

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE
ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTÓNOMA PARA EL IASA I
(ESPE)”**

TNTE. DE COM. ABAD PÁEZ WALBERTO ANTONIO

QUITO – ECUADOR

2006

CERTIFICACIÓN

CERTIFICAMOS QUE EL PRESENTE PROYECTO DE GRADO TITULADO “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTÓNOMA PARA EL IASA I (ESPE)”, FUE REALIZADO EN SU TOTALIDAD POR EL SR. TNTE. DE COM. ABAD PÁEZ WALBERTO ANTONIO, BAJO NUESTRA DIRECCIÓN, COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO.

Ing. Byron Navas
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Al Creador, Dios por darme la oportunidad de vivir a plenitud con alegrías y tristezas junto a todas las personas que han participado directa o indirectamente en mi desarrollo profesional.

A la Gloriosa Fuerza Terrestre, por ser la que me acogió desde mi juventud perfeccionándome militar y técnicamente, impregnando día a día el verdadero sentido de patriotismo y bienestar común.

A mis hermanas, por su apoyo incondicional y cariño desinteresado.

A mis familiares, quienes contribuyeron para afrontar de manera eficiente todos mis triunfos con prudencia y vicisitudes con firmeza.

Walberto Abad

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico a cuatro personas quienes han sido pilares fundamentales en mi vida.

A la memoria de mi Padre, quien no estuvo presente en mis triunfos, alegrías y tristezas profesionales pero que con sus enseñanzas me permitieron afrontar día a día los desafíos de la vida y mantener mis principios e ideales.

A mi Esposa Yesenia e Hijo Antonio, quienes con su llegada a mi vida han complementado esa fuerza e impulso que necesitaba, con su amor, esfuerzo, confianza, y comprensión, para poder cumplir todos los objetivos que me imponga.

A mi Madre, que con su amor, apoyo incondicional, aliento y ejemplo, me supo sacar adelante en los momentos más difíciles después del fallecimiento de mi padre y posteriormente me dio el ánimo necesario para alcanzar mis metas anheladas.

Walberto Abad

PRÓLOGO

El presente Proyecto de Grado Titulado “*Diseño e implementación de un Prototipo de Estación Meteorológica Autónoma para el IASA I (ESPE)*”, consiste en determinar variables meteorológicas por medio de sensores electrónicos, los cuales envían datos al controlador (PIC 16F877) para ser procesados y enviados hacia un computador, que a través de una Interfaz Gráfica (HMI) presenta los datos al usuario, con la capacidad de mostrar en tiempo real la evolución de dichas variables y almacenarlas en un archivo. La Estación se alimenta con energía fotovoltaica con una autonomía de 4 días en caso de no existir energía solar.

Se ha diseñado e implementado los componentes electrónicos de los subsistemas que integran la Estación Meteorológica, conjuntamente con la documentación respectiva de los diferentes capítulos concernientes a la unidad de control, sensores, alimentación, software (HMI) y un estudio económico.

La Estación Meteorológica esta en la capacidad de realizar mediciones de: temperatura ambiente, presión, humedad relativa, velocidad y dirección del viento inclusive en condiciones climáticas extremas.

Entre las ventajas que presenta el Proyecto se destacan: su movilidad, autonomía de alimentación, monitoreo en tiempo real de las variables, registro de datos y la capacidad de incluir nuevos sensores, comunicación inalámbrica según la necesidad del usuario.

Para visualizar la información se utiliza la instrumentación virtual permitiendo el monitoreo de las variables físicas descritas anteriormente proporcionando una interfaz de fácil comprensión para el usuario.

Todos los componentes electrónicos de la estación se implementan en una estructura metálica sólida compuesta por: una garita meteorológica que aloja a los sensores, caja hermética para el controlador y batería, alojamiento para los módulos solares y la estructura en si compuesta por un trípode y tubo de sujeción, los cuales son necesarios para proteger los componentes de las condiciones extremas que pueda presentar el medio ambiente.

Esta información es necesaria para un adecuado desarrollo e investigación Agropecuaria en el IASA I en diversas actividades tales como las siguientes: control de riego, aplicaciones de productos químicos, control de plagas, etc.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

PRÓLOGO

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	1
1.3 Importancia	2
1.4 Objetivos	3
1.5 Descripción general del Proyecto	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Conceptos Básicos	6
2.1.1 Conceptos Meteorológicos	6
2.1.2 Microcontrolador	10
2.1.3 Energía Solar	12
2.1.4 Comunicación Serial	14
2.2 Elementos y Materiales	19
2.2.1 Microcontrolador 16F877A-I/P	19
2.2.2 Sensor Digital de Temperatura DS1620	24
2.2.3 Sensor de Humedad HIH-3610-001	30
2.2.4 Sensor de Presión MPX4115A	34
2.2.5 Sensor de Velocidad y Dirección del viento modelo 7911	37
2.2.6 Módulo Fotovoltaico 1-5	39
2.2.7 Batería Duncan R-1207	43

2.2.8	Regulador ISOLER 4	44
2.2.9	Circuito Integrado Max 232/ Sipex 232	46
2.3	Ventajas y Desventajas	47
CAPITULO III: DISEÑO DE HARDWARE		50
3.1	Diagrama de boques general	50
3.2	Diseño del Sistema de Adquisición de Datos y Control	50
3.2.1	Consideraciones para la selección de elementos y materiales	50
3.2.2	Diseño del Sistema	51
3.2.3	Diagrama de conexiones	52
3.2.4	Implementación	53
3.3	Diseño de los Subsistemas de Sensores	55
3.3.1	Consideraciones para la selección de sensores	55
3.3.2	Diseño de los Subsistemas	56
3.3.3	Diagrama de conexiones	61
3.3.4	Implementación	62
3.4	Diseño del Subsistema de Alimentación Solar Autónomo	65
3.4.1	Consideraciones para la selección de elementos y materiales	65
3.4.2	Diseño del Subsistema	64
3.4.3	Diagrama de conexiones	69
3.4.4	Implementación	70
CAPITULO IV: DISEÑO DEL SOFTWARE		72
4.1	Diseño del Software para el Microcontrolador	72
4.1.1	Características de software	72
4.1.2	Desarrollo del Software	75
4.2	Diseño del Software para la HMI	86
4.2.1	Características de software	86
4.2.2	Interfase Serial RS 232	88
4.2.3	Desarrollo del Software	90

4.2.4	Registro e Historial de datos	95
CAPITULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS		96
5.1	Pruebas	96
5.2	Análisis de Resultados	99
CAPITULO VI: ESTUDIO ECONÓMICO		102
6.1	Costo del Sistema Total	102
6.2	Mantenimiento	103
6.3	Análisis económico	105
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		111
ANEXO 1		113
SENSORES ADICIONALES		114
ANEXO 2		118
CIRCUITO DEL PROGRAMADOR DEL MICROCONTROLADOR		119
ANEXO 3		120
CIRCUITO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA		121
ANEXO 4		125
COMUNICACIÓN SERIAL EN LABVIEW		126
ÍNDICE DE FIGURAS		
ÍNDICE DE TABLAS		
GLOSARIO		

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La influencia del medio ambiente en el área agrícola es preponderante y actúa directamente sobre todos los elementos participantes en dicha área; en la actualidad, especialmente en nuestro país hay una falta de monitoreo e información de tipo climatológico, con la carencia de datos veraces en tiempo real y de forma oportuna.

Actualmente en el Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA I), se ha establecido como una necesidad primordial el disponer de una Estación Meteorológica que provea información de múltiples variables meteorológicas, con la capacidad para mostrar en tiempo real la evolución de las variables monitoreadas, proporcionar un registro de las mediciones, lo que contribuirá para una adecuada investigación tanto del personal docente, estudiantes y desarrollo de futuros proyectos en los diferentes campos de su competencia.

Por los antecedentes citados se hace necesaria la implementación de una Estación Meteorológica con tecnología de vanguardia, que nos permita obtener un registro de variables más completas y eficientes, a través del uso de la instrumentación virtual, el presente proyecto apunta a satisfacer la necesidad que presenta el IASA I.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto obedece a un requerimiento del Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA).

En el ámbito tecnológico el proyecto requerirá el empleo de una tecnología de vanguardia, con procedimientos y técnicas adecuadas.

En términos económicos cabe señalar que la instalación de un sistema meteorológico comercial resulta muy costosa en comparación con el sistema que se pretende desarrollar.

1.3 IMPORTANCIA

El proyecto contribuirá para que el Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA) desarrolle una adecuada investigación y docencia universitaria.

La importancia del proyecto se fundamenta en la solución que se proveerá a la necesidad que presenta el IASA, en cuanto se refiere a determinar las condiciones climáticas.

Las condiciones climáticas determinan la realización de diversas actividades tales como las siguientes:

1. Control de riego, durante periodos de lluvias escasas, la evotranspiración típicamente representa el agua que debe reemplazarse mediante el riego, la cual se calcula generalmente por la velocidad del viento, temperatura, humedad y la presión, el riego si no es controlado adecuadamente puede ser excesivo.
2. Aplicaciones de productos químicos, el monitoreo de las condiciones climáticas en especial la temperatura, ofrecen un gran ahorro económico en las aplicación de químicos, en el área agrícola algunos de éstos incrementan su toxicidad a medida que la temperatura aumenta y otros ni siquiera funcionarían si no hay sol o la temperatura adecuada.
3. Control de plagas, pues el ciclo de vida de los insectos no se rige por el calendario, estos se desarrollan de acuerdo con la temperatura del aire y del suelo.

4. Otras actividades, como provisión de insumos, el almacenamiento, la distribución, etc., son afectados por las condiciones climáticas por lo que no es de menor importancia la aplicación en esas actividades.

1.4 OBJETIVOS

General

Realizar el diseño y la implementación de un Prototipo de Estación Meteorológica Autónoma para el IASA I (ESPE).

Específicos

1. Recopilar y analizar la información existente en el medio relacionada con el proyecto.
2. Establecer los requerimientos técnicos específicos para el prototipo.
3. Fundamentar teóricamente el funcionamiento de sensores de temperatura, humedad, presión, velocidad y dirección del viento.
4. Determinar los rangos de medición de las variables en función del lugar en el que se va a implementar el sistema.
5. Diseñar e implementar el Sistema de Adquisición de Datos y Control utilizando el microcontrolador PIC 16F877A-I/P.
6. Diseñar e implementar los Subsistemas de Sensores de temperatura, humedad, presión, velocidad y dirección del viento.
7. Diseñar e implementar el Subsistema de Alimentación Solar Autónomo con la utilización de un panel solar y baterías.
8. Desarrollar el software del microcontrolador cuya función básica es el control de todos los subsistemas y adquisición de datos.
9. Implementar la comunicación serial RS232 desde el Sistema de adquisición de datos a la PC por medio del cable serial.
10. Desarrollar el software para la HMI.
11. Realizar pruebas de campo y analizar los resultados obtenidos.

12. Analizar y presentar los costos de inversión de la implementación del mismo y compararlo con sistemas comerciales actuales.
13. Documentar la información necesaria para la futura inclusión de sensores, que permitan determinar parámetros y variables como son la calidad de aire (sensores diseñados para detectar la presencia de butano, monóxido de carbono y también de los vapores desprendidos por disolventes orgánicos, humo de tabaco, etc.).
14. Documentar de una manera eficiente y clara todo lo investigado y realizado en el presente proyecto.

1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto consta básicamente de cuatro partes, las que se ilustran en la Figura 1.1. La Primera parte constituida por el Subsistema de Sensores, los cuales son los encargados de la detección y/o medición de las variables físicas (temperatura, humedad, presión, velocidad y dirección del viento). La Segunda se refiere al Subsistema de Alimentación Solar Autónomo, que proporciona la alimentación (5 v DC) a toda la Estación Meteorológica.

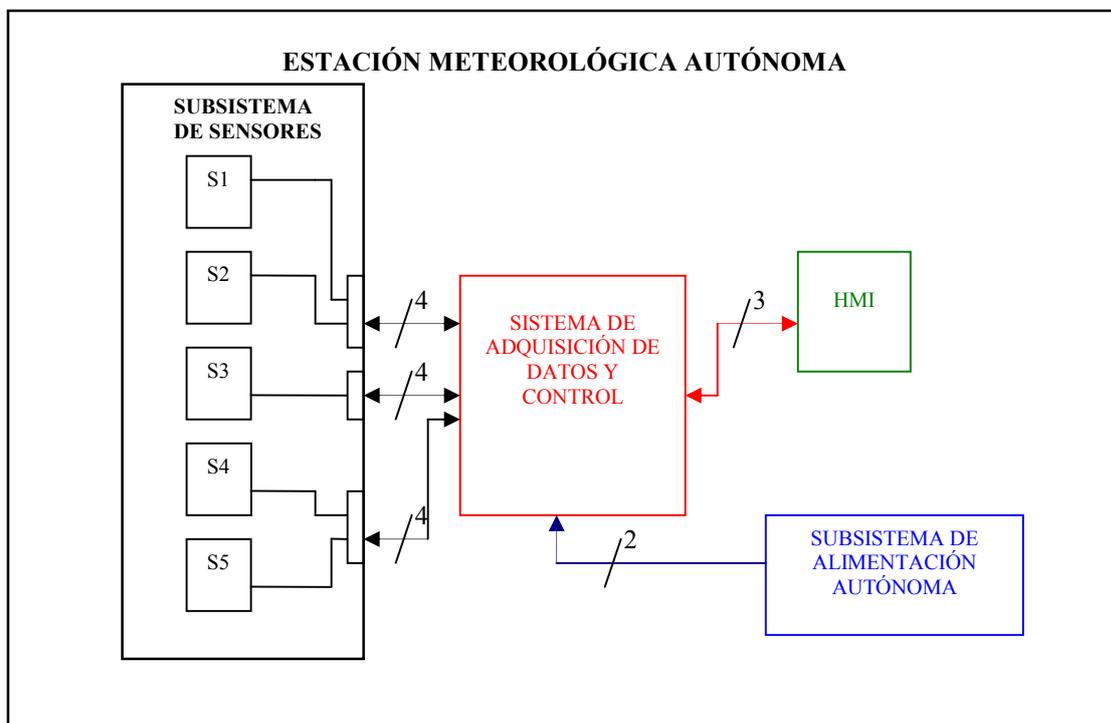


Figura. 1.1 Diagrama General de la Estación Meteorológica

La Tercera corresponde al Sistema de Adquisición de Datos y Control, que es el responsable de gobernar a todo el sistema con la utilización del microcontrolador PIC (Peripheral Interface Controller) 16F877A-I/P de la empresa Microchip Technology Inc. Finalmente se tiene la HMI (Interfaz Hombre Máquina), que realiza la interfase gráfica amigable que permite tener una Estación Meteorológica Virtual con capacidad para mostrar en tiempo real la evolución de las variables monitoreadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

2.1.1 Conceptos Meteorológicos

Meteorología: del griego meteoros (alto, cualquier fenómeno atmosférico) y logos (tratado). Se denomina a la ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos y su evolución.

Elemento Meteorológico: variable atmosférica o fenómeno (temperatura del aire, presión, viento, humedad, tormentas, nieblas, ciclones o anticiclones, etc.) que caracteriza el estado del tiempo en un lugar específico y en un tiempo dado. Las variables a considerar en el proyecto son:

- a. **Presión Atmosférica:** es el peso del aire de la atmósfera que ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. La presión atmosférica ejerce sobre cada cuerpo, sobre cada partícula, sobre cada objeto, sobre cada superficie, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud. La presión barométrica también cambia con las condiciones meteorológicas locales.
- b. **Temperatura:** se define como una magnitud variable que depende de la velocidad de las moléculas del aire. Estas moléculas son el oxígeno y el nitrógeno. Esta magnitud nos permite expresar el grado de calentamiento o enfriamiento de los cuerpos. El resultado se expresa en grados centígrados (Celsius), o Fahrenheit.
- c. **Humedad Relativa:** la humedad por si sola se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Humedad relativa es la relación entre la masa de vapor de agua que tiene una determinada masa de aire y la que

tendría si estuviese saturada en la misma temperatura. Esta relación se expresa en porcentaje.

- d. **Velocidad del viento:** es la distancia recorrida por una masa de aire en una unidad de tiempo (segundos, minutos, horas, etc.) El resultado se expresa en Km/h, m/s, etc.
- e. **Dirección del viento:** indica desde donde proviene el viento. Por ejemplo, si nos señala el Norte es que el viento va hacia el Sur. Se expresa con diferentes magnitudes (grados sexagesimales, centesimales, etc.).

Instrumentos Meteorológicos: aparato, equipo (termómetro, barómetro, higrómetro, pluviómetro, etc.) conformado por una serial de elementos, sensores para medir un sin número de variables atmosféricas (temperatura, presión, humedad, lluvia, etc.). Entre otros tenemos los siguientes:

- a. **Barómetro, Barógrafo:** instrumento utilizado para medir la presión atmosférica. El barómetro registrador se le llama barógrafo, como se observa en la Figura 2.1. El resultado se expresa en mb (milibares) o en mm Hg (milímetros de mercurio). La presión normal es de 1013 mb, que es igual a 760 mm. Hg.



Figura. 2.1. Barómetro, Barógrafo

- b. **Termómetro:** instrumento que mide la temperatura ambiente. Existen diversos tipos de termómetros, destacando los de mercurio, platino, unión semiconductora, termopares, etc. Se diferencian entre sí por presentar distintas velocidades de respuesta, sensibilidad, linealidad, material, etc.,

siendo cada uno de ellos más apropiado para un determinado tipo de aplicación, como ejemplo se ilustran termómetros de máxima y mínima de mercurio en la Figura 2.2.

Higrómetro: instrumento utilizado para medir la humedad del aire; mientras que el higrógrafo permite registrar dichas medidas. Hay diversos tipos en función del principio físico empleado, entre los principales tenemos:

- El psicrómetro, se basa en propiedades termodinámicas y efectúa mediciones dobles con un termómetro seco y un termómetro húmedo, cuya diferencia permite conocer el grado de humedad.
- El higrómetro electrónico, mide el cambio de las propiedades eléctricas con la humedad.

Estos instrumentos se ilustran en la Figura 2.2.



Figura. 2.2. Termómetros y Psicrómetro

- c. **Anemómetro:** instrumento utilizado para medir la velocidad instantánea o fuerza del viento, como se observa en la Figura 2.3. Debido a que las ráfagas (fluctuaciones habituales del viento) se producen con mucha frecuencia, estas mediciones restan confiabilidad a los valores obtenidos. Por esta razón, se toman mediciones en intervalos de 10 minutos, los cuales registran con el anemógrafo.

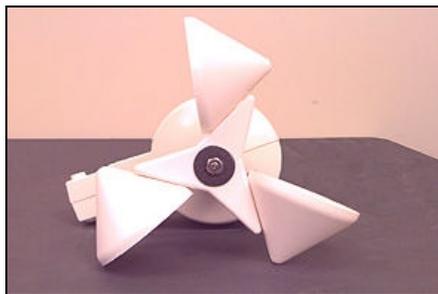


Figura. 2.3. Anemómetro

- d. **Veleta:** instrumento que sirve para medir la dirección del viento. Ver Figura 2.4.



Figura. 2.4. Veleta y Anemómetro

Estación Meteorológica: es un lugar escogido adecuadamente para colocar los diferentes instrumentos que permiten medir las distintas variables que afectan al estado de la atmósfera en un momento y lugar determinado.

Clasificación de Estaciones Meteorológicas: de acuerdo a lo establecido por la OMM¹, se clasifican de la siguiente manera:

- a. **Sinópticas:** dedicadas al estudio de las variables meteorológicas con el objeto de prever el tiempo a corto plazo.
- b. **Climatológicas:** en donde se observa el estado del tiempo acumulando datos con fines estadísticos permitiendo clasificar el clima de un lugar.
- c. **Agrícolas:** en donde se observa tanto el estado del tiempo como fenómenos de carácter biológico en íntima relación con la agricultura del lugar.
- d. **Aeronáuticas:** tienen como objeto facilitar la circulación aérea.

¹OMM, Organización Mundial de Meteorología

- e. **Especiales:** creadas con carácter temporal para el estudio específico de determinadas variables.

Cada una de estas se subdividen en principales, ordinarias y auxiliares en función del número de variables atmosféricas.

Garita o Abrigo Meteorológico: es una caseta donde se instalan los instrumentos que han de estar al aire libre, pero protegidos de la radiación solar, lluvia, etc. El aire debe circular por dicho interior. En la Figura 2.5 se ilustra un ejemplo de garita.



Figura. 2.5. Garita o Abrigo Meteorológico

2.1.2 Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración, en cuyo interior posee toda la arquitectura en forma limitada de un computador; CPU, memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada/salida.

Entre las ventajas de un microcontrolador se tiene: sencillez de manejo, precio accesible, elevada velocidad de funcionamiento, herramientas de desarrollo económicas y fáciles de utilizar, diseño y programación rápida y eficaz, variedad de modelos, aumento de prestaciones, aumento de la fiabilidad, reducción del tamaño en el producto final y mayor flexibilidad.

Las aplicaciones de los microcontroladores únicamente pueden limitarse al de los diseñadores, la aplicación en los diferentes sectores a finales del siglo XX es la siguiente²:

1. **Comunicaciones:** 30%, Teléfonos fijos y móviles, Sistemas de Comunicaciones, Navegación.
2. **Consumo General:** 27%, Electrodomésticos, Máquinas Expendedoras, Juguetería, Domótica, Sistemas de Seguridad y Alarma, Climatización.
3. **Automoción:** 18%, Control del Motor (consumo, gases, etc.), Control de Frenado (ABS), Airbag, Instrumentación, Control de Velocidad, Climatización, Navegación por Satélite, Computador de Abordo, Sistema de Seguridad.
4. **Periféricos Informáticos:** 15%, Teclado, Ratón, Disco duro, Tratamiento de Imagen y Sonido, Impresora, Multimedia.
5. **Industria:** 10%, Instrumentación, Electromedicina, Sistemas Automáticos, Robótica, Visión Artificial, Aplicaciones Militares y Balística, Edificios Inteligentes.

Según las características de los microcontroladores se pueden clasificar de diferentes formas, pero en general la más discriminante es de acuerdo al tamaño de su **bus de datos** (conjunto de líneas por las cuales se transfiere información en el interior del procesador):

1. **Microcontrolador de 4 bits:** son los más sencillos y económicos, se los utiliza en aplicaciones pequeñas y en juguetería.
2. **Microcontrolador de 8 bits:** estos son los más empleados y vendidos por su gran variedad y versatilidad en recursos y capacidades.
3. **Microcontrolador de 16 bits:** se los aplica en proyectos más exigentes.
4. **Microcontrolador de 32 bits:** usados en aplicaciones muy avanzadas, como en inteligencia artificial, aplicaciones militares, etc.

En la Tabla 2.1, se puede ver que Microchip clasifica a sus microcontroladores PIC (Peripheral interface Controller), en cinco categorías:

²Fuente: Revista Robots, FG editores, S.A Madrid

Tabla. 2.1. Clasificación de Microcontroladores PIC de Microchip

FAMILIA	PRODUCTO	EJECUCIÓN INSTRUCCIÓN	REPERTORIO DE INSTRUCCIONES	ENCAPSULADO
GAMA ENANA	PIC12CXXX 12FXXX	1000 ns, 4 Mhz, 10 Mhz.	33/35 inst.	encapsulado de 8 pines
GAMA BÁSICA	PIC16C5X	200 ns, 20 Mhz	33 inst. de 12 bits	encapsulado de 18 y 28 pines
GAMA MEDIA	PIC16CXXX 16FXXX	200 ns, 20Mhz	35 inst. de 14 bits	encapsulado de 18 hasta 68 pines
GAMA ALTA	PIC17CXXX	120 ns, 33 Mhz	58 inst. de 16 bits	encapsulado de 40 y 44 pines
GAMA MEJORADA	PIC18CXXX	10 MIPS, 40 Mhz.	77 inst. de 16 bits	encapsulado de 28 hasta 80 pines

Un microcontrolador típico consta básicamente de cuatro partes que son:

1. Memoria de Programa.
2. Memoria de datos.
3. Procesador.
4. Recursos Auxiliares.

2.1.3 Energía Solar

La utilización exhaustiva y masiva del petróleo, hace necesaria la búsqueda de opciones para sustituirla progresivamente mediante la utilización y aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, como por ejemplo: energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica y de los océanos. Las energías renovables son inagotables, limpias y se pueden utilizar en forma autogestionada.

La Energía Solar, es la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión; llega a la Tierra a través del espacio en fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

Con una adecuada recolección de la radiación solar, se puede obtener básicamente dos resultados: calor y electricidad. El calor se logra mediante los colectores térmicos y la electricidad a través de los llamados módulos fotovoltaicos. Entre las aplicaciones de la energía solar, se tiene: para calefacción, enfriamiento y refrigeración de recintos, evaporación y destilación, generación de energía, hornos solares y otros usos.

Energía Solar Fototérmica: los Sistemas Fototérmicos convierten la radiación solar en calor y lo transfieren a un fluido de trabajo. El calor se usa entonces para calentar viviendas, edificios, agua, mover turbinas, generar electricidad, secar granos o destruir desechos peligrosos. En la Figura 2.6 se observa un ejemplo de la aplicación en viviendas.



Figura. 2.6. Sistemas Térmicos Solares

Los Colectores Térmicos Solares se dividen en tres categorías:

1. **Colectores de Baja Temperatura:** Proveen calor útil a temperaturas menores de 65°C mediante absorbedores metálicos o no metálicos para aplicaciones tales como calentamiento de piscinas, calentamiento doméstico de agua para baño y, en general, para todas aquellas actividades industriales en las que el calor de proceso no es mayor a 60°C ; por ejemplo la pasteurización, el lavado textil, etc.
2. **Colectores de Temperatura Media:** Son los dispositivos que concentran la radiación solar para entregar calor útil a mayor temperatura, usualmente entre los 100 y 300°C . En esta categoría se tienen a los concentradores estacionarios y a los canales parabólicos, todos ellos efectúan la concentración mediante espejos dirigidos hacia un receptor de menor tamaño. Tienen el inconveniente de trabajar solamente con la componente directa de la radiación solar por lo que su utilización queda restringida a zonas de alta insolación.
3. **Colectores de Alta Temperatura:** Existen en tres tipos diferentes: los colectores de plato parabólico, la nueva generación de canal parabólico y los sistemas de torre central. Operan a temperaturas mayores a los 500°C y se usan para generar electricidad y transmitirla a la red eléctrica; en algunos países

estos sistemas son operados por productores independientes y se instalan en regiones donde las posibilidades de días nublados son remotas.

Energía Solar Fotovoltaica: Los Sistemas Fotovoltaicos convierten directamente parte de la energía de la luz solar en electricidad. Las celdas fotovoltaicas como se observa en la Figura 2.7, se fabrican principalmente con silicio, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, el mismo material semiconductor usado en las computadoras. Cuando el silicio se contamina o dopa con otros materiales de ciertas características, obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar. Los electrones son excitados por la luz y se mueven a través del silicio; este es conocido como el Efecto Fotovoltaico y produce una corriente eléctrica directa.



Figura. 2.7. Sistemas Fotovoltaicos Solares

Las investigaciones iniciales en este campo se enfocaron al desarrollo de productos para aplicaciones espaciales, como en los satélites artificiales. En la actualidad las celdas que han alcanzado mayor grado de desarrollo son las de silicio cristalino, tecnología que predomina en el mercado mundial debido a su madurez, confiabilidad en su aplicación y sobre todo; a su vida útil que va de los 20 a los 30 años. Las celdas de película delgada, entre ellas el silicio amorfo, han alcanzado cierto grado de popularidad debido a su bajo costo; sin embargo su baja durabilidad, debido a la degradación, las sitúa por debajo de las celdas cristalinas.

2.1.4 Comunicación Serial

La transferencia de información binaria básicamente se da en dos formas: la paralela y serial. La comunicación paralela transmite todos los bits de un dato de manera simultánea,

por lo tanto la velocidad de transferencia es rápida; sin embargo tiene la desventaja de utilizar una gran cantidad de líneas volviéndolo más costoso y además tiende a atenuarse a grandes distancias debido a la capacitancia entre conductores, así como a sus parámetros distribuidos. Por otra parte la comunicación serial transmite bit por bit la información por lo que más lenta, pero con la ventaja que utiliza menos hilos y puede extenderse a mayores distancias.

El uso de **comunicación serial** se masifico con los periféricos de la PC, va desde el conocido ratón hasta el módem. La EIA (Electronics Industry Association), en EE.UU. propuso la interfaz serial RS-232-C (Recomended Standard 232 revisión C) que define las características eléctricas que deben presentar los elementos de conexión para la comunicación serial entre ordenadores y equipos periféricos. Referido más exactamente a la conexión entre un equipo terminal de datos y un equipo de comunicación de datos empleando un intercambio de datos binario serial. En Europa el CCITT propuso en interfaz V-24, que es idéntico al RS-232-C.

Existe dos tipos de comunicaciones seriales: la síncrona y asíncrona. En la comunicación serial **síncrona**, se utiliza una línea sobre la cual se transmitirán los datos y adicionalmente se necesita de una línea que contendrá los pulsos de reloj que indicaran cuando un dato es valido; como ejemplos de este tipo se tiene: I²C, ONE WIRE, SPI. En la comunicación serial **asíncrona** no es necesario los pulsos de reloj, la duración de cada bit esta determinada por la velocidad con la cual se realiza la transferencia de datos. En la Figura 2.8 se puede ver el formato de datos utilizado.

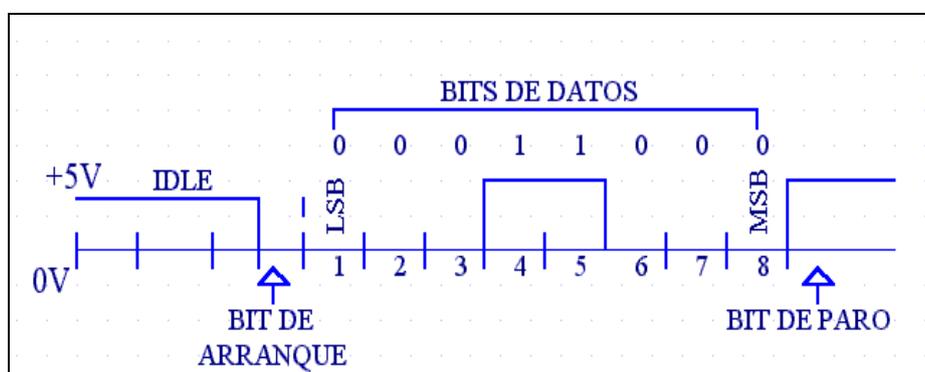


Figura. 2.8. Estructura de un Carácter que se Trasmite en Forma Serial Asíncrona

Normalmente cuando no se realiza ninguna transferencia de datos, la línea del transmisor se encuentra en estado idle, quiere decir en estado alto.

Para iniciar la transmisión de datos, el transmisor coloca esta línea en bajo durante determinado tiempo, lo cual se le conoce como bit de arranque (start bit) y a continuación empieza a transmitir con un intervalo de tiempo los bits correspondientes al dato, empezando siempre por el bit menos significativo (lsb), y terminando con el bit mas significativo (hsb). Si el receptor no esta sincronizado con el transmisor, este desconoce cuando se van a recibir los datos.

El transmisor y el receptor deberán tener los mismos parámetros de velocidad, paridad, número de bits del dato transmitido y de bit de parada. En distancias relativamente cortas, se pueden manejar transmisiones en niveles lógicos TTL (0-5V), pero cuando las distancias aumentan, estas señales tienden a distorsionarse debido al efecto capacitivo de los conductores y su resistencia eléctrica. El efecto se incrementa a medida que se incrementa la velocidad de la transmisión. Todo esto origina que los datos recibidos no sean igual a los datos transmitidos, por lo que no se puede permitir la transferencia de datos. Una solución es aumentar los márgenes de voltaje con que se transmiten los datos, de tal manera que las perturbaciones a causa de la línea se pueden corregir.

Ante la gran variedad de equipos, sistemas y protocolos que existen surgió la necesidad de un acuerdo que permitiera a los equipos de varios fabricantes comunicarse entre si. La EIA elaboro la **norma RS-232**, la cual define la interfase mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial.

Todas las normas RS-232 cumplen con los siguientes niveles de voltaje:

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

El envío de niveles lógicos (bits) a través de cables o líneas de transmisión necesita la conversión a voltajes apropiados. En los microcontroladores para representar un 0 lógico se trabaja con voltajes inferiores a 0.8 v, y para un 1 lógico con voltajes mayores a 2.0 v.

En general cuando se trabaja con familias TTL y CMOS se asume que un “0” lógico es igual a cero voltios y un “1” lógico es igual a cinco voltios. La importancia de conocer esta norma, radica en los niveles de voltaje que maneja el puerto serial del ordenador, ya que son diferentes a los que utilizan los microcontroladores y los demás circuitos integrados. Por lo tanto se necesita de una interfase que haga posible la conversión de los niveles de voltaje a los estándares manejados por los C.I. y TTL para que sean compatibles.

