has the function of self-adaptation. It is able to learn the process while working. The control effect at the first run after auto tuning is probably not perfect, but excellent control result will be obtained after a period of time because of self-adaptation.

4. PARAMETERS AND SETTINGS

3.1 Parameter Lock (Loc) and Field Parameters

In order to protect important parameters from being modified by mistake, but also offer enough flexibility for field control, parameter lock (Loc) and field parameters are introduced.

The parameters need to be displayed and modified in the work field are called Field Parameters. The set of field parameters is a subset of the whole parameter set, and can be freely chosen by the user.

Loc can authorize different security right as below:

Loc=0, allowed to modify field parameters and setpoint, and execute auto tuning;

Loc=1, allowed to modify field parameters and setpoint, but can't execute auto tuning;

Loc=2, allowed to modify field parameters, but can't modify setpoint or execute auto tuning.

Loc=3~255: can only modify "Loc"

Setting Loc=PASd (Password, a number between 256 and 9999. The initial value is 808) and then pressing to confirm, can enter the whole parameter table and modify all parameters.

1 to 8 field parameters can be defined by parameters EP1to EP8. If the number of the field parameters is less than 8, the first idle EP parameter should be set to "nonE". The initial values of EPs and Loc are EP1=HIAL, EP2=LoAL, EP3=HdAL, EP4=LdAL, EP5=nonE, EP6=nonE, EP7=nonE, EP8=nonE and Loc=0.

You can redefine field parameters and Loc to change operation style. For example, you can execute auto tuning from field parameter instead of by pressing in basic display status, and only take HIAL and HdAL as field parameter. The EP paramters and Loc should be set as below:

EP1=HIAL, EP2=HdAL, EP3=At, EP4=nonE, Loc=1

3.2 The Entire Parameter Table

The parameters can be divided to 8 groups including alarm, control, input, output, communication, system, setpoint and field parameter definition. They are listed as below in sequence:

Code	Name	Description	Setting Range
HIAL	High limit alarm	Alarm on when PV (Process Value) >HIAL; alarm off when PV<HIAL-AHYS Alarm output action can be defined by parameter AOP.	-9990~ +30000 units
LoAL	Low limit alarm	Alarm on when PV<LoAL; alarm off when PV>LoAL+AHYS	
HdAL	Deviation high alarm	Alarm on when PV-SV>HdAL; alarm off when PV-SV<HdAL-AHYS	
LdAL	Deviation low alarm	Alarm on when PV-SV<LdAL; alarm off when PV-SV>LdAL+AHYS HdAL and LdAL can also be used as high limit and low limit alarms when needed. (Refer to the description of parameter AF)	
AHYS	Alarm hysteresis	Avoid frequent alarm on-off action because of the fluctuation of PV	0~2000 units
AdIS	Alarm display	oFF : don't display AdIS in the lower display window when alarming; on : alternately display AdIS in the lower display window when alarming.	oFF on
AOP	Alarm output allocation	From right side to left side, the first, second, third and fourth digit of AOP individually indicate the alarm output terminal of HIAL, LoAL, HdAL, and LdAL. 0 shows no output. 1,2,3 or 4 indicates alarm outputted to AL1, AL2, AU1 or AU2. For example, $AOP = \frac{3}{LoAL} \frac{3}{HdAL} \frac{0}{LoAL} \frac{1}{HIAL}$ It shows that HIAL is sent to AL1, LoAL has no output, HdAL and LdAL are sent to AU1. Note 1: When AUX is used as auxiliary output in bidirectional (heating/refrigerating) control, alarm to AU1 and Au2 won't work. Note 2: Installing L5 dual relay output module in ALM or AUX can implement AL2 or AU2 alarm.	0~4444
Act	Acting method	rE: Reverse acting. Increase in measured variable causes an decrease in the output, such as heating control. dr: Direct acting. Increase in measured variable causes an increase in the output, such as refrigerating control. rEbA: Reverse acting with low limit alarm and deviation low alarm blocking at the beginning of power on. drbA: Direct acting with high limit alarm and deviation high alarm blocking at the beginning of power on.	rE dr rEbA drbA
Ctrl	Control mode	onoF: on-off control. For situation not requiring high precision; APId: advanced artificial intelligence PID control. Recommended nPId: standard PID algorithm with anti-integral-saturation function (no integral when PV-SV > proportional band); POP: output PV. The instrument works as a temperature retransmitter. SOP: output SV. The instrument works as a set current output.	onoF APId nPId POP SOP
At	auto tuning	oFF: Auto tuning function is disable on: Active auto turning function to calculate the values of parameters P, I, d and Ctl. After auto tuning is accomplished, "At" will be automatically changed to oFF.	
P	Proportional band	Proportional band in PID and APID control. Instead of percentage of the measurement range, the unit is the same as PV. Generally, optimal P, I, D and Ctl can be obtained by auto tuning. They can also be manually inputted if you already know the correct values.	10~9999 units
I	Time of Integral	No integral effect when I=0	0~9999 seconds
d	Time of	No derivative effect when d=0	0~999.9



	Derivative	Small value can improve control accuracy. For SSR, thyristor or linear current output, generally 0.5 to 3 seconds. For Relay output or in a heating/refrigerating dual output control system, generally 15 to 40 seconds, because small value will cause the frequent on-off action of mechanical switch or frequent heating/refrigerating switch, and shorten its service life. Ctl is recommended to be 1/4 – 1/10 of derivative time. (It should be integer times of 0.5 second.) When output type is set to relay (OPt or Aut is set to rELY), Ctl will be limited to more than 3 seconds. Auto tuning will automatically set Ctl to suitable value considering both control precision and mechanical switch longevity.	seconds 0.5~120.0																																																				
CHYS	Control Hysteresis	CHYS is used for on-off control to avoid frequent on-off action of relay. For a reverse acting (heating) system, when PV > SV, output turns off; when PV<SV-CHYS, output turns on. For a direct acting (refrigerating) system, when PV<SV, output turns off; when PV>SV+CHYS, output turns on.	0~2000																																																				
InP	Input specification Code	<table border="1"> <thead> <tr> <th>InP</th> <th>Input spec.</th> <th>InP</th> <th>Input spec.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>K</td> <td>26</td> <td>0~80ohm resistor input</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>S</td> <td>27</td> <td>0~400ohm resistor input</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>R</td> <td>28</td> <td>0~20mV voltage input</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Spare</td> <td>29</td> <td>0~100mV voltage input</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>E</td> <td>30</td> <td>0~60mV voltage input</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>J</td> <td>31</td> <td>0~500mV voltage input</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>N</td> <td>32</td> <td>100~500mV voltage input</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>extended input specification</td> <td>33</td> <td>1~5V voltage input</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>4~20mA (installed I4 in MIO)</td> <td>34</td> <td>0~5V voltage input</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>0~20mA (installed I4 in MIO)</td> <td>35</td> <td>0~10V</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Cu50</td> <td>36</td> <td>2~10V</td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>Pt100</td> <td>37</td> <td>0~20V</td> </tr> </tbody> </table>	InP	Input spec.	InP	Input spec.	0	K	26	0~80ohm resistor input	1	S	27	0~400ohm resistor input	2	R	28	0~20mV voltage input	3	Spare	29	0~100mV voltage input	4	E	30	0~60mV voltage input	5	J	31	0~500mV voltage input	7	N	32	100~500mV voltage input	10	extended input specification	33	1~5V voltage input	15	4~20mA (installed I4 in MIO)	34	0~5V voltage input	16	0~20mA (installed I4 in MIO)	35	0~10V	20	Cu50	36	2~10V	21	Pt100	37	0~20V	0~37
InP	Input spec.	InP	Input spec.																																																				
0	K	26	0~80ohm resistor input																																																				
1	S	27	0~400ohm resistor input																																																				
2	R	28	0~20mV voltage input																																																				
3	Spare	29	0~100mV voltage input																																																				
4	E	30	0~60mV voltage input																																																				
5	J	31	0~500mV voltage input																																																				
7	N	32	100~500mV voltage input																																																				
10	extended input specification	33	1~5V voltage input																																																				
15	4~20mA (installed I4 in MIO)	34	0~5V voltage input																																																				
16	0~20mA (installed I4 in MIO)	35	0~10V																																																				
20	Cu50	36	2~10V																																																				
21	Pt100	37	0~20V																																																				
dPt	Radix point position	Four formats (0, 0.0, 0.00, 0.000) are selectable Note 1: For thermocouples or RTD input, only 0 or 0.0 is selectable, and the internal resolution is 0.1. When S or R thermocouple is used, dPt is recommended to be 0.	0, 0.0, 0.00, 0.000																																																				
ScL	Signal scale low limit	Define scale low limit of input. It is also the low limit of transmitter output (Ctrl=POP or SOP) and light bar display.	-9990~+30000 units																																																				
ScH	Signal scale high limit	Define scale high limit of input. It is also the high limit of retransmission output (Ctrl=POP or SOP) and light bar display.	+30000 units																																																				
Scb	Input Shift Adjustment	Scb is used to shift input to compensate the error caused by transducer, input signal, or auto cold junction compensation of thermocouple. PV_after_compensation=PV_before_compensation + Scb	-1999~+4000 units																																																				
FILt	PV input filter	The value of FILt will determine the ability of filtering noise. When a large value is set, the measurement input is stabilized but the response speed is slow. Generally, it can be set to 1 to 3. If great interference exists, then you can increase parameter "FILt" gradually to make momentary fluctuation of measured value less than 2 to 5. When the instrument is being metrological verified, "FILt" s can be set to 0 or 1 to shorten the response time.	0~40																																																				
Fru	Selection of power frequency and temperature scale	50C: 50Hz, °C. Input has maximum anti-interference ability to 50Hz frequency; 50F: 50Hz, °F. Input has maximum anti-interference ability to 50Hz frequency; 60C: 60Hz, °C. Input has maximum anti-interference ability to 60Hz frequency; 60F: 60Hz, °F. Input has maximum anti-interference ability to 60Hz frequency;	50C, 50F, 60C, 60F																																																				
OPt	main output type	SSr: to output SSr driver voltage or thyristor zero crossing trigger signal. G, K1 or K3 module should be installed. The output power can be adjusted by the on-off time proportion. The period (Ctl) is generally 0.5~4 seconds. rELY: for relay contact output or for execution system with mechanical contact switch. To protect the mechanical switch, the output period (Ctl) is limited to 3~120 seconds, and generally is 1/5 to 1/10 of derivative time. 0-20: 0~20mA linear current output. X3 or X5 module should be installed in OUTP slot. 4-20: 4~20mA linear current output. X3 or X5 module should be installed in OUTP slot. PHA: single-phase phase-shift output. K5 module should be installed in OUTP slot.	SSr rELy 0-20 4-20 PHA																																																				



		PHA is only for 50Hz power supply, and don't support bidirectional control system. Define Aut only when AUX is worked as the auxiliary output of a heating/refrigerating bidirectional system. SSr: to output SSr driver voltage or thyristor zero crossing trigger signal. G, K1 or K3 module should be installed. The output power can be adjusted by adjusting the on-off time proportion. The period (Ctl) is generally 0.5~4 seconds. rELy: for relay contact output or for execution system with mechanical contact switch. To protect the mechanical switch, the output period (Ctl) is limited to 3~120 seconds, and generally is 1/5 to 1/10 of derivative time. 0-20: 0~20mA linear current output. X3 or X5 module should be installed in OUTP slot. 4-20: 4~20mA linear current output. X3 or X5 module should be installed in OUTP slot. Note: In a heating/refrigerating bidirectional control system, if any of OPt or Aut is set to rELy, then Ctl is limited to 3~120. For single output control, please set Aut to SSr.	SSr rELy 0-20 4-20
OPL	Output limit low	0~100%: OPL is the minimum output of OUTP in single directional control system. -1 ~ -120%: the instrument works for a bidirectional system, and has heating/refrigerating dual output. When Act=rE or rEbA, OUTP (main output) works for heating, and AUX (Auxiliary output) works for refrigerating. When Act=dr or drbA, OUTP works for refrigerating, and AUX works for AUX. In a bidirectional system, the heating and refrigerating ability are generally different. OPL = -(power when AUX output is maximum /power when OUTP output is maximum) x 100%. For example, for a heating/refrigerating air condition, its maximum power of refrigerating is 4000W, and maximum power of heating is 5000W, and AUX works for refrigerating, then OPL=- (4000/5000)x100% = -80% The range of AUX output can't be freely defined by user. If the internal calculation requires maximum output of AUX (AUX output=OPL), then in 4~20mA output, the AUX output is 20mA, and user can't limit the maximum AUX output to 10mA.	-120~ +100%
OPH	Output upper limit	OPL limits the maximum of OUTP (main output) when PV<OEF. OPH should be greater than OPL.	0~110%
OEF	Work range of OPH	When PV<OEF, the upper limit of OUTP is OPL; when PV>OEF, the upper limit of OUTP is 100%. For example, to avoid that the temperature raises too quickly, under 150°C, a heater can work only under 30% of power, then we can set OEF=150.0 (°C), OPH=30 (%)	-9990~ +30000
Addr	communication address	In the same communication line, different instrument should be set to different address.	0~80
bAud	baud rate	the range of baud rate is 1200~19200bit/s. For D2 dimension instrument, when COMM/AUX slot is used as AUX, bAud should be set to 0.	0~19200
AF	advanced function	AF is used to select advanced function. The value of AF is calculated as below: AF=Ax1 + Bx2 + Cx4 + Dx8 A=0, HdAL and LdAL work as deviation high and low limit alarms; A=1, HdAL and LdAL work as high and low limit alarms, and the instrument can have two groups of high and low limit alarms. B=0, alarm and control hysteresis work as unilateral hysteresis; B=1, as bilateral hysteresis. For instruments with light bar, when C=0, the light bar indicates the output value; when C=1, the light bar indicates the process value. D=0, Loc=808 can access the whole parameter table; D=1, Loc=PASd can access the parameter table. Note: AF=0 is recommended.	0~15
PASd	password	When PASd=0~255 or AF.D=0, setting Loc=808 can enter the whole parameter table. When PASd=256~9999 and AF.D=1, only setting Loc=PASd can access the whole parameter table. Please setting PASd cautiously, if the password is lost, you can't access the parameter table again.	0~9999
SPL	Low limit of SV	Minimum value that SV is allowed to be.	-9990~
SPH	Upper limit of SV	Maximum value that SV is allowed to be.	+30000 unit
SP1	setpoint 1	Generally, SV=SP1	SPL~ SPH
SP2	setpoint 2	when I2 is installed in MIO slot, SP1 and SP2 can be switched by an external switch. If the switch is off, SV=SP1; if the switch is on, SV=SP2.	
EP1~ EP8	Field parameter definition	Define 0~8 of the parameters as field parameters.	nonE and all parameter codes

Note: When indicating temperature, the unit of PV and the parameters is 0.1°C or 0.1°F according to parameter F. For example, the range of $-9990 \sim +30000$ means $-999.0^{\circ}\text{C} \sim +3000.0^{\circ}\text{C}$ or $-999.0^{\circ}\text{F} \sim +3000.0^{\circ}\text{F}$, and the display of number greater than 999.9 will automatically cut the decimal fraction. For the unit of other linear signals, the radix point position is used only for display, and doesn't affect the resolution and range of the internal calculation.