Los modos de transmisión se clasifican en los siguientes:

- Simplex: la transmisión se realiza en un solo sentido, es decir ya sea solo para transmitir o solo para recibir, pero no ambos.
- Half-duplex: transmiten ambos equipos pero no simultáneamente. Los equipos se alternan en la transmisión, uno transmite mientras el otro recibe.
- Full-duplex: la transmisión puede ocurrir en ambos sentidos y al mismo tiempo, ambos equipos transmiten simultáneamente. Para ello se requieren dos líneas independientes, transmisión y recepción; la línea de transmisión de un equipo se conecta a la entrada de recepción del otro y viceversa. Los puertos serial del PC son capaces de utilizar este modo.

El **puerto serial RS-232C**, presente en todos los ordenadores actuales, es la forma mas usada para realizar transmisiones de datos. El RS-232C es un estándar que constituye la tercera revisión de la antigua norma RS-232, propuesta por la EIA.

El RS-232C consiste en un conector tipo DB-25 de 25 pines, aunque es normal encontrar la versión de 9 pines DB-9, mas barato e incluso mas extendido para cierto tipo de periféricos. Las señales con las que trabaja este puerto serial son digitales, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico), para la entrada y salida de datos, y a la inversa en las señales de control. El estado de reposo en la entrada y salida de datos es -12V. Dependiendo de la

velocidad de transmisión empleada, es posible tener cables de hasta 15 metros.

La distribución de los pines se indica en la Figura 2.9 y Tabla 2.2.

Tabla. 2.2. Pines de los Conectores DB 25 y DB 9

NUMERO DE PIN		SEÑAL	DESCRIPCIÓN	E/S
DB-25	DB-9			
1	1	-	Masa chasis	-
2	3	TxD	Transmit Data (Transmitir datos)	S
3	2	RxD	Receive Data (Recibir datos)	E
4	7	RTS	Request To Send (Solicitud de envío)	S
5	8	CTS	Clear To Send (Libre para envío)	E
6	6	DSR	Data Set Ready (Equipo de datos listo)	E
7	5	SG	Signal Ground (Señal de tierra)	-
8	1	CD/DCD	(Data) Carrier Detect (Detección de portadora)	E
15	-	TxC(*)	Transmit Clock (Transmitir Reloj)	S
17	-	RxC(*)	Receive Clock (Recibir Reloj)	E
20	4	DTR	Data Terminal Ready (Terminal de datos listo)	S
22	9	RI	Ring Indicador (Indicador de Llamada)	E
24	-	RTxC(*)	Transmit/Receive Clock	S

(*) = normalmente no conectados en el DB-25

DTR (Data-Terminal-Ready): el PC indica al módem que está encendido y listo para enviar datos.

DSR (Data-Set-Ready): el módem indica al PC que está encendido y listo para transmitir o recibir datos.

RTS (Request-To-Send): el PC pone esta señal en 1 cuando tiene un carácter listo para ser enviado.

CD (Carrier-Detect): el módem pone esta señal en 1 cuando ha detectado el ordenador.

CTS (Clear-To-Send): el módem esta preparado para transmitir datos. El ordenador empezara a enviar datos al módem.

TxD: el módem recibe datos desde el PC.

RxD: el módem transmite datos al PC.

RI: indicador de llamada.

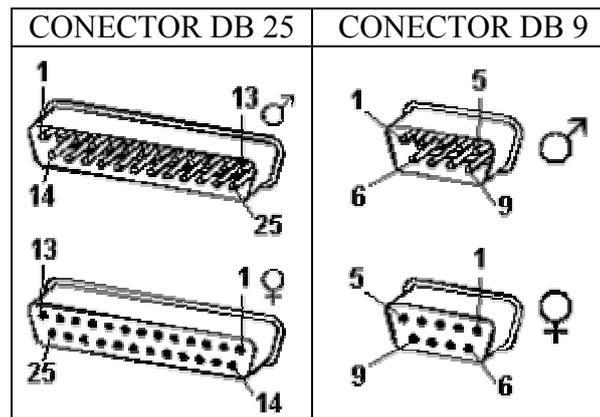


Figura. 2.9. Conector DB 25 y DB 9

2.2 ELEMENTOS Y MATERIALES

2.2.1 Microcontrolador 16F877A-I/P³

El microcontrolador PIC16F877A-I/P de Microchip pertenece a la familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos), que tienen características generales que los distinguen de otras familias como la Arquitectura Harvard, Tecnología RISC, Tecnología CMOS.

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa y por lo tanto en la velocidad de ejecución.

Microchip presenta sus PIC con empaquetado desde 8 hasta 68 pines, aunque cada empaquetado tiene variantes, especialmente en lo relativo a las dimensiones del espesor del paquete, en general se pueden encontrar paquetes tipo PDIP (Plastic Dual In Line Package), PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) y QFP (Quad Flat Package), los cuales se muestran en las Figura 2.10.

Características principales del PIC16F877:

- CPU RISC
- Sólo 35 instrucciones que aprender
- Todas las instrucciones se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto los saltos que requieren dos.

³ Fuente: Microchip PIC16F87X Data Sheet 28/40-Pin 8-bits CMOS FLASH Microcontrollers

- Frecuencia de operación de 0 a 20 MHz (DC a 200 nseg de ciclo de instrucción)
- Hasta 8k x 14 bits de memoria Flash de programa
- Hasta 368 bytes de memoria de datos (RAM)
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM
- Hasta 14 fuentes de interrupción
- Stack de hardware de 8 niveles
- Reset de encendido (POR)
- Timer de encendido (PWRT)
- Timer de arranque del oscilador (OST)
- Sistema de vigilancia Watchdog timer.
- Protección programable de código
- Modo SLEEP de bajo consumo de energía
- Opciones de selección del oscilador
- Programación y depuración serial “In-Circuit” (ICSP) a través de dos pines
- Lectura/escritura de la CPU a la memoria flash de programa
- Rango de voltaje de operación de 2.0 a 5.5 v.
- Alta disipación de corriente de la fuente: 25mA
- Rangos de temperatura: Comercial, Industrial y Extendido
- Bajo consumo de potencia:
 - Menos de 0.6mA a 3v, 4 Mhz
 - 20 μ A a 3v, 32 Khz
 - menos de 1 μ A corriente de standby.

Periféricos:

- Timer0: Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador de 8 bits
- Timer1: Contador/Temporizador de 16 bits con pre-escalador
- Timer2: Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador y post-escalador de 8 bits y registro de periodo.
- Dos módulos de Captura, Comparación y PWM
- Convertidor Analógico/Digital: de 10 bits, hasta 8 canales
- Puerto Serial Síncrono (SSP)

- Puerto Serial Universal (USART/SCI).
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP): de 8 bits con líneas de protocolo

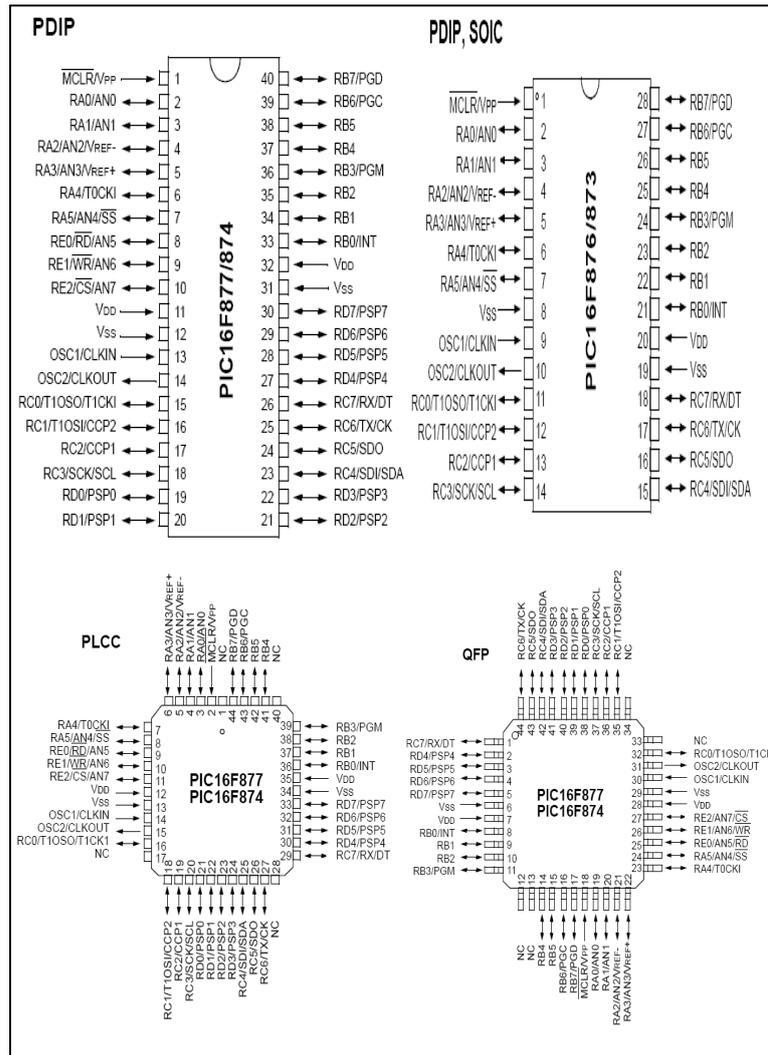


Figura. 2.10. PIC 16F877

Además de las características anotadas, en el nombre específico del microcontrolador pueden aparecer algunas siglas como se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla. 2.3. Siglas de PIC de Microchip

TIPO DE MEMORIA DE PROGRAMA	RANGO DE VOLTAJE	
	ESTÁNDAR	EXTENDIDO
EPROM	PIC16CXXX 4.5 a 6v	PIC16LCXXX 2.5 a 6v
ROM	PIC16CRXXX 4.5 a 6v	PIC16LCRXXX 2.5 a 6v
FLASH	PIC16FXXX 4.5 a 6v	PIC16LFXXX 2 a 6v

El Oscilador en los PIC de rango medio permite hasta 8 diferentes modos para el oscilador. El usuario puede seleccionar alguno de estos 8 modos programando 3 bits de configuración del dispositivo denominados: FOSC2, FOSC1 y FOSC0. En algunos de estos modos el usuario puede indicar que se genere o no una salida del oscilador (CLKOUT) a través de un pin de Entrada/Salida. Los modos de operación se muestran en la siguiente lista:

- LP Baja frecuencia (y bajo consumo de potencia)
- XT Cristal / Resonador cerámico externos, (Media frecuencia)
- HS Alta velocidad (y alta potencia) Cristal/resonador
- RC Resistencia / capacitor externos (mismo que EXTRC con CLKOUT)
- EXTRC Resistencia / capacitor externos
- EXTRC Resistencia / Capacitor externos con CLCKOUT
- INTRC Resistencia / Capacitor internos para 4 MHz
- INTRC Resistencia / Capacitor internos para 4 MHz con CLKOUT

Los modos LP, XT y HS usan un cristal o resonador externo, la diferencia sin embargo es la ganancia de los drivers internos, lo cual se ve reflejado en el rango de frecuencia admitido y la potencia consumida. En la Tabla 2.4 se enlista los rangos de frecuencia y capacitores recomendados para un oscilador en base a cristal.

Tabla. 2.4. Rango de Frecuencia y Capacitores para un Cristal o Resonador Externo

MODO	FRECUENCIA TÍPICA	CAPACITARES RECOMENDADOS	
		C1	C2
LP	32 khz	68 a 100 pf	68 a 100 pf
	200 khz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
XT	100 khz	68 a 150 pf	150 a 200 pf
	2 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	4 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
HS	8 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	10 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	20 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf

En la Figura 2.11 se observa la conexión de un cristal a los pines OSC1 y OS2 del PIC.

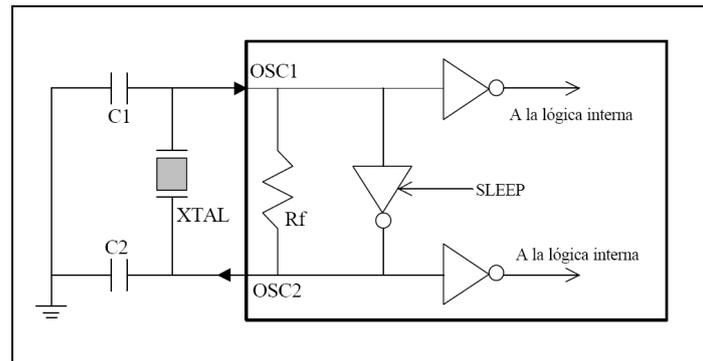


Figura. 2.11. Conexión del Cristal Externo

En la identificación del PIC 16F877A-I/P se indica características específicas del dispositivo de la siguiente forma:

16F877A	I	/P	0 5 1 1 4 6 P
PART NO.	X	/XX	YYWWNNN
Dispositivo	Rango de Temperatura	Empaquetado	Modelo

Ejemplos:

Dispositivo: PIC16F87X(1), PIC16F87XT(2); VDD rango 4.0V to 5.5V
 PIC16LF87X(1), PIC16LF87XT(2); VDD rango 2.0V to 5.5V

Rango de frecuencia:

Blanco = 0 a 20 MHz

04 = 4 MHz

10 = 10 MHz

20 = 20 MHz

Rango de temperatura:

Blanco = 0°C to +70°C (Commercial)

I = -40°C to +85°C (Industrial)

E = -40°C to +125°C (Extended)

Empaquetado:

PQ = MQFP (Metric PQFP)
PT = TQFP (Thin Quad Flatpack)
SO = SOIC
SP = Skinny plastic DIP
P = PDIP
L = PLCC

Modelo:

YY =Código del año (últimos 2 dígitos del año)
WW =Código de la semana (semana del 1 de enero es semana '01 ')
NNN =Código Alfanumérico

Tipo de Memoria:

F = CMOS FLASH
LF = Low Power CMOS FLASH

En nuestro caso 16F877A-I/P:

Dispositivo: 16F877A
Rango de frecuencia: hasta 20 MHz
Rango de temperatura: I = -40°C hasta +85°C (Industrial)
Empaquetado: P = PDIP
YY =05 (2005)
WW =11 (11 semana del año)
NNN=46P (código alfanumérico de localización)

2.2.2 Sensor Digital de Temperatura DS1620⁴

El DS1620, que se ilustra en la Figura 2.12. Es un Termómetro Digital y Termostato fabricado por Dallas Semiconductor que proporciona 9 bits para leer la temperatura. Con

⁴Fuente:DALLAS Semiconductor Maxim DS 1620

tres terminales de salida que provee alarma de temperatura, el DS1620 puede actuar también como un termostato.

T_{HIGH} , se activa (1 lógico) si la temperatura del DS1620 es mayor o igual a una temperatura T_H definido por el usuario. T_{LOW} se activa (1 lógico) si la temperatura del DS1620 es menor o igual a una temperatura T_L definido por el usuario. T_{COM} se activa (1 lógico) cuando la temperatura excede T_H y permanece en alto hasta que la temperatura desciende debajo de T_L .

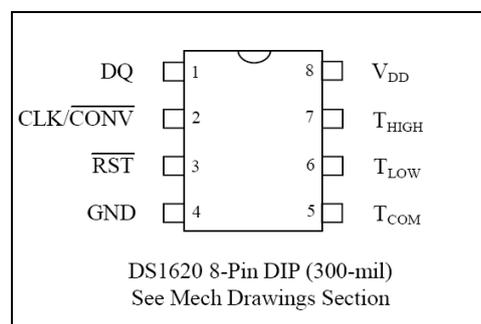


Figura. 2.12. DS 1620

El ajuste de temperatura definida por el usuario (T_H y T_L) se guarda en la memoria no volátil del DS 1620, antes del funcionamiento en un sistema en particular. El ajuste de temperatura y lecturas se realiza con una simple interfaz de 3 alambres.

Características Generales:

- No requiere ningún componente externo.
- Rango de voltaje de operación de 2.7 v a 5.5 v.
- Medida de temperatura de -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$, en incrementos de 0.5°C ; El equivalente fahrenheit es -67°F a $+257^{\circ}\text{F}$, en incrementos de 0.9°F .
- Se lee la temperatura como un valor de 9 bits.
- La temperatura convertida a la palabra digital en 750 ms (el máximo).
- El ajuste para Termostato es definido por el usuario.
- Para escritura y lectura de datos se realiza con una interfaz serial de tres alambres (CLK, DQ, $\overline{\text{RST}}$). Las aplicaciones incluyen control de sistemas industriales, productos de consumo, termómetros, o cualquier sistema termalmente sensible.

- Encapsulado de 8-pines en DIP o SOIC.

Descripción de Pines:

- DQ Entrada/Salida (3-Wire) Data Input/Output
- CLK/ $\overline{\text{CONV}}$ Entrada de Reloj. Cuando el DS 1620 es usado en una aplicación Stand-alone no con el puerto de 3 hilos, este pin puede ser usado como un convertidor, La conversión de temperatura empezará en el flanco descendente de $\overline{\text{CONV}}$. (3-Wire)
- $\overline{\text{RST}}$ Entrada Reset (3-Wire)
- GND Tierra
- T_{HIGH} Trigger Temperatura alta, en alto cuando la temperatura excede T_H.
- T_{LOW} Trigger Temperatura baja, en alto cuando la temperatura desciende por debajo de T_L.
- T_{COM} Combinacion Trigger alta/baja, en alto cuando la temperatura excede T_H, se reiniciará para cuando la temperatura baja descienda por debajo T_L.
- V_{DD} Voltaje de alimentación (3V - 5V)

En la Tabla 2.5 se enlista los Registros de Acceso al Usuario.

Tabla. 2.5. Registros de Acceso al Usuario

NOMBRE DEL REGISTRO	TAMAÑO	TIPO DE MEMORIA	CONTENIDO DE REGISTRO Y POWER-UP/POR STATE
Temperatura (lectura únicamente)	9 bits	SRAM	Temperatura moderada (Two's Complement). Power-Up/POR State: -60°C (1 1000 1000)
T _L (lectura/escritura)	9 bits	EEPROM	Punto de disparo de alarma alta (Two's Complement). Power-Up/POR State: definido por usuario. El Estado inicial de la Fábrica: +15°C (0 0001 1110)
T _H (lectura/escritura)	9 bits	EEPROM	Punto de disparo de alarma baja (Two's Complement). Power-Up/POR State: User-Defined. El Estado inicial de la Fábrica: +10°C (0 0001 0100)

El DS 1620 mide temperaturas usando un sensor basado en bandgap (apertura de banda), la lectura es proporcionada en 9 bits. El dato se transmite en serial a través de un alambre de 3 hilos en la interfaz serial, LSB primero. El DS1620 puede medir la temperatura encima del rango de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ con incrementos de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para el uso Fahrenheit, se debe usar un factor de conversión.

Cuando los datos se transmiten a través del bus de 3 hilos, los bits menos significativos (LSB) se envían primero y luego los mas significativos (MSB), para una dato de 9 bits; o para 8 bits, con 7 bit más significativos ignorando el 0. Esto se ilustra en la Figura 2.13.

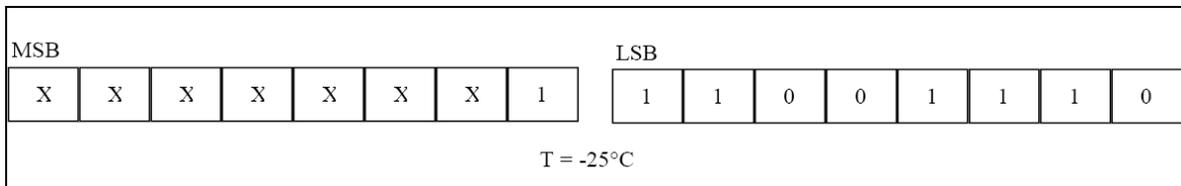


Figura. 2.13. Formato del Registro para Temperatura

En la Tabla 2.6 se indica la relación exacta de los datos se salida y la temperatura medida.

Tabla. 2.6. Relación Datos de Salida y Temperatura Medida

TEMP	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
$+125^{\circ}\text{C}$	0 11111010	00FA
$+25^{\circ}\text{C}$	0 00110010	0032h
$+1/2^{\circ}\text{C}$	0 00000001	0001h
$+0^{\circ}\text{C}$	0 00000000	0000h
$-1/2^{\circ}\text{C}$	1 11111111	01FFh
-25°C	1 11001110	01CEh
-55°C	1 10010010	0192h

Para resoluciones de $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, se pueden obtener mediante la aplicación de una fórmula y lectura de datos del DS 1620. Para esto es necesario leer la temperatura TEMP_READ, el valor de salida en el contador COUNT_REMAIN con el uso del comando READ COUNTER, el número de conteo por grado centígrado COUNT_PER_C usando el

comando READ SLOPE. La temperatura actual puede ser calculada por la siguiente expresión:

$$TEMPERATURA = TEM_READ - 0.25 + \frac{(COUNT_PER_C - COUNT_REMAIN)}{COUNT_PER_C}$$

Comunicación por 3 hilos, El bus de 3 hilos determina las señales de RST (reinicio), CLK (reloj), y DQ (datos). La transferencia de datos para escritura o lectura inicia cuando el RST esta en 1 lógico. Cuando el RST esta en 0 lógico se termina la comunicación. (Ver Figura 2.14 y 2.15). Un ciclo del reloj es una sucesión de un flanco descendente seguida por un flanco ascendente. Para el ingreso de estos deben ser válidos durante el flanco ascendente de un ciclo del reloj.

Los bits de datos salen en el flanco descendente del reloj y permanecen válidos a través del flanco ascendente.

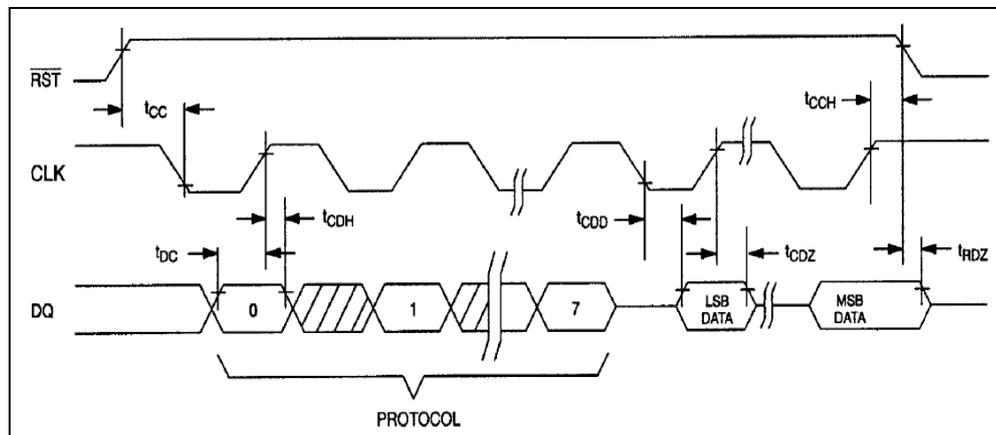


Figura. 2.14. Transferencia Datos Lectura

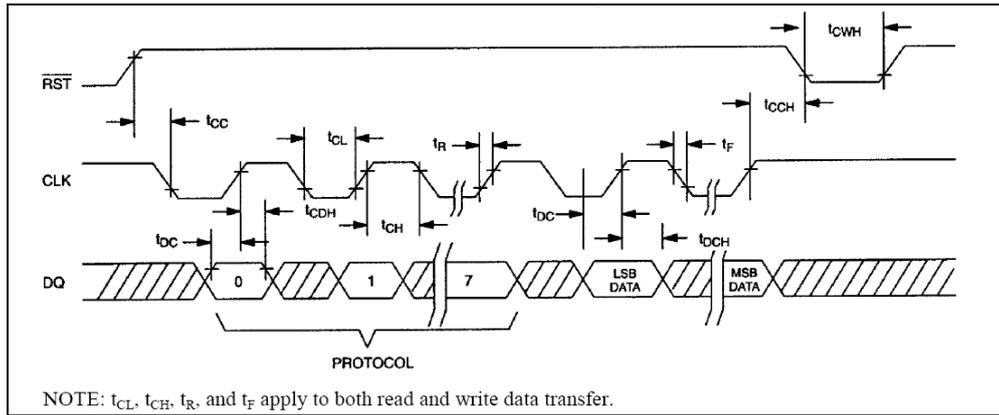


Figura. 2.15. Transferencia Datos Escritura

Cuando se lee los datos del DS1620, el pin DQ va a un estado de alta-impedancia mientras el reloj es alto. Poniendo el \overline{RST} en 0 lógico terminará cualquier comunicación y causará que el pin DQ entre en un estado de alta-impedancia.

Las instrucciones para la comunicación del DS 1620 se detallan en la Tabla 2.7.

Tabla. 2.7. Instrucciones para la Comunicación del DS 1620

INSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN	PROTOCOL	3-WIRE BUS DATA AFTER ISSUING PROTOCOL
Read Temperature	Reads last converted temperature value from temperature register.	AAh	<read data>
Read Counter	Reads value of count remaining from counter.	A0h	<read data>
Read Slope	Reads value of the slope accumulator.	A9h	<read data>
Start Convert T	Initiates temperature conversion.	Eeh	Idle
Stop Convert T	Halts temperature conversion	22h	Idle

2.2.3 Sensor de Humedad HIH-3610-001 ⁵

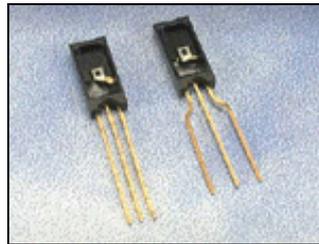


Figura. 2.16. HIH 3610-001

El HIH-3610-001 que se observa en la Figura 2.16 es un sensor de humedad relativa configurado con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada. Fabricado por la empresa Honeywell que incursiona en Control Industrial. Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros que interacciona con electrodos de platino. Están calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

Honeywell presenta un sensor de humedad robusto y de alta precisión, que proporciona una medición rápida y de calidad de la humedad relativa. Está encapsulado en un SIP soldado (simple). La estructura de múltiples capas, químicamente resistente, proporciona una larga vida al producto en ambientes extremos.

Con una salida lineal en tensión del sensor es posible que se pueda conectar directamente a un controlador o a otro dispositivo. Con un consumo de corriente de 200 μA , con una alimentación de 5 v dc, el sensor HIH-3610 se adapta perfectamente en sistemas operados por batería de bajo consumo. La intercambiabilidad hermética del sensor reduce o elimina los costes de la calibración en la producción OEM (Original Equipment Manufacturer).

Estos sensores se los utiliza en aplicaciones típicas como en estaciones meteorológicas, cámaras de ensayo medioambiental, detección de pérdidas de humedad, equipos de instrumentación y ensayo, HVAC, dispositivos médicos, registradores, controles industriales y equipamiento de oficinas.

⁵Fuente: Honeywell, Humidity Sensors, HIH 3610 Series

El rendimiento que proporciona este sensor es estable y de baja corriente, proporcionando una alta precisión durante toda la vida de uso del producto. Existen dos configuraciones de montaje. El rango de temperatura de operación va desde -40 a $+85$ °C.

Características:

- Modelado con plastico thermoset con alojamiento con tapa
- Voltaje de salida lineal vs % RH
- Calibrados por laser
- Diseño de bajo consumo
- Exactitud alta
- Tiempo de respuesta rápido
- Rendimiento estable, bajo desvío
- Químicamente resistente

La calibración de fábrica, es proporcionada por Honeywell, con datos impreso como por ejemplo en la Tabla 2.9 y la construcción del sensor se ilustra en la Figura 2.17. El voltaje de salida vs RH a temperatura 0 °C, 25 °C y 85 °C se grafica en la Figura 2.18.

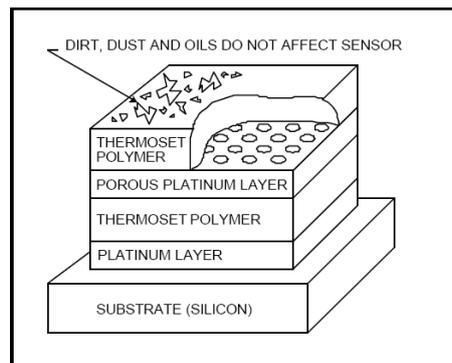


Figura. 2.17. Construcción del HIH 3610

En la Tabla 2.8 se enlista las especificaciones del sensor.

Tabla. 2.8. Especificaciones del HIH 3610

PARÁMETRO	CONDICIÓN
Exactitud RH	$\pm 2\%$ RH, 0-100% RH non-condensing, 25 °C, $V_{\text{supply}} = 5$ Vdc $\geq 90\%$ RH con 3% RH.
Intercambiabilidad RH	$\pm 5\%$ RH, 0-60% RH; $\pm 8\%$ @ 90% RH típico
Linealidad RH	$\pm 0.5\%$ RH típico
Histéresis RH	$\pm 1.2\%$ RH span máximo
Tiempo de Respuesta	15 s. movimiento lento de aire a 25 °C
Estabilidad RH	$\pm 1\%$ RH típico con 50% RH en 5 años
Requerimientos de Alimentación	4 Vdc to 5.8 Vdc, calibración del sensor con 5 Vdc 200 mA con 5 Vdc
Voltaje de Salida $V_{\text{supply}} = 5$ Vdc Drive Limits	$V_{\text{out}} = V_{\text{supply}} (0.0062(\text{Sensor RH}) + 0.16)$, típico @ 25 °C 0.8 Vdc a 3.9 Vdc salida @ 25 °C típico Push/pull symmetric; 50 mA típico, 20 mA mínimo, 100 mA máximo Encendido ≤ 0.1 s.
Compensación Temperatura Efecto @ 0% RH Efecto @ 100% RH	Verdadero RH = (Sensor RH)/(1.093 - 0.0012T), T en °F Verdadero RH = (Sensor RH)/(1.0546 - 0.00216T), T en °C ± 0.007 %RH/°C (despreciable) -0.22% RH/°C (<1% RH efecto típico en los sistemas espaciales ocupados anteriormente 15 °C (59 °F))
Rango de Humedad Rango de Temperatura	Operando 0 to 100% RH Almacenado 0 to 90% RH Operando -40 °C to 85 °C (-40 °F to 185 °F) Almacenado -51 °C to 125 °C (-60 °F to 257 °F)
Empaquetado	3 pins, SIP
Manipulación	Protección con diodo sensible estático para 15 KV máximo

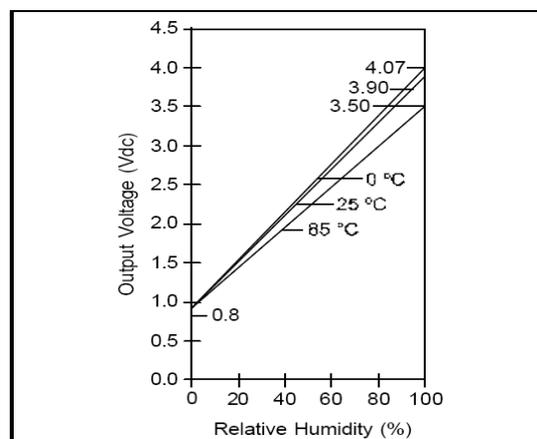
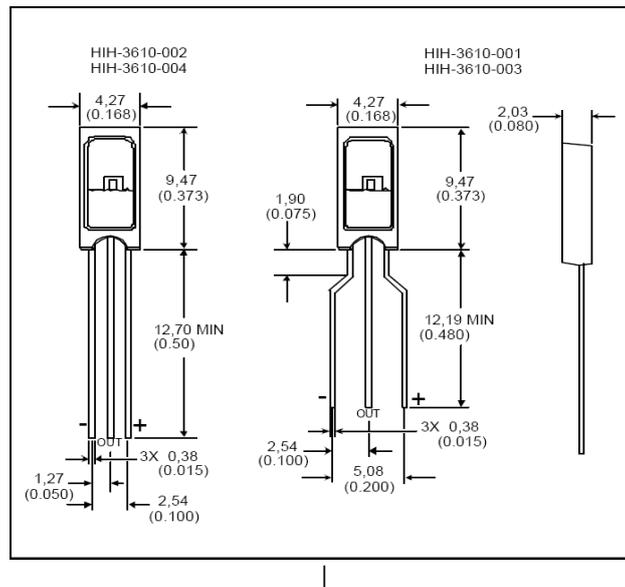


Figura. 2.18. Voltaje de Salida Vs RH a 0, 25 y 85 °C

Tabla. 2.9. Ejemplo de Datos (Calibración)

Modelo	HIH-3610-001
Canal	92
Wafer	030996M
MRP	337313
Valores calculados para 5 v	
V_{out} @ 0% RH	0.958 V
V_{out} @ 75.3% RH	3.268 V
Salida lineal para 2% RH exactitud a 25°C	
Zero offset	0.958 V
Slope	30.680 mV/%RH
RH	$(V_{out}-zero\ offset)/slope$ $(V_{out}-0.958)/0.0307$
Respuesta Ratiometric para 0 a 100%	
V_{out}	V_{supply} (0.1915 to 0.8130)

En el proyecto se utiliza el sensor HIH-3610-001, en la Figura 2.19 se ilustra las diferentes presentaciones y configuración de los pines.

**Figura. 2.19. HIH 3610 Series**

Entre los sensores HIH 3610 Series se tiene las siguientes versiones:

- HIH-3610-001 → Sensor de humedad en circuito integrado, 0.100 in lead pitch SIP.
- HIH-3610-002 → Sensor de humedad en circuito integrado, 0.050 in lead pitch SIP.

- HIH-3610-003 → Sensor de humedad en circuito integrado, 0.100 in lead pitch SIP con la calibración y copia impresa de los datos.
- HIH-3610-004 → Sensor de humedad en circuito integrado, 0.050 in lead pitch SIP con la calibración y copia impresa de los datos.