3.3 Additional Remarks of Special Functions

3.3.1 Single-phase phase-shift trigger output

When OPT is set to PHA, installing a K5 module in OUP slot can single-phase phase-shift trigger a TRIAC or 2 inverse parallel SCRs. It can continuously adjust heating power by control the conduction angle of thyristor. With non-linear power adjustment according to the characters of sine wave, it can get ideal control. The trigger adopts self-synchronizing technology, so it can also work even when the power supplies of the instrument and the heater are different. Phase-shift trigger has high interference to the electric power, so user should pay attention to the anti-interference ability of other machines in the system. Now the K5 module can be only used in 50Hz power supply.

3.3.2 Alarm blocking at the beginning of power on

Some unnecessary alarms often occur at the beginning of power on. In a heating system, at the beginning of powers on, its temperature is much lower than the setpoint. If low limit and deviation low limit are set and the alarm condition are satisfied, the instrument should alarm, but there is no problem in the system. Contrarily, in an refrigerating system, the unnecessary high limit or deviation high limit alarm may occur at the beginning of power on. Therefore, AI instruments offer the function of alarm blocking at the beginning of power on. When Act is set to rEbA or drbA, the corresponding low or high alarms are blocked until the alarm condition first clears. If the alarm condition is satisfied again, the alarm will work.

3.3.3 Setpoints switch

If an I2 module is installed in MIO slot, a switch can be connected to terminal number 14 and 16 to switch between two different setpoints SP1 and SP2.

3.3.4 Communication function

S or S4 module can be installed at COMM slot to communicate with a computer. The instrument can be controlled by computer. A RS232C/RS485 or USB/RS485 converter can enable a computer connect to AI instruments through RS232 or USB communication port. Every communication port of a computer can connect up to 60 AI instruments, or 80 AI instruments if a repeater is installed. A computer with 2 communication ports can connect to up to 160 instruments. Please note that every instrument connecting to the same communication line should be set to a unique communication address. When number of the instruments is big enough, 2 or more computers can be used and built into a local network.

AIDCS application software, a distributed control system software developed by Yudian, can control and manage 1~160 AI instruments, record the data, generate and print reports. If users want to develop their own distributed control system by themselves, the communication protocol of AI instruments can be free offered. There are already many famous distributed control system software support AI instruments.

3.3.5 Temperature retransmitter / set current output

Besides AI PID, stand PID control and on-off control, if the output is defined as current output, the instrument can also retransmit PV (process value) or SV (setpoint) into linear current and output from OUP. The precision of current output is 0.2%FS. The corresponding parameters are set as below:

When CtrlL-POP, PV is retransmitted to linear current, the instrument works as temperature retransmitter. When

Ctrl+SOP, SV is transmitted and outputted, and the instrument works as an set current output.

OPT is used to choose output type, generally 4~20mA or 0~20mA output.

Parameter InP, ScL, ScH, and Scb are used for selecting input specification, setting low limit or high limit of PV and adjusting input.

For example, in order to retransmit temperature read from K thermocouple, range 0~400°C, to current 4~20mA, the parameters are set as below: InP=0, ScL=0.0, ScH=400.0, OPT=4-20, and X3 or X5 linear current module is installed in OUPP slot. When the temperature is less than or equal to 0°C, the output is 4mA. When the temperature equals to 400°C, the output is 20mA. The upper limit of transmitter output can be high up to 110% of the range, which means when PV is 0~440°C, output current is 4~21.6mA.



ANEXO 08: DATASHEET MAX 6675





Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

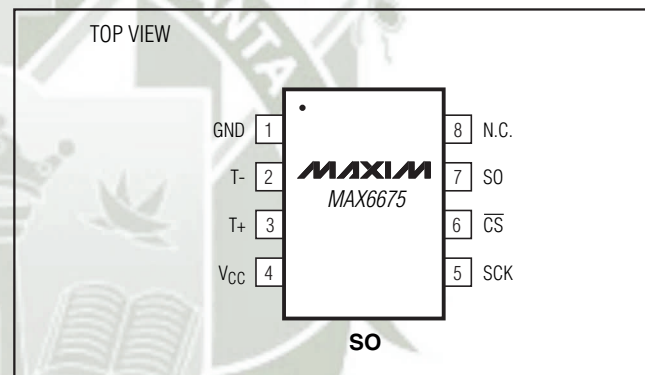
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

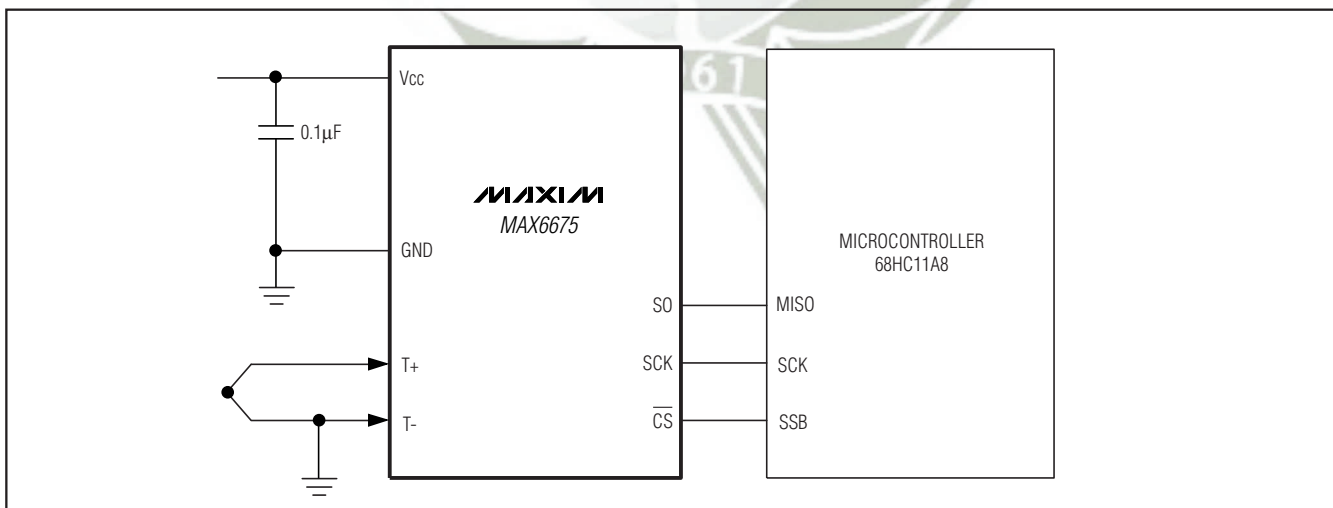
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND) -0.3V to +6V
 SO, SCK, CS, T-, T+ to GND -0.3V to V_{CC} + 0.3V
 SO Current 50mA
 ESD Protection (Human Body Model) ±2000V
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
 Operating Temperature Range -20°C to +85°C

Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Junction Temperature +150°C
 SO Package
 Vapor Phase (60s) +215°C
 Infrared (15s) +220°C
 Lead Temperature (soldering, 10s) +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Temperature Error		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V _{CC} = +5V	-6		+6	
		T _{THERMOCOUPLE} = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V _{CC} = +5V	-9		+9	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1000°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-17		+17	
			V _{CC} = +5V	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant				10.25		μV/LSB	
Cold-Junction Compensation Error		T _A = -20°C to +85°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V _{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution				0.25		°C	
Thermocouple Input Impedance				60		kΩ	
Supply Voltage	V _{CC}		3.0		5.5	V	
Supply Current	I _{CC}			0.7	1.5	mA	
Power-On Reset Threshold		V _{CC} rising	1	2	2.5	V	
Power-On Reset Hysteresis				50		mV	
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s	
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V _{IL}				0.3 x V _{CC}	V	
Input High Voltage	V _{IH}		0.7 x V _{CC}			V	
Input Leakage Current	I _{LEAK}	V _{IN} = GND or V _{CC}			±5	μA	
Input Capacitance	C _{IN}			5		pF	

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

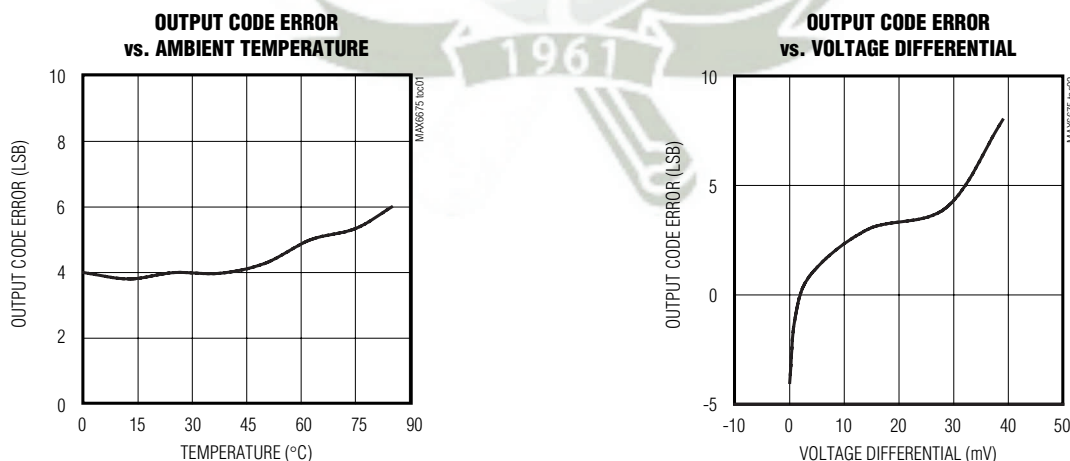
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 1.6mA	V _{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{SCL}				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t _{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t _{CSS}	C _L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t _{DV}	C _L = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t _{TR}	C _L = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{DO}	C _L = 10pF			100	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	V _{CC}	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	\overline{CS}	Chip Select. Set \overline{CS} low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force \overline{CS} low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing \overline{CS} low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing \overline{CS} high.

Force \overline{CS} low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1µF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BiCMOS

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

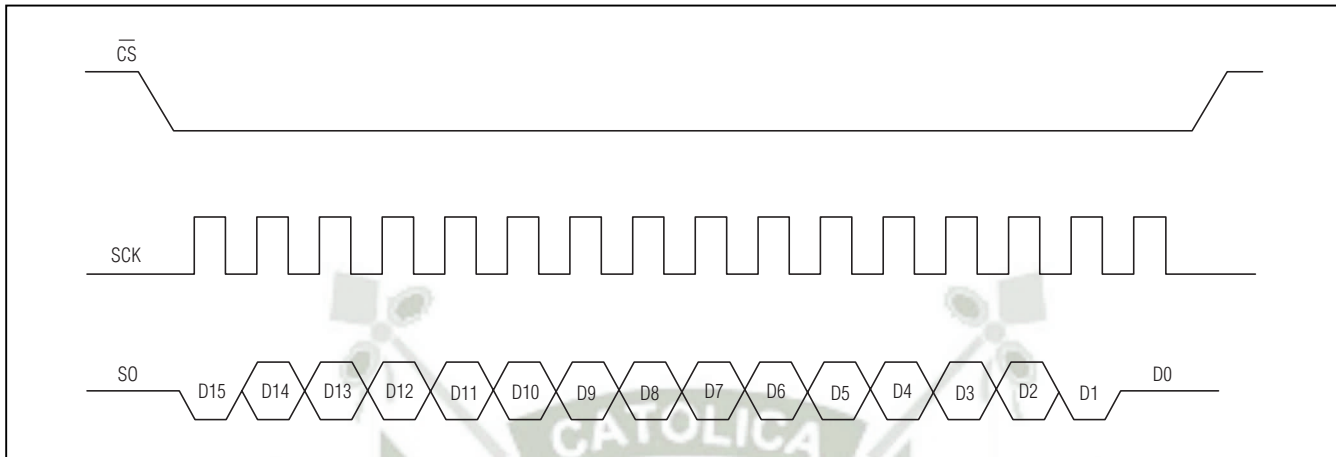


Figure 1a. Serial Interface Protocol

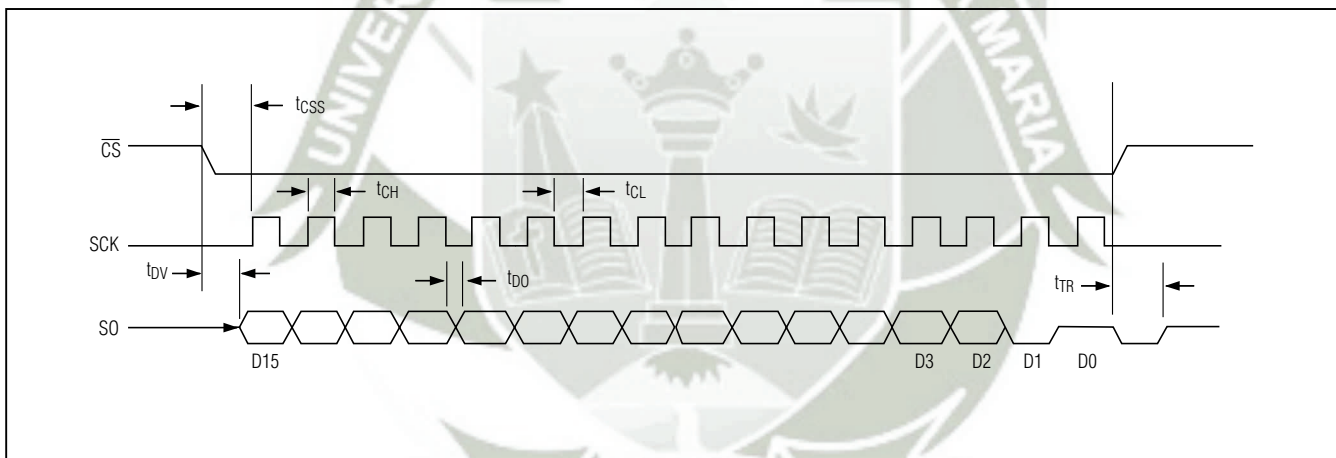


Figure 1b. Serial Interface Timing

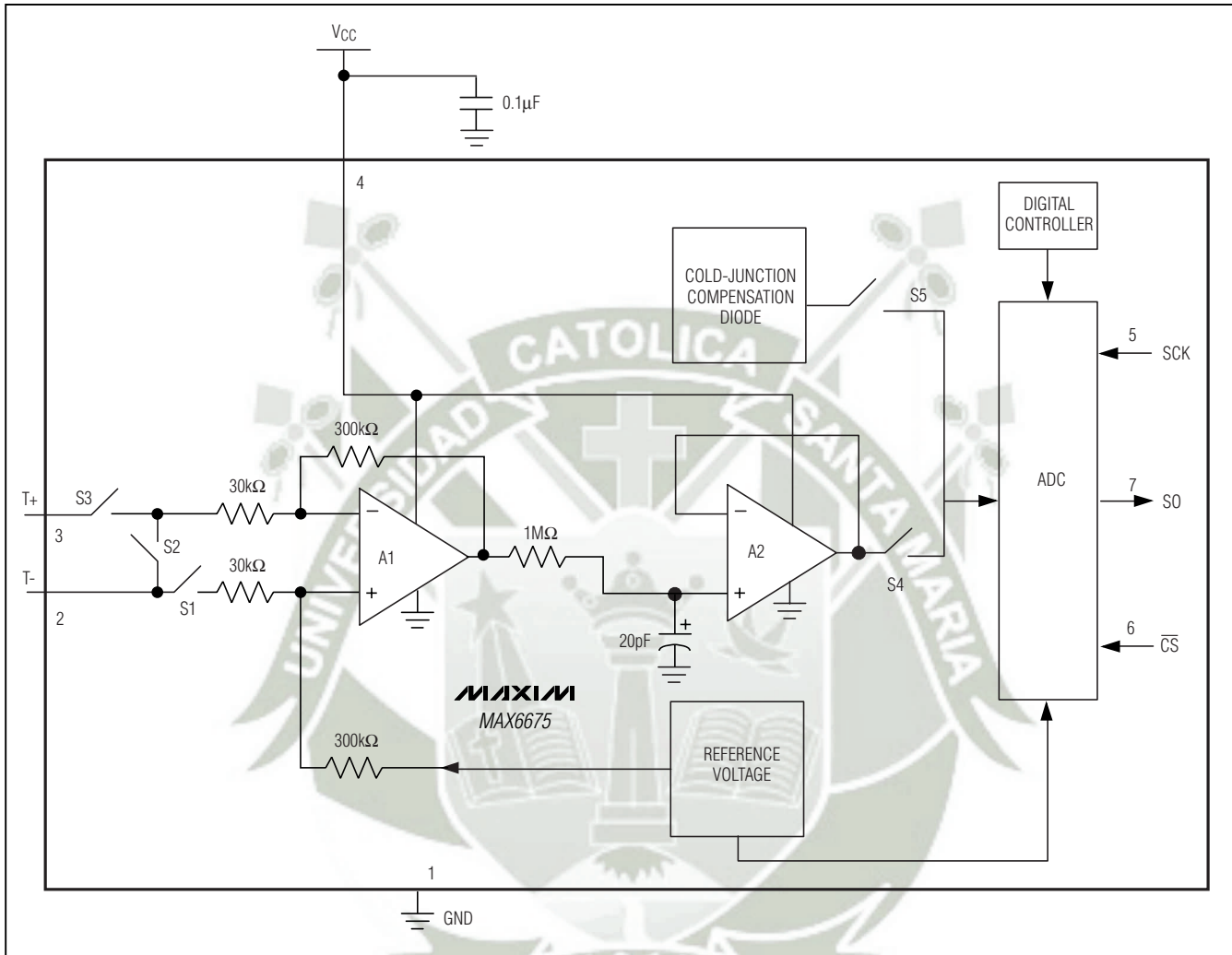
BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING											THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE	
		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4				3
Bit	15													2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

Figure 2. SO Output

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Block Diagram

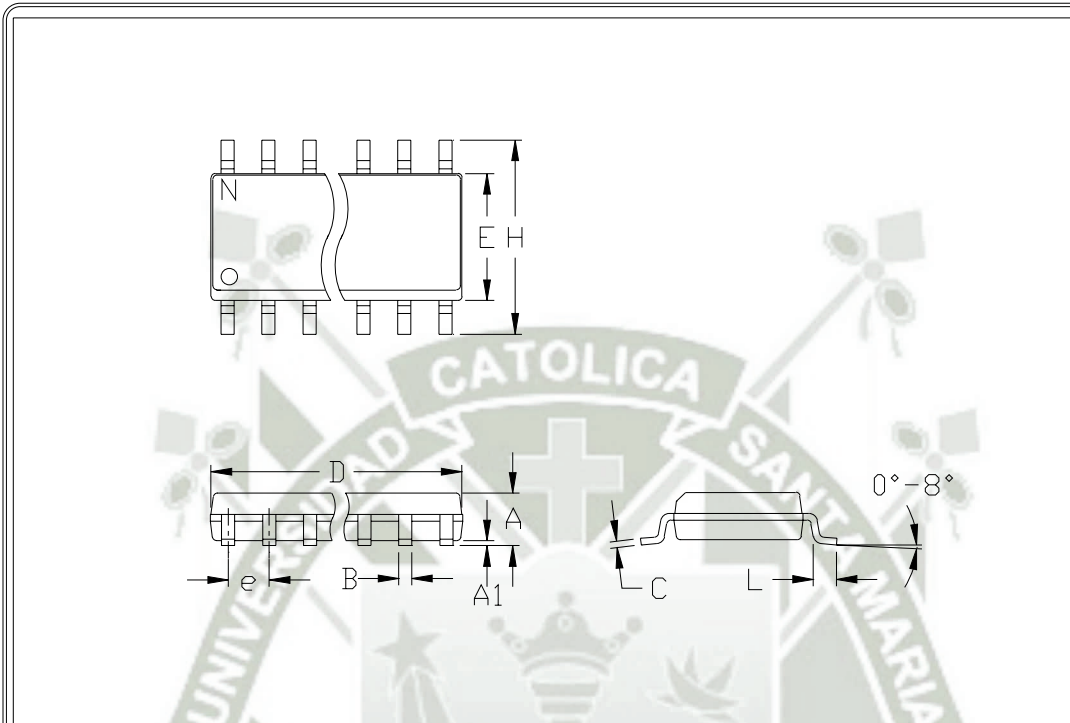
MAX6675



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

Package Information



	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
e	0.050		1.27	
E	0.150	0.157	3.80	4.00
H	0.228	0.244	5.80	6.20
h	0.010	0.020	0.25	0.50
L	0.016	0.050	0.40	1.27

	INCHES		MILLIMETERS		N	MS012
	MIN	MAX	MIN	MAX		
D	0.189	0.197	4.80	5.00	8	A
D	0.337	0.344	8.55	8.75	14	B
D	0.386	0.394	9.80	10.00	16	C

NOTES:

1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .15mm (.006")
3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN .102mm (.004")
4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER
5. MEETS JEDEC MS012-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
6. N = NUMBER OF PINS



PACKAGE FAMILY OUTLINE: SOIC .150"



21-0041 A
DOCUMENT CONTROL NUMBER REV

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

8 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600

© 2002 Maxim Integrated Products

Printed USA

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

ANEXO 09: DATASHEET MAX 31850



MAX31850/MAX31851

Cold-Junction Compensated, 1-Wire Thermocouple-to-Digital Converters

General Description

Features

The MAX31850/MAX31851 cold-junction compensated, 1-Wire® thermocouple-to-digital converters perform cold-junction compensation and digitize the signal from a K-, J-, N-, T-, S-, R-, or E-type thermocouple. The converters resolve temperatures to 0.25°C, allow readings as high as +1768°C and as low as -270°C, and exhibit thermocouple accuracy of 8 LSBs (2°C) for temperatures ranging from -200°C to +700°C.