2.2.4 Sensor de Presión MPX4115A ⁶

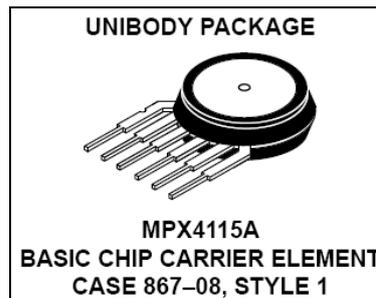


Figura. 2.20. MPX4115A

El MPX4115A es un sensor de presión, fabricado por Motorola Semiconductor, sensor de **Múltiple Presión Absoluta** (MAP), para control de maquinas diseñado para sensar la presión absoluta del aire.

MAP, es un circuito bipolar cubierto con una delgada capa protectora que proporcionar una señal de alta precisión con un desvío mínimo. Para la determinación de los datos finales se establece una compensación de temperatura.

Características generales:

- 1.5 % de error máximo para temperaturas de 0° a 85° C.
- Ideal para Sistemas basados en Microprocesadores o Microcontroladores.
- Temperatura de compensación para -40 ° a + 125° C.
- Elemento durable

Aplicaciones:

- Altímetros de Aviación.

⁶ Fuente: Motorola Semiconductor Technical Data, MPX 4115A

- Control Industrial.
- Ingeniería de Control.
- Estaciones Meteorológicas y dispositivos.

Esta serie de sensores son piezorresistivos, monolíticos, con señal acondicionada. En la Figura 2. 21 se observa un diagrama de bloques del circuito interno del chip.

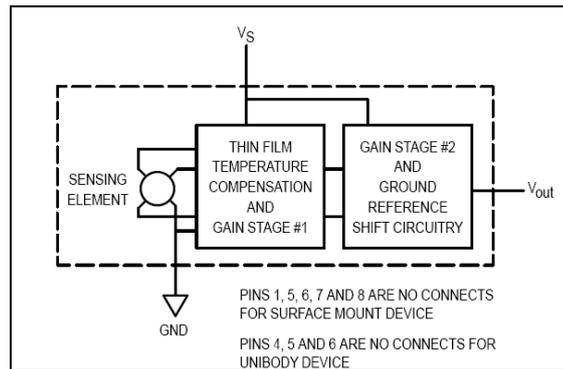


Figura. 2.21. Circuito Interno del MPX4115A

En la Figura 2.22 se observa el rendimiento del sensor, el mínimo de operación, curvas en un rango de temperatura de 0 a 85° C.

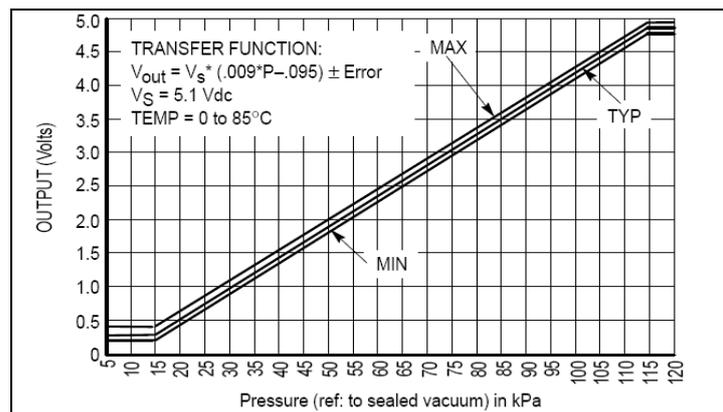


Figura. 2.22. Grafica de la Presión Vs Vsalida

Características de Operación para $V_s = 5.1 \text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $P_1 > P_2$, se enlista en la Tabla 2.10.

Tabla. 2.10. Características de Operación del MPX4115A

Característica	Símbolo	Min	Típico	Max	Unidad
Rango de presión	P _{OP}	15	-----	115	kPa
Voltaje de alimentación	V _S	4.85	5.1	5.53	V dc
Corriente de alimentación	I _O	-----	7.0	10	mA dc
Presión mínima de FOCET (0 a 85°C) V _S = 5.1 Volts	V _{off}	0.135	0.204	0.273	Vdc
Salida a full escala (0 a 85°C) V _S = 5.1 Volts	V _{FSSO}	4.725	4.794	4.863	Vdc
Span a full escala (diferencia algebraica entre voltaje de salida a full rango y voltaje de salida mínimo) (0 a 85°C) V _S = 5.1 Volts	V _{FSS}	4.521	4.590	4.659	Vdc
Precisión (0 a 85°C)	-----	-----	-----	±1.5	% V _{FSS}
Sensibilidad	V/P	-----	45.9	-----	mV/kPa
Tiempo de respuesta	t _R	-----	1.0	-----	ms
Fuente de corriente de salida con full escala de salida	I _{O+}	-----	0.1	-----	mA dc
Tiempo de ascenso calentamiento	-----	-----	20	-----	ms
Estabilidad Offset (desplazamiento, compensación)	-----	-----	±0.5	-----	% V _{FSS}

La Función de Transferencia del MPX4115A es:

$$V_{out} = V_S \times (0.009 \times P + 0.095) \pm (\text{Pressure Error} \times \text{Temp. Factor} \times 0.009 \times V_S)$$

$$V_S = 5.1 \pm 0.25 \text{ Vdc}$$

La consideración de la banda de error se indica en la Figura 2.23, así como la determinación de los pines (1= V_{out}; 2=Gnd; 3=V_S; 4=5=6= N/C) del MPX4115A, se ilustra en la Figura 2.24.

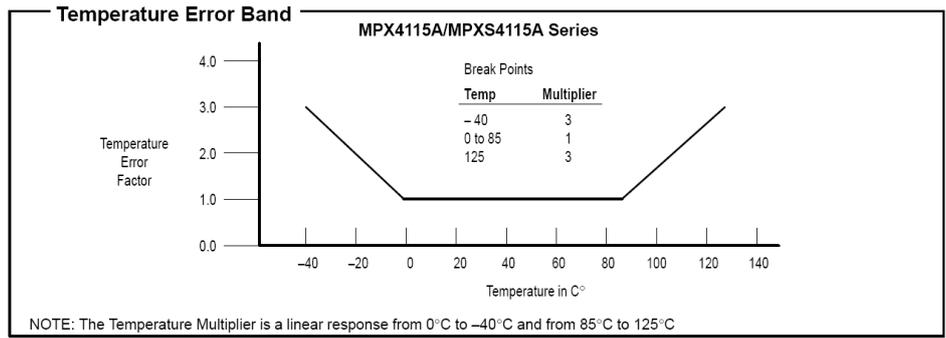


Figura. 2.23. Banda de Error en Función de Temperatura

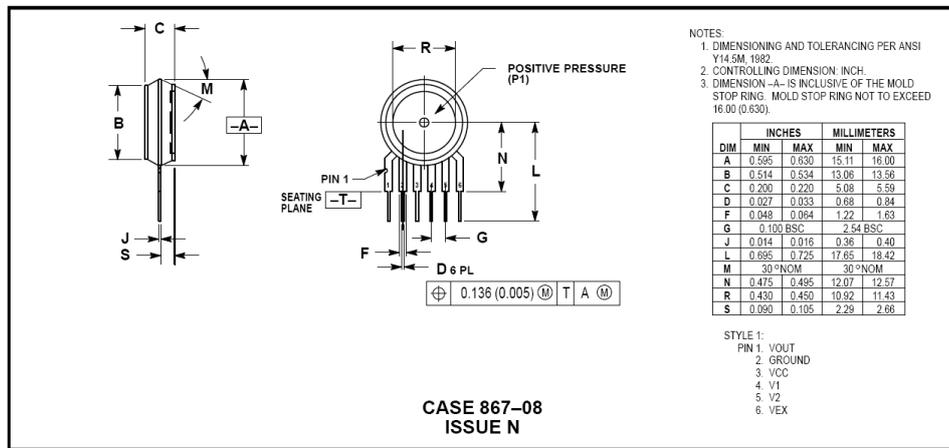


Figura. 2.24. Distribución de Pines del MPX 4115A

2.2.5 Sensor de Velocidad y Dirección del viento modelo [7911](#)⁷

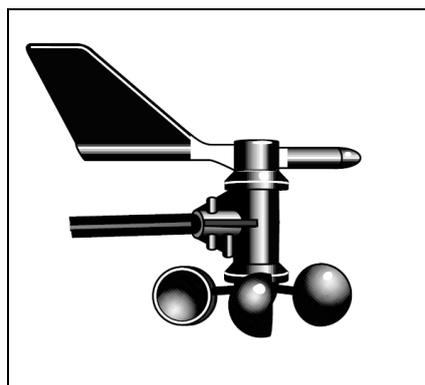


Figura. 2.25. Anemómetro

El anemómetro de Davis Instruments 7911 incluye sensores de velocidad de viento y dirección, los componentes pueden detectar y soportar vientos huracanados y es sensible a

⁷Fuente: Davis Instruments, Anemometer Standard 7911

las brisas más ligeras, con característica técnicas de exactitud de unidades en las pruebas en el túnel de viento. El 7911 informo vientos de 175 millas por hora antes que su torre se derrumbe durante el huracán Andrew, 1992.

Características del Anemómetro Davis 7911:

General

Tipo del sensor

Velocidad del viento.	Copa de viento e interruptor magnético
Dirección del viento.	Veleta de viento y potenciómetro

Longitud del Cable de anclaje 40 ' (12 m)

Tipo del cable. 4-conductor, 26 AWG,

Conector. Conector modular (RJ-11)

Recomendación Máxima de longitud de cable

Monitor y sensor. 140 ' (42 m)

Material

Veleta y Cabeza del Mando. UV-resistente ABS

Copas de viento. Polycarbonate

Brazo del anemómetro. Negro-anodized aluminio

Dimensiones. 18.5" long x 7.5" high x 4.75" wide (89 mm x 83 mm x 38 mm).

Peso. 2 lbs. 15 onz. (1.332 kg)

Rango

Velocidad del viento (Vea Nota 1). 0 a 175 mph (150 nudos, 78 m/s, 280 km/hr)

Dirección del viento. 0° a 360° o 16 puntos del compás

Carrera del viento. 0 a 1999.9 millas (1999.9 km)

Exactitud

La Velocidad del viento.	±5%
Dirección del viento.	±7°
Carrera del viento.	±5%

Resolución

Velocidad del viento.	1 mph (1 nudo, 0.1 m/s, 1 km/hr)
Dirección del viento.	1° (el 0° a 355°), 22.5° entre los puntos del compás
Carrera del viento.	0.1 m (0.1 km)

Conexiones de Entrada/Salida

Negro.	Contacto de Velocidad del viento, cierre conecte con tierra
Verde.	Dirección del viento (360° = 20 kOhm)
Amarillo.	Voltaje de suministro
Rojo.	Tierra

2.2.6 Módulo Fotovoltaico 1-5 ⁸**Figura. 2.26. Modulo Fotovoltaico 1-5**

El módulo fotovoltaico 1-5 como se ilustra en la Figura 2.26, es fabricado por ISOFOTON. S.A. en su construcción se utiliza células pseudocua­dradas de silicio

⁸Fuente: Manual de Módulo Fotovoltaico 1-5 de ISOFOTON

monocristalino de alta eficiencia para transformar la energía de la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua.

El circuito de células se lamina utilizando E.V.A. (acetato de etilen-vinilo) como encapsulante en un conjunto formado por un vidrio templado en su cara frontal y un polímero plástico (TEDLAR) en la cara posterior que proporciona resistencia a los agentes ambientales y aislamiento eléctrico.

El laminado se encaja en una estructura de aluminio anodizado. Las cajas de terminales con protección IP-65 están hechas a partir de plásticos resistentes a temperaturas elevadas y contienen los terminales, los bornes de conexión y los diodos de protección (diodos de by-pass). El marco dispone de varios agujeros para la fijación del módulo a la estructura soporte y su puesta a tierra en caso de ser necesario.

En la Figura 2.27 se observa esquemáticamente la sección de un módulo fotovoltaico.

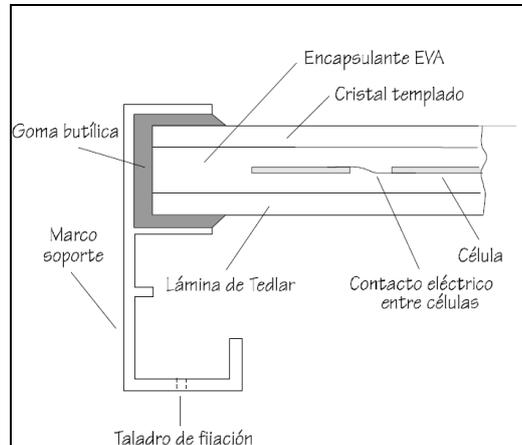


Figura. 2.27. Sección de un Modulo Fotovoltaico

En las Tabla 2.11 se indica las características técnicas físicas y eléctricas, respectivamente, más relevantes del modelo 1-5, que se corresponden con una irradiancia de 1000 W/m², espectro de 1,5 M.A. y una temperatura de la célula de 25°C. Las condiciones de trabajo reales de los módulos cuando se instalan pueden ser muy diferentes a las del laboratorio.

Tabla. 2.11. Características Físicas y Eléctricas de Módulo 1-5

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	1-5
Dimensiones (mm)	270 x 270 x 20
Peso	0.8 Kg
Número de células en serial	32 1/8
Número de células en paralelo	1
TONC (800 W/m ² , 20 °C, AM 1.5, 1 m/s)	40°C
Tipo de célula: sin monocristalino, texturada y con capa antirreflexiva (mm)	103 x 103
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Tensión Nominal (V _n)	12 v
Potencia máxima (P _{máx})	5 W _p ± 10%
Corriente de cortocircuito (I _{SC})	0.41 A
Tensión de circuito abierto (V _{OC})	19.2 V
Corriente de máxima potencia (I _{máx})	0.32 A
Tensión de máxima potencia (V _{máx})	15.5 V
CONSTRUCTIVAS	
Células	si monocristalino, texturado y con capa antirreflexiva
Contactos	redundantes, múltiples
Laminado	EVA
Cara Frontal	vidrio templado alta transmisividad
Cara Posterior	protegido con Tedlar
Marco	Aluminio anodizado

La caja de conexión para el módulo 1-5 es de 2 x 1.5 mm² en cable de doble envolvente de 0.9 m de longitud.

La corriente generada por un módulo fotovoltaico es proporcional a la intensidad de la radiación solar, la tensión varía con la temperatura de las células. En la Figura 2.28 se representa ambos efectos.

La variación con la temperatura de las magnitudes eléctricas de los módulos, es la siguiente:

- El voltaje disminuye a razón de 2,22 mV/°C por cada célula en serial que contenga el módulo y cada grado que supere los 25° C.
- La corriente aumenta a razón de 17 A/cm² °C de área de células en paralelo y cada grado que supere los 25° C.

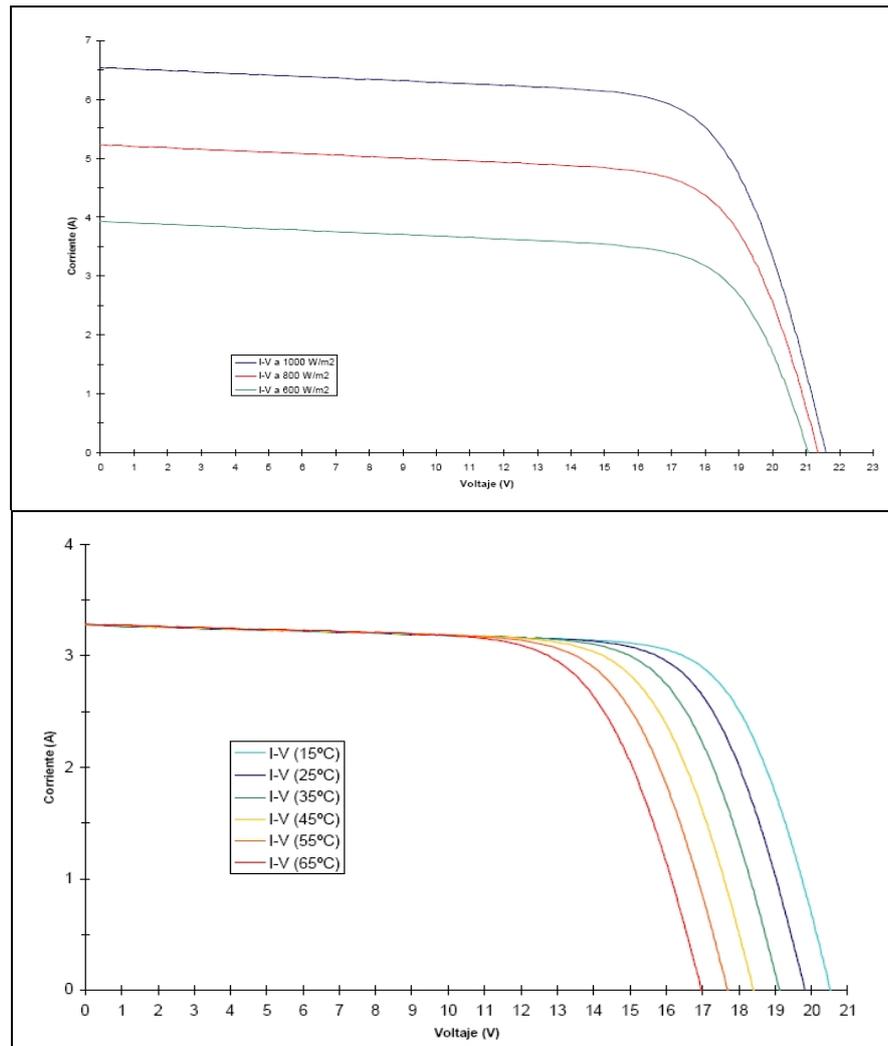


Figura. 2.28. Variación de Curva I-V

La temperatura de la célula estudiada no coincide con la temperatura ambiente, debido a que la célula se calienta al incidir la luz del sol. El incremento de temperatura de la célula respecto a la temperatura del aire depende de las características de la misma y de las de construcción del propio módulo.

En función de la radiación incidente, la temperatura y la carga que esté alimentando, un módulo fotovoltaico podrá trabajar a distintos valores de corriente y tensión.

En la Figura 2.29 se representa esquemáticamente una curva característica I-V de un módulo fotovoltaico junto con la curva de la potencia generada y dos puntos de trabajo diferentes, A y B.

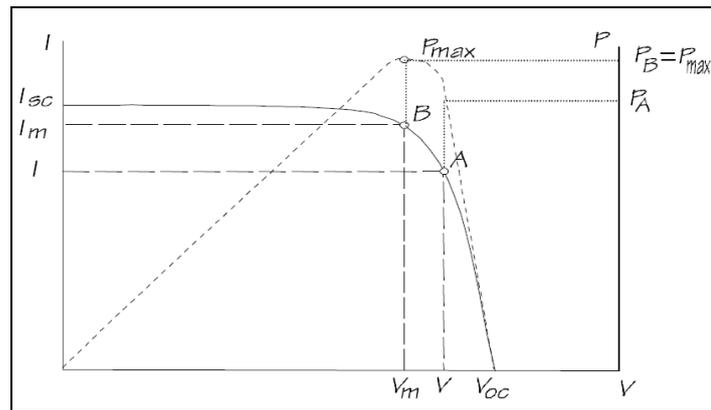


Figura. 2.29. Curva I-V y Curva Potencia Generada

En general, en función de la radiación solar la temperatura de las células (que dependerá a su vez de la temperatura ambiente, humedad, velocidad del viento, etc.) y de los equipos a los que esté conectado el módulo fotovoltaico generará una determinada corriente a una determinada tensión de trabajo, cuyo producto marcará la potencia generada por el módulo.

2.2.7 Batería Duncan R-1207

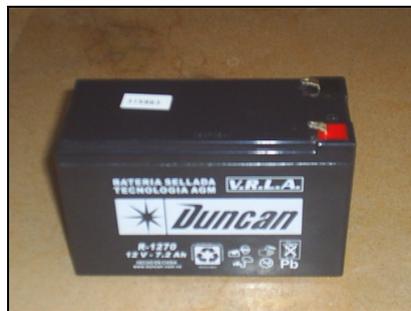


Figura. 2. 30. Batería Duncan R-1207

Las baterías solares presentan particularidades especiales en relación con las baterías de automoción, de tracción e incluso las estacionarias, a pesar de ser estas últimas las más parecidas. Estas baterías deben tener una gran resistencia al ciclado, garantizar una vida útil adecuada y minimizar el mantenimiento y por tanto el consumo de agua en caso de ser abiertas. Para el proyecto la batería es sellada, libre de mantenimiento por cuanto el electrolito es en forma de gel.

La Batería Duncan Modelo R-1207, tiene una tensión de 12 v, 7,2 Ah y capacidad para 20 horas de descarga. El material del contenedor se caracteriza por ser de polipropileno resistente a impactos y retardante en llama, se la utiliza en aplicaciones de sistemas U.P.S, centrales telefónicas, sistemas de comunicación, sistemas de emergencia y seguridad.

En la Tabla 2.12 se enlista las características de la Batería Duncan:

Tabla. 2.12. Características de Batería Duncan R-1207

BATERÍA DUNCAN	
MODELO	R-1207
TENSIÓN NOMINAL	12
Nº DE VASOS	1
CAPACIDAD NOMINAL	7,2 Ah
VIDA ÚTIL	6 – 8 años para aplicaciones FV
ESTÁNDARES	
CERTIFICADOS	ISO 9001
PLACAS POSITIVAS	Planas de aleación de Pb-Sb
PLACAS NEGATIVAS	
RECIPIENTE	ABS, autoextinguible bajo demanda
ELECTROLITO	Ácido sulfúrico absorbido (AGM) a 1300 de gravedad específica
CONEXIONES	Cobre macizo y totalmente aisladas
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	0 – 45 °C (temperatura recomendada 20 °C)

2.2.8 Regulador ISOLER 4



Figura. 2.31. ISOLER 4

El regulador ISOLER 4 ilustrado en la Figura 2.31 fabricado por ISOFOTON, para sistemas de 6 o 12 v, con protección para que la batería no se descargue rápidamente. Tiene como función la de mantener la batería en estado de flotación, evitar su sobrecarga e

interrumpir automáticamente la conexión entre la batería y el consumo cuando el estado de carga de la batería es tan bajo que, de seguirse extrayendo energía, podrían producirse daños irreversibles en la batería.

Los circuitos de control del regulador detectan el estado de carga de la batería midiendo la tensión de la misma y compensando con la temperatura. Según el estado de carga de la batería el regulador controlará el funcionamiento del sistema. Cuando la batería esté por debajo de plena carga, el regulador cerrará el circuito de generación para que los paneles puedan cargarla más. Si la batería baja por debajo de un cierto umbral, el regulador cortará el consumo tras avisar convenientemente al usuario. Cada cierto tiempo el regulador someterá a la batería a una carga de igualación con objeto de agitar los vasos de la misma y que se redistribuya adecuadamente el ácido para baterías de ese tipo de esta forma se masifica la vida útil de la batería.

Las especificaciones son las siguientes:

Voltaje nominal	6/12 v
Corriente de carga (celda solar)	4A
Carga Máxima	4A
Uso Máximo de energía	1.5 Ma
Voltaje de carga final	13.8 v / 6.9 v
Protección de descarga profunda de batería	
DC carga desconexión	10.7 v / 5.4 v
DC carga reconexión	12.5 v / 5.8 v
Rango de temperatura	-10°C hasta + 50 °C
Dimensiones	68x57x28 mm
Peso	150 g

La conexión y Operación de los elementos se ilustra en la Figura 2.32

Terminales:

- 1 +/- Terminal/polo para batería
- 2 +/- Terminal/polo para módulo solar

- 3 +/- Terminal/polo para la carga en dc
- 4 LED rojo, batería siendo cargada
- 5 LED verde, batería esta cargada (llena)
- 6 6/12 v selector con jumper

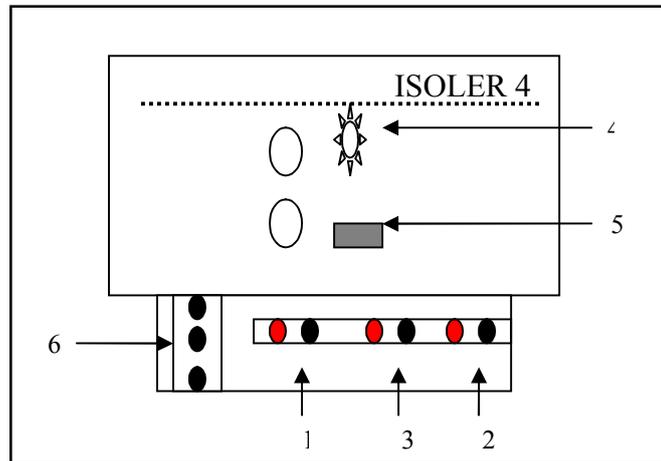


Figura. 2.32. Configuración de Terminales ISOLER 4

2.2.9 Circuito Integrado Max 232/ Sipex 232

El circuito integrado Max 232/Sipex 232 soluciona los problemas de niveles de voltaje cuando se requiere enviar señales digitales sobre una línea RS-232, para transmitir a mayor distancia. Necesita solamente una fuente de +5V para su operación, internamente tiene un elevador de voltaje que convierte el voltaje de +5V al de doble polaridad de $\pm 12V$.

El presente proyecto utiliza el circuito integrado Sipex 232, el cual convierte los voltajes del PIC TTL en voltaje de la norma RS 232. Este lleva internamente 2 conversores de nivel de TTL a RS232 y otros 2 de RS232 a TTL con lo que en total se puede manejar 4 señales del puerto serial de la PC. Para un funcionamiento correcto del circuito integrado se requiera la utilización de condensadores como se ilustra en la Figura 2.33. El Sipex 232 utiliza en su hoja técnica capacitares de 0.1 μF y 10 μF

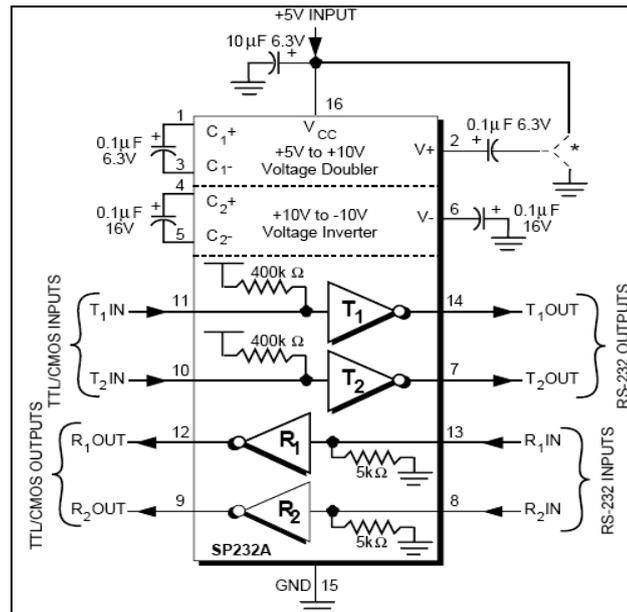


Figura. 2.33. Configuración de Pines del Sipex 232

2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A continuación se enunciará algunas ventajas y desventajas de los principales elementos seleccionados para el Proyecto, frente a otros dispositivos que se encuentran en el mercado local (Ecuador):

Microcontrolador 16F877A-I/P, frente a un PLC.

Ventajas

- Precio sumamente bajo del Microcontrolador.
- Herramientas de soporte potentes y económicas (para desarrollo de hardware y software).
- Permite automatizar sistemas sencillos

Desventajas

- Limitado para automatizar sistemas complejos
- Limitada capacidad de respuesta frente al PLC (actuadores)

- Interfaz de monitoreo (PLC tienen sus propios HMI, son fáciles de usar, pero de elevado costo)

Sensor Digital de Temperatura DS1620, frente a los conocidos LM335 y LM35

Ventajas

- Señal de salida digital de 9 bits
- Datos transmitidos por interfase serial
- Respuesta más rápida

Desventajas

- No se encuentra en el mercado local

Sensor de Humedad HIH-3610-001

Ventajas

- Señal de salida acondicionada (lineal)
- Resistente a las condiciones climáticas adversas
- Consumo bajo de energía

Desventajas

- No se encuentra en el mercado local

Sensor de Presión MPX4115A

Ventajas

- Señal acondicionada
- Ideal para uso con microcontrolador

Desventajas

- Precio elevado relativamente.

Sensor de Velocidad y Dirección del viento modelo [7911](#).

Ventajas

- Dirección de viento, salida en voltaje según el potenciómetro (20 k Ω)
- Material resistente a condiciones ambientales adversas

Desventajas

- Precio elevado relativamente
- No se encuentra en el mercado local

Sistema Fotovoltaico (Módulo Fotovoltaico 1-5, Batería Duncan R-18, Regulador ISOLER 4), frente a la alimentación de la red pública de 120 v, 60 Hz.

Ventajas

- Uso del Sol, que es una energía renovable es inagotable, limpia y ecológica.
- Alimentación autónoma, sin dependencia de red pública
- Vida útil del panel de 15 a 20 años y batería 5 a 6 años.

Desventajas

- Precio elevado relativamente (Corto plazo).

CAPÍTULO III

DISEÑO DE HARDWARE

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES EN GENERAL

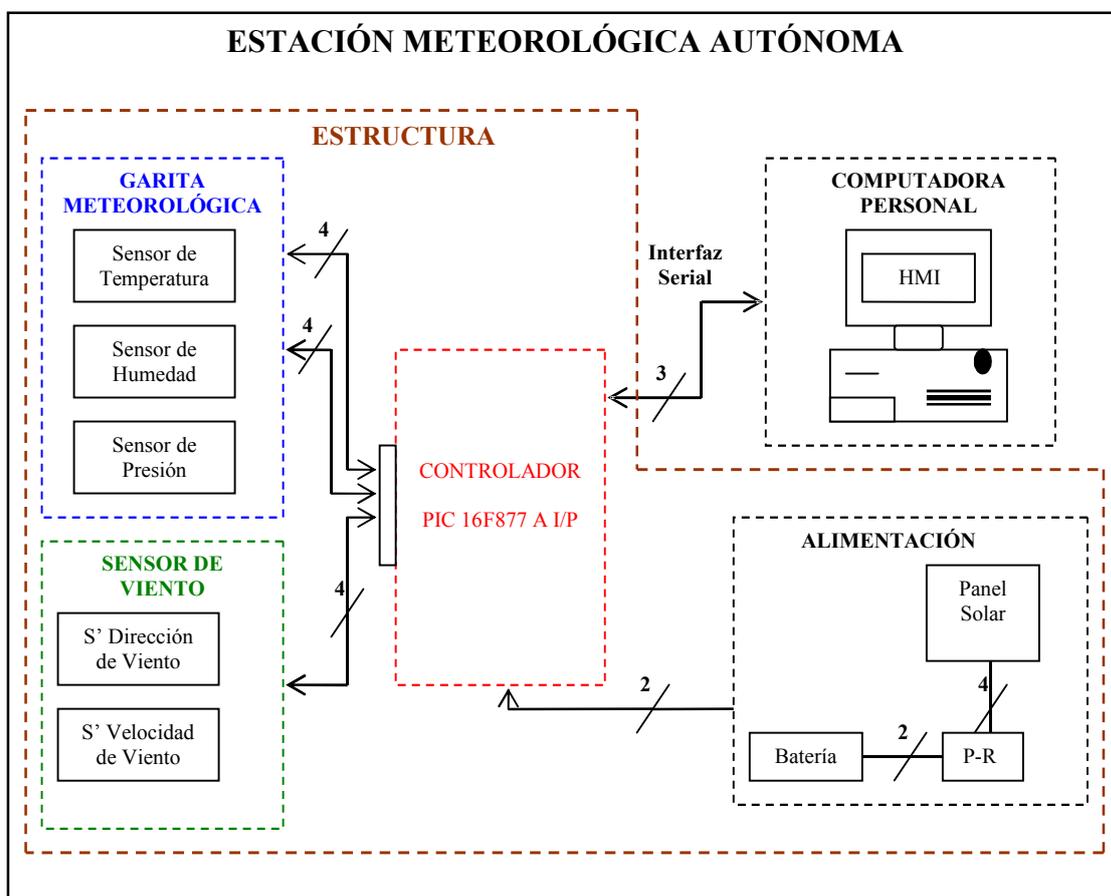


Figura. 3.1. Diagrama de Bloques en General

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL

3.2.1 Consideraciones para la selección de elementos y materiales.

El Sistema de Adquisición de Datos y Control es el encargado de procesar las señales del Subsistema de Sensores, constituido por un controlador que gobierna toda la Estación

Meteorológica, materializado por el PIC 16F877 A-I/P; el cuál por sus características se acoplan a los requerimientos de la Estación. Este microcontrolador posee un bus de 8 bits, Arquitectura Harvard. Tecnología RISC, Tecnología CMOS, entre otras características, las cuales se conjugan para lograr un dispositivo que satisface la necesidad de la Estación. El rango de trabajo del PIC seleccionado es de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, aspecto fundamental para el monitoreo de temperaturas menores a los 0°C . Se considera además la utilización del Sipex 232 para el envío de señales a mayor distancia, debido a la atenuación de los niveles de voltaje y la interfaz serial materializada por un cables de 3 hilos.