Communication with the master microcontroller is over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication. Operating power can be obtained directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each device has a unique 64-bit serial code, which allows multiple units to function on the same 1-Wire bus. Therefore, it is simple to use one microcontroller (the master device) to monitor temperature from many thermocouples distributed over a large area.

Four location address inputs simplify mapping of individual units to specific locations.

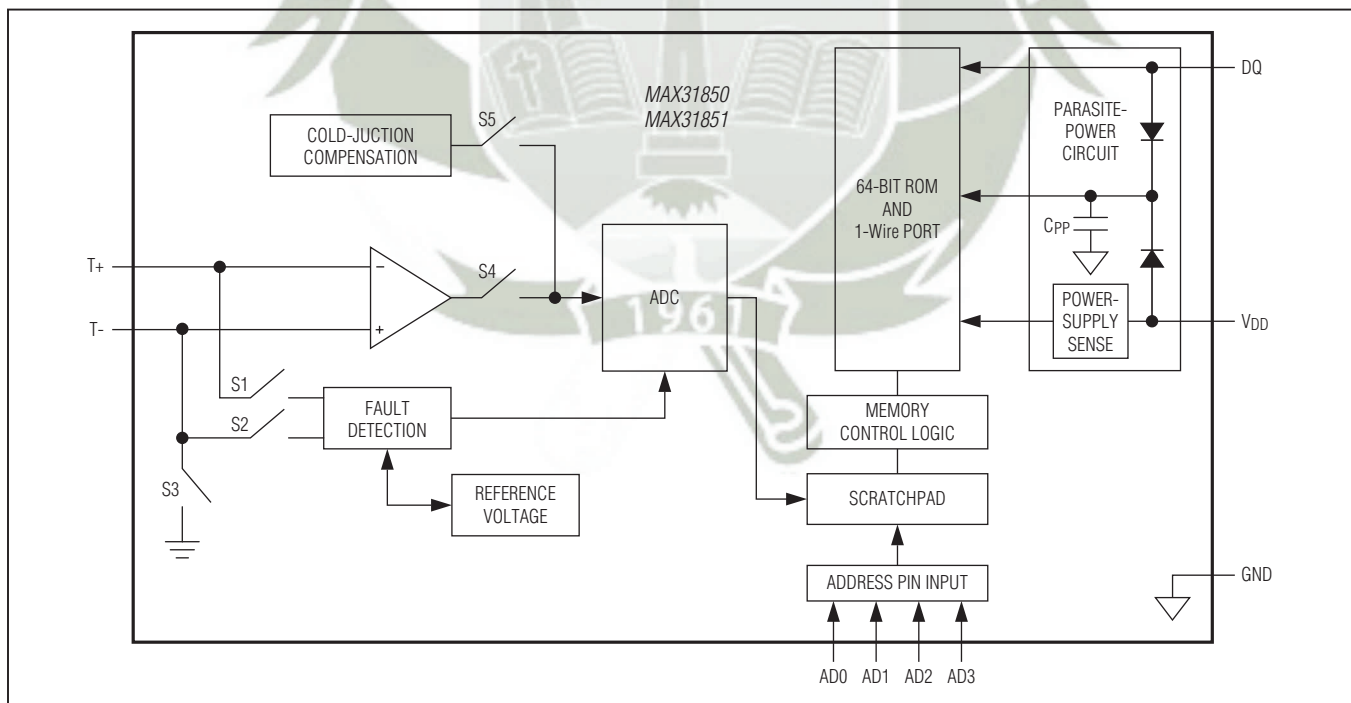
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ 14-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Versions Available for K-, J-, N-, T-, S-, R-, and E-Type Thermocouples (see [Table 1](#))
- ◆ 1-Wire Interface (Read-Only); Power Can Be Obtained from Interface (Parasite-Powered Mode)
- ◆ Detects Thermocouple Shorts to GND or V_{DD}
- ◆ Detects Open Thermocouple

Applications

Industrial	HVAC
Appliances	Medical

Ordering Information appears at end of data sheet.

Block Diagram



1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

For related parts and recommended products to use with this part, refer to: www.maximintegrated.com/MAX31850.related

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim Direct at

1-888-629-4642, or visit Maxim Integrated's website at www.maximintegrated.com.

19-6725; Rev. 0; 6/13

MAX31850/MAX31851

Cold-Junction Compensated, 1-Wire Thermocouple-to-Digital Converters

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage Range (V_{DD} to GND).....	-0.3V to +4.0V	Operating Temperature Range	-40°C to +125°C
All Other Pins.....	-0.3V to (V_{DD} + 0.3V)	Junction Temperature	+150°C
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)		Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
TDFN (derate 16.70mW/°C above +70°C).....	1333.30mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
ESD Protection (All Pins, Human Body Model).....	±2kV	Soldering Temperature (reflow)	+260°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

PACKAGE THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1)

TDFN

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA})	60°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC})	30°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 3, 4)	3.0	3.3	3.7	V
Pullup Supply Voltage (Notes 3, 4)	V_{PU}	Parasite power (Note 3)	3.0		3.7	V
		Local power (Note 3)	3.0		V_{DD}	
Input Logic-Low	V_{IL}	(Notes 4, 6)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High (Note 4)	V_{IH}	Local power	2.2		lower of 3.7V or (V_{DD} + 0.3V)	V
		Parasite power	3.0		lower of 3.7V or (V_{DD} + 0.3V)	
Output Sink Current	I_L	$V_{I/O}$ = 0.4V (Note 4)	4.0			mA
Standby Supply Current	I_{DDS}	(Notes 7, 8)		280	1000	nA
Active Supply Current	I_{DD}	V_{DD} = 3.7V (Note 9)		900	1750	μA
DQ Input Current	I_{DQ}	(Note 10)		5		μA
Power-Supply Rejection				-0.3		°C/V
Input Leakage Current (AD0–AD3 Pins)		(Note 3)	-1		+1	μA
Thermocouple Input Bias Current	I_{BTC}	T_A = -40°C to +125°C, 100mV across the thermocouple inputs (Note 3)	-100		+100	nA

MAX31850/MAX31851

Cold-Junction Compensated, 1-Wire Thermocouple-to-Digital Converters

THERMAL CHARACTERISTICS

(3.0V ≤ VDD ≤ 3.6V, TA = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
MAX31850K Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (41.276µV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -100°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1372°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-4		+4	
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +1372°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-6		+6	
MAX31850J Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (57.953µV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -100°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -210°C to +750°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = -210°C to +1200°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-4		+4	
MAX31850N Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (36.256µV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -100°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1300°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-4		+4	
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +1300°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-6		+6	
MAX31850T Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (52.18µV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -100°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +400°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +400°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-4		+4	
MAX31850E Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (76.373µV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -120°C to +100°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1000°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-4		+4	
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +1000°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-5		+5	

MAX31850/MAX31851

Cold-Junction Compensated, 1-Wire Thermocouple-to-Digital Converters

THERMAL CHARACTERISTICS (continued)

(3.0V ≤ VDD ≤ 3.6V, TA = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
MAX31850R Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (10.506μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-3		+3	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1768°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-5		+5	
		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +1768°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-7		+7	
MAX31850S Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (9.587μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +150°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-3		+3	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1768°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-5		+5	
		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +1768°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-7		+7	
Thermocouple Temperature Data Resolution				0.25		°C
Thermocouple Temperature Data Long-Term Drift		Hot junction temperature = +400°C		±0.24		°C
Internal Cold-Junction Temperature Error		T _A = -40°C to +100°C (Note 13)	-2		+2	°C
Cold-Junction Temperature Data Resolution		T _A = -40°C to +125°C		0.0625		°C
Temperature Conversion Time (Thermocouple, Cold Junction, Fault Detection)	t _{CONV}	(Note 14)		72	100	ms

MAX31850/MAX31851

Cold-Junction Compensated, 1-Wire Thermocouple-to-Digital Converters

1-Wire TIMING CHARACTERISTICS

($3.0V \leq V_{DD} \leq 3.6V$, $T_A = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

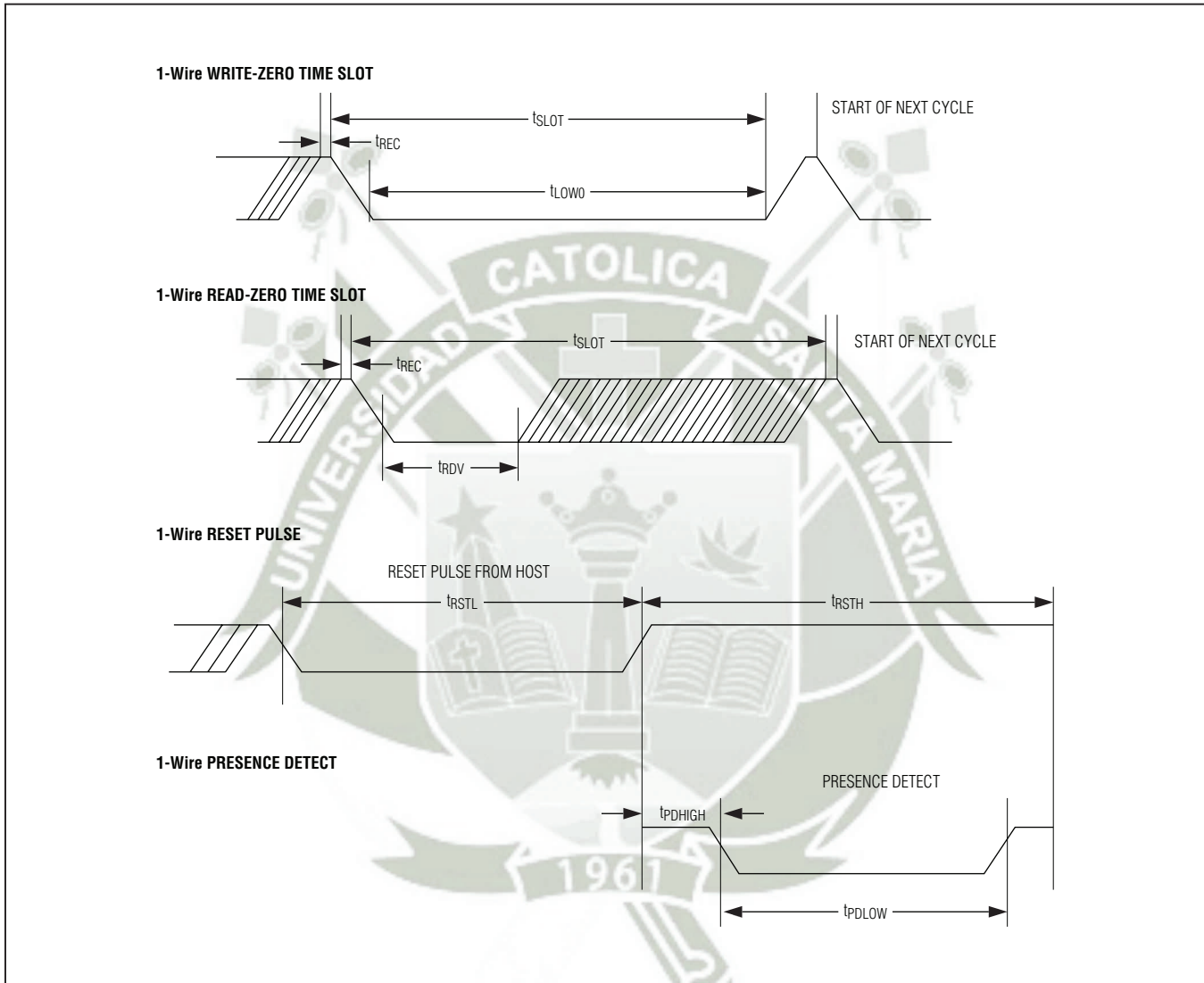
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Time to Strong Pullup On	t_{SPON}	Start Convert T command issued			8	μs
Time Slot	t_{SLOT}	(Note 15)	60		120	μs
Recovery Time	t_{REC}	(Note 15)	1			μs
Write-0 Low Time	t_{LOW0}	(Note 15)	60		120	μs
Write-1 Low Time	t_{LOW1}	(Note 15)	1		15	μs
Read Data Valid	t_{RDV}	(Note 15)			15	μs
Reset Time High	t_{RSTH}	(Note 15)	480			μs
Reset Time Low	t_{RSTL}	(Notes 15, 16)	480			μs
Presence Detect High	t_{PDHIGH}	(Note 15)	15		60	μs
Presence Detect Low	t_{PDLOW}	(Note 15)	60		240	μs
Capacitance: DQ	$C_{IN/OUT}$	(Note 17)			25	pF
Capacitance: AD0-AD3	C_{IN_ADD}	(Note 17)			50	pF

- Note 2:** Limits are 100% production tested at $T_A = +25^\circ C$. Limits over the operating temperature range and relevant supply voltage range are guaranteed by design and characterization.
- Note 3:** Limits are 100% production tested at $T_A = +25^\circ C$ and $+85^\circ C$. Limits over the operating temperature range and relevant supply voltage are guaranteed by design and characterization.
- Note 4:** All voltages are referenced to GND. Currents entering the IC are specified positive and currents exiting the IC are negative.
- Note 5:** The pullup supply voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU} . To meet the device's V_{IH} specification, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on. Thus: $V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$.
- Note 6:** To guarantee a presence pulse under low-voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} , may have to be reduced to as low as 0.5V.
- Note 7:** Standby current specified up to $+70^\circ C$.
- Note 8:** To minimize I_{DDs} , DQ should be within the following ranges: $V_{GND} \leq V_{DQ} \leq V_{GND} + 0.3V$ or $V_{DD} - 0.3V \leq V_{DQ} \leq V_{DD}$.
- Note 9:** Active current refers to supply current during active temperature conversions.
- Note 10:** DQ is high (high-impedance state with external pullup).
- Note 11:** Not including cold-junction temperature error or thermocouple nonlinearity.
- Note 12:** Guaranteed by design. These limits represent six sigma distribution for $T_A = +25^\circ C$ to $+85^\circ C$. Outside this temperature range, these limits are three sigma distribution.
- Note 13:** Guaranteed by design. These limits represent a three sigma distribution.
- Note 14:** After minimum V_{DD} has been reached during power-up, wait 10ms before initiating temperature conversions.
- Note 15:** See the [1-Wire Timing Diagrams](#).
- Note 16:** Under parasite power, if $t_{RSTL} > 960\mu s$, a power-on reset (POR) may occur.
- Note 17:** Represents the maximum capacitive load that may be applied to the pins and still maintain timing and logic state.