3.2.2 Diseño del Sistema.

Para el diseño del Sistema de Adquisición de Datos y Control se ha considerado la configuración de pines del PIC, como se ilustra en la Figura 3.2.

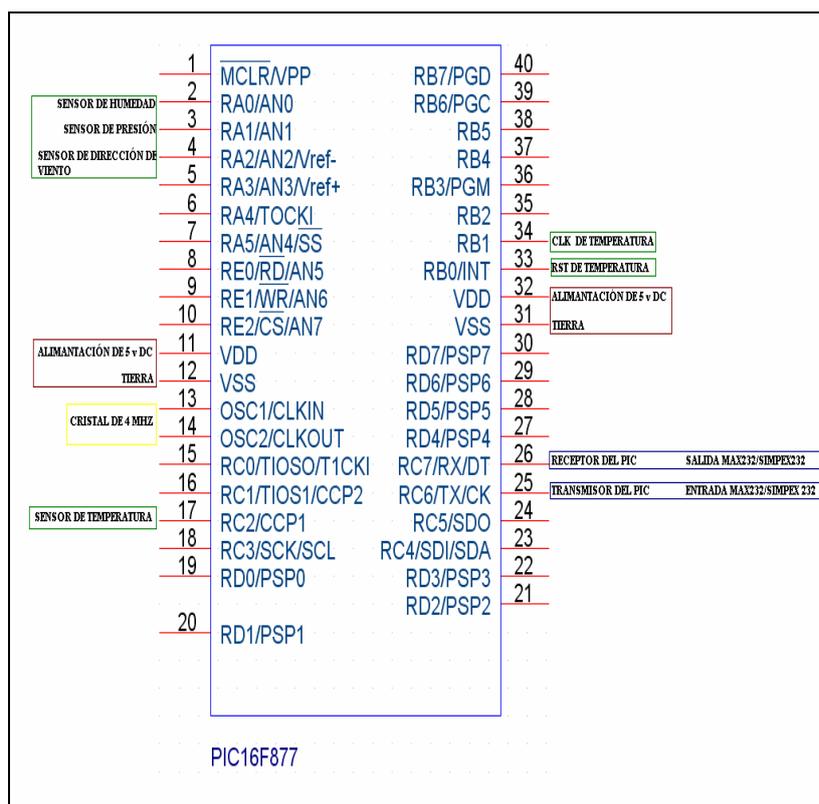


Figura. 3.2. Configuración de Pines del PIC 16F877

Los elementos básicos del Sistema de Adquisición de Datos son:

- El PIC 16F877, como controlador

- Para la frecuencia de operación del PIC, se trabaja con un cristal/resonador cerámico externo (media frecuencia) de 4 MHz (XT)
- Capacitores de 22 pF, que la hoja técnica recomienda.
- El Sipex 232 para la transmisión serial. Por sus capacitores (0,1 uF según hoja técnica) incrementa los niveles de voltaje; es decir si el PIC envía un 1 lógico (5 v), a la salida del Sipex se obtiene -10 v, y si se envía un 0 lógico (0 v), el Sipex dará + 10 v convirtiendo los niveles TTL del PIC en voltajes de la norma RS232, por lo que se debe invertir las señales de transmisión del PIC.

3.2.3 Diagrama de conexiones.

Como se observa en la Figura 3.3, el μC y el Sipex 232 están alimentados por el Subsistema de Alimentación Solar Autónomo. La comunicación con la PC se la realiza mediante los pines RC6 (25) Tx / RC7 (26) Rx, conectados a los pines del Sipex T_{1IN} / R_{1IN} , y este a la PC de monitoreo mediante del DB 9 (hembra) y un cable de tres hilos a través de los pines T_{1OUT} / R_{1OUT} .

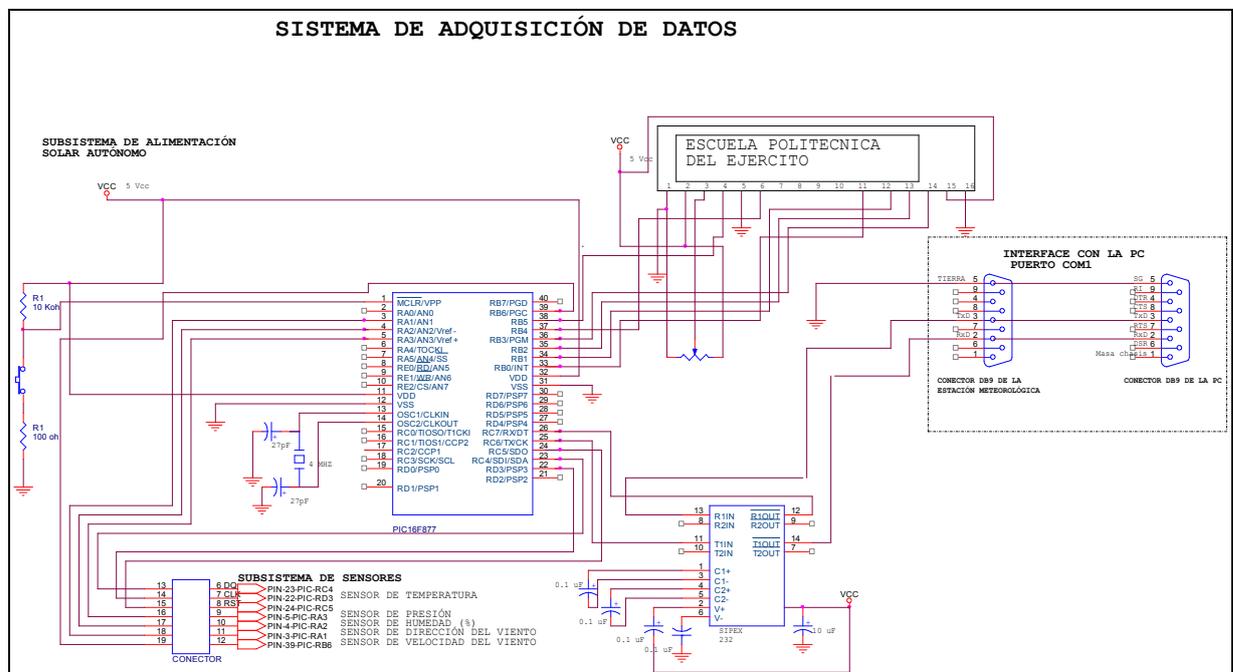


Figura. 3.3. Diagrama de Conexiones del Sistema de Adquisición de Datos y Control

3.2.4 Implementación.

Se implementó en el Protoboard, como se observa en la Figura 3.4 ; posteriormente en una placa de circuito impreso, ilustrada en la Figura 3.5 y 3.6:

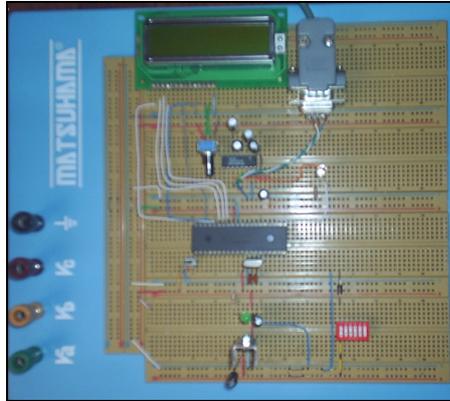


Figura. 3.4. Implementación en Protoboard

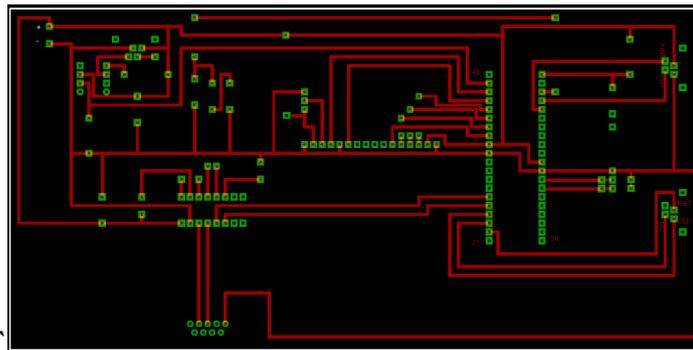


Figura. 3.5. Diagrama de Pistas del Sistema de Adquisición de Datos y Control



Figura. 3.6. Implementación en Placa de Circuito Impreso del Sistema de Adquisición de Datos y Control

Como parte de la estructura de la Estación Meteorológica, existe una caja hermética que sirve para alojar al Sistema de Adquisición de Datos y Control y la batería, ver Figura 3.7. Esta caja aísla los equipos de la intemperie y tiene una cerradura como seguridad para que la Estación no sea manipulada por extraños. En la Figura 3.8, se observa la implementación del Sistema en dicha caja.



Figura. 3.7. Caja Hermética



Figura. 3.8. Implementación del Sistema de Adquisición de Datos y Control en la Caja

3.3 DISEÑO DE LOS SUBSISTEMAS DE SENSORES

3.3.1 Consideraciones para la Selección de Sensores

Los rangos de medición de las variables climáticas a considerar en la Estación Meteorológica, se basan en los rangos necesarios en la actividad agrícola del sector y rangos que presentan estaciones comerciales:

Estaciones Comerciales

Weather Hawk:

Temperatura	-40° a + 50°
Humedad Relativa	10% a 95%
Presión	4,43'' a 33,96'' mercurio
Dirección del Viento	0 a 352°
Velocidad del Viento	inicial 0 a 78 m/s

MultiLog Profesional:

Temperatura	-10° a + 40°
Humedad Relativa	0% a 100%
Presión	800 a 1050 mBar
Dirección del Viento	0 a 360°
Velocidad del Viento	0 a 270 Km/h

Entre otras estaciones meteorológicas comerciales, los rangos mínimos necesarios considerados en la Hacienda el Prado están determinados por la temperatura entre -10° hasta 50°, humedad relativa entre 0 a 99 %, presión hasta los 115 KPa, dirección del viento entre 0 a 360° y velocidad del viento 0 a 180 Km/h o 50 m/s. Los Subsistemas de Sensores están determinados por la configuración de los sensores de: temperatura con el C.I DS 1620 con un rango de operación de -55° C a 125° C, presión con el C.I MPX4115A de 15 a 115 KPa, humedad relativa con el HIH 3610-001 entre 0 a 100%, velocidad y dirección del viento por el anemómetro entre 0 a 280 Km/h o 0 a 78 m/s y 0 a 360°. La selección de estos sensores esta de acuerdo con las condiciones de las estaciones meteorológicas comerciales presentadas y las condiciones locales mencionadas. Es importante señalar que todos los sensores citados no existen en el mercado local; debido a sus diferentes características y rangos; por lo que se realizo la adquisición de estos en el exterior

específicamente desde los EE.UU. señalando que su precio se encarece por la compra por unidades.

3.3.2 Diseño del Subsistema.

El diseño general permite que la Estación sea modular, permitiendo agregar más sensores a futuro (digital o análogo), por las características del microcontrolador en sus entradas/salidas.

Humedad Relativa (RH)

En la hoja de datos técnicos del H1H 3610-001 se determina una ecuación para compensar la variación de la temperatura que afecta al sensor, la humedad relativa verdadera será:

$$HR = \frac{SensorRH}{(1.0546 - 0.00216T)}$$

Con la temperatura en grados centígrados. El sensor opera a una temperatura de -40 °C to 85 °C. Se considera una alimentación de 5 v dc. Los datos tienen una resolución con incrementos de 1% RH, precisión (exactitud) de la medida +/- 2% RH a 25°C. Para un rendimiento óptimo el fabricante recomienda protegerlo de la luz. La calibración del sensor a 5 v DC, V_{out} (0% RH) = 0,958 v, V_{out} (75.3% RH) = 3.268 v, a razón de 30.680 (mV)/ (% RH), datos a considerar en la programación del μ C.

Temperatura

Para monitorear la temperatura se utilizan los pines del DS 1620, DQ (Datos de entrada/salida, lectura de 9 bit), CLK (entrada de la señal de reloj, comunicación sincrónica) y RST (en alto empieza comunicación, en bajo termina). Requiere una alimentación de 5 v dc, sin componentes externos. El fabricante determina una frecuencia máxima de 1,75 MHz para el reloj (CLK). Se utiliza los comandos de conversión de lectura inicial (EEh) y lectura (AAh). A la salida del sensor se obtiene un valor en decimal, de 0 a 255 equivalentes a 0 ° C 125 ° C respectivamente, y en el rango de 511 a 402 equivalentes a -0,5 ° C hasta -55 ° C respectivamente.

Presión

En la hoja de datos técnicos del MPX 4115A, se especifica la formula para el cálculo de la tensión que entrega el sensor.

$$V_{OUT} = V_S * (0.009 * P - 0.095) \pm (\text{Pressure Error} * \text{Temp. Factor} * 0.009 * V_S)$$

$$V_S = 5.1 \pm 0.25 \text{ V dc}$$

$$V_S = 4,96 \text{ V dc}$$

- El Error de Presión Máximo según la hoja técnica y la Figura 2.22, entre 15 a 115 kPa es $\pm 1,5$ kPa.
- El Factor de Temperatura, de 0 a 85 °C es de 1.
- El Factor de Temperatura, de 0 a -40 °C, se tiene una respuesta determinada por la ecuación $y = -\frac{1}{20}x + 1$, como se observa en la Figura 3.9. Por ejemplo: cuando tenga una temperatura de:

- -1° C

$$y = -\frac{1}{20}(-1) + 1 = 0,05 + 1 = 1,05$$

- -15° C

$$y = -\frac{1}{20}(-15) + 1 = 0,75 + 1 = 1,75$$

Consideraciones importantes a la hora de programar.

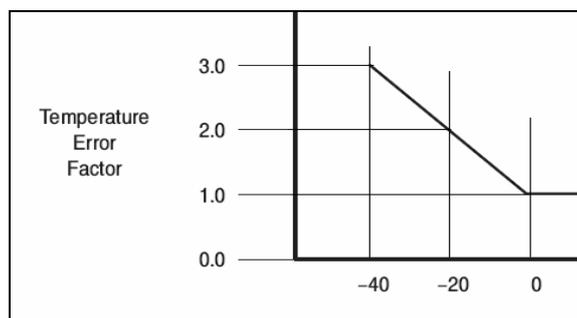


Figura. 3.9. Respuesta Lineal de 0° a -40° C

Para determinar los voltajes de salida del sensor con el uso de la formula anotada anteriormente, para las presiones de 15 y 115 kPa se determina el siguiente desarrollo:

$$V_{OUT} = 4,96 * (0.009 * P - 0.095) \pm (\pm 1,5 \text{ kPa} * 1 * 0.009 * 4,96)$$

$$V_{OUT} = 4,96 * (0.009 * P - 0.095) \pm (0,06696) \quad [\text{v dc}]$$

P= 15 kPa

$$V_{OUT} = 4,96 * (0.009 * 15\text{kPa} - 0.095) \pm (0,06696) = 0,1984 \pm 0,06696$$

$$V_{OUT} = 0,26536 \quad V_{OUT} = 0,13144 \quad [\text{v dc}]$$

P= 115 kPa

$$V_{OUT} = 4,96 * (0.009 * 115\text{kPa} - 0.095) \pm (0,06696) = 4,6624 \pm 0,06696$$

$$V_{OUT} = 4,72936 \quad V_{OUT} = 4,59544 \quad [\text{v dc}]$$

En la Figura 3.10, el fabricante recomienda un circuito de interfase para una entrada A/D de un microcontrolador o microprocesador y filtrado adecuado.

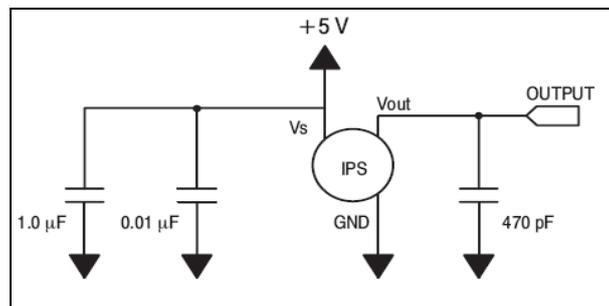


Figura. 3.10. Recomendación de Alimentación y Filtrado

Dirección del Viento

Se utiliza el sensor del anemómetro estándar de Davis Instrument, el cual usa una veleta que proporciona un valor de voltaje en DC. Esta tensión es entregada por un potenciómetro (20 kOhm) movido por la veleta, dependiendo de su posición, toma los valores entre 0 a 5 v dc, para un rango de 0° a 360° respectivamente. La tensión analógica es convertida a digital por el microcontrolador.

En la Figura 3.11, se indica el comportamiento de la señal entre 0 a 5 v dc, en función del tiempo tiene un comportamiento variable. Se consideró para el diseño la utilización de dos diodos zener de 5 v, configurados espalda con espalda. En la Figura 3.13 se indica la configuración de los mismos, que actúan como regulador de tensión, obteniendo un medio de protección para la entrada del microcontrolador, contra múltiples descargas que se

puedan producir en el exterior y aumentar considerablemente el valor normal de funcionamiento de la señal (0 a 5 v). Con esta configuración se asegura que la salida del potenciómetro de la veleta este en el rango normal de operación (0 a 5 v) y si existe un valor superior al mismo (por ejemplo 10 v) la salida para el μC estará máximo en el orden de los 5 v dc.

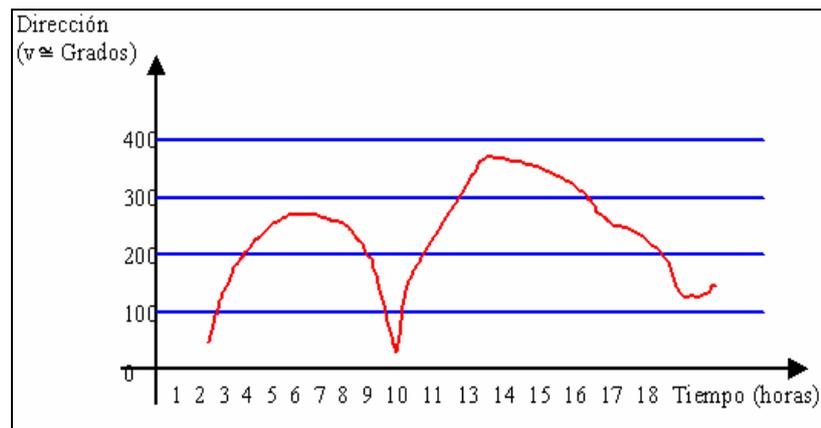


Figura. 3.11. Gráfica de Dirección del Viento (v dc) en Función del Tiempo

Es de importancia la relación a un punto de referencia conocido como norte verdadero de posición de la veleta. El fabricante determina el rango 0° a 360° , exactitud $\pm 7^\circ$, resolución 1° (el 0° a 355°), 22.5° entre los puntos del compás.

El cálculo se realiza tomando como origen el norte y contando los grados en el sentido de giro del reloj. De este modo, un viento del SE equivale a 135° ; uno del S a 180° ; uno del NW a 315° , etc. Para propósitos meteorológicos se define la dirección del viento como la dirección desde la cual el viento esta soplando. En la Figura 3.12, la flecha azul (SE 135°) indica la dirección de la veleta, y la flecha roja (NO 315°) indica la dirección desde la cual sopla el viento.

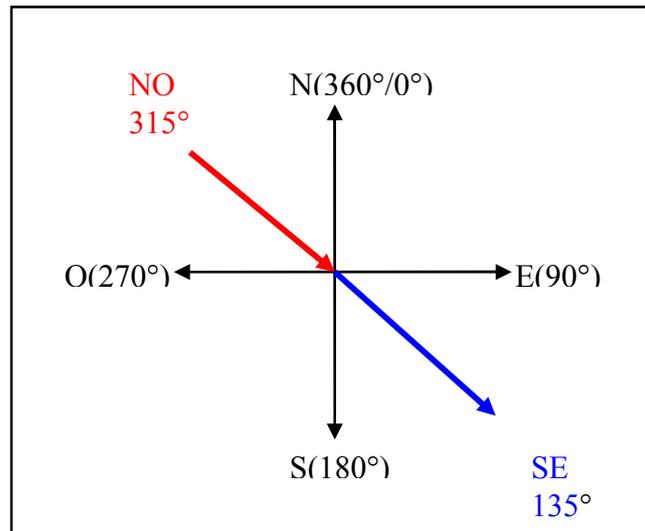


Figura. 3.12. Representación de la Dirección del Viento

Velocidad del Viento

Se utiliza el anemómetro estándar de Davis Instrument, el cual posee un sensor formado por tres copelas (cubiletes) separados por ángulos de 120° , que se mueve alrededor de un eje vertical para la rotación, dicha rotación es linealmente proporcional a la velocidad del viento. El sensor proporciona una señal cuadrada cuya frecuencia varía de manera proporcional en función de la velocidad de viento registrada.

Para determinar la velocidad, se debe tener en cuenta la medida de la circunferencia que describen las copelas (cubiletes). En nuestro caso:

$$\text{Diámetro} = 15\text{cm} = 0,15\text{m}$$

$$\text{Longitud_Circunferencia(describen las copelas)} = \pi * \text{Diámetro} = \pi * 0,15 = 0,4712\text{m}$$

$$1\text{vuelta} \rightarrow 0,4712\text{m}$$

Por ejemplo: si en 1 segundo da 2 vueltas se tiene:

$$1\text{s} \rightarrow 2\text{vueltas}$$

$$2 * 0,4712 = 0,94\text{m}$$

$$\text{velocidad_viento} = 0,94\text{m/s}$$

Es recomendable realizar las mediciones de un valor con un intervalo de 10 minutos a 10 metros de altura sobre el nivel del mar para que las perturbaciones no afecten de forma notable a la medida. El cable negro proporciona la señal de salida el cual está en el orden de los milivoltios (1 mV). Debido a que se trabaja con niveles TTL, por protección se debe

aislar eléctricamente al generador materializado por el conjunto de las tres copelas y el pin de entrada al μC .

Razones por la cual se determinó el uso de un opto acoplador de propósito general 4N35. Conformado por un diodo emisor ópticamente acoplado a un fototransistor (receptor) con un tiempo de respuesta de 3 μs . La corriente de entrada de 10 mA operando en un rango de -55°C a 150°C y con una alimentación de 5 v dc. Con esta configuración se proporcionará las señales de 0 lógico (0 v) y 1 lógico (5 v) para el ingreso de la señal al μC , como se ilustra en la Figura 3.13.

3.3.3 Diagrama de conexiones.

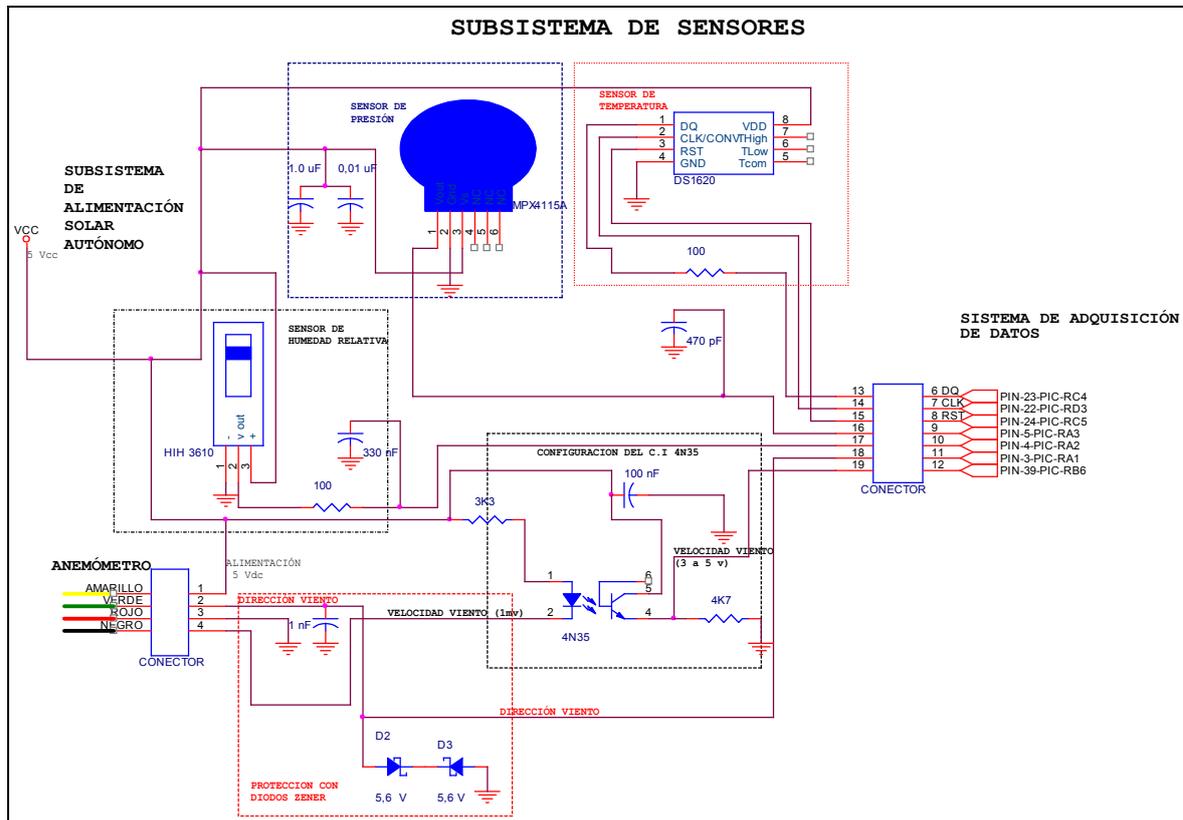


Figura. 3.13. Diagrama de Conexiones del Subsistema de Sensores

En el Subsistema se puede agregar más sensores a futuro, dependiendo de la aplicación que se determina para la Estación. En el Anexo 1 se detalla algunos sensores adicionales que se pueden instalar.

3.3.4 Implementación.

La implementación inicial se desarrolló en el Protoboard. La verificación del funcionamiento de los sensores se ilustra en las Figuras 3.14 y 3.15. Posteriormente se realiza el diagrama de pistas y la placa de circuito impreso como se ilustra en las Figuras 3.16 y 3.17.



Figura. 3.14. Sensores de la Estación Meteorológica

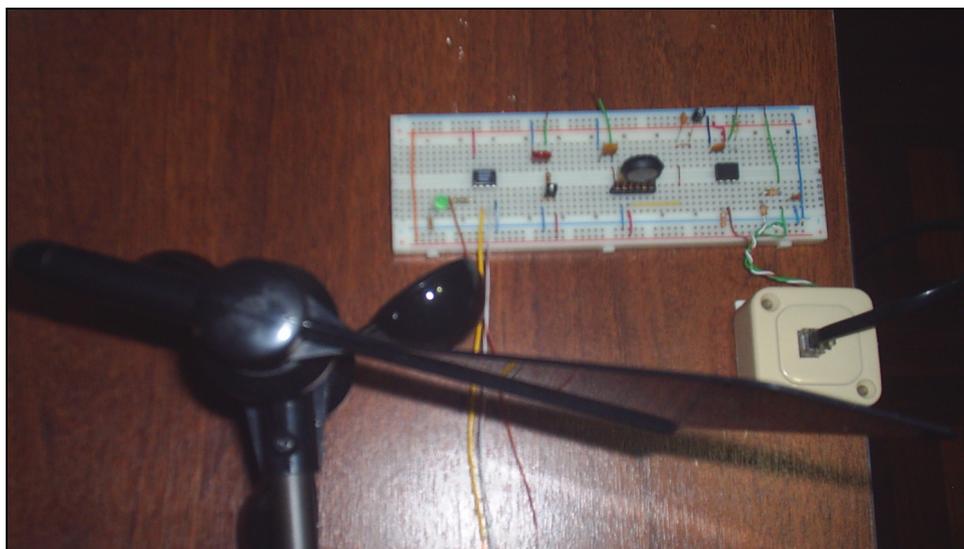


Figura. 3.15. Conexiones del Subsistema de Sensores

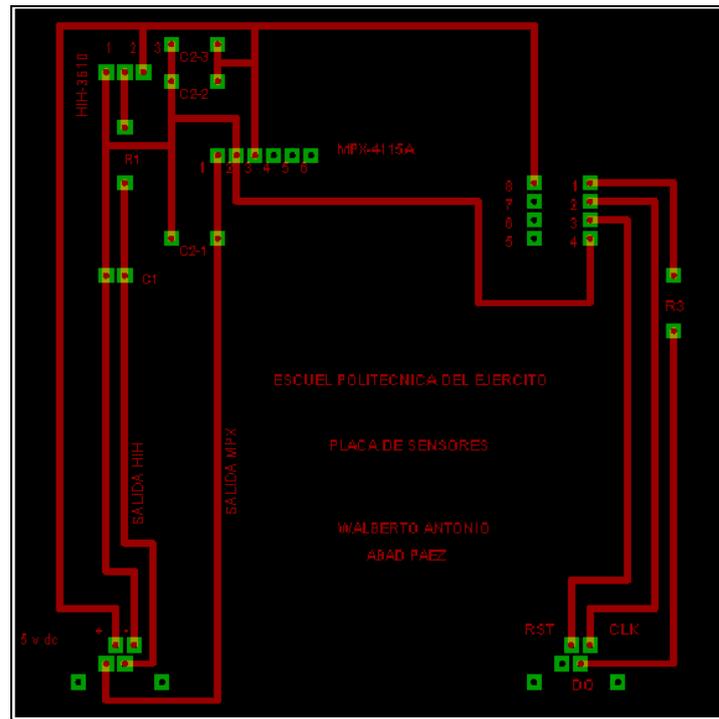


Figura. 3.16. Diagrama de Pistas del Subsistema de Sensores



Figura. 3.17. Implementación en Placa de Circuito Impreso del Subsistema de Sensores

En la estructura, los sensores se instalan en una caja hermética denominada garita meteorológica o abrigo, que sirve para contener la placa de circuito impreso del Subsistema de Sensores. Esta caja, aísla el circuito de la intemperie, de la reflexión de la luz, disipa el calor y permite que ingrese un flujo normal de aire. A continuación se ilustra el montaje en secuencia en la Figura 3.18, 3.19 y 3.20.



Figura. 3.18. Garita Meteorológica



Figura. 3.19. Implementación en la Estructura de la Garita Meteorológica



Figura. 3.20. Implementación del Subsistema de Sensores en la Estructura

3.4 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOLAR AUTÓNOMO

3.4.1 Consideraciones para la selección de elementos y materiales.

El Subsistema de Alimentación Solar Autónomo, proporciona la alimentación de 5 voltios DC al Sistema de Adquisición de Datos y Control y Subsistema de Sensores. Por las características de la Estación se requiere su funcionamiento las 24 horas del día con un mínimo de 4 días de autonomía, por lo que se considera dicha alimentación por medio de energía fotovoltaica. Seleccionando paneles solares 1-5 de Isofotón (5w c/u), un regulador ISOLER 4, una batería sellada Duncan R 1207 de 12 v DC (7 Ah), un regular de voltaje LM 7805 y cable 2x16 AWG con chaqueta.

3.4.2 Diseño del Subsistema.

En la Tabla 3.1 se indica el consumo promedio de los elementos electrónicos que conforman la Estación Meteorológica.

Tabla 3.1. Consumo de Elementos

ELEMENTO	CONSUMO
PIC 16F877A	4 mA
Sipex	15 mA
DS 1620	1 mA
HIH 3610	200 μ A
MPX 4116 A	10 mA
Anemómetro	1 mA
Regulador ISOLER 4	1,5 mA
Otros elementos	25 mA
TOTAL	57,7 mA

Para dimensionar el sistema se requiere:

- 4 días de autonomía
- Tensión nominal (Isototón) de 12 v DC.
- Horas de uso 24 h.
- Potencia promedio de consumo

Para determinar el número de módulos fotovoltaicos y tipo de batería a ser usada en el proyecto, se debe realizar una serie de cálculos basadas en los datos del fabricante y consideraciones de empleo en base al tiempo (# días de autonomía y # horas por día).

Datos que proporciona el fabricante del modulo 1-5:

- Radiación inclinada = 3,5 (latitud 0)
- $I_{\text{dimensionado}} = 0,351$
- $V_n \text{ módulo} = 12$
- Rend. Generación = 90%
- Rend. Faradaico = 89%
- (Rendimiento inversor) = 85%
- Prof. Descarga = 0,8%, de la batería.

Características mínimas de la Estación.

- # días = 4.
- Horas de uso = 24 h.
- $I_{\text{CONSUMO DE LA ESTACIÓN}} = 57.7 \text{ mA}$

Variables a calcular

- $P_{DC} = ? \text{ (W)}$
- Energía diaria = ? (Wh/día)
- Carga diaria = ? (Ah/día)
- Capacidad teórica batería = ? (Ah)
- $I_{\text{generación}} = ? \text{ (A)}$, del regulador
- $N_S = ?$, número de módulos en serie
- $N_P = ?$, número de módulos en paralelo
- $N = ?$, número de módulos en total.