MAX31850/MAX31851

Cold-Junction Compensated, 1-Wire Thermocouple-to-Digital Converters

1-Wire Timing Diagrams

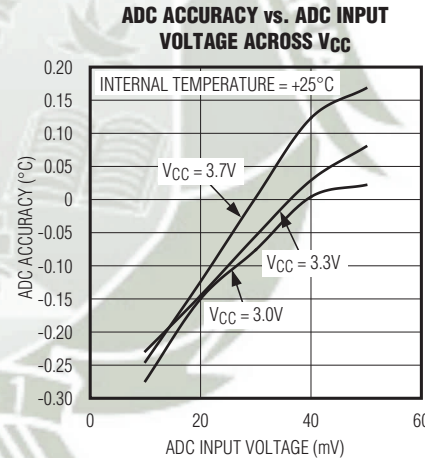
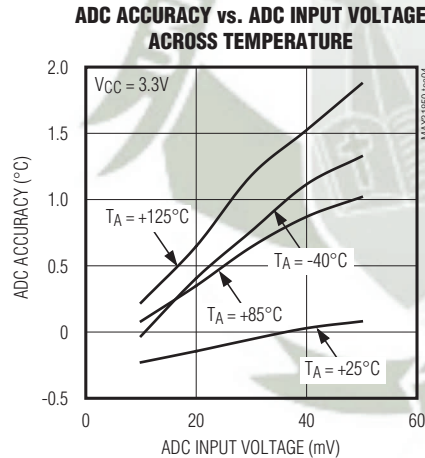
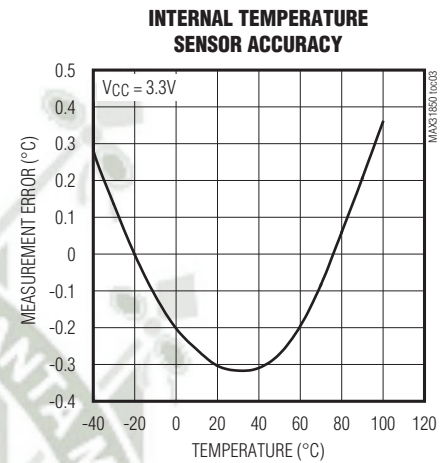
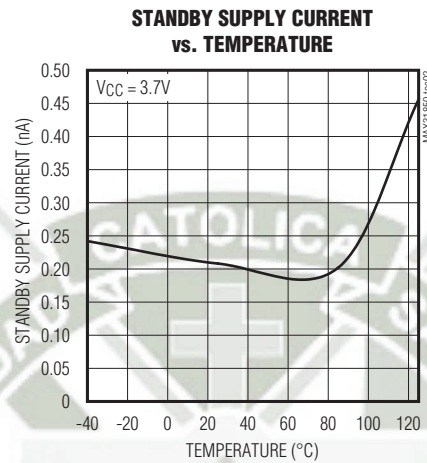
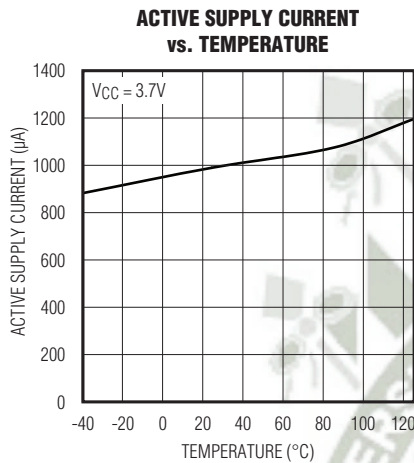


MAX31850/MAX31851

Cold-Junction Compensated, 1-Wire Thermocouple-to-Digital Converters

Typical Operating Characteristics

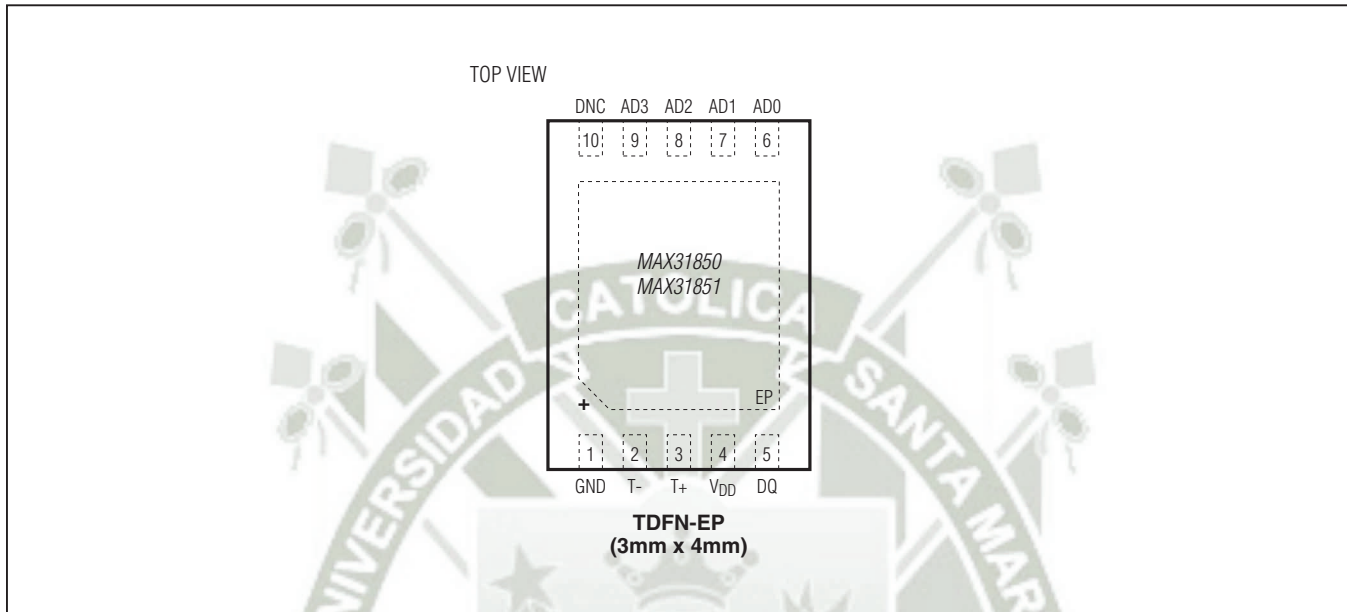
($V_{CC} = +3.3V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



MAX31850/MAX31851

Cold-Junction Compensated, 1-Wire Thermocouple-to-Digital Converters

Pin Configuration



Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Thermocouple Input. See Table 1. Do not connect to GND.
3	T+	Thermocouple Input. See Table 1.
4	V _{DD}	Power-Supply Voltage
5	DQ	Data Input/Output. Open-drain 1-Wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite-power mode (see the <i>Parasite Power</i> section.)
6	AD0	Location Address Input (Least Significant Bit)
7	AD1	Location Address Input
8	AD2	Location Address Input
9	AD3	Location Address Input (Most Significant Bit)
10	DNC	Do Not Connect
—	EP	Exposed Pad. No internal connection. Connect to GND or leave unconnected.