Cálculos:

$$P_{DC} = ? \text{ (W)}$$

$$P_{DC} = I * V$$

$$P_{DC} = (57,7 \times 10^{-3} \text{ A}) * 5 \text{ V}$$

$$P_{DC} = 0,2885 \text{ W}$$

Energía diaria = ? (Wh/día)

$$\text{Energía diaria (Wh/día)} = \#Unidades * Potencia_{DC} * Horas de uso + (\#Unidades * Potencia_{AC} * Horas de uso) / Rend.inver$$

$$\text{Energía diaria} = 1 * 0,5W * 24 + 0 = 12(\text{Wh/día})$$

$$\text{Energía diaria} = 12 (\text{Wh/día})$$

Carga diaria = ? (Ah/día)

$$\text{Carga diaria (Ah/día)} = \text{Energía diaria} / Vn.mod = 12 / 12 = 1(\text{Ah/día})$$

$$\text{Carga diaria} = 1(\text{Ah/día})$$

Capacidad Teórica batería = ? (Ah)

$$\text{Capacidad Teórica} = \text{Carga diaria (Ah/día)} * \#días / Prof. Descarga$$

$$\text{Capacidad Teórica} = 1 * 5 / 0,8 = 6,25$$

$$\text{Capacidad Teórica} = 6,25 \text{ Ah}$$

I_{generación} = ? (A), del regulador

$$I_{\text{generación}} = I_{\text{dimensionado}} * N_p$$

$$I_{\text{generación}} = 0,351 * 2$$

$$I_{\text{generación}} = 0,7A$$

Para la potencia en DC se sobredimensiona aproximadamente en un 100%, $P_{DC} = 0,5 \text{ W}$

N_S = ?, número de módulos en serie

$$N_S = Vn / Vn.mod = 12 / 12$$

$$N_S = 1$$

N_P = ?, número de módulos en paralelo

$$N_P = \text{Carga diaria (Ah/día)} / \text{Radiación inclinada} / \text{Rend. Generación} / \text{Rend. Faradaico} / I_{\text{dimensionado}}$$

$$N_P = 1(\text{Ah/día}) / 3,5 / 0,9 / 0,89 / 0,351$$

$$N_P = 1,016(\text{más de un módulo})$$

$N = ?$, número de módulos en total

$N = N_s * N_p = 1 * 1,016 (\approx 2 \text{ módulos})$

$N = 2$ (# de módulos 1-5 necesarios)

El Subsistema tienen capacidad de generación de 5Wp, conformado por 2 módulos 1-5 de 12Vdc/ 5Wp, que se configuran en paralelo ajustándose a los cálculos realizados. La batería a usarse es de 7 Ah. El regulador con una corriente de carga de 4 A. Todo se ajusta a los cálculos realizados.

Se considera los siguientes lineamientos para el normal funcionamiento del Subsistema de Alimentación Solar Autónomo:

- **Orientación**, en lo posible el modulo fotovoltaico deberá ubicarse siempre apuntando hacia la línea ecuatorial (en nuestro caso tenemos la ventaja de estar muy próximos a esta línea).
- **Inclinación**, se considera la inclinación, para la cual la relación entre radiación y consumo de energía sea óptima, la cual dependerá de la localidad y del uso anual de la instalación. En cualquier caso la inclinación del sistema no deberá ser menor de 15° para garantizar la limpieza de los módulos por la lluvia y que no se produzcan charcos de agua o deposición excesiva de polvo y suciedad sobre los mismos. En general el ángulo de inclinación óptimo para el modulo es determinado por la latitud del sitio:
 - Sitio de latitud 0° a 4°, ángulo recomendado 10°
 - Sitio de latitud 5° a 20°, ángulo recomendado latitud + 5°
 - Sitio de latitud 21° a 45°, ángulo recomendado latitud + 10°
 - Sitio de latitud 46° a 65°, ángulo recomendado latitud + 15°
 - Sitio de latitud 65° a 75°, ángulo recomendado 80°
- **Sombras**, evitar en lo posible todas las sombras sobre el Subsistema, lo que será fundamental para el buen aprovechamiento del mismo.

3.4.3 Diagrama de conexiones.

El cable empleado depende de las distancias entre equipos y la corriente que deben transportar, consiguientemente se definen para cada sistema. Los conductores empleados son de cobre con caucho de doble envolvente para uso exterior, capaces de soportar sin deterioro alguno las malas condiciones climáticas y resistentes a la radiación ultravioleta, los cables son polarizados mediante dos colores que diferencian el positivo (blanco) del negativo (negro) de toda la instalación, la longitud máxima para garantizar pérdidas menores o iguales al 3% es de 4 m. En nuestra Estación el conductor entre la batería, modulo fotovoltaico y regulador es menor a 0,5 m.

El regulador de carga tiene como función principal de controlar el suministro de voltaje (5 v DC) a través de un regulador de voltaje LM 7805, ubicado a la salida del terminal/polo +/- para la carga en DC, el cual transformara de 12 v DC a 5 v DC que necesita el sistema. En la Figura 3.21 se observa el diagrama del Subsistema.

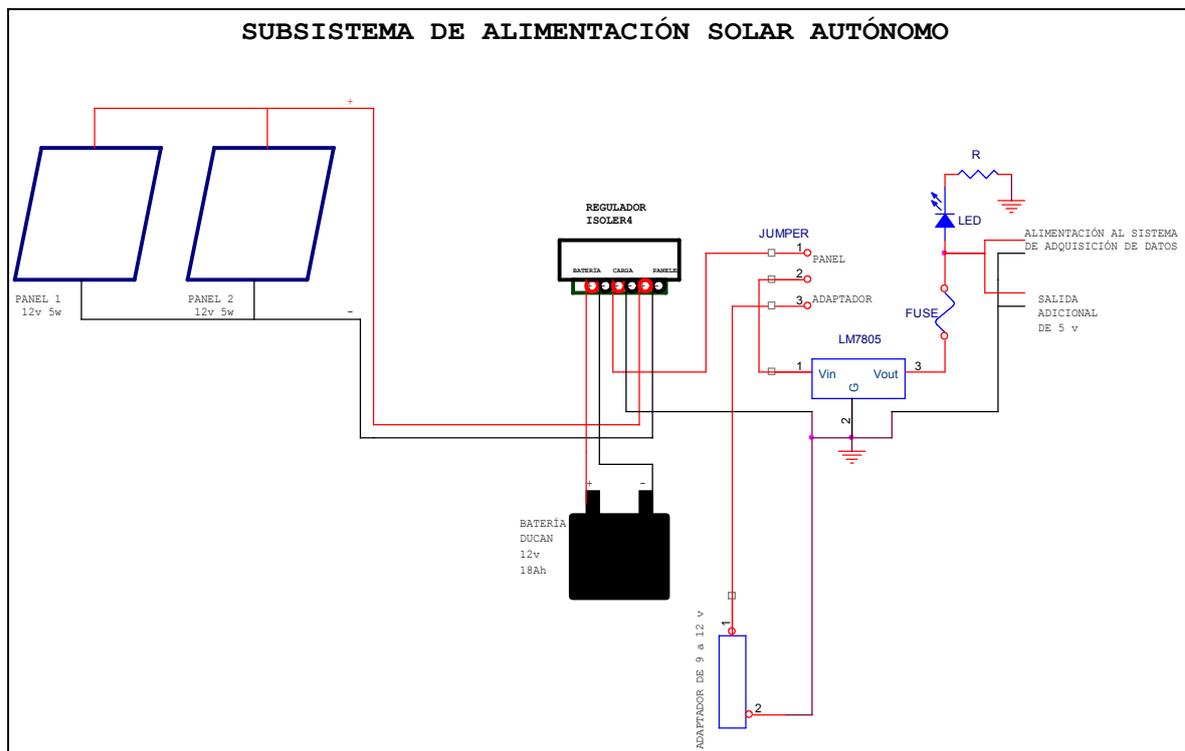


Figura. 3.21. Diagrama de Conexiones del Subsistema de Alimentación Solar Autónomo

3.4.4 Implementación.

El montaje se realizó en la estructura metálica de la Estación Meteorológica. Los módulos fotovoltaicos, cableado, batería, placa de circuito impreso de alimentación y regulador (en la caja hermética), como se ilustra en la Figura 3.22 y Figura 3.23.

En la Figura 3.24 se observa la implementación final de la Estación Meteorológica, conformada por el Sistema de Adquisición de Datos y Control, el Subsistema de Sensores y el Subsistema de Alimentación Solar Autónomo.

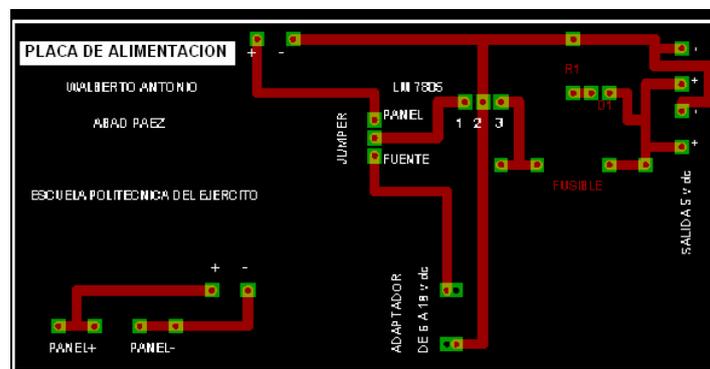


Figura. 3.22. Diagrama de Pistas del Subsistema de Alimentación Solar Autónomo



Figura. 3.23. Implementación en Placa de Circuito Impreso del Subsistema de Alimentación Solar Autónomo



Figura. 3.24. Implementación Final de la Estación

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SOFTWARE

4.1 DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR

4.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE

El software utilizado para programar el PIC es el compilador PicBasic Pro (PBP), el cual es un lenguaje de alto nivel de programación. A diferencia del lenguaje ensamblador, provee un entorno más amigable, fácil y rápido para la programación de los microcontroladores, optimizando el tiempo de desarrollo del proyecto. Sin embargo, existe una desventaja, en Basic se utiliza mayor espacio de memoria en comparación con Ensamblador, el cual optimiza el espacio de memoria de código en el μ C. Para desarrollar proyectos con Basic se requiere un editor de texto, un compilador y el programador (con el hardware) correspondiente para grabar el PIC.

El Editor de Texto esta disponible dentro del Entorno de Desarrollo Microcode Studio, el cual proporciona un ambiente adecuado para trabajar. El compilador PICBasic Pro 2.44, se encargará de generar los archivos .HEX. Para grabar el archivo .HEX en el PIC es necesario software y hardware. El software utilizado es el icprog105C y el hardware externo es el JDM v1.4, su diseño se ilustra en el Anexo 2 y se puede descargar en la dirección <http://www.monasteriomono.org>.

El Entorno de Desarrollo Microcode Studio genera los archivos con extensión .BAS y se vincula directamente con PICBasic Pro 2.44, el que se encarga de generar código en lenguaje de maquina (.HEX) para posteriormente, si no existe ningún error proceder con la grabación del μ C mediante la ejecución del software icprog105C y hardware JDM v1.4, como se observa en la Figura 4.1.

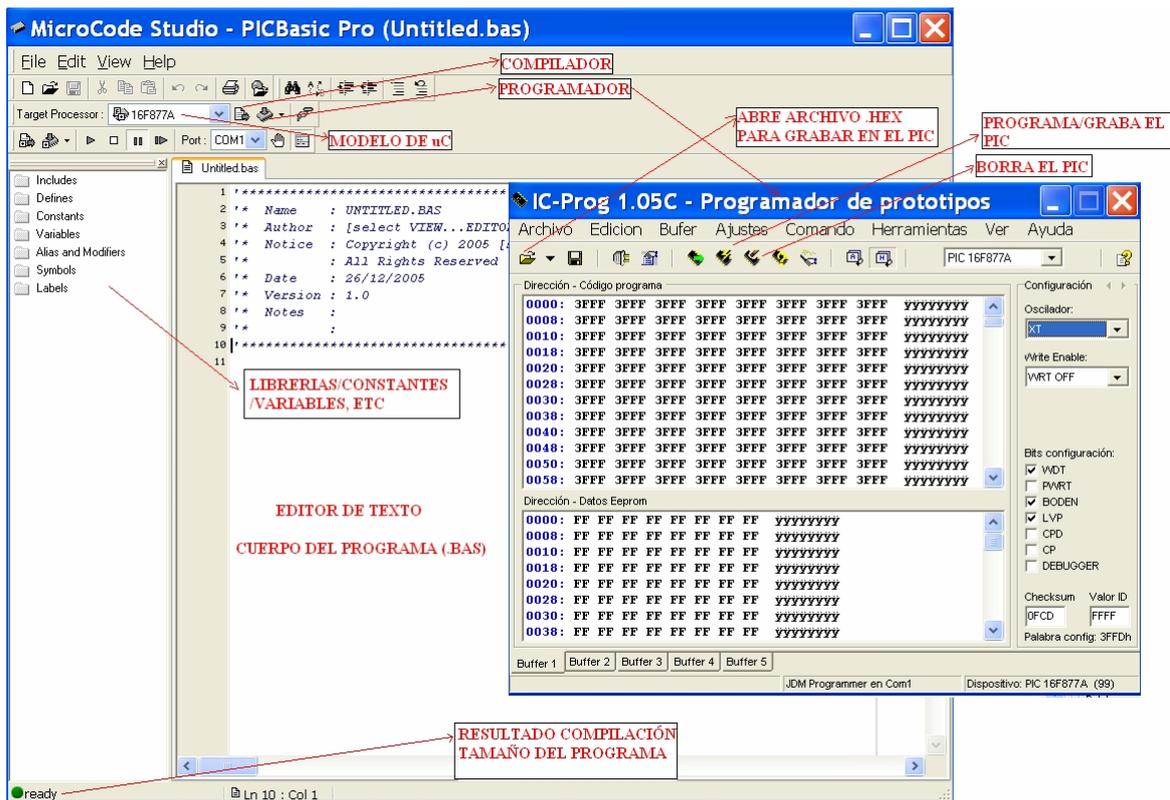


Figura. 4.1. Microcode Studio

En la Tabla 4.1 se presenta algunas directivas disponibles en el compilador PICBasic Pro 2.44, las cuales realizan una tarea específica.

Tabla. 4.1. Directivas PBP 2.44

DIRECTIVAS	EXPLICACIÓN
@	Inserta una línea de código ensamblador
ASM...ENDASM	Inserta una sección de código ensamblador
BRANCH	GOTO computado(equiv. a ON..GOTO)
BRANCHL	BRANCH fuera de pagina(BRANCH largo)
BUTTON	Anti-rebote y auto-repetición de entrada en el pin especificado
CALL	Llamada a subrutina de ensamblador
CLEAR	Hace cero todas las variables
COUNT	Cuenta el numero de pulsos en un pin
DATA	Guarda constantes en un chip EEPROM cuando este dispositivo se programa por primera vez
DEBUG	Envía uno ó más items a un pin predefinido con un baud rate predefinido en formato standard asincrónico, usando 8 bits de datos

	,sin paridad y con 1 bit de parada (stop bit) (8N1). El pin ,automáticamente se convierte en salida.
<u>DISABLE</u>	Deshabilita el procesamiento de ON INTERRUPT
<u>DTMFOUT</u>	Produce tonos en un pin
<u>EEPROM</u> {Location } [constante]	Guarda constantes en un chip EEPROM . Si se omite el valor opcional Location ,la primera declaración se guarda en la dirección 0 del EEPROM y las subsiguientes en las siguientes direcciones del mismo .Si se indica un valor Location , éste indica la dirección de comienzo para guardar los datos
<u>ENABLE</u>	Habilita el procesamiento de ON INTERRUPT
<u>END</u>	Detiene la ejecución e ingresa en modo de baja potencia
<u>FOR...NEXT</u>	Ejecuta declaraciones en forma repetitiva
<u>FREQOUT</u>	Produce hasta 2 frecuencias en un pin
<u>GOSUB</u>	Llama a una subrutina BASIC en la etiqueta especificada
<u>GOTO</u>	Continúa la ejecución en la etiqueta especificada
<u>HIGH</u>	Hace alto la salida del pin
<u>HSERIN</u>	Entrada serial asincrónica(hardware)
<u>HSEROUT</u>	Salida serial asincrónica(hardware)
<u>I2CREAD</u>	Lee bytes de dispositivo I2C
<u>I2CWRITE</u>	Graba bytes en dispositivo I2C
<u>IF..THEN..ELSE..ENDIF</u>	Ejecuta declaraciones en forma condicional
<u>INPUT</u> Pin	Convierte el Pin especificado en una entrada. Pin debe ser una constante, 0-15, o una variable que contenga un número 0-15 (por ejemplo, B0) o el nombre de un pin (por ejemplo, PORTA.0).
<u>(LET)</u>	Asigna el resultado de una expresión a una variable
<u>LCDOUT</u>	Muestra caracteres en LCD
<u>LOOKDOWN</u>	Busca un valor en una Tabla de constantes
<u>LOOKDOWN2</u>	Busca un valor en una Tabla de constantes o variables
<u>LOOKUP</u>	Obtiene un valor constante de una Tabla
<u>LOOKUP2</u>	Obtiene un valor constante o variable de una Tabla
<u>LOW</u>	Hace bajo la salida de un pin
<u>NAP</u>	Apaga el procesador por un corto periodo de tiempo
<u>ON INTERRUPT</u>	Ejecuta una subrutina BASIC al producirse una interrupción

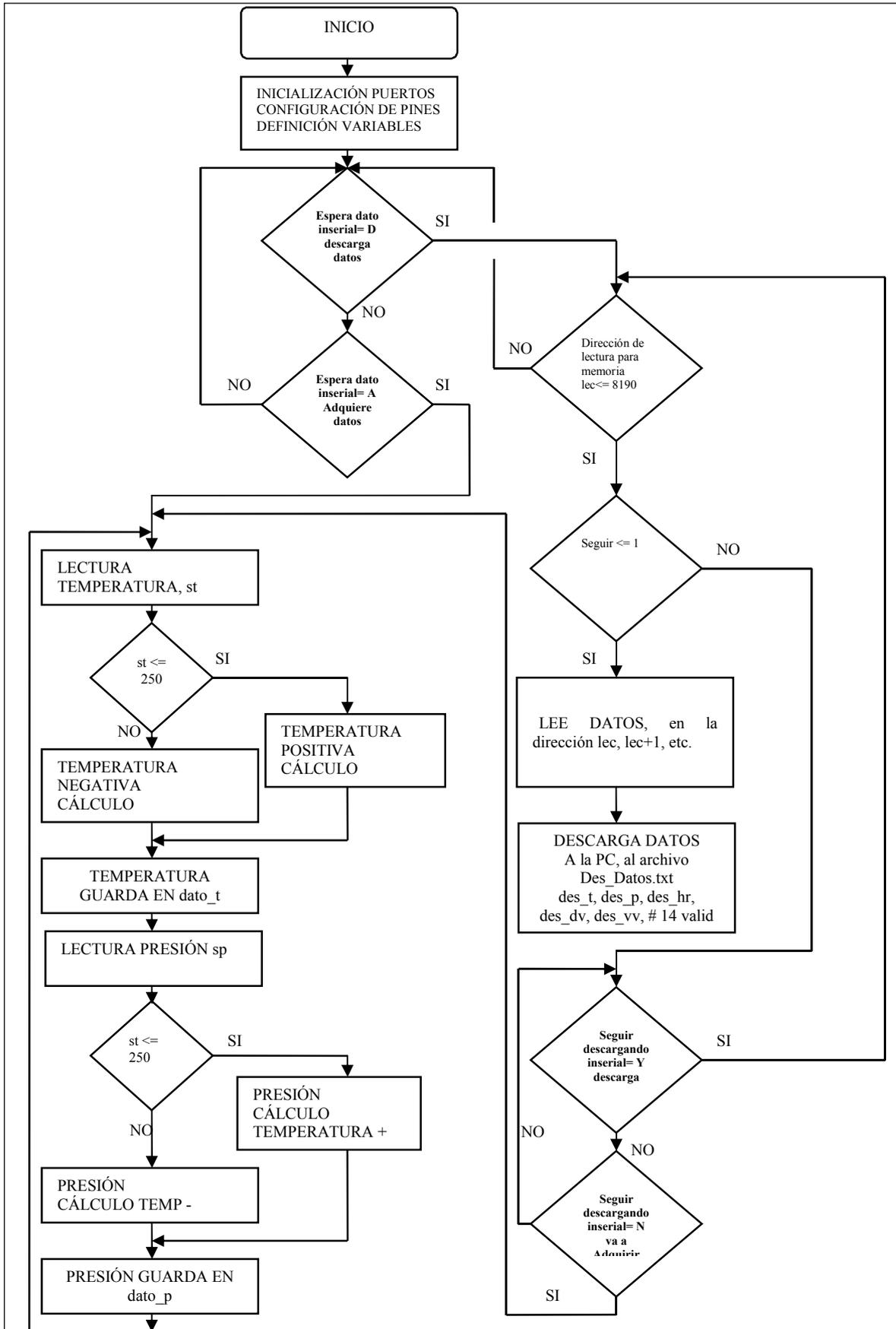
<u>OUTPUT</u>	Convierte un pin en salida
<u>PAUSE</u>	Demora (resolución 1mseg.)
<u>PAUSEUS</u>	Demora (resolución 1 u seg.)
<u>PEEK</u>	Lee un byte del registro
<u>POKE</u>	Graba un byte en el registro
<u>POT</u>	Lee el potenciómetro en el pin especificado
<u>PULSIN</u>	Mide el ancho de pulso en un pin
<u>PULSOUT</u>	Genera pulso hacia un pin
<u>PWM</u>	Salida modulada en ancho de pulso a un pin
<u>RANDOM</u>	Genera numero pseudo-aleatorio
<u>RCTIME</u>	Mide el ancho de pulso en un pin
<u>READ</u>	Lee byte de un chip EEPROM
<u>RESUME</u>	Continúa la ejecución después de una interrupción
<u>RETURN</u>	Continúa en la declaración que sigue al último GOSUB
<u>REVERSE</u>	Convierte un pin de salida en entrada o uno de entrada en salida
<u>SERIN</u>	Entrada serial asincrónica (tipo BS1)
<u>SERIN2</u>	Entrada serial asincrónica (tipo BS2)
<u>SEROUT</u>	Salida serial asincrónica (tipo BS1)
<u>SEROUT2</u>	Salida serial asincrónica (tipo BS2)
<u>SHIFTIN</u>	Entrada serial sincrónica
<u>SHIFTOUT</u>	Salida serial sincrónica
<u>SLEEP</u>	Apaga el procesador por un periodo de tiempo
<u>SOUND</u>	Genera un tono o ruido blanco en un pin
<u>STOP</u>	Detiene la ejecución del programa
<u>SWAP</u>	Intercambia los valores de dos variables
<u>TOGGLE</u>	Hace salida a un pin y cambia su estado
<u>WHILE..WEND</u>	Ejecuta declaraciones mientras la condición sea cierta
<u>WRITE</u>	Graba bytes en un chip EEPROM
<u>XIN</u>	Entrada X - 10
<u>XOUT</u>	Salida X - 10

4.1.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE

El programa que ejecuta el PIC de la Estación Meteorológica, controla la adquisición de datos que son proporcionados por los sensores (temperatura, presión, humedad, velocidad y dirección del viento), los procesa y envía la información serialmente, mediante la interfaz serial RS 232-C, materializada por un cable de tres hilos conectados al puerto serie de la PC y a los pines RC7, RC6 y tierra del microcontrolador (con ayuda del C.I Sipex 232); como se observa en las Figuras 3.1 y 3.3 del Capítulo III.

El algoritmo que ejecuta el microcontrolador que gobierna a la Estación Meteorológica, se muestra en el Diagrama de Flujo de la Figura 4.2.

El programa ESTMET.BAS es ejecutado por el PIC, el cual controla la Estación Meteorológica, y envía los datos a la PC (HMI), definiendo la configuración de puertos, variables, librerías, etc. Dicho programa se detalla a continuación con los respectivos comentarios explicativos.



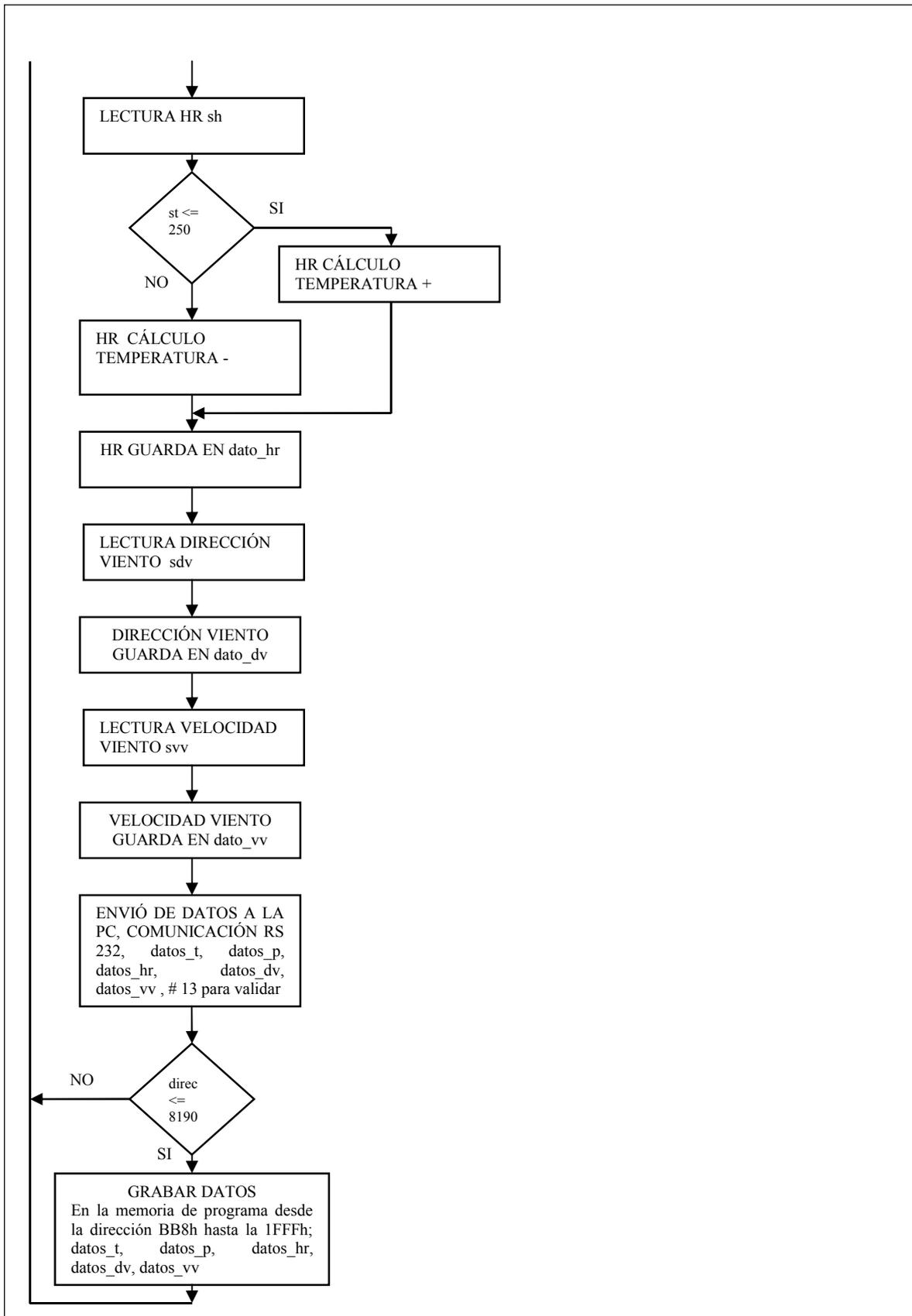


Figura. 4.2. Diagrama de Flujo del Código Grabado en el PIC 16F877A

CÓDIGO DE PROGRAMA ESTMET.BAS PARA EL PIC 16F877A

```

*****
'* Nombre : ESTMET.BAS *
'* Autor   : Tnte. de Com. Abad Páez Walberto Antonio *
'* Fecha   : 25/12/05 *
'* Versión : 1.0 *
'* Notes   : *
'*         : *
'*         : All Rights Reserved *
*****

'-----
'-----Inicialización-----
'-----
include "modedefs.bas"      'modos de comunicación
define LCD_DREG PORTB      'defino pines del LCD del puerto B
define LCD_DBIT 0          'pines de datos desde B0, B1, B2, B3
define LCD_RSREG PORTB    'defino el pin para el bit RS del LCD
define LCD_RSBIT 5         'RS en el pin B5
define LCD_EREG PORTB     'defino para conectar el bit Enable del LCD
define LCD_EBIT 4         'Enable en el pin B4
TRISA=%00001110           'el puerto A 1,2,3 son de entrada
ADCON1=%00000010         'registro de configuración de pines según Tabla
                           PCFG3-0
                           'de Pic 16F877x configurar el puertos A 0,1,2,3,4
                           'en conversores A/D

'-----
'-----Definición de pines para DS 1620-----
'-----
RST var portd.3           'defino pin D3 para RST del DS 1620
DQ var portc.4            'defino pin C4 para DQ del DS 1620
CLK var portc.5           'defino pin C5 para CLK del DS 1620

'-----
'-----Variables-----
'-----
st var word               'variable temperatura capacidad 65535
stp var word               'variable temperatura positiva con capacidad hasta 65535
stn var word               'variable temperatura negativa con capacidad hasta 65535
sp var word                'variable presión, capacidad 65535
sptp var word              'variable presión, temperatura positiva capacidad 65535
sptn var word              'variable presión, temperatura negativa capacidad 65535
erp var word               'error variable presión, temperatura negativa
vp var word                'voltaje de salida del sensor presión
sh var word                'variable humedad relativa (HR), capacidad 65535
shtp var word              'variable HR, temperatura positiva capacidad 65535
shtn var word              'variable HR, temperatura negativa capacidad 65535
vhr var word               'voltaje de salida del sensor HR
hr var word                'valor HR sin corrección de temperatura
sdv var word               'variable dirección de viento, capacidad 65535

```

```

vdv var word      'voltaje de salida de la veleta
gr var word       'variable para los grados
revo var word     'variable velocidad del viento, capacidad hasta 65535
svv var word     'variable velocidad del viento, capacidad hasta 65535
inserial var byte 'dato de entrada serial de la PC
seguir var word   'condicho para seguir descargando
dato_t var word   'dato a enviar temperatura
dato_p var word   'dato a enviar presión
dato_hr var word  'dato a enviar HR
dato_dv var word  'dato a enviar dirección viento
dato_vv var word  'dato a enviar velocidad viento
direc var word    'dato dirección grabar
lec var word      'dato dirección lectura
des_t var word    'dato a enviar temperatura en descarga
desUDC_p var word 'dato a enviar presión en descarga
desd_p var word   'dato a enviar presión en descarga
des_hr var word   'dato a enviar HR en descarga
desDC_dv var word 'dato a enviar dirección viento en descarga
desU_dv var word  'dato a enviar dirección viento en descarga
desUD_vv var word 'dato a enviar velocidad viento en descarga
desd_vv var word  'dato a enviar velocidad viento en descarga
gUDC_p var word   'dato a gravar de la presión, unidades decenas y centenas
gd_p var word     'dato a gravar de la presión, decimales
gDC_dv var word   'dato a gravar de la dirección del viento, unidades y decenas
gU_dv var word    'dato a gravar de la dirección del viento, decimales
gUD_vv var word   'dato a gravar de la velocidad del viento y unidades
gd_vv var word    'dato a gravar de la velocidad del viento, decimales
grav_dat var word 'variable condicional para grabar
direc=3000        'valor de 3500 para direcciones. grabar
lec=3000          'valor de 3500 para direcciones, lectura
'-----INICIO-----
inicio:
  lcdout $fe,1," ESPERANDO DATO " 'despliega mensaje de espera de ordenes de la Pc
  lcdout $fe,$C6,"ESPE"
  serin portc.7,T9600,inserial     'espera por dato serial y lo guarda
  if inserial="A" then temp         'si es A comienza a adquirir datos a la Pc
  if inserial="D" then descargar    'si es D comienza a descargar 48 datos cada orden
  goto inicio                       'ejecuta o va hacia inicio
'-----
'-----Variable Temperatura-----
'-----
temp:
  lcdout $fe,1," ENVIANDO DATOS " 'mensaje en LCD que se esta adquiriendo datos
  low RST                          'reseteo el DS1620
  RST=1                             'habilita al DS1620
  shiftout DQ,CLK,LSBFIRST,[$EE]    'inicio de conversión
  RST=0                             'deshabilita al DS1620
  pause 1000                        'tiempo para la conversión del dato en digital
  RST=1                             'habilita al DS1620
  shiftout DQ,CLK,LSBFIRST,[$AA]    'comando para la lectura

```

```

shiftin DQ,CLK,LSBPRE,[st\9] 'lectura de 9 bits de temperatura
RST=0                          'deshabilita al DS1620
if (st<=249) then              'condición para st si es menor a 250 va a la
gosub temp_pos                 'subrutina temp_pos
else                            'caso contrario, datos mayores va a la subrutina
gosub temp_neg                 'temp_neg
endif                           'termina el IF
goto pres                      'continua la ejecución en pres
'-----
'-----Variable Presión-----
'-----
pres:
ADCON0=%01011001             'registro de control para convertor A/D, bit: 7 y 6
                              '01 frecuencia del reloj para la conversión Fosc/8,
                              'Tad=8*Tosc=2 us;bit: 5,4,3 011 selección del canal, 3
                              'bit 2, 0 conversión no se inicia (1 conversión inicia),
                              'bit 1, 0 no importa;bit:0, 1 se activa el C A/D

GOSUB leer                    'va a la subrutina leer
sp=ADRESH                     'sp toma el valor de ADRESH registro de la conversión
if (st<=250) then             'condición para temperatura positiva o 0 C
gosub pres_tp                 'subrutina pres_tp
else                            'caso contrario, para datos negativos de temperatura
gosub pres_tn                 'subrutina pres_tn
endif                           'termina el IF
goto hum                      'continua la ejecución en hum
'-----
'-----Variable Humedad Relativa-----
'-----
hum:
ADCON0=%01010001             'registro de control para convertor A/D, bit: 7 y 6
                              '01 frecuencia del reloj para la conversión Fosc/8,
                              'Tad=8*Tosc=2 us;bit: 5,4,3 010 selección del canal, 2
                              'bit 2, 0 conversión no se inicia (1 conversión inicia),
                              'bit 1, 0 no importa;bit:0, 1 se activa el C A/D

GOSUB leer                    'va a la subrutina leer
sh=ADRESH                     'sh toma el valor de ADRESH registro de la conversión
if (st<=250) then             'condición para temperatura positiva o 0° C
gosub hum_tp                 'subrutina hum_tp
else                            'caso contrario, para datos negativos de temperatura
gosub hum_tn                 'subrutina hum_tn
endif                           'termina el IF
goto dirv                    'continua la ejecución en dirv
'-----
'-----Variable Dirección del Viento-----
'-----
dirv:
ADCON0=%01001001             'registro de control para convertor A/D, bit: 7 y 6
                              '01 frecuencia del reloj para la conversión Fosc/8,
                              'Tad=8*Tosc=2 us;bit: 5,4,3 001 selección del canal, 1
                              'bit 2, 0 conversión no se inicia (1 conversión inicia),

```

```

'bit 1, 0 no importa;bit:0, 1 se activa el C A/D
GOSUB leer 'va a la subrutina leer
sdv=ADRESH 'sdv toma el valor de ADRESH registro de la conversión
vdv=sdv*200 'vdv valor del voltaje de entrada vout=(sdv/255)*Vs
gr=vdv/142 'vout=(sdv*100)(5*100/255)=(sdv*100)(2)=sdv*200
'gr valor en grados gr=vdv/(14e-2)->gr=vdv/0,014
'360° -> 5 v dc, 1° -> 0,014 v dc aproximadamente
'ajustamos el valor respecto a el valor de 0 a 255
' 360=(255*200)/x -> x=141,7=142
lcdout $fe,$c4,#gr,"gr" 'Mostrar dirección del viento, gr de 1 a 360,no altera en
dato_dv=0 'dato_dv es limpiado
dato_dv=gr 'dato_dv toma el valor de gr
goto velv 'continua la ejecución en velv
'-----
'-----Variable Velocidad del Viento-----
'-----
velv:
count portb.6,15000,rev 'cuenta el numero de vueltas del anemómetro
svv=rev/15 'en 15 segundos
svv=svv*47 'se multiplica por la distancia que tiene c/vuelta
svv=svv/10 '0,47 m, v=d/t, en 1 segundo da 2 vueltas v=0,94 m/1s
lcdout $fe,$c9,#(svv dig 2),#(svv dig 1),".",#(SVV dig 0),"m/s" 'muestra el valor de vv
en el LCD de 0 a 78 m/s
pause 2000 'velocidad viento svv se divide para 10, en m/s
dato_vv=0 'dato_vv es limpiado
dato_vv=svv 'dato_vv toma el valor de svv
gosub datos 'continua la ejecución en datos
gosub gravar 'continua la ejecución en gravar
goto temp 'continua la ejecución
end
'-----
'-----Subrutinas-----
'-----
'-----lectura del C A/D-----
leer: 'subrutina para leer C A/D
PAUSEUS 50 'pausa para setear el canal en us
ADCON0.2=1 'bit 2 de ADCON en 1 inicia la conversión
PAUSEUS 20 'pausa para la conversión en us
return 'continua en la declaración que sigue al último GOSUB
'-----Enviar datos a la PC-----
datos:
pause 100 'pausa de 0,5 s
serout portc.6,T9600,[#(dato_t dig 2),#(dato_t dig 1),#(dato_t dig 0),#(dato_p dig
2),#(dato_p dig 1),#(dato_p dig 0),#(dato_hr dig 2),#(dato_hr dig 1),#(dato_hr dig
0),#(dato_dv dig 2),#(dato_dv dig 1),#(dato_dv dig 0),#(dato_vv dig 2),#(dato_vv dig
1),#(dato_vv dig 0),#13]
pause 100 'serout --> temperatura + dato_t en la PC dividimos para 2
'temperatura - dato_t en la PC (512-dato)/2
'en °C
'serout--> presión, el dato_p se divide para 10 en la PC en KPa

```

```

'serout--> HR, dato_hr de 1 a 100 no se altera en la PC en %
'serout->dirección del viento, dato_dv de 1 a 360,no altera en
'la PC dato en grados
'serout -->velocidad viento dato_vv se divide para 10 en la PC
'en m/s
return      'continua en la declaración que sigue al ultimo GOSUB
'-----Temperatura positiva-----
temp_pos:   'subrutina para temp +
  stp=st     'temperatura positiva, 1 a 250
  lcdout $fe,1,"+",#(stp>>1),".",#(stp.0*5)," C " 'muestra valor temp + en LCD
            'stn/2 valor igual a stp>>1
            ' stp.0 valor primero derecha de stp * 5
            '41-> 1*5= 5; 40-> 0*5=0
  dato_t=0   'dato_t es limpiado
  dato_t=stp 'dato_t toma el valor de stp
return      'continua en la declaración que sigue al último GOSUB
'-----Temperatura negativa-----
temp_neg:   'subrutina para temp -
  stn=st     'temperatura negativa
  stn=(512-stn) 'valor de temperatura, 1 a 110
  lcdout $fe,1,"-",#(stn>>1),".",#(stn.0*5)," C " 'muestra valor temp - en LCD
            'stn/2 valor igual a stn>>1
            'stn.0 valor primero derecha de stn * 5
            '41-> 1*5= 5; 40-> 0*5=0
  dato_t=0   'dato_t es limpiado
  dato_t=stn 'dato_t toma el valor de stn
return      'continua en la declaración que sigue al último GOSUB
'-----Presion con Temperatura positiva-----
pres_tp:
            'consideramos hasta 85°C, se desprecia a mayores
            'para t >85°C se debe cambiar el Temp.Factor de 1 por y=(t-65)/20
            'VOUT=VS*(0.009*P-0.095)±(Pressure
            Error*Temp.Factor*0.009*VS)
            'VS = 5.1 ± 0.25 V dc --> VS = 5 V dc alimentación
  sptp=0     'variable para presión + = 0, limpia
  vp=(50000/256)*sp ' vout=5*(sp/256)
  sptp=(vp+4750)/45 'error --> ±(Pressure Error*Temp.Factor*0.009*VS)=±0,01035
            'Pressure Error=0,156, calculado Vout=2,80(medido) con
            'Vout=2,79 de formula por lo tanto se desprecia el error
            '0,156 KPa se encuentra en la banda de Pressure Error max ±1,5 KPa
  lcdout $fe,$88,#(sptp/10),".",#(sptp dig 0),"KPa" 'escribe desde la 9 casilla
            'ejem, 721->72.1 KPa
  dato_p=0   'dato_p es limpiado
  dato_p=sptp 'dato_p toma el valor de sptp
return      'continua en la declaración que sigue al último GOSUB
'-----Presion con Temperatura negativa-----
pres_tn:
            'VOUT=VS*(0.009*P-0.095)±(Pressure
            Error*Temp.Factor*0.009*VS)
            'VS = 5.1 ± 0.25 V dc --> VS = 5 V dc alimentación

```

```

vp=(50000/256)*sp      'voltaje de salida del sensor
stn=(10*stn)/2        '*10 ; ecuación para determinar Temp.Factor y=-(1/20)*t+1
erpn=100+(stn/2)      '* 100 ; t -> en grados Celsius
erpn=(675/10)*erpn    (erpn*675)/10
erpn=erpn/10000
sptn=(vp+4750)/45
sptn=sptn+erpn        'error-> ±(Pressure Error*Temp.Factor*0.009*VS)=±erpn
lcdout $fe,$88,#(sptn/10),".",#(sptn dig 0),"KPa"      'escribe desde la 9 casilla
                    'ejem, 721->72.1 KPa
dato_p=0              'dato_p es limpiado
dato_p=sptn           'dato_p toma el valor de sptn
return                'continua en la declaración que sigue al último GOSUB
'-----Humedad Relativa con Temperatura positiva-----
hum_tp:
st=(10*st)/2          'valor de la temperatura
vhr=(50000/256)*sh    'voltaje de salida del sensor
hr=(vhr-9580)         'valor humedad sin corrección
shtp=hr/((1055-((22*st)/100))/10)
shtp=(shtp*100)/307   'valor HR con corrección de temperatura
lcdout $fe,$c0,#shtp,"% " 'muestra en LCD la HR con temp +
dato_hr=0             'dato_hr es limpiado
dato_hr=shtp          'dato_hr toma el valor de shtp
return                'continua en la declaración que sigue al último GOSUB
'-----Humedad Relativa con Temperatura negativa-----
hum_tn:
st=512-st
st=(10*st)/2          'valor de la temperatura
vhr=(50000/256)*sh    'voltaje de salida del sensor
hr=(vhr-9580)         'valor humedad sin corrección
shtn=hr/((1055+((22*st)/100))/10)
shtn=(shtn*100)/307   'valor HR con corrección de temperatura
lcdout $fe,$c0,#shtn,"% " 'muestra en LCD la HR con temp -
dato_hr=0             'dato_hr es limpiado
dato_hr=shtn          'dato_hr toma el valor de shtn
return                'continua en la declaración que sigue al último GOSUB
'-----Grabar datos-----
gravar:
if (direc<=8190) then  'condición para direc<=8190, para ejecutar las sentencias
write direc,dato_t     'graba dato_t en direc
direc=direc+1         'incrementa dirección a grabar
gUDC_p=dato_p/10      'unidades decenas y centenas del dato_p
gd_p=dato_p DIG 0     'datos decimales de dato_p
WRITE direc,gUDC_p    'graba unidades, decenas y centenas de dato_p en direc+1
direc=direc+1         'incrementa dirección a grabar
WRITE direc,gd_p      'graba datos decimales de prom_p en direc+1
direc=direc+1         'incrementa dirección a grabar
WRITE direc,dato_hr   'graba dato_hr en direc+1
direc=direc+1         'incrementa dirección a grabar
gDC_dv=dato_dv/10    'decenas y centenas de dato_dv
gU_dv=dato_dv dig 0  'unidades del dato_dv

```

```

WRITE direc,gDC_dv 'graba decenas y centenas, dato_dv en direc+1
direc=direc+1      'incrementa dirección a gravar
WRITE direc,gU_dv  'graba unidades, dato_dv en direc+1
direc=direc+1      'incrementa dirección a gravar
gUD_vv=dato_vv/10  'unidades y decenas de dato_vv
gd_vv=dato_vv dig 0 'datos decimales de dato_vv
WRITE direc,gUD_vv 'graba gUD_vv en direc+1
direc=direc+1      'incrementa dirección a gravar
WRITE direc,gd_vv  'graba gd_vv en direc+1
direc=direc+1      'incrementa dirección a gravar
endif              'terminación del IF
return             'continua en la declaración que sigue al último GOSUB

```

'-----Descargar datos-----'

descargar:

```

while lec<=8190    'Ejecuta declaraciones mientras la condición sea cierta lec<=8190
seguir=0           'la variable seguir =0
while seguir<=1    'condición de descarga de 48 datos generales
seguir=seguir+1    'incrementa variable seguir
READ lec,des_t     'lee lec, en des_t
lec=lec+1          'incrementa variable lec
READ lec,desUDC_p  'lee lec+1
lec=lec+1          'incrementa variable lec
READ lec,desd_p    'lee lec+1
lec=lec+1          'incrementa variable lec
READ lec,des_hr    'lee lec+1, en des_hr
lec=lec+1          'incrementa variable lec
READ lec,desDC_dv  'lee lec+1
lec=lec+1          'incrementa variable lec
READ lec,desU_dv   'lee lec+1
lec=lec+1          'incrementa variable lec
READ lec,desUD_vv  'lee lec+1
lec=lec+1          'incrementa variable lec
READ lec,desd_vv   'lee lec+1
lec=lec+1          'incrementa variable lec
pause 1200
serout portc.6,T9600,[#(des_t dig 2),#(des_t dig 1),#(des_t dig 0),#(gUDC_p dig
1),#(gUDC_p dig 0),#(gd_p dig 0),#(des_hr dig 2),#(des_hr dig 1),#(des_hr dig
0),#(gDC_dv dig 1),#(gDC_dv dig 0),#(gU_dv dig 0),#(gUD_vv dig 1),#(gUD_vv dig
0),#(gd_vv dig 0),#14]
'serout --> temperatura + des_t en la PC dividimos para 2
'          temperatura - des_t en la PC (512-dato)/2
'          en °C
'serout--> presión, el des_p se divide para 10 en la PC en KPa
'serout--> HR, des_hr de 1 a 100 no se altera en la PC en %
'serout->dirección del viento, des_dv de 1 a 360,no altera en
'la PC dato en grados
'serout -->velocidad viento des_vv se divide para 10 en la PC
'en m/s

```

wend	'finaliza while cuando cumpla la condición
goto seg	'ejecute seg
wend	'terminación del WHILE
return	'continua en la declaración que sigue al último gosub

seg:

lcdout \$fe,1,"-----SEGUIR-----"	'pregunta si desea seguir descargando datos
lcdout \$fe,\$c0,"DESCARGANDO?????"	
serin portc.7,T9600,inserial	'espera por dato serial y lo guarda
if inserial="Y" then descargar	'si es si envía a que ejecute descargar
if inserial="N" then temp	'si es no envía que se ejecute tem para adquirir datos
goto seg	'ejecuta seg hasta que ingrese el dato serial

4.2 DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA HMI (INTERFAZ HUMANO MAQUINA)

4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE

El HMI, monitorea la llegada de datos al puerto serial por parte del microcontrolador, el software para el HMI es desarrollado en LabVIEW.

LabVIEW es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación, en aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen a continuación:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

LabVIEW emplea la programación gráfica o *Lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques. Para el empleo de LabVIEW se emplean iconos, apoyándose sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serial, análisis presentación y almacenamiento de datos. LabVIEW también proporciona potentes herramientas que facilitan la depuración de los programas.

Los programas realizados en G, o VIs (*“Virtual Instruments”*) constan de una interfaz interactiva de usuario y un diagrama de flujo de datos que hace las funciones de código fuente. Específicamente, la programación gráfica LabVIEW se estructura como sigue:

- La interfaz interactiva de usuario de un VI se llama Panel Frontal, debido a que simula el panel de un instrumento físico. El panel frontal puede contener botones, interruptores, pulsadores, gráficas y otros controles e indicadores. Los datos se introducen utilizando el ratón y el teclado, y los resultados se muestran en la pantalla del ordenador.
- El VI recibe instrucciones de un diagrama de bloques que se construye en G. El diagrama de bloques es la solución gráfica a un determinado problema de programación. Además, el diagrama de bloques es el código fuente de nuestro programa o VI.
- Los VIs son jerárquicos y modulares. Pueden utilizarse como programas de alto nivel o como subprogramas de otros programas o subprogramas. Cuando un VI se usa dentro de otro VI, se denominan subVI. El icono y los conectores de un VI funcionan como una lista de parámetros gráficos de forma que otros VIs puedan pasar datos a un determinado subVI.

4.2.2 INTERFASE SERIAL RS 232

Esta se materializa con un cable de tres hilos, para Transmisión, Recepción y la Tierra. Por la longitud se utiliza el Sipex 232, para que no se atenúe la señal, conjuntamente con los conectores hembra y macho DB9. En la Figura 4.3 se ilustra la conexión del C.I Sipex 232, cable de tres hilos y conectores DB 9 (del proyecto, cable y PC).

Mediante la declaración SEROUT⁹, se realiza la transmisión del PIC hacia la PC mediante el cable de tres hilos, SEROUT Pin,Mode,[Item[,Item...]]. Envía uno ó más Items a Pin , en formato standard asincrónico usando 8 bits de datos , sin paridad y 1 stop bit (8N1). El Pin es automáticamente colocado como salida y puede ser una constante, de 0 a 15, ó una variable que contenga un número de 0 a 15 (por ejemplo puerto B0) o un número de Pin (por ejemplo PORTA.0).

Para definir los parámetros de comunicación en BASIC se debe agregar, Incluye “modedefs.bas” al comienzo del programa y se utiliza la directiva SEROUT.

SEROUT sirve para enviar datos seriales en un formato estándar asincrónico, asume un valor de oscilador de 4 Mhz cuando genera sus tiempos de bit .Para cambiar el valor del oscilador se debe usar [DEFINE OSC](#). En determinadas ocasiones SEROUT puede enviar los caracteres demasiado rápido al dispositivo receptor. Con el uso del DEFINE se agrega tiempo entre caracteres en la transmisión de salida; permitiendo un tiempo adicional entre caracteres a medida que son transmitidos. Se puede lograr una demora entre cada carácter transmitido de 1 a 65535 microsegundos (0.001 a 65,535 milisegundos). Por ejemplo, para pausar 1 milisegundo entre cada carácter transmitido se debe usar DEFINE CHAR_PACING 1000.

Es importante tener presente si algún parámetro está precedido por:

- #var, envía el contenido decimal de la variable var, serialmente se envía la representación ASCII para cada dígito.
- %var, envía el contenido binario de la variable var.
- \$var, envía el contenido hexadecimal de la variable var.

⁹FUENTE: Manual Compilador PicBasic Pro

SEROUT portb.1,T9600,[#var], envía el contenido de la variable var en forma ASCII para cada dígito, por el puerto B1 a 9600 bits por segundo, 8 bits de dato, sin paridad y 1 bit de parada, para dato verdadero.

En la Tabla 4.2 se enumeran los diferentes tipos de modos de comunicación.

Tabla. 4.2. Modos de Comunicación con SEROUT

Modo	Mode N°	Baud rate	Estado
T2400	0	2400	LLEVADO A CIERTO
T1200	1	1200	
T9600	2	9600	
T300	3	300	
N2400	4	2400	LLEVADO A INVERTIDO
N1200	5	1200	
N9600	6	9600	
N300	7	300	
T2400	8	2400	ABIERTO CIERTO
T1200	9	1200	
T9600	10	9600	
T300	11	300	
N2400	12	2400	ABIERTO INVERTIDO
N1200	13	1200	
N9600	14	9600	
N300	15	300	

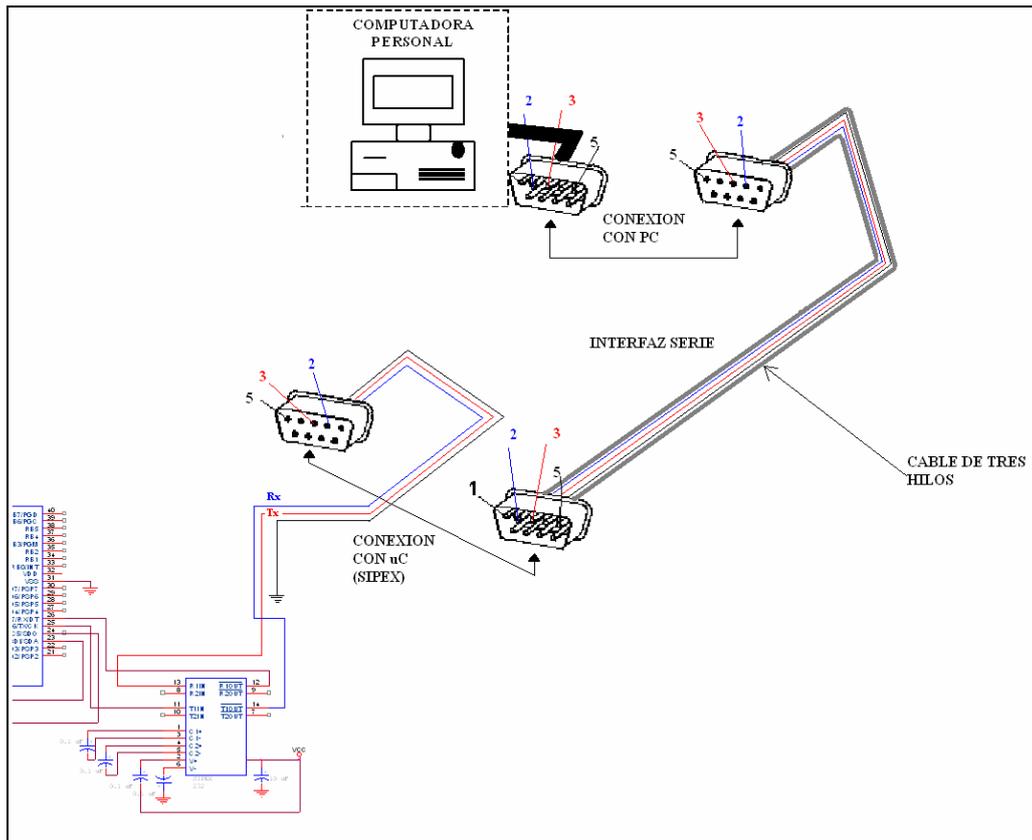


Figura. 4.3. Interfaz Serial μ C con PC

4.2.3 DESARROLLO DEL SOFTWARE

El Software para el monitoreo de la Estación Meteorológica es una interfase entre el usuario. El programa establece una comunicación en serial mediante la cual recibe los datos procesados por el μ C, provenientes de los sensores exteriores. El software desarrollado en LabVIEW.

En el software, se utilizó inicialmente una primera estructura Case, la cual conectamos un valor boleano (Adquirir con falso y Descargar con verdadero), con **falso** se activa un **segundo Case** y con **verdadero** se ejecuta la descarga de los datos. Con el **primer Case**, se ejecuta un While Loop, que contiene la condición de seguir o no descargando.

En el **primer Case** en el interior del While Loop se ejecuta la estructura Sequense de la siguiente forma:

- (0) inicializa el puerto serie
- (1) espera 1 s

- (2) envía dato D al μC para que ejecute este la descarga
- (3) espera 100 ms
- (4) cierra el puerto
- (5) espera 100 ms
- (6) se ejecuta una Sequence (secuencia), que da la condición para seguir descargando, asociado con While loop y un valor boleano, si es verdadero se ejecuta una estructura Sequence de la siguiente manera:

- (0) inicia el puerto serie
- (1) espera 1 s
- (2) se lee el puerto serie y adquiere los datos validando los mismos con el número 14 y se ejecuta un Case que para verdadero ejecuta la descarga de datos con una secuencia que se explica en el **segundo Case** principal:

- (3) se cierra el puerto
- (4) se ejecuta un Case, con valor verdadero validado por un valor boleano (Seguir descargando), para verdadero sigue descargado con la siguiente secuencia:

- (0) inicializa el puerto serie
- (1) espera 1000 ms
- (2) envía dato al μC Y para que envíe datos guardados o a descargarse
- (3) espera 100 ms
- (4) cierra el puerto

Si es falso se ejecuta otra estructura Sequence de la siguiente forma:

- (0) inicializa el puerto serie
- (1) espera 1000 ms
- (2) envía dato al μC N para comience al envío y adquisición de datos
- (3) espera 100 ms
- (4) cierra el puerto.

El While Loop al final de la primera Sequence verifica la condición del boleano (NO o SI) para seguir descargando datos o para que inicie el envío de datos por parte del PIC y la adquisición de datos por la PC.

Si se ejecuta el **segundo Case** (con falso), que se encuentra conectado a un valor booleano (ADQUIRIR), con verdadero para la adquisición de datos y falso los valores de las variables será de cero.

Con verdadero se ejecutara una primera estructura Sequence, cuya secuencia es la siguiente:

- (0) inicializa el puerto serie con los valores 9600 baud (velocidad que transmite), paridad ninguna, 8 bits de datos y 1 bit de parada, datos impuestos también en el programa del Pic (necesario ambos dispositivos para la comunicación asincrónica)
- (1) espera 100 ms con Wait
- (2) envía dato A al μ C para que ejecute el envío y adquisición de datos con Serial Port Write
- (3) espera 100 ms con Wait
- (4) cierra el puerto con Close Serial Driver
- (5) espera 100 ms con Wait
- (6) se ejecuta una Sequence (secuencia), que da la condición para seguir adquiriendo datos, asociado con While loop y un valor booleano, si es verdadero se ejecuta una estructura Sequence de la siguiente manera:
 - (0) se ejecuta la inicialización del puerto serial
 - (1) realizamos un Wait que espera 1000 ms
 - (2) estarán concatenados los siguientes objetos, Bytes At Serial Port para la lectura del puerto serial en la que se especifica el numero de caracteres leídos, el Serial Port Read lee todos los caracteres que ingresan, el String Subset da la lectura de un numero de caracteres específico determinando la ubicación del inicio del carácter a ser leído y el número de los mismos, el Decimal String To Number convierte los caracteres leídos en números decimales para las operaciones futuras. Desde el Pic se envía en la transmisión de datos en los caracteres 15 y 16 el numero 13, para validar dicha operación comparamos el numero obtenido con la constante 13, si el resultado es verdadero se pasa a ejecutar una Sequence (secuencia) para la adquisición de datos y si es falso saldrá a la primera secuencia y se ejecutara la secuencia (3).

Si el dato es verdadero pasa a la secuencia para la adquisición de datos de la siguiente forma:

(0) se obtiene los datos de fecha y hora

(1) realiza las operaciones para el calculo de la temperatura con las formulas determinadas en el capítulo 2, pasando posteriormente a un Case, para verdadero la temperatura positiva y para falso la temperatura negativa con la condición $\text{temperatura} + \text{dato_t}$ dividimos para 2, $\text{temperatura} - \text{dato_t}$ en la PC $(512 - \text{dato})/2$ en °C

(2) espera 100 ms

(3) calcula la presión con la consideración que el dato_p se divide para 10 en KPa

(4) espera 100 ms

(5) calcula la humedad relativa, teniendo en cuenta que el dato_hr de 1 a 100 no se altera en %

(6) espera 100 ms

(7) calcula la dirección del viento, dato_dv de 1 a 360, no altera en grados,

(8) espera 100 ms

(9) calcula la velocidad del viento dato_vv se divide para 10 en m/s

Todos los datos de temperatura, presión, humedad relativa, dirección del viento y velocidad del viento se visualizaran en controles numéricos asociados a los resultados de las operaciones del cálculo de dichas variables como se indica en la Figura 4.5. De igual forma los datos son enviados a un archivo de texto en la dirección C:\Estacion\Historial_EM\FH_Datos.txt

(10) se realiza la lectura de los datos para visualizarlos en el HMI con el objeto Read Characters From File

(3) cierre del puerto serial con el objeto Close Serial Drive y regresando al primer Case para repetirse sucesivamente.

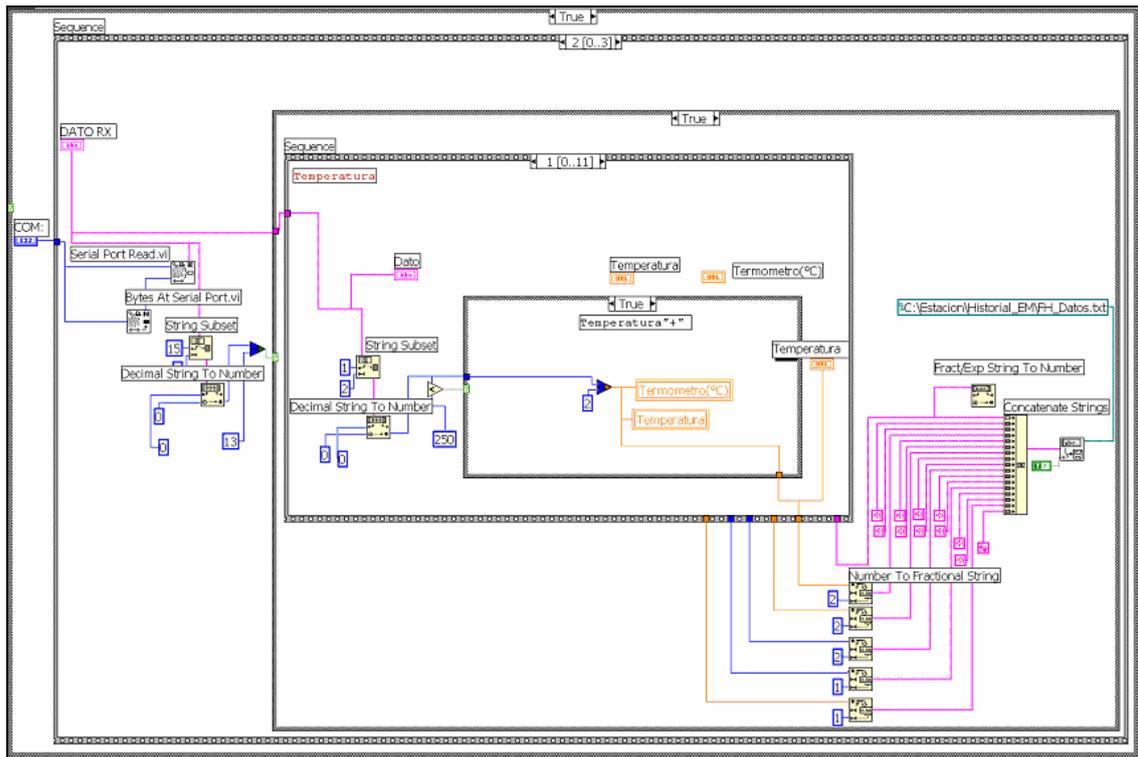


Figura. 4.4. Diagrama para el HMI

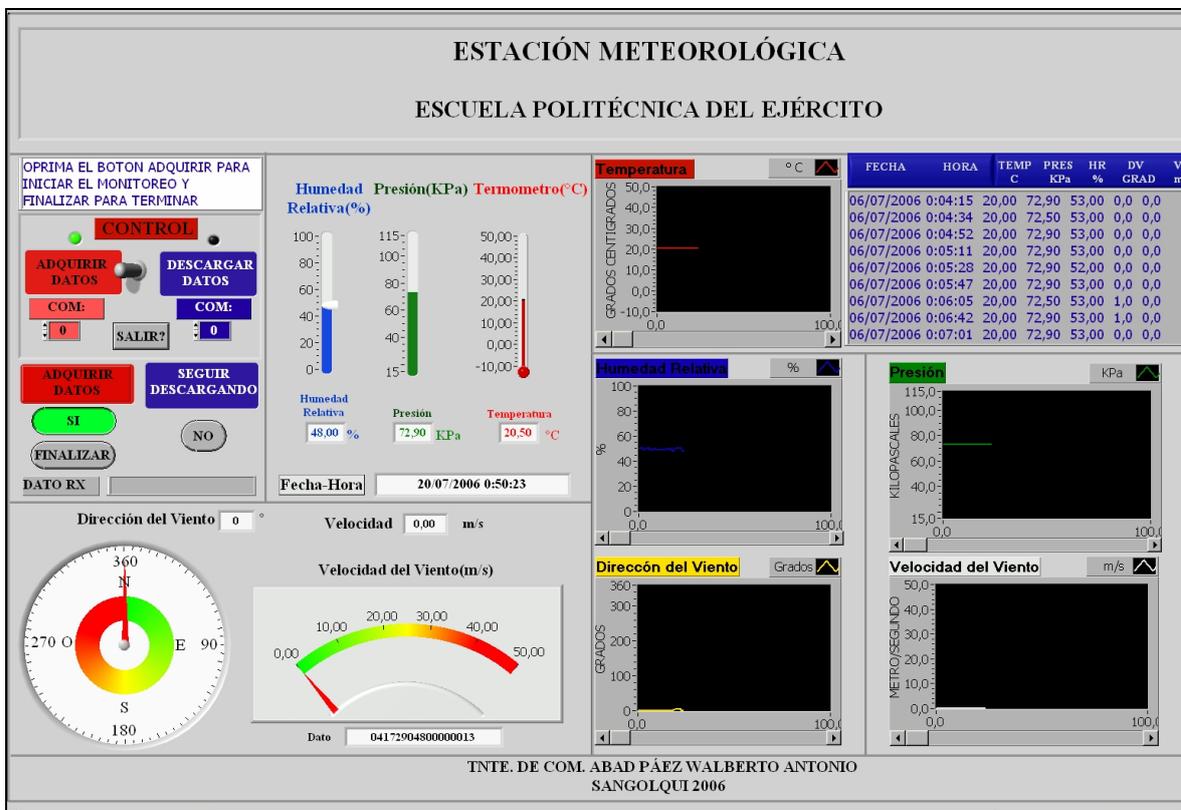


Figura. 4.5. HMI

4.2.4 REGISTRO E HISTORIAL DE DATOS

Lo datos de temperatura, presión, humedad relativa dirección y velocidad del viento, así como la fecha y hora son enviados (c/u) al objeto Number to Fraccional String, que convierte a los datos numéricos en caracteres, todos los datos convertidos en caracteres se conectan al objeto Concatenate Strings, dicho objeto ordenada y encolumna los datos para ser escritos con objeto Write Characters To File en la dirección C:\Estacion\Historial_EM\FH_Datos.txt.

Para la descarga de los datos se envían a la dirección C:\Estacion\Historial_EM\Des_Datos.txt.

File	Edit	Format	View	Help					
6/12/2006 11:05:31 AM					19.00	72.90	69.00	2.0	0.0
6/12/2006 11:05:51 AM					19.50	72.90	69.00	1.0	0.0
6/12/2006 11:06:11 AM					19.50	72.50	69.00	1.0	0.0
6/12/2006 11:06:31 AM					19.50	72.90	69.00	1.0	0.0
6/12/2006 11:06:51 AM					19.50	72.90	70.00	1.0	0.0
6/12/2006 11:07:11 AM					19.00	72.90	69.00	1.0	0.0
6/12/2006 11:07:31 AM					19.00	72.90	68.00	1.0	0.0
6/12/2006 2:37:05 PM					25.50	72.50	28.00	257.0	0.0
6/12/2006 2:37:25 PM					25.50	72.50	29.00	240.0	0.0
6/12/2006 2:37:46 PM					25.50	72.50	31.00	4.0	0.0
6/12/2006 2:38:05 PM					25.50	72.50	31.00	4.0	0.0
6/12/2006 2:38:26 PM					25.50	72.50	32.00	4.0	0.0
6/12/2006 2:38:46 PM					25.50	72.50	33.00	4.0	0.0
6/12/2006 2:39:06 PM					25.00	72.50	30.00	2.0	0.0
6/12/2006 2:39:46 PM					25.00	72.50	30.00	5.0	0.0
6/12/2006 2:40:26 PM					25.00	72.50	30.00	19.0	0.0
6/12/2006 2:40:46 PM					25.00	72.50	35.00	5.0	0.4
6/12/2006 2:41:06 PM					25.00	72.50	32.00	7.0	0.4
6/12/2006 2:41:26 PM					25.00	72.50	32.00	7.0	0.4
6/12/2006 2:41:47 PM					25.00	72.50	32.00	353.0	0.0
6/12/2006 2:42:26 PM					24.50	72.90	32.00	336.0	0.0
6/12/2006 2:42:47 PM					24.50	72.50	29.00	11.0	0.0
6/12/2006 2:43:07 PM					24.50	72.50	33.00	14.0	0.0
6/12/2006 2:43:26 PM					24.50	72.50	32.00	15.0	0.0
6/12/2006 2:43:47 PM					24.50	72.50	32.00	15.0	0.0
6/12/2006 2:44:27 PM					24.50	72.50	41.00	4.0	0.0
6/12/2006 2:44:47 PM					24.50	72.50	36.00	14.0	0.0
6/12/2006 2:45:27 PM					24.50	72.50	35.00	12.0	0.4
6/12/2006 2:45:47 PM					24.00	72.50	35.00	12.0	0.0
6/12/2006 2:46:08 PM					24.00	72.50	36.00	8.0	0.0
6/12/2006 2:46:27 PM					24.00	72.50	36.00	250.0	0.0
6/12/2006 2:46:47 PM					24.00	72.50	41.00	252.0	0.0
6/12/2006 2:47:07 PM					24.00	72.50	38.00	252.0	0.0
6/12/2006 2:47:28 PM					24.00	72.50	35.00	250.0	0.0
6/12/2006 2:48:08 PM					24.00	72.50	37.00	252.0	0.0
6/12/2006 2:48:28 PM					24.00	72.90	36.00	261.0	0.9
6/12/2006 2:49:08 PM					24.00	72.50	32.00	245.0	0.4
6/12/2006 2:49:28 PM					24.00	72.90	34.00	243.0	0.4
6/12/2006 2:49:48 PM					24.00	72.50	35.00	242.0	0.4
6/12/2006 2:50:08 PM					24.00	72.90	32.00	249.0	0.4
6/12/2006 2:50:48 PM					24.00	72.50	34.00	212.0	0.4
6/12/2006 2:51:09 PM					24.00	72.50	32.00	216.0	0.0
6/12/2006 2:51:48 PM					24.00	72.50	37.00	302.0	0.0
6/12/2006 2:52:09 PM					24.00	72.50	32.00	283.0	0.9
6/12/2006 2:52:48 PM					24.00	72.90	32.00	333.0	0.0
6/12/2006 2:53:09 PM					24.00	72.50	34.00	291.0	0.4
6/12/2006 2:53:49 PM					23.50	72.50	32.00	273.0	0.4
6/12/2006 2:54:09 PM					23.50	72.50	32.00	270.0	0.4
6/12/2006 2:54:29 PM					23.50	72.50	34.00	305.0	0.4
6/12/2006 2:54:49 PM					23.50	72.90	33.00	312.0	0.0

Figura. 4.6. Registro de Datos

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 PRUEBAS

Se realizó las pruebas respectivas antes del montaje en la estructura y placas de circuito impreso de los Sistemas de Adquisición de Datos y Control, Subsistema de Sensores y Subsistema Solar Autónomo.

El Subsistema Solar Autónomo

Los módulos fotovoltaicos se configuraron en paralelo conectados al regulador ISOLER 4 (a 12 v) como se muestra en la Figura 5.1. La batería, el regulador y los 2 paneles, se montaron en la estructura para realizar diferentes pruebas de carga de la batería y alimentación, como se observa en la Figura 5.2.



Figura.5.1. Conexiones del Subsistema Solar Autónomo



Figura.5.2. Pruebas de Carga del Subsistema Solar Autónomo

El Sistema de Adquisición de Datos y Control

Como se observa en la Figura 5.3, primero se implementó en el protoboard, para luego conectarlo a la alimentación correspondiente. Se utilizó un LCD para visualizar los datos y el Hyper Terminal para comprobar la comunicación serial del PIC a la PC. En la Figura 5.4 se observa los datos que envía el PIC a la PC en el Hyper Terminal.

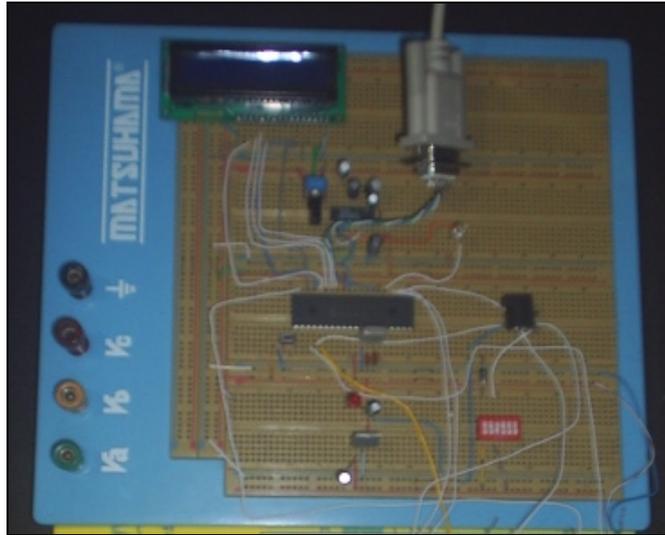


Figura.5.3. Conexiones del Sistema de Adquisición de Datos y Control

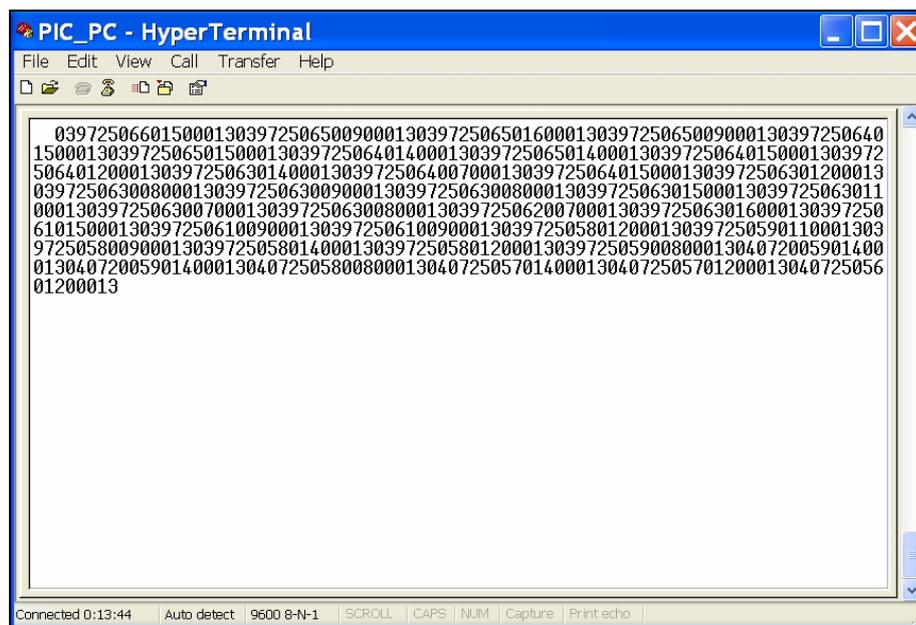


Figura.5.4. Pruebas del Sistema de Adquisición de Datos y Control

El Subsistema de Sensores

En la Figura 5.5 se observa el circuito de Adquisición de Datos y Control, conectado a la alimentación y al circuito del Subsistema de Sensores. En la Figura 5.6, se observa en el LCD los datos que envían al μC , resumidos en la Tabla 5.2.

Tabla. 5.1. Tabla de Pruebas del Subsistema de Sensores

	V _{SALIDA} (v dc)	LECTURA CONVERSION A/D (PIC) 0 A 255	CONVERSIÓN (Unidades)	OBSERVACIÓN
TEMPERATURA		000100111	19,5 ° C	dato en 9 bits
PRESIÓN	2,80	143	72,5 KPa	
HUMEDAD RELATIVA	2,65	136	54%	
DIRECCIÓN VIENTO DEL	2,45	125	181 Grados	
VELOCIDAD VIENTO DEL		30 giros completos en 15 s	0,9 m/s	15 giros en 15 s → 0,4 m



Figura.5.5. Conexiones del Subsistema de Sensores



Figura.5.6. Pruebas del Subsistema de Sensores

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez implementada totalmente la Estación Meteorológica, como se observa en la Figura 5.7, se procede a una etapa de prueba de funcionamiento general de sus partes. Para verificar y posteriormente presentar los resultados correspondientes al monitoreo de las variables de temperatura, presión, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, alimentación del sistema y software de monitoreo.



Figura.5.7. Estación Meteorológica Implementada

Un ejemplo de los resultados obtenidos se muestra en la Figura 5.8.

FECHA	HORA	TEMP C	PRES KPa	HR %	DV GRAD	VV m/s
6/12/2006	2:50:08 PM	24.00	72.90	32.00	249.0	0.4
6/12/2006	2:50:48 PM	24.00	72.50	34.00	212.0	0.4
6/12/2006	2:51:09 PM	24.00	72.50	32.00	216.0	0.0
6/12/2006	2:51:48 PM	24.00	72.50	37.00	302.0	0.0
6/12/2006	2:52:09 PM	24.00	72.50	32.00	283.0	0.9
6/12/2006	2:52:48 PM	24.00	72.90	32.00	333.0	0.0
6/12/2006	2:53:09 PM	24.00	72.50	34.00	291.0	0.4
6/12/2006	2:53:49 PM	23.50	72.50	32.00	273.0	0.4
6/12/2006	2:54:09 PM	23.50	72.50	32.00	270.0	0.4

Figura.5.8. Visualización de Datos Obtenidos por la Estación Meteorológica

Los datos obtenidos a través de la Estación Meteorológica construida en este proyecto (M), se compararon con los monitoreados por la Estación Agrometeorológica (A) del IASA, la cual utiliza instrumental Lambrecht, que son equipos de medición directa (mecánicos), como se observa en la Tabla 5.3. Los resultados de dicha comparación determinan un error porcentual para la temperatura de -0.4 %, presión de -0.5 %, humedad relativa de -0.3 %, dirección del viento de 0,2 % y para la velocidad del viento no se puede comparar porque los tiempos de medición son diferentes (para la P cada 30 s y para la A cada 10 min.). Entonces se puede concluir que los resultados de las variables climatológicas determinados por la Estación Meteorológica diseñada (M), son fiables.

Los datos obtenidos de temperatura en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), son exclusivamente digitales, proporcionando resultados confiables, utilizando un sensor inteligente (el DS 1620 que combina la función de detectar y algunas funciones de procesamiento y comunicación) con incrementos de 0.5°C , pudiendo llegar a resoluciones mayores de hasta 0.1°C .

Los datos de humedad relativa en %, varían también de acuerdo a la temperatura ambiente de ese momento; desde -40°C hasta 85°C , por lo que se realiza una compensación de dicha temperatura, proporcionando una medición rápida, de calidad y de alta precisión.

Los datos de presión en kPa, también varían si la temperatura es superior a 85°C o menor a 0°C (se realiza una compensación de temperatura positiva o negativa). En las pruebas realizadas, los resultados no registran ninguno de los dos casos para compensación de temperatura, únicamente se realiza una corrección de error de la presión misma, la cual es muy pequeña y proporciona alta fiabilidad en los resultados.

Los datos de dirección y velocidad del viento no tienen ninguna compensación de temperatura, por lo que estos proporcionan resultados en dirección y velocidad desde brisas muy leves hasta vientos huracanados con una resolución de 1° y $0,5$ m/s respectivamente.

La capacidad de autonomía de alimentación es otro aspecto técnico a considerarse para la comparación. La Estación tiene dos placas solares que garantizan su funcionamiento sin necesidad de realizar cambios de batería.

En conclusión la Estación Meteorológica, proporciona datos fiables de las variables meteorológicas, los que son entregados en forma rápida y oportuna con una interfaz amigable y comprensible para el usuario.

Tabla. 5.2. Tabla de Resultados de la Estación Meteorológica y Agrometeorológica del IASA

HORA	FECHA	TEMPE_RATURA		PRESIÓN		HUMEDAD RELATIVA		DIRECCIÓN VIENTO		VELOCIDAD VIENTO	
		° C		(KPa)		(%)		(Grados)		(m/s)	
		M	A	M	A	M	A	M	A	M	A
2:37:05 PM	6/12/2006	25.50	25.00	72.50	73.00	28.00	29.00	257.0	255.0	0.0	0.0
3:37:58 PM	6/12/2006	24.50	24.50	72.50	73.00	35.00	34.00	52.0	53.0	0.0	0.0
4:37:32 PM	6/12/2006	17.50	17.00	72.90	72.50	58.00	58.00	188.0	188.0	0.0	0.0
5:37:07 PM	6/12/2006	14.50	15.00	72.90	73.00	63.00	62.00	177.0	175.0	0.0	0.0
6:37:01 PM	6/12/2006	13.00	13.00	72.90	73.00	82.00	83.00	139.0	140.0	0.0	0.0
7:37:36 PM	6/12/2006	11.00	11.00	72.90	72.50	83.00	83.00	146.0	145.0	0.0	0.0
8:37:11 PM	6/12/2006	12.00	12.00	72.90	72.50	71.00	70.00	183.0	180.0	0.0	0.0
9:37:25 PM	6/12/2006	13.50	13.50	72.90	72.50	60.00	60.00	177.0	178.0	0.4	0.5
10:37:40 PM	6/12/2006	14.50	15.00	72.90	72.50	56.00	55.00	187.0	185.0	0.4	0.6
11:37:15 PM	6/12/2006	12.50	12.50	72.90	73.00	63.00	62.00	187.0	188.0	0.4	0.5
12:37:29 AM	6/13/2006	13.50	13.00	72.90	73.00	59.00	58.00	176.0	175.0	1.4	1.5
1:37:44 AM	6/13/2006	13.00	13.00	72.90	72.50	64.00	64.00	166.0	166.0	0.4	0.5
2:37:59 AM	6/13/2006	12.00	12.00	72.90	73.00	68.00	68.00	215.0	215.0	0.0	0.0
3:38:53 AM	6/13/2006	13.50	13.00	72.50	72.50	56.00	57.00	135.0	135.0	0.4	0.4
4:37:28 AM	6/13/2006	13.00	13.00	72.90	72.50	54.00	55.00	45.0	48.0	0.4	0.5
5:37:43 AM	6/13/2006	10.50	10.00	72.90	73.00	78.00	78.00	112.0	114.0	0.4	0.5
6:37:37 AM	6/13/2006	9.00	9.00	72.90	73.00	84.00	83.00	125.0	128.0	0.0	0.0
7:37:51 AM	6/13/2006	11.00	11.00	72.90	72.50	76.00	75.00	149.0	152.0	0.0	0.0
8:37:26 AM	6/13/2006	19.50	19.00	72.90	73.00	57.00	58.00	70.0	72.0	0.0	0.0
9:37:00 AM	6/13/2006	19.00	19.00	72.90	73.00	48.00	48.00	343.0	345.0	0.0	0.0
10:37:55 AM	6/13/2006	20.00	20.00	72.90	73.00	53.00	52.00	1.0	0.0	0.0	0.0
11:37:30 AM	6/13/2006	22.50	22.50	72.90	73.00	42.00	42.00	22.0	22.0	0.4	0.5
12:37:24 PM	6/13/2006	22.00	22.00	72.90	73.00	35.00	35.00	256.0	255.0	1.4	1.6
1:16:33 PM	6/13/2006	22.50	23.00	72.90	73.00	34.00	34.00	164.0	164.0	1.8	2.0
PROMEDIO		<u>15.81</u>	<u>15.75</u>	<u>72.85</u>	<u>72.81</u>	<u>58.63</u>	<u>58.46</u>	<u>153.00</u>	<u>153.25</u>	<u>0.33</u>	<u>0.38</u>

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 COSTO DEL SISTEMA TOTAL

El costo del sistema total se presenta en la Tabla 6.1. Se debe anotar que los sensores de temperatura, presión, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, no se los puede conseguir en el país; motivo por el cual se los importo, incrementándose su precio.

Tabla. 6.1. Costo de la Estación Meteorológica

ORD.	CONCEPTO	UNID. MED.	CANT.	COSTO UNI.	COST. TOTAL
1	C.I DE COMUNICACIÓN, ALIMENTACIÓN.			\$	\$
	C.I Sipex 232	UNID.	1	0,5	0,5
	C.I 4N35	UNID.	1	0,6	0,6
	C.I LM 7805	UNID.	1	0,8	0,8
2	SENSORES				
	ANEMÓMETRO	UNID.	1	120	120
	C.I MPX4115 series	UNID.	1	17	17
	C.I HIH-3610 Series	UNID.	1	22	22
	C.I DS 1620	UNID.	1	4	4
	LCD	UNID.	1	15	15
3	CONTROLADOR				
	PIC 16F877 A I/P	UNID.	1	7	7
4	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS				
	CRISTAL 4 MHz	UNID.	1	0,5	0,5
	PLACA UNIDAD CENTRAL	UNID.	1	1	1
	PLACA DE SENSORES	UNID.	1	1	1
	COMPONENTES VARIOS ELEC.	----	1	10	10
5	ALIMENTACIÓN SOLAR				
	BATERÍA SELLADA	UNID.	1	25	25
	PANEL SOLAR 5W	UNID.	2	65	130
	REGULADOR	UNID.	1	33	33

6	CABLES				
	CABLE PANEL SOLAR-REGU'	m.	10	0,7	7
	CABLE COMUNICACIÓN RS 232	m.	20	0,2	4
	CABLE DE CONEXIONES	m.	10	0,16	1,6
7	ESTRUCTURA				
	ESTRUCTURA METÁLICA	UNID.	1	50	50
	CAJA TÉRMICA	UNID.	1	20	20
8	VARIOS				
	COSTO DE ENVIÓ (SENSORES)	-----			100
TOTAL					\$570

6.2 MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento general de la Estación Meteorológica se debe considerar los siguientes puntos:

- El sensor HIH 3610, su fabricante determina en las hojas técnicas, su funcionamiento estable hasta aproximadamente 5 años.
- El DS 1620, su fabricante determina como característica eléctrica en AC la fiabilidad de la EEPROM data retention con una duración de 10 años.
- Los Sensores de presión, dirección y velocidad del viento los fabricantes no determinan un tiempo de vida o funcionamiento estable.
- En lo que se refiere a la alimentación de la Estación, la vida útil de la batería es alrededor de 5 años y los paneles solares según Isofotón garantiza el funcionamiento de sus paneles por un período de 25 años.

En general el mantenimiento correctivo de la estación, según lo citado anteriormente será a partir de los 5 años en adelante y para un mantenimiento a corto plazo no es necesario una inversión considerable. El mantenimiento que se debe realizar, es el preventivo, en los 5 primeros años, considerando básicamente la inspección de los conectores de la estación del Sistema de adquisición de Datos y Control, Subsistemas de Sensores y Alimentación Solar, los anclajes de la estación; estas actividades lo puede realizar el usuario y/o encargado periódicamente, sin necesidad de una inversión económica significativa y un mantenimiento escaso del sistema fotovoltaico.

El mantenimiento correctivo determina la inspección, reparación o reemplazo de los elementos de la estación como: circuitos, sensores (de temperatura, presión, humedad relativa, dirección y velocidad del viento), batería y paneles solares, para un óptimo funcionamiento de la Estación Meteorológica.

Los módulos fotovoltaicos requieren un mantenimiento básico, por su propia configuración, carente de partes móviles, con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión aisladas del ambiente exterior por capas de material protector. El mantenimiento preventivo abarca los siguientes procesos y actividades:

- **Limpieza periódica del módulo.**
 - El polvo y la suciedad impiden una buena generación de energía eléctrica de los paneles.
 - Lavar los paneles cada 1 mes con agua y una gamuza hasta sacar toda la suciedad y luego secar con un trapo suave para no rayarlos, lo realiza el usuario.
 - No golpear los paneles ni moverlos de su lugar, no permitir jugar con pelota, flechas, ni arrojar piedras cerca de los paneles.
- **Inspección visual de posibles degradaciones internas de la estanqueidad del módulo.**
 - Posible rotura del cristal.
 - Oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas: normalmente son debidas a entrada de humedad en el módulo por rotura de las capas de encapsulado durante la instalación o transporte.
- **Control del estado de las conexiones eléctricas y del cableado. Cada 6 meses realizar un mantenimiento preventivo efectuando las siguientes operaciones:**
 - Comprobación del ajuste y estado de los terminales de los cables de conexión de los módulos.
 - Comprobación de la estanqueidad de la caja de terminales.
- **Eventualmente, control de las características eléctricas del módulo.**
- **Para el mantenimiento del regulador, se necesita tener en cuenta:**
 - Que no se debe extraer el regulador del sistema. Podría causar graves daños a la batería.

- No permita que el regulador se moje con ningún líquido.
 - No sacar nuevos cables del regulador ni hacer otras conexiones. Sólo un técnico puede hacer cambios en un regulador.
 - El regulador controla automáticamente el sistema. Ahora bien, cuando la luz de batería baja esté encendida espere que la batería tenga buena carga pues en caso contrario podría dañar irremediablemente la batería.
- **Para la batería se determina:**
 - Mantenga engrasados los bornes de la batería. Los bornes deben estar engrasados para evitar la sulfatación y asegurar un buen contacto con las conexiones que se realicen.
 - La batería debe estar en un sitio ventilado para evitar riesgos de explosión por concentración de hidrógeno.
 - No fume cerca de la batería.
 - No se sienta en la batería.
 - No colocar objetos metálicos en la batería. Puede provocar un cortocircuito y una explosión.
 - Impida que los niños se acerquen a la batería

Se ha determinado anteriormente, que para el mantenimiento preventivo, no se requiere de una mayor inversión económica, por lo que lo puede realizar sin problemas el usuario o encargado del mismo, con las recomendaciones y actividades señaladas anteriormente.

6.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis se basa exclusivamente en la comparación de los costos de la Estación Meteorológica construida, con una estación comercial.

La estación meteorológica comercial es, Davis Instruments GroWeather con sus diferentes elementos, que se adapta a nuestras características y especificaciones. En la Tabla 6.2 se observa la comparación de cada elemento de la Estación Meteorológica construida y su precio.

Tabla. 6.2. Cuadro Comparativo entre Estación Diseñada y Davis Instrument

Davis Instruments	Costo \$	Estación Meteorológica Diseñada	Costo \$ aprox'	Observaciones
Anemometer for GroWeather	120	Anemómetro	120	
Temp/Humidity Sensor for GroWeather	125	Subsistema de Sensores	55	
Presión Sensor for GroWeather	150	Caja Térmica	20	
Solar Power Kit for Cabled VP or EZ-Mt Gro	195	Panel Solar 2, regulador, cables	170	
Add-On Solar Panel	150			
7.0-Amp-Hour Battery	30	Batería Ducan	25	
GroWeather®	395	Sistema de Adquisición de datos y control	30	
GroWeatherLink™ Software (English)	100			GroWeatherLink/ET Data Logger opción \$ 195
Mounting Tripod	50	Estructura Metálica	50	
Mounting Pole Kit	25			
Impuestos (Aduana y envío)	?	envío sensores (temperatura, presión, HR, dirección y velocidad del viento)	100	No se considero en la estación comercial de Davis Instruments por lo que su precio puede incrementarse.
TOTAL	1340		570	

Según la Tabla 6.2 se determina y diferencia cada parte de las estaciones anotadas. La única similitud es el anemómetro, que es del mismo fabricante y por sus características técnicas permite tener una lectura adecuada respecto a la dirección y velocidad del viento.

En lo que respecta a los demás elementos de las estaciones, se observa que el precio de Davis Instruments GroWeather es superior a la diseñada en este proyecto en más del 100%, anotando principalmente que la diferencia se marca en los controladores. El precio de la comercial es sumamente alto con respecto a la diseñada (alrededor de 13 veces

mayor). En los demás elementos existe la diferencia aproximada entre el 25 % a 100%, pero no es tan marcada como en la citada anteriormente.

Del análisis se puede concluir finalmente que el precio total de la estación Davis Instruments GroWeather (fotos de la izquierda en la Figura 6.1), es 100% mayor con respecto a la Estación Meteorológica construida (fotos de la derecha en la Figura 6.1), lo cual viabiliza el proyecto, teniendo en cuenta que el rubro de Impuestos (Aduana y envío) de la estación comercial no se ha considerado en este análisis.



Figura.6.1. Estación Comercial Davis Instrument y Estación Meteorológica Diseñada

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- A través del desarrollo e implementación del presente Proyecto se consideran diferentes factores que intervinieron en el proceso de su elaboración como son: el Técnico, Logístico y Económico. Aspectos que permiten determinar su factibilidad, enmarcados en parámetros de estaciones meteorológicas comerciales y necesidades del IASA.
- Al término del Proyecto se determinó lo fundamental que son las especificaciones técnicas de los fabricantes de los sensores y demás C.I, quienes proporcionan las bases teóricas de su funcionamiento permitiendo desarrollar apropiadamente el diseño de hardware y software, así como su implementación final.
- En el diseño y pruebas del sensor de temperatura DS 1620, se determinó que el tiempo óptimo para la lectura de los datos es de 1000 ms y no de 750 ms que determinaba su hoja técnica.
- La Estación Meteorológica diseñada permite cuantificar las variables climáticas (temperatura, humedad relativa, presión, dirección y velocidad del viento), datos necesarios para un desarrollo técnico del sector agropecuario e investigación tanto del personal docente como estudiantes del IASA. La Estación es modular, permitiendo a futuro la implementación de sensores (como, sensores diseñados para detectar la presencia de butano, monóxido de carbono y también de los vapores desprendidos por disolventes orgánicos, humo de tabaco, etc.).

- La Interfaz Gráfica (HMI) desarrollada en LabVIEW permite al usuario un monitoreo más eficaz y fácil, complementado con un almacenamiento de datos y gráficos, prestaciones que no permite el LCD.
- El costo de inversión del proyecto lo hace factible comparado con la estación comercial presentada.
- Las Pruebas y resultados obtenidos proporcionan datos confiables correspondientes a las variables medidas por la Estación construida, que fueron comparados con los datos monitoreados por la Estación Agrometeorológica del IASA que posee equipos de medición directa mecánicos, presentando un error menor al 0.5 %, validando así la información obtenida. Además cumple con especificaciones a nivel comercial en lo concerniente rangos de medición, resolución, exactitud, etc.
- En la implementación final de la Estación, es fundamental tener un diseño funcional de la estructura metálica, tanto en peso y distribución de elementos permitiendo así su operabilidad en condiciones climáticas adversas.

RECOMENDACIONES

- La adquisición de los sensores en el exterior (EE.UU.) se debe realizar con la debida anticipación para evitar retrasos e inconvenientes futuros, informándose correctamente por medio de la página de internet y correo electrónico de cada proveedor.
- Para la ubicación de los sensores exteriores se utiliza la garita meteorológica, para su diseño es recomendable considerar el número de sensores a ubicarse en la misma, para determinar las dimensiones de la garita.
- Para la elaboración de los circuitos impresos, se recomienda la utilización de placas dobles lo cual reducirá el tamaño del circuito final.

-
- Para la estructura de la Estación, se recomienda pintar todo el conjunto de color blanco si es posible con secado al horno para que refleje la luz solar y soporte las inclemencias.
 - Para proyectos futuros se recomienda la utilización de radio módems para la comunicación del PIC con la PC, facilitando así la ubicación de la Estación. Facilitando el incremento de la distancia y sectores de monitoreo.
 - Instalada la Estación Meteorológica se debe realizar el mantenimiento preventivo descrito en el capítulo VI por parte del usuario y se debe anclarla a la superficie utilizando vientos con estacas y/o pernos en la parte inferior del trípode.
 - Con ligeros cambios, es recomendable el uso de la Estación Meteorológica diseñada para la Planificación Militar (Proceso Militar en la Toma de Decisiones, específicamente en la Preparación de Inteligencia del Campo de Batalla), la Aviación Militar (Aeropuertos Militares), Fotometría (Instituto Geográfico Militar), Control del Medio Ambiente (Municipios), entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, José, **Microcontroladores PIC**, 2ª edición, editorial McGrawHill, Madrid 2000, páginas 21-78, 129-201.

LEDESMA, Manuel, **Climatología y Meteorología Agrícola**, 1ª edición, editorial Thomson, Madrid, 200, pagina, 1-83.

REYES, Carlos, **Microcontroladores**, 1ª edición, editorial Gráficas Ayerve, Quito octubre del 2004, páginas 27-33, 118-162.

GIBILISCO, Stan, **Manual portátil de Electrónica**, 1ª edición, editorial McGrawHill, México D.F. junio del 2001, páginas 99-114, 211-226.

PALLAS, Ramón, **Sensores y Acondicionadores de Señal**, 3ª edición, editorial Alfaomega marcombo, México 2001, páginas 423-464.

BOYLESTAD, Robert, **Electrónica Teoría de Circuitos**, 4ª edición, editorial Prentice Hall, 1989, páginas 98-109, 594-600.

<http://www.microchip.com>, Microchip PIC16F87X Data Sheet 28/40-pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers.

<http://www.davisnet.com>, ANEMOMETER, Standard 7911 SENSORS, PRICE.

<http://www.isofoton.com>, Manual del Usuario de Módulos Fotovoltaicos, Instalación de Sistemas Fotovoltaicos, Manual de Operación y Mantenimiento.

<http://www.maxim-ic.com>, DS 1620 Digital Thermometer and Thermostat.

<http://www.honeywell.com/sensing>, Series Humidity Sensors, Humidity Sensor HIH-3610.

<http://www.motorola.com/semiconductors/>, Altimeter or Barometer Applications Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated.

<http://www.frino.com.ar>, Manual del Pic Basic Compiler Pro.

<http://www.meted.ucar.edu>, Categorías de Huracanes y Ciclones.

<http://www.monasteriomono.org/programs/midihw/jdm.html>, Programador 40 pines.

ANEXO 1

SENSORES ADICIONALES

ANEXO 1

SENSORES ADICIONALES

Piranómetro

Radiómetro solar que mide la radiación semiesférica total, difusa y directa, generalmente sobre una superficie horizontal. Suprimiendo la radiación directa con un disco parasol, se puede medir la radiación difusa. Su elemento fundamental es una termopila sobre la que incide la radiación a través de dos cúpulas semiesféricas de vidrio. El aparato se calibra según normas establecidas en mV por kW/m². Se llama también solarímetro o actinómetro.



Figura. A.1. Piranómetro

Pluviómetro

Transmisor de valores de medición de cantidad de precipitación y de valores de intensidad para su transmisión eléctrica. Como elemento medidor se utiliza una balanza basculante cuyos vuelcos son detectados por medio de un contacto. Algunos modelos van provistos de calefacción regulada por termostato. Según la lluvia llena su depósito, se va vaciando sin necesidad de tener que realizar un volcado. Posee una electrónica interna que detecta el caudal del agua que recorre su interior. En función del caudal envía una señal analógica de 0 a 5V que sirve para identificar la cantidad de lluvia en l/m².



Figura. A.2. Pluviómetro

Sensor de Calidad de Aire

Es un sensor diseñado para detectar la presencia de butano, monóxido de carbono y también de los vapores desprendidos por disolventes orgánicos, humo de tabaco, etc. Funciona con una fuente de baja tensión y tiene muy bajo consumo de corriente (normal = 150-190 mA). Este transductor de gases de tipo semiconductor está destinado a detectar los vapores desprendidos por los disolventes orgánicos, el humo del tabaco, los insecticidas, las frituras, etc. Es ideal para controlar la calidad del aire o para usarse en sistemas de purificación del aire, ya que es capaz de detectar muy bajas concentraciones de impurezas, del orden de <math><100\text{ ppm}</math>. Tensión de alimentación 10V a.c./d.c, tensión del calefactor 5V a.c./d.c, corriente del calefactor de 160 a 180 mA, temperatura de funcionamiento de -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$

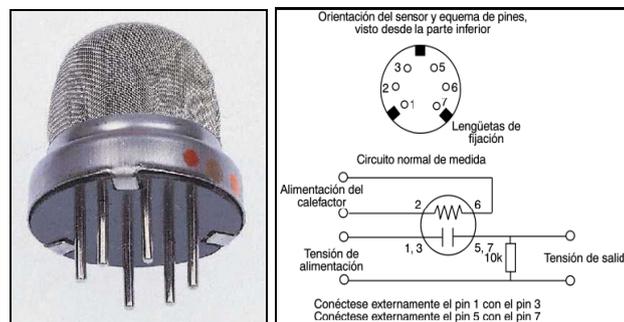


Figura. A.3. Sensor de Calidad de Aire

Sensor de Monóxido de Carbono

Este sensor de gases mide el nivel de monóxido de carbono, dato muy importante para poder evaluar con precisión el nivel de calidad del aire. Es de tipo semiconductor. Es muy

sensible a la presencia de CO, proporcionando una señal de alarma para bajos niveles de concentración del orden de <200 ppm. Tensión de alimentación 10V a.c./d.c, tensión del calefactor 0,8 V a.c./d.c, corriente del calefactor de 35 a 45 mA, temperatura de funcionamiento de -10°C a +50°C

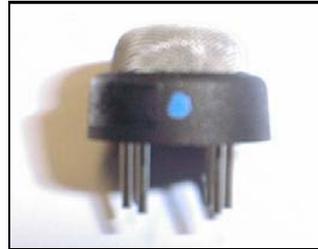


Figura. A.4. Sensor de Calidad de Monóxido de Carbono

Nefobasímetro (mide el techo o base de las nubes)

Mide la altura de la base de las nubes. Dispone de un emisor de un haz de luz ultravioleta y un receptor que se mueve formando un ángulo entre 0 y 80°. Conociendo la distancia entre emisor y receptor (en general 75 metros) y el ángulo que forma el receptor con la horizontal se puede calcular por trigonometría la altura de la base de las nubes. Para la medición:

- $\text{Tangente ángulo} = \text{Cateto opuesto} / \text{Cateto adyacente}$
- $\text{Tg ángulo} = h (\text{techo}) / d (\text{distancia entre emisor y receptor})$
- $h = \text{Tg ángulo} / d$

Transmisómetro (mide la visibilidad)

Se basa en la atenuación que se produce en un haz de luz por la presencia de partículas en la atmósfera. Se compone de una fuente de luz y un receptor colocados a una distancia conocida (75 metros). La cantidad de luz que llega al receptor se traduce en fuerza electromotriz.

Modem GSM

Para transmisión de datos a la PC se puede optar por una comunicación inalámbrica mediante la utilización de radio módems, como el **Modem GSM**, por ejemplo el modelo WM02 G900 de la empresa Xacom. Se trata de un modem que trabaja a la frecuencia estándar GSM de 900 Mhz, y que permite establecer comunicación con el equipo

electrónico mediante el protocolo RS232. La comunicación y configuración del modem se realiza siguiendo el estándar de comandos ALT+, comúnmente empleado para los módems.

De este modo, el modem está continuamente esperando a recibir una llamada, y cuando esto sucede se lo comunica al microcontrolador principal, el cual a través de los comandos ALT+ y el protocolo RS232 configura el modem y se encarga de realizar el envío de los datos. A través del modem también es posible enviar comandos al equipo para proceder al borrado de las memorias una vez descargados los datos.



Figura. A.5. MODEM GSM Modelo WM02 G900

Entre otros dispositivos, a la Estación Meteorológica se le pueden agregar un sin numero de sensores y elementos de acuerdo a las necesidades y aplicación que se la determine, por su característica de modular nos permite el incremento futuro de los mismos.

ANEXO 2

CIRCUITO DEL PROGRAMADOR

DEL MICROCONTROLADOR

CIRCUITO DEL PROGRAMADOR PARA EL PIC 16F877A

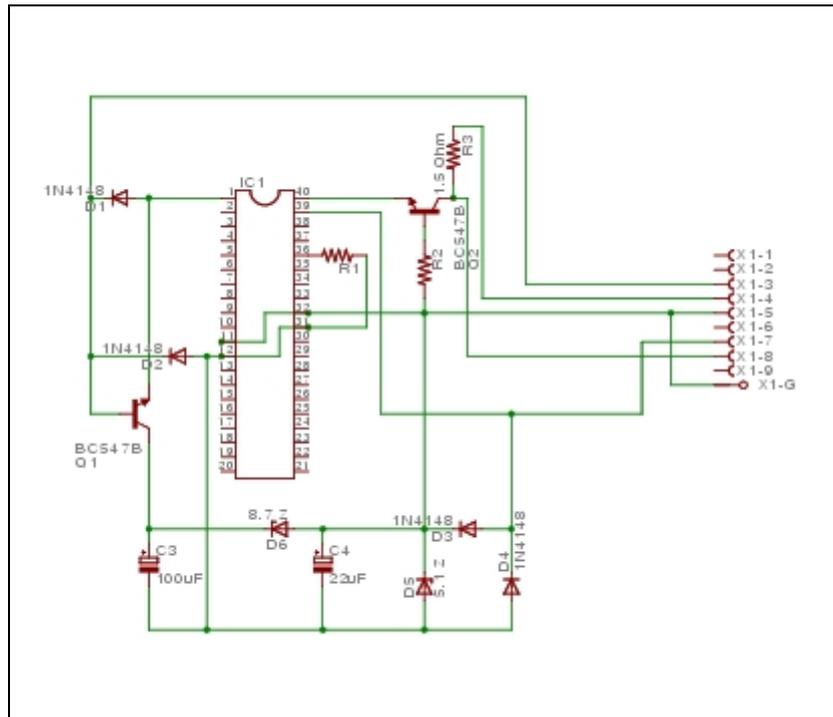
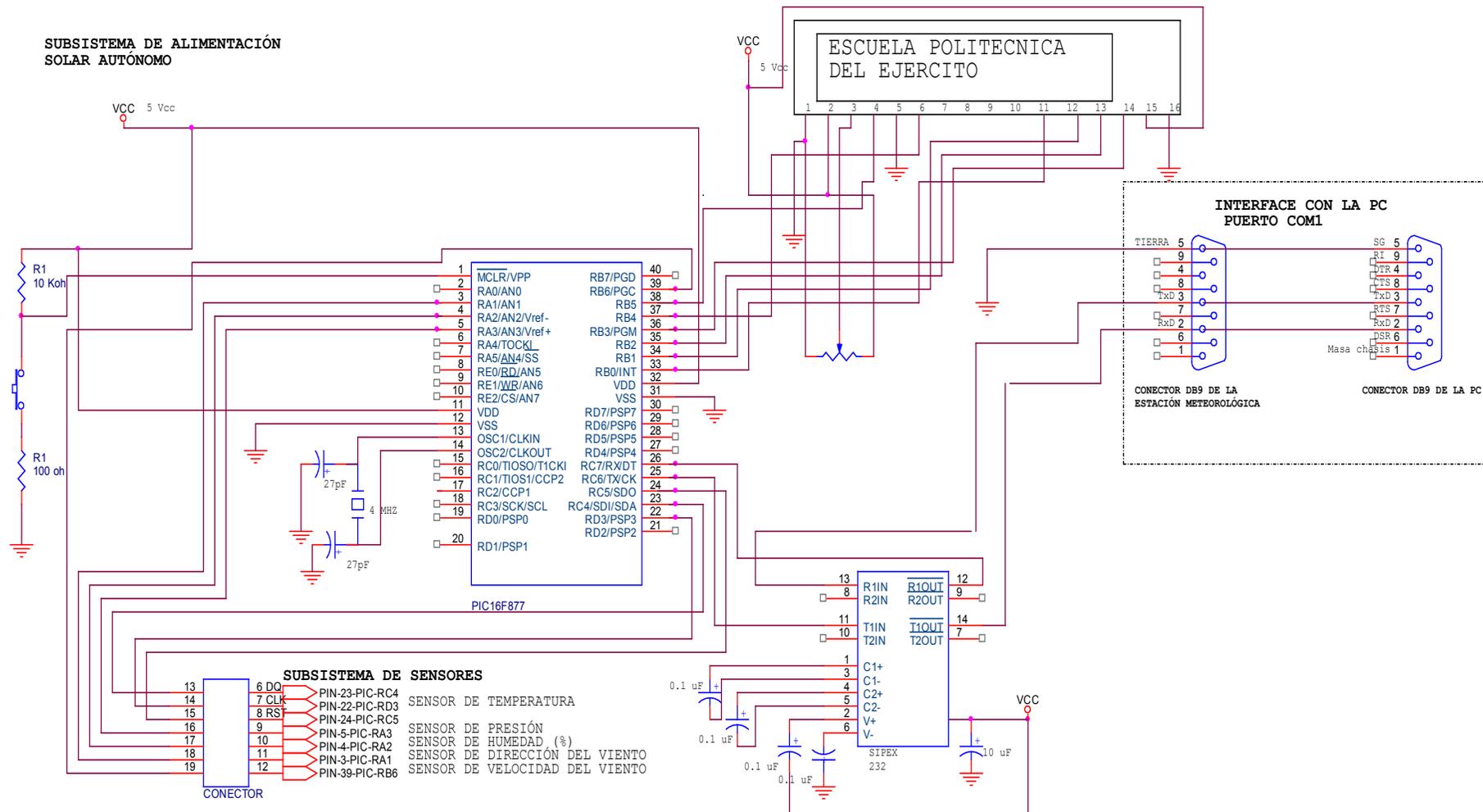


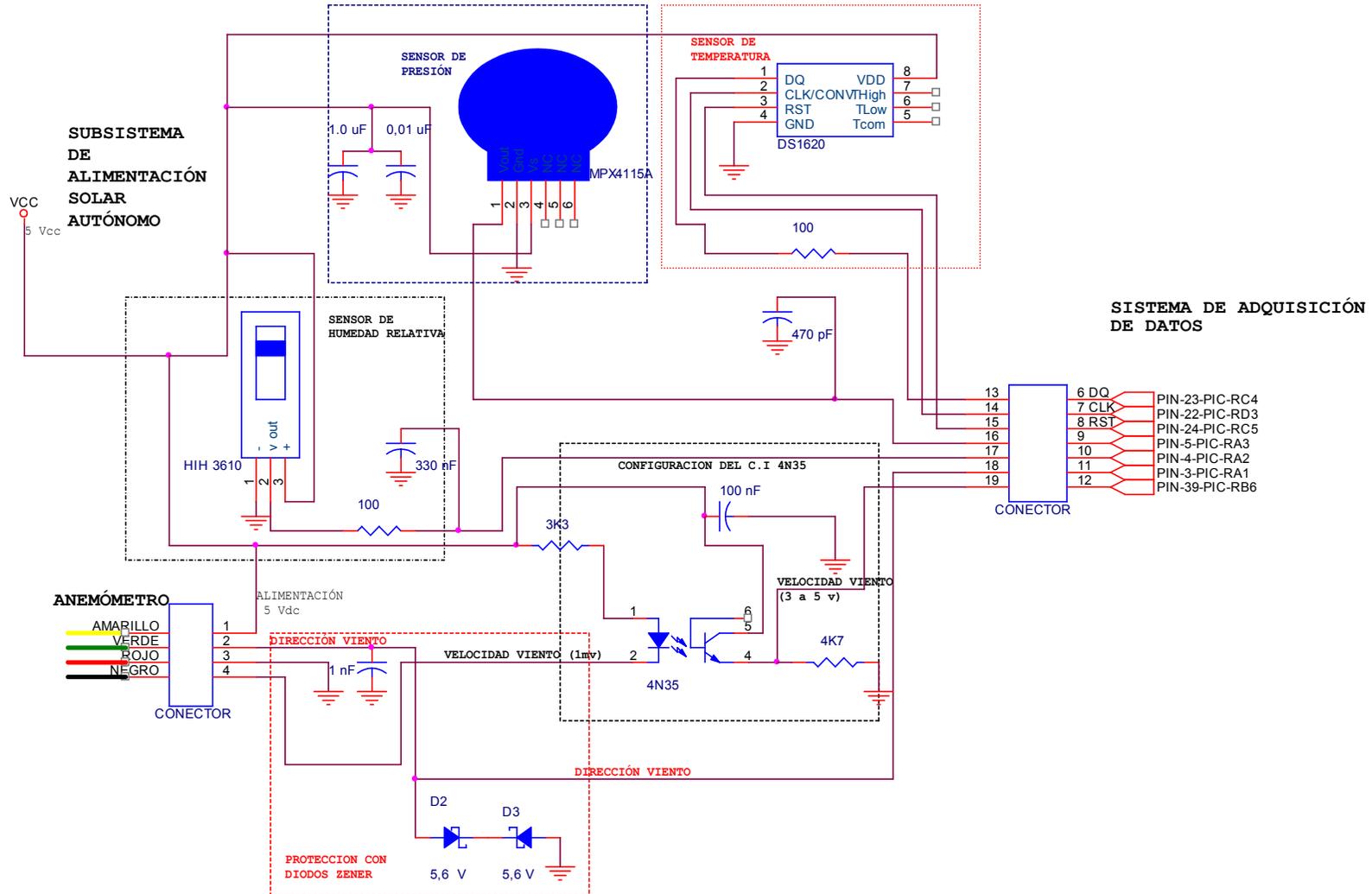
Figura. A.6. Circuito del Programador JDM v1.4 para Gravar μ C

ANEXO 3
CIRCUITO DE LA ESTACIÓN
METEOROLÓGICA

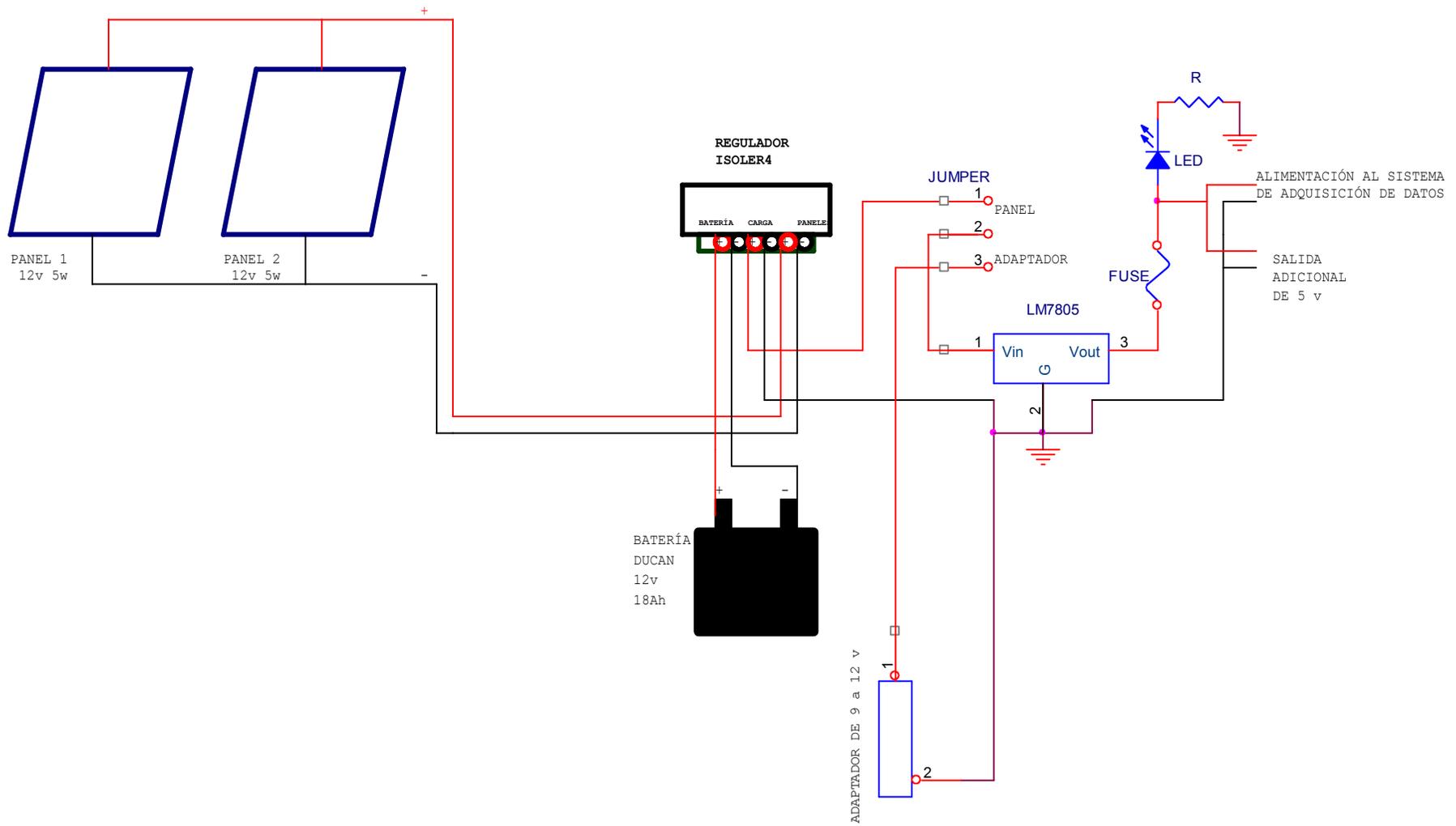
SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



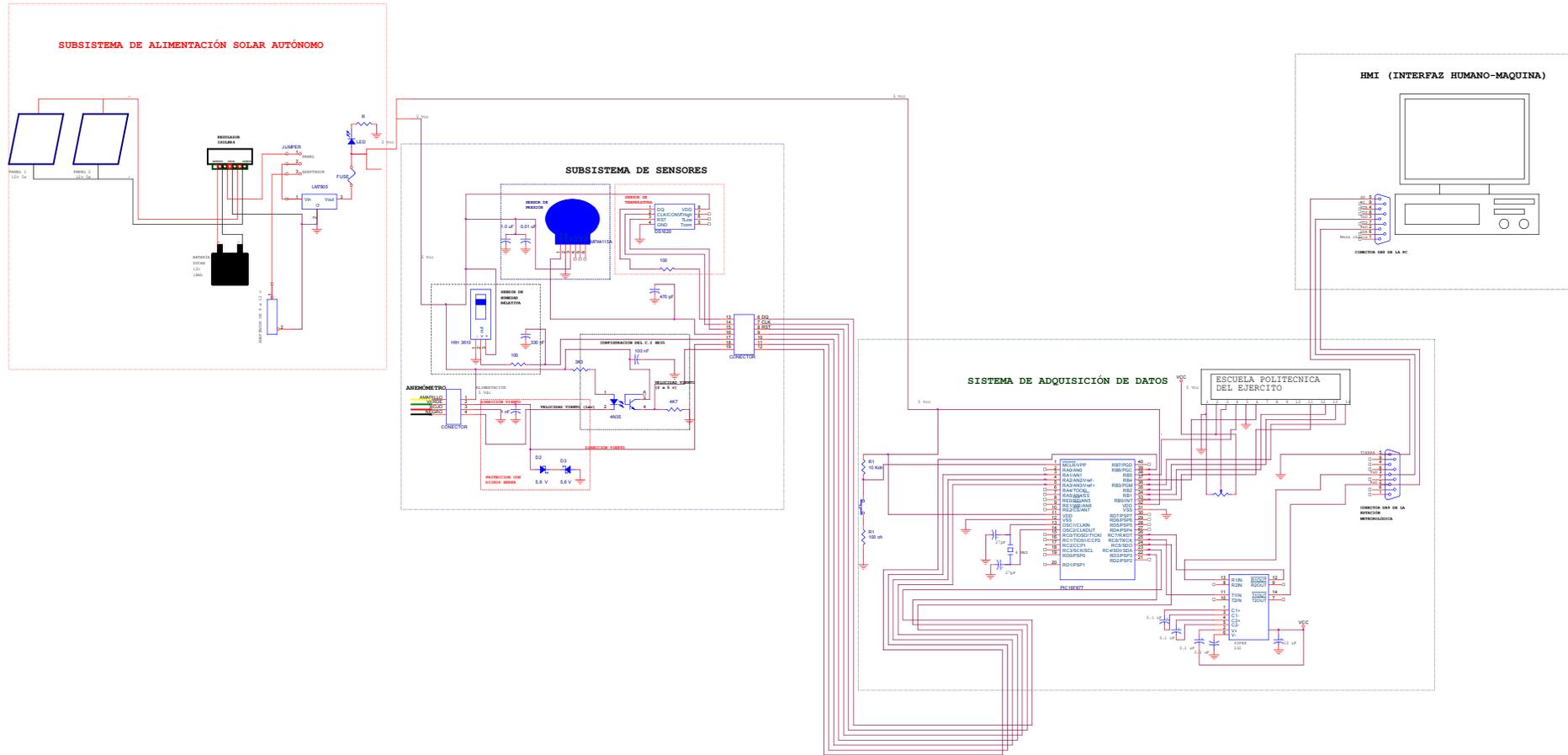
SUBSISTEMA DE SENSORES



SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOLAR AUTÓNOMO



ESTACIÓN METEOROLÓGICA PROTOTIPO



ANEXO 4

COMUNICACIÓN SERIAL EN

LABVIEW

COMUNICACIÓN SERIAL EN LABVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Labview permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactivo basado en software. Usted puede diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería, tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes). Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan *Instrumentos Virtuales (VIs)*, porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real.

Para el manejo del puerto serial, el puerto 0 es similar al COM 1 de la PC, El VI *Serial Port* es el encargado de inicializar el puerto y las demás características correspondientes a cada puerto y definiciones de la comunicación entre los dispositivos como se indica en la Figura A.7.

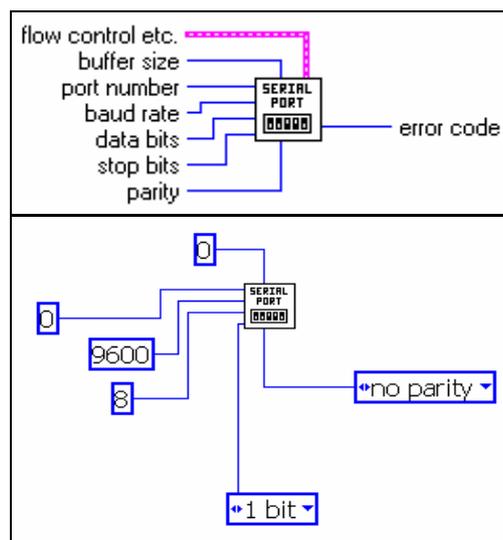


Figura. A.7. Inicialización del Puerto Serial (Serial Port)

A continuación para leer el puerto serial de la PC, utilizamos los siguientes objetos como se observa en la Figura A.8, el primer Vi corresponde a "Bytes at serial port" me da el numero de caracteres leídos por el puerto y es necesario para especificar al siguiente VI, Serail port read, obteniendo la lectura de los caracteres enviados al puerto serial de la PC.

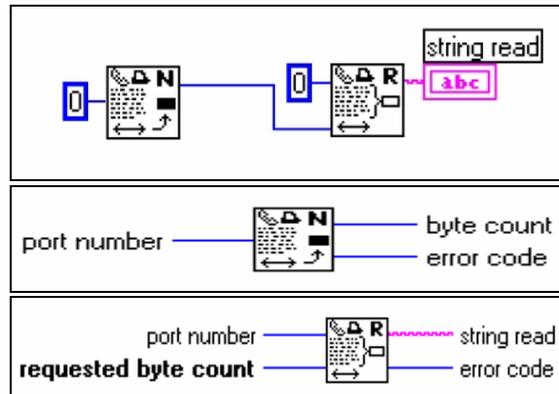


Figura. A.8. Lectura del Número de Caracteres (Bytes at Serial Port)

Posteriormente, luego de leer los datos, y de realizar las operaciones necesarias con los mismos, se finaliza con el cierre del puerto serial con el objeto que se indica en la Figura A.9.

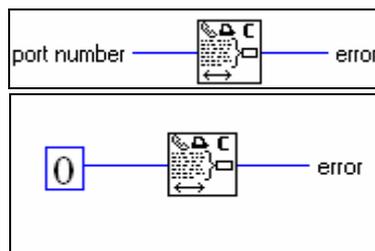


Figura. A.9. Cierre del Puerto Serial (Close Serial Driver)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Diagrama General de la Estación Meteorológica	4
Figura. 2.1. Barómetro, Barógrafo	7
Figura. 2.2. Termómetros y Psicrómetro	8
Figura. 2.3. Anemómetro	9
Figura. 2.4. Veleta y Anemómetro	9
Figura. 2.5. Garita o Abrigo Meteorológico	10
Figura. 2.6. Sistemas Térmicos Solares	13
Figura. 2.7. Sistemas Fotovoltaicos Solares	14
Figura. 2.8. Estructura de un Carácter que se Trasmite en Forma Serial Asíncrono	15
Figura. 2.9. Conector DB 25 y DB 9	19
Figura. 2.10. PIC 16F877	21
Figura. 2.11. Conexión del Cristal Externo	23
Figura. 2.12. DS 1620	25
Figura. 2.13. Forma del Registro para Temperatura	27
Figura. 2.14. Transferencia Datos Lectura	28
Figura. 2.15. Transferencia Datos Escritura	29
Figura. 2.16. HIH 3610-001	30
Figura. 2.17. Construcción del HIH 3610	31
Figura. 2.18. Voltaje de Salida Vs RH a 0, 25 y 85 °C	32
Figura. 2.19. HIH 3610 Series	33
Figura. 2.20. MPX4115A	34
Figura. 2.21. Circuito Interno del MPX4115A	35
Figura. 2.22. Grafica de la Presión Vs Vsalida	35
Figura. 2.23. Banda de Error en Función de Temperatura	37
Figura. 2.24. Distribución de Pines del MPX 4115A	37
Figura. 2.25. Anemómetro	37
Figura. 2.26. Modulo Fotovoltaico 1-5	39
Figura. 2.27. Sección de un Modulo Fotovoltaico	40
Figura. 2.28. Variación de Curva I-V	42

Figura. 2.29. Curva I-V y Curva Potencia Generada	43
Figura. 2.30. Batería Duncan R-1207	43
Figura. 2.31. ISOLER 4	44
Figura. 2.32. Configuración de Terminales ISOLER 4	46
Figura. 2.33. Configuración de Pines del Sipex 232	47
Figura. 3.1. Diagrama de Bloques en General	50
Figura. 3.2. Configuración de Pines del PIC 16F877	51
Figura. 3.3. Diagrama de Conexiones del Sistema de Adquisición de Datos y Control	52
Figura. 3.4. Implementación en Protoboard	53
Figura. 3.5. Diagrama de Pistas del Sistema de Adquisición de Datos y Control	53
Figura. 3.6. Implementación en Placa de Circuito Impreso del Sistema de Adquisición de Datos y Control	53
Figura. 3.7. Caja Hermética	54
Figura. 3.8. Implementación del Sistema de Adquisición de Datos y Control en la Caja	54
Figura. 3.9. Respuesta Lineal de 0° a -40° C, MPX 4115A	57
Figura. 3.10. Recomendación de Alimentación y Filtrado	58
Figura. 3.11. Gráfica de Dirección del Viento (v dc) en Función del Tiempo	59
Figura. 3.12. Representación de la Dirección del Viento	60
Figura. 3.13. Diagrama de Conexiones del Subsistema de Sensores	61
Figura. 3.14. Sensores de la Estación Meteorológica	62
Figura. 3.15. Conexiones del Subsistema de Sensores	62
Figura. 3.16. Diagrama de Pistas del Subsistema de Sensores	63
Figura. 3.17. Implementación en Placa de Circuito Impreso del Subsistema de Sensores	63
Figura. 3.18. Garita Meteorológica	64
Figura. 3.19. Implementación en la Estructura de la Garita Meteorológica	64
Figura. 3.20. Implementación del Subsistema de Sensores en la Estructura	64
Figura. 3.21. Diagrama de Conexiones del Subsistema de Alimentación Solar Autónomo	69
Figura. 3.22. Diagrama de Pistas del Subsistema de Alimentación Solar Autónomo	70
Figura. 3.23. Implementación en Placa de Circuito Impreso del Subsistema de Alimentación Solar Autónomo	70

Figura. 3.24. Implementación Final de la Estación	71
Figura. 4.1. Microcode Studio	73
Figura. 4.2. Diagrama de Flujo del Código Grabado en el PIC 16F877A	78
Figura. 4.3. Interfaz Serial μ C con PC	90
Figura. 4.4. Diagrama para el HMI	94
Figura. 4.5. HMI	94
Figura. 4.6. Registro de Datos	87
Figura.5.1. Conexiones del Subsistema Solar Autónomo	96
Figura.5.2. Pruebas de Carga del Subsistema Solar Autónomo	96
Figura.5.3. Conexiones del Sistema de Adquisición de Datos y Control	97
Figura.5.4. Pruebas del Sistema de Adquisición de Datos y Control	97
Figura.5.5. Conexiones del Subsistema de Sensores	98
Figura.5.6. Pruebas del Subsistema de Sensores	98
Figura.5.7. Estación Meteorológica Implementada	99
Figura.5.8. Visualización de Datos Obtenidos por la Estación Meteorológica	99
Figura.6.1. Estación Comercial Davis Instrument y Estación Meteorológica Diseñada	107
Figura. A.1. Piranómetro	114
Figura. A.2. Pluviómetro	115
Figura. A.3. Sensor de Calidad de Aire	115
Figura. A.4. Sensor de Calidad de Monóxido de Carbono	116
Figura. A.5. MODEM GSM Modelo WM02 G900	117
Figura. A.6. Circuito del Programador JDM v1.4 para Gravar μ C	119
Figura. A.7. Inicialización del Puerto Serial (Serial Port)	126
Figura. A.8. Lectura del Número de Caracteres (Bytes at Serial Port)	127
Figura. A.9. Cierre del Puerto Serial (Close Serial Driver)	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1. Clasificación de Microcontroladores PIC de Microchip	12
Tabla. 2.2. Pines de los Conectores DB 25 y DB 9	18
Tabla. 2.3. Siglas de PIC de Microchip	21
Tabla. 2.4. Rango de Frecuencia y Capacitares para un Cristal o Resonador Externo	22
Tabla. 2.5. Registros de Acceso al Usuario	26
Tabla. 2.6. Relación Datos de Salida y Temperatura Medida	27
Tabla. 2.7. Instrucciones para la Comunicación del DS 1620	29
Tabla. 2.8. Especificaciones del HIH 3610	32
Tabla. 2.9. Ejemplo de Datos (Calibración)	33
Tabla. 2.10. Características de Operación del MPX4115A	36
Tabla. 2.11. Características Físicas y Eléctricas del Módulo 1-5	41
Tabla. 2.12. Características de Batería Duncan R-1207	44
Tabla. 3.1. Consumo de Elementos	65
Tabla. 4.1. Directivas PBP 2.44	73
Tabla. 4.2. Modos de Comunicación con SEROUT	89
Tabla. 5.1. Tabla de Pruebas del Subsistema de Sensores	98
Tabla. 5.2. Tabla de Resultados de la Estación Meteorológica y Agrometeorológica del IASA	101
Tabla. 6.1. Costo de la Estación Meteorológica	102
Tabla. 6.2. Cuadro Comparativo entre Estación Diseñada y Davis Instrument	106

GLOSARIO

B

BAUDIO El número de bits de información transmitidos por segundo.

C

CI Circuito Integrado

CMOS Complementary metal oxide semiconductor (semiconductor de óxido metálico complementario)

CPU Central Processing unit (Unidad de procesamiento central)

E

EEPROM Electrically erasable programmable read only memory (Memoria sólo de lectura (ROM) programable eléctricamente borrable)

EIA Electronics Industry Association (Asociación de Industrias Electrónicas de los Estados Unidos)

H

HARDWAREConjunto de todos los componentes tangibles del sistema.

HG Milímetros de Mercurio

HMI Human Machine Interface (Interfaz Hombre Máquina).

I

I2C Inter Integrated Circuit (interconexión de Circuitos Integrados)

L

LSB Least significant bit (Bit menos significativo)

M

Mb Milibares

MHz Mega Hz

MAP Múltiple Presión Absoluta

O

OMM Organización Mundial de Meteorología

**OPTOACO-
PLADOR** Interfase que permite el acoplamiento de dos circuitos teniendo como media la luz.

P

PC Personal Computer (Computadora Personal)

PIC Peripheral interface Controller (Circuito Integrado Programable)

PLC Controlador Lógico Programable

R

RAM Random access memory (memoria de acceso aleatorio)

RH Humedad Relativa

RS232 Norma de Comunicación Serial

S

SOFTWARE Conjunto de componentes intangibles del sistema, tales como programas y archivos.

SPI Serial Peripheral Interface (Interface serial perifericos)

T

TTL Transistor Transistor logic (lógica Transistor Transistor)

U

μA Micro amperios

μC Micro Controlador

Sangolquí, 24 de julio del 2006

HOJA DE LEGALIZACIÓN

ELABORADO POR:

Tnte. de Com. Abad Páez Walberto Antonio

AUTORIDADES:

Tern. de EM. Ing. Martinez Xavier
Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica

Dr. Jorge Carvajal
Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica