



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE INGENIERIA

Banco de Sembradoras Mecánica y Neumática para Agricultura  
de Precisión con Control Automático de Dosificación Variable en  
Tiempo Real

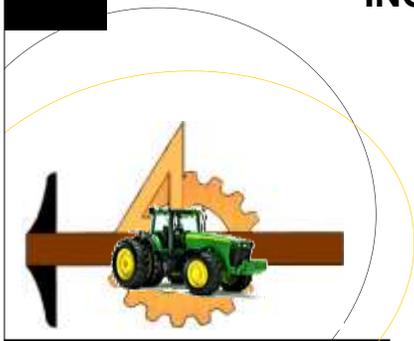
Por:

**Ariel Méndez Cifuentes**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERIA

Banco de sembradoras mecánica y neumática para agricultura de precisión con control automático de dosificación variable en tiempo real.

Por:

Ariel Méndez Cifuentes

Tesis:

Que se somete a consideración de H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

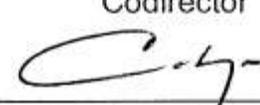
INGENIERO MECANICO AGRICOLA

Aprobado por el Comité de Tesis

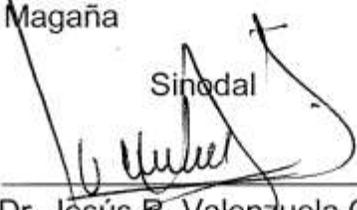
Director de Tesis

  
Dr. Santos G. Campos Magaña

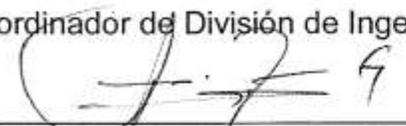
Codirector

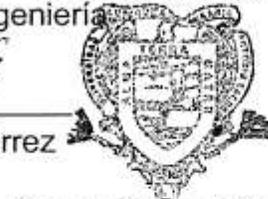
  
Dr. Martin Cadena Zapata

Sinodal

  
Dr. Jesús R. Valenzuela García

Coordinador de División de Ingeniería

  
M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez



Coordinación de  
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2012

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **DIOS**, por haberme dado la vida, esa fuerza superior quien me regala cada amanecer, por proveerme de todo lo necesario para salir adelante, por todo lo que me ha dado y por sobre todo quien me regala el entendimiento para realizar cada reto de mi vida.

A la **UAAAN** por haberme abierto sus puertas y dado la oportunidad de superarme para poder terminar una carrera profesional, así como brindarme todas las herramientas necesarias para enfrentarme a la vida. **Gracias Alma Máter**. Así como también a las demás instituciones que me encaminaron académicamente.

Al **Dr. Santos G. Campos Magaña**, por su gran y valioso apoyo que me ha brindado, por su enseñanza, por el tiempo dedicado en el desarrollo de este proyecto, por su excelente dirección y asesoría técnica en este trabajo de tesis.

Al **Dr. Martín Cadena Zapata** por su valiosa enseñanza, por compartir sus conocimientos y por la buena disposición de llevarnos por este camino. Por la confianza de trabajar en el Departamento de Maquinaria Agrícola.

A los distinguidos profesores del departamento de Maquinaria Agrícola en especial al **M. C. Héctor Uriel Serna Fernández, M. C. Juan Antonio Guerrero Hernández, M. C. Blanca Elizabeth de la Peña Casas, Ing. Juan Arredondo Valdez, Dr. Jesús Valenzuela García, Ing. Tomás Gaytan Muñiz, Ing. Jorge Flores Berrueto, Ing. Rosendo González Garza**, y a todos aquellos profesores que aportaron sus conocimientos y experiencias durante el desarrollo de mi carrera.

A mis **Compañeros de Generación CXII** de la carrera de Ing. Mecánico Agrícola, en especial a, **Edgar Osorio, Andi Gadiel, Juan A. López, Jesús Gutiérrez, Víctor Torres, Víctor Avendaño, Juan Carlos, Javier, Candelario, Oscar Álvarez, Paul, Eduardo Engracia, Pablo Ávila, Abelardo Hernández, Yoniver, Samuel Sarao** gracias a todos ellos por su amistad. Y los que no pueden faltar **Alexander Bonifaz y Luis Santiago**, por brindarme su amistad sincera y desinteresada.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo fue producto del esfuerzo y sacrificios de muchas personas por tal motivo es para ustedes.

A mis padres:

**Sr. Jesús Romeo Méndez Rivera**  
**Sra. Lucila A. Cifuentes Pérez**

A mi **Madre** que es el ser más maravilloso de todo el mundo. Gracias por tu apoyo incondicional, tus consejos, tu cariño y comprensión que desde niño me has brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles, quien siempre está pendiente de encomendarme en sus oraciones y de pedir por mí, para que cada día sea mejor, no solo en lo que hago, sino de ser mejor como persona.

A mi **Padre** porque desde pequeño ha sido para mí un gran hombre maravilloso al que siempre he admirado, porque nos enseñó que la vida no es fácil y desde entonces a su modo nos guió por este camino. Muchas gracias, este sueño también es de ustedes.

A mis hermanos:

**Limber, Reynaldo, Arcely, Antonio, Verónica Marvith, Rusbi**  
**Gudiel y Josman Darwin**

A todos ustedes gracias por brindarme todo su cariño y apoyo en todo momento, y que este logro también es de ustedes, me siento muy orgulloso de tenerlos como hermanos, gracias por creer en mí y los logros que obtenga serán logros que por ustedes conquistare.

A mi **Novia** Dolores Barranco Valle: Por todo su cariño, consejos, paciencia y comprensión. Gracias por todo lo que reconoces en mí y porque a pesar de todo, me has acompañado en todo.

A mis amigos Lenin, Alejandro, Exar, Paola, por todos estos años de amistad. Y a todos aquellos, que han quedado en los recintos más escondidos de mi memoria, pero que fueron partícipes en cada etapa de mi vida, GRACIAS.

## INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	vi
INDICE DE CUADROS .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1.- Objetivos .....	3
1.1.1.- Objetivo general.....	3
1.1.2.- Objetivos específicos .....	3
1.2.- Hipótesis .....	3
<b>II.- REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1.- Antecedentes .....	4
2.2.- Agricultura de precisión .....	4
2.2.- Funciones de una sembradora.....	10
2.3.- <i>Siembra de precisión</i> .....	10
2.3.1.- Factores que afectan el llenado de celdas y daño en la semilla .....	11
2.4.- Variabilidad .....	12
2.4.1.- Medición de la variabilidad.....	13
2.4.2.- Mapa de Rendimiento.....	15
2.5.- <i>Dosis variable</i> .....	17
2.6.- <i>Microcontroladores</i> .....	18
2.6.1.- PIC16F84A .....	19
2.7.- LabView .....	20

<b>III.- MATERIALES, EQUIPOS Y METODOS</b> .....	22
3.1.- Localización del área de trabajo.....	22
3.2.- Materiales.....	22
3.3.- Metodología .....	27
3.3.1.- Familiarización con la elaboración de software. ....	27
3.3.2.- Tablero Virtual .....	27
3.3.3.- Acoplamiento del IV con los microcontroladores al banco de sembradoras.....	28
3.3.4.- Pruebas de control automático para la sembradora.....	30
<b>IV.- RESULTADOS</b> .....	32
4.1.- Programas para desarrollo del software. ....	32
4.1.1.- Programa de Pulsos. ....	32
4.1.2.- Programa de frecuencia.....	34
4.2.- Evolución de los circuitos.....	34
4.3.- Configuración de variador de frecuencia .....	36
4.4.- Funcionamiento de componentes. ....	37
4.5.- Conexiones de equipo de trabajo. ....	39
4.6.- Evolución del programa en LabView.....	40
4.6.1.- Programa base_02. ....	40
4.6.2.- Programa base_1. ....	44
4.6.3.- Programa base_2. ....	45
4.6.4.- Programa base_3. ....	47
4.7.- Evaluación del dosificador Neumático Max Emerge 7200 de la marca John Deere. ..	49
<b>V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	52
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	54
<b>ANEXOS</b> .....	57
Anexo A.....	57

A.1.-Poner en marcha los programas realizados en LabView (I.V) .....	57
Anexo B.....	60
B.1.- Gráficas de calidad de dosificación de semillas reales e ideales en los diferentes rangos de velocidad de semillas. ....	60
Anexo C.....	62
C.1.- Generalidades del PIC16F84A.....	62
C.1.1.- El oscilador externo.....	67
C.1.2.-Reset.....	68
C.2.- Características de la estructura RISC del CPU. ....	69
C.3.- Características de los periféricos .....	70
C.4.- Arquitectura interna .....	70
C.4.1.- Memoria de programa.....	71
C.4.2.- Registros (Memoria RAM).....	72
C.4.3.- Descripción de los registros. ....	72
Anexo D.....	74
D.1.- Uso del MPLAB y grabado del microcontrolador. ....	74
D.2.- Grabado del microcontrolador .....	76
Anexo E.....	80
E.1.- Poner en servicio el convertidor MITSUBISHI FREQROL-A 200 .....	80
E.1.1.- Dirección de instalación y espacios.....	80
E.1.2.- Instrucciones de cableado.....	81
E.1.3.- Conexión del suministro de energía y el motor .....	83
E.1.4.- Modo de operación.....	84
E.1.5.- Verifique puntos durante la corrida de prueba.....	87
E.1.6.-Estructura de la unidad de parámetro .....	88
E.1.6.1.-Instalacion de la unidad de Parámetro .....	88
E.1.6.2.-Dirija la instalación al Inversor.....	90

E.1.6.3.-Función de la unidad de parámetro .....	90
E.1.7.- Modo de operación.....	91
E.1.7.1.- Modo de operación de fábrica .....	91
E.1.8.-Operación.....	92
E.1.9.-Lista de parámetros.....	93
Anexo F .....	97
F.1.- Códigos y diagramas de los programas implementados .....	97
Anexo G. ....	103
G.1.- Simulación con MPLAB & Proteus 7.0 .....	103

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Las tres etapas de la agricultura de precisión, Fuente: AGCO .....	5
Figura 2.2.- Esquema del círculo virtuoso de la Agricultura de Precisión.....	7
Figura 2.3.- Esquema del sistema verión adaptado a la sembradora Agro-metal Mega Neumática testada por el INTA Manfredi. ....	8
Figura 2.4.- Mapa de preproducción.....	13
Figura 2.5.- Mapas de rendimiento de diferentes años .....	14
Figura 2.6.- Variabilidad de la estimación del rendimiento .....	14
Figura 2.7.- A la izquierda, representación de los datos de posición y rendimiento, sin tratamiento con SIG. A la derecha, la misma parcela tras tratar los datos con un SIG. <a href="http://www.c4-ingenieros.es/empresa1.htm">http://www.c4-ingenieros.es/empresa1.htm</a> .....	15
Figura 2.8.- Manejo de sitio específico.....	19
Figura 2.9.- Diagrama de pines del PIC16F84A.....	19
Figura 2.10.- Panel Frontal, aquí se muestra el resultado de la programación .....	20
Figura 2.11.- Diagrama de bloques, aquí se realiza la programación. ....	21
Figura 3.1.- Sistemas de dosificadores de semillas.....	22
Figura 3.2.- Motoreductor 1:30. ....	22

Figura 3.3.- Variador de frecuencia.....	23
Figura 3.4.- Sensores de semillas y de velocidad. ....	23
Figura 3.5.- Banco de sembradoras. ....	23
Figura 3.6.- Un microcontrolador PIC16F84. ....	24
Figura 3.7.- Logotipo del Software MPLAB IDE Versión 8.1. ....	24
Figura 3.8.- Quemador PICSTART Plus.....	24
Figura 3.9.- Logotipo de Software Proteus 7 Profesional. ....	25
Figura 3.10.- Logotipo de Software LabView 2009 de National Instrument. ....	25
Figura 3.11.- Tarjeta de adquisición de datos PCI-NI-6221.....	25
Figura 3.12.- Tarjeta de conexión de señales. ....	25
Figura 3.13.- Sensor optoelectrónico.....	25
Figura 3.14.- Disco con 30 perforaciones.....	26
Figura 3.15.- Dos tarjetas electrónicas para recibir señal de los sensores de caída de semilla. ....	26
Figura 3.16.- Tarjeta electrónicas para contar pulsos.....	26
Figura 3.17.- Una computadora personal. ....	26
Figura 3.18.- Conocer como se usa LabView.....	28
Figura 3.19.- Acoplamiento de los componentes ....	29
Figura 3.20.- Diagrama de actividades para la evaluación de sembradora ....	30
Figura 4.1.- Simulación en PMLAB & PROTEUS.....	32
Figura 4.2.- El quemador o grabador PICSTART Plus. ....	33
Figura 4.3.- Tarjeta.....	33
Figura 4.4.- Frecuencia requerida en la pantalla. ....	34
Figura 4.5.- Tarjeta con circuitos implementados.....	35
Figura 4.6.- Circuitos para el sensor opto electrónico. ....	35
Figura 4.7.- Circuitos terminados. ....	35

Figura 4.8.- Variador de frecuencia .....	36
Figura 4.9.- Conexión del variador .....	36
Figura 4.10.- Conexión para hacer la verificación de los Microcontroladores (PIC16F84) de frecuencia y caída de semilla. ....	37
Figura 4.11.- Frecuencia en la pantalla de cristal e Instrumento virtual.....	38
Figura 4.12.- Conexiones de equipo de trabajo.....	39
Figura 4.13.- Programa base_02 contador de semillas reales e ideales y control de voltaje al variador .....	45
Figura 4.14.- Grafica de línea ajustada de la frecuencia del variador. ....	44
Figura 4.15.- Programa base_1 contador de semillas, de frecuencia y control de voltaje al variador con un tabulador.....	45
Figura 4.16.- Programa base_2 control de voltaje a través de una base de datos, con ajuste de tiempo variable de velocidad de dosificación. ....	46
Figura 4.17.- Programa base_2 Diagrama de Bloques (parte derecha) es donde se realiza la programación y el cableado entre los componentes para su función en el ambiente de I.V. ....	47
Figura 4.18.- Programa base_3 control de voltaje a través de una base de datos, cada 500 pulsos. ....	48
Figura 4.19.- Programa base_3 Diagrama de Bloques (parte derecha) es donde se realiza la programación y el cableado entre los componentes para su función en el ambiente de I.V. ....	48
Figura 4.20.- Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador neumático con semillas de frijol.....	50
Figura A.1.- Abrir Programa base_ 02.....	57
Figura A.2.- Abrir paleta de de herramientas Tools pallets.....	57
Figura A.3.- Clic en Run y escribir nombre del archivo.....	58
Figura A.4.- Progreso de conteo de caída de semilla .....	58
Figura A.5.- Escribir a cero el voltaje al variador .....	59
Figura A.6.- Ver el archivo con el nombre guardado. ....	59
Figura A.7.- Se visualiza la informacion en Microsoft Excel .....	59

Figura B.1.- Gráfica de comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 500 semillas por minuto.....	60
Figura B.2.- Gráfica de comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 674 semillas por minuto.....	60
Figura B.3.- Gráfica de comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 900 semillas por minuto.....	61
Figura B.4.- Gráfica de comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 1100 semillas por minuto.....	61
Figura C.1.- Diagrama de pines del PIC16F84A. ....	64
Figura C.2.- Los puertos no utilizados se deben conectar a la fuente. ....	66
Figura C.3.- Conexión de un oscilador de cristal.....	67
Figura C.4.- Conexión de un oscilador RC. ....	68
Figura C.5.- Conexión del botón de reset.....	69
Figura C.6.- Arquitectura interna del PIC16F84. ....	71
Figura C.7.- Mapa de la memoria de programa.....	71
Figura C.8.- Registros del PIC16F84.....	73
Figura C.9. Contador de programa de (13 bits).....	73
Figura D.1.- Selección del programa “.asm”.....	75
Figura D.2.- Procedimiento para el ensamblado. ....	75
Figura D.3.- USB Adapter Keyspan.....	76
Figura D.4.- PICSTART Plus.....	76
Figura D.5.- Habilitación del PICSTART Plus.....	77
Figura D.6.- Selección de puertos. ....	77
Figura D.7.- Para leer el contenido.....	78
Figura D.8.- Verificación de memoria. ....	78
Figura D.9.- Borrar memoria.....	79
Figura D.10.- Borrar la memoria del microcontrolador.....	79
Figura D.11.- Grabar en el microcontrolador. ....	79

Figura D.12.- Conexión del PICSTART Plus .....	79
Figura E.1.- Placa de potencia .....	80
Figura E.2.- Dirección de instalación y espacios .....	80
Figura E.3.- En MC1 y MC2 .....	82
Figura E.4.- Conexión del variador.....	83
Figura E.5.- Conexión en las terminales R1 y S1.....	83
Figura E.6.- Esquema del variador de frecuencia .....	89
Figura E.7.- Instalación del PU en el inversor. ....	90
Figura E.8.- Función de la unidad de Parámetro.....	92
Figura E.9.- Seleccionar el modo de operación de fábrica.....	91
Figura E.10.- Procedimiento operativo .....	92
Figura F.1.- Cuerpo del programa del Pulsador_05B.....	97
Figura F.2.- Circuito Led_5.....	98
Figura F.3.- Cuerpo del Programa Pulsador_057.....	98
Figura F.4.- Cuerpo del programa Rebotes_Final .....	99
Figura F.5.- Circuito para el Pulsador_Final.....	100
Figura F.6.- Circuito para frecuencias del programa Int_Cuadradas_01 .....	103
Figura G.1.- Ensamblar programas. ....	104
Figura G.2.- Habilitar Proteus para simulación.....	104
Figura G.3.- Ejecución del programa ISIS en MPLAB.....	105
Figura G.4.- Habilitar circuito en ISIS .....	105
Figura G.5.- Programa circuitos para simulación. ....	106
Figura G.6.- Inicio de simulación.....	106
Figura G.7.- Terminar simulación.....	106

## INDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 2.1.-</i> Etapas para la aplicación de agricultura de precisión (Adaptado de USDA,1986). .....	9
Cuadro 4.1.- Pruebas de conteo en el Programa (I.V) y en la tarjeta (circuito). .....	38
Cuadro 4.2.- Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de un dosificador neumático Max Emerge 7200 John Deere para semilla de frijol. ....	49
Cuadro 4.3.- Comparación de calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 337 semillas por minuto. ....	50
Cuadro 4.4.- Comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 1348 semillas por minuto. ....	51
Cuadro C.1.- Lista de características del PIC16F8x. ....	63
Cuadro C.2.- Descripción de Pines .....	65
Cuadro E.1.- Modo de operación del variador .....	84
Cuadro E.2.- Elementos principales de la operación .....	86
Cuadro E.3.- Verificación de puntos durante la prueba .....	87
Cuadro E.4.- Lista de parámetros para función del variador. ....	93

## RESUMEN

Esta Tesis forma parte del proyecto: DESARROLLO DE EQUIPOS SENSORES E INSTRUMENTOS PARA AGRICULTURA DE PRECISIÓN Y LABRANZA DE CONSERVACIÓN. El cual tiene entre sus objetivos el desarrollo de sistemas de evaluación de dosificadores variables de semilla tanto del tipo neumático como del tipo mecánico. Este trabajo se circunscribe en la verificación de la calidad y variabilidad de dosificación para semilla de frijol del dosificador Max Emerge 7200 de la marca John Deere, para lo cual se construyeron dos tarjetas electrónicas para recibir señales de caída de semillas real e ideal y una tarjeta electrónica para recibir señal del sensor opto electrónico que cuenta las semillas ideales , así como también se diseñaron programas para el control automático de dosificación variable utilizando el software LabView (I.V) y Microsoft Office Access desplegando la información registrada en tiempo real en el I.V y guardada en Microsoft Office Excel. Se utilizó el programa con el nombre **base\_02** para realizar dicha evaluación utilizando también un variador de frecuencia, motor-reductor, sistemas de transmisión, sensor de caída de semilla, sensor opto electrónico y sensor de velocidad de siembra. Para la semilla de frijol en un rango de velocidad de siembra de 330 hasta 1350 semillas/minuto. De acuerdo con los resultados obtenidos de calidad de dosificación de semillas reales e ideales en la velocidad de 337 semillas/minuto y en la de 1348 semillas/minuto se puede deducir que a bajas velocidades de semilla mayor uniformidad y a mayor velocidad de semilla menor uniformidad en cuanto a calidad de dosificación de semilla. El mejor comportamiento del dosificador neumático Max Emerge 7200 oscila entre las 330 hasta 1200 semillas/minuto con un porcentaje de llenado de celda del  $100 \pm 5\%$  con un coeficiente de correlación del 87.8%, lo cual se puede deducir que el dosificador es muy eficiente para la agricultura de precisión dentro de este rango. Dos de los programas desarrollado en LabView requieren de reprogramación para el registro de la base de datos en una sola tabla de Excel y el programa base\_3 requiere de una modificación que permita dosificaciones cada 500 pulsos por cambio de prescripción.

**PALABRAS CLAVES:** Agricultura de Precisión, Dosificador Neumático, Frijol, Dosificación Variable, LabView, Programación, Control Automático, Instrumento Virtual.

## I.- INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión o manejo de sitio específico es la utilización de herramientas que permiten la obtención y análisis de datos georeferenciados, mejorando el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de insumos, así como una disminución sustantiva en la contaminación.

A nivel mundial las oportunidades y riesgos actuales en la producción de alimentos está vinculada con: alta demanda mundial de alimentos (granos, carne, aceite, proteína, bioenergía); alta demanda y costo de petróleo y gas natural en todo el mundo (el gas natural es 90% del costo de la producción de amoníaco); aumento del área fertilizada en el mundo; deficiencias de nutrientes que limitan la producción de cultivos y forrajes, así como altos niveles de contaminación ambiental entre otros.

Una forma de contrarrestar estos efectos y corregir algunas de sus causas es mediante el manejo óptimo en la aplicación de insumos en la agricultura, para la aplicación de esta tecnología se requiere de una fase de diagnóstico previo de rendimiento combinado con muestreo de ambientes para determinar los factores limitantes de la producción, así como su localización precisa para poder de ahí realizar las prescripciones en tiempo real y sitio específico de insumos.

Se requiere para lo anterior contar con sistemas que integren entre otros por AgDGPS (Sistema de Posicionamiento Global Diferencial), sensores, SIG (Sistema de Información Geográfica), así como equipos de dosificación variables de insumos. A nivel mundial como un indicador existen alrededor de 20 países que han incorporado estos sistemas inteligentes y automatizados en la aplicación de insumos agrícolas, entre los que destacan Estados Unidos con 30,000 unidades de producción, Argentina con 1,200, Brasil con 250, Reino

Unido con 400, México con **cero** unidades. Actualmente en la UAAAN (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) no se cuenta con maquinaria ni equipos e instrumentos automatizados Para docencia e investigación en mecanización para la agricultura de precisión. Por tal motivo durante la convocatoria interna 2009 para proyectos de investigación de la universidad fue presentado y autorizado un proyecto de investigación denominado: “DESARROLLO DE EQUIPOS, SENSORES E INSTRUMENTOS PARA AGRICULTURA DE PRECISIÓN Y LABRANZA DE CONSERVACIÓN”, cuyos objetivos planteados fueron:

1. Fortalecer la enseñanza e investigación en agricultura de precisión.
2. Evaluación de calidad de equipos agrícolas de labranza de conservación.
3. Desarrollo de un sistema de simulación de dosis variable de semillas.
4. Sistema de dosificación variable de semillas en tiempo real.
5. Desarrollo de equipo para la generación de mapas de conductividad eléctrica resistencia al corte y penetración geo-referenciados.
6. Desarrollo de un Sistema Integral para el monitoreo de fuerzas en equipos de labranza.

“El presente trabajo de tesis se circunscribe en el objetivo número 4 con las siguientes finalidades”:

Se validará un banco de pruebas en el cual se evaluará un sistema de dosificación de semillas de tipo neumático en términos de eficiencia del llenado de celdas por efecto de la velocidad de siembra. Para el sistema de control de dosificación variable se emplearan sensores de frecuencia de caída de semilla y de velocidad de siembra. El sistema de control de velocidad de dosificación variable será a través de un variador de frecuencia con control automático programado en LabView(I.V); en donde se comparara la eficiencia de dosificación variable registrando en forma digital la dosificación real vs dosificación programada empleando la tarjeta PCI - NI-6221. Los ajustes a los dosificadores se harán para un tipo de semilla (Frijol), seis niveles de dosificación (rangos) y dos rangos de velocidad de siembra (5 -10 km/h).

## **1.1.- Objetivos**

### **1.1.1.- Objetivo general**

Contar con un Banco de dosificador variable de semillas con registro automático de dosificación real vs dosificación teórica para docencia e investigación que integre la digitalización de dosificación variable de semilla con control automático de velocidad, desplegando en tiempo real la dosificación.

### **1.1.2.- Objetivos específicos**

- Diseñar y construir un registro automático de semillas.
- Monitorear el desempeño de sembradoras en tiempo real mediante el uso de programación de objetos (VI).
- Desarrollo de un tablero Virtual que permita monitorear la velocidad de dosificación de semilla.
- Evaluar el comportamiento de la sembradoras neumática con semillas de frijol.

## **1.2.- Hipótesis**

Se comprobará si los dosificadores de semilla que permiten ser empleados en la agricultura de precisión tienen dosificación del  $100 \pm 10 \%$  por efecto de la velocidad de siembra.

## **II.- REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1.- Antecedentes**

Actualmente en el país se tiene 2 millones de hectáreas susceptibles a trabajarse en el sistema de agricultura de precisión y sin embargo, no se tienen antecedentes de que en el país se encuentran operando predios comerciales bajo este sistema; se requiere, además desarrollar infraestructura y equipo para docencia e investigación en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Es necesario que los alumnos de la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola se familiaricen con la calidad de operación de dosificadores variables de insumos, así como con sistemas de registro, monitoreo y control automático de los mismos.

### **2.2.- Agricultura de precisión**

La agricultura de precisión no consiste solamente en medir la variabilidad existente en el área sino también en la adopción de prácticas administrativas que se realizan en función de esa variabilidad. De acuerdo con Robert (1999), la observación de la existencia de la variabilidad en las propiedades o factores determinantes de la producción en los agroecosistemas no es una novedad. Lo que es diferente, en realidad, es la posibilidad de identificar, cuantificar y mapear esa variabilidad. Más aún, es posible georeferenciar y aplicar los insumos con dosis variables en puntos o áreas de coordenadas geográficas conocidas.

Del Campo (2005) define la agricultura de precisión como: “El uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote”. La agricultura de precisión involucra el uso de sistemas de posicionamiento global y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo. La información obtenida puede usarse para implementar planes de manejo de la variabilidad. Junto a la biotecnología, la agricultura de precisión es uno de los cambios tecnológicos más importantes

que ha vivido la agricultura en los últimos años.

Los agentes involucrados en el desarrollo y adopción de las prácticas de agricultura de precisión suelen dividir este conjunto de tecnologías en tres etapas diferentes AGCO 2005 (Allis Corporación Gleaner), (Figura 2.1): 1) Recolección de datos 2) Procesamiento e interpretación de la información 3) Aplicación de insumos. Con base en ello, se define un ciclo de prácticas agrícolas orientado a sustituir la recomendación habitual de insumos en base a valores promedio, como ocurre en la agricultura tradicional, por una más precisa, con manejo localizado, considerando las variaciones tradicionales en toda el área. Es una optimización del uso de los insumos porque deposita en el suelo la cantidad de semilla que cada punto soporta, la cantidad de nutrientes requerida, y además el control de malezas, plagas y enfermedades se hace solamente en los puntos que demanden tal control.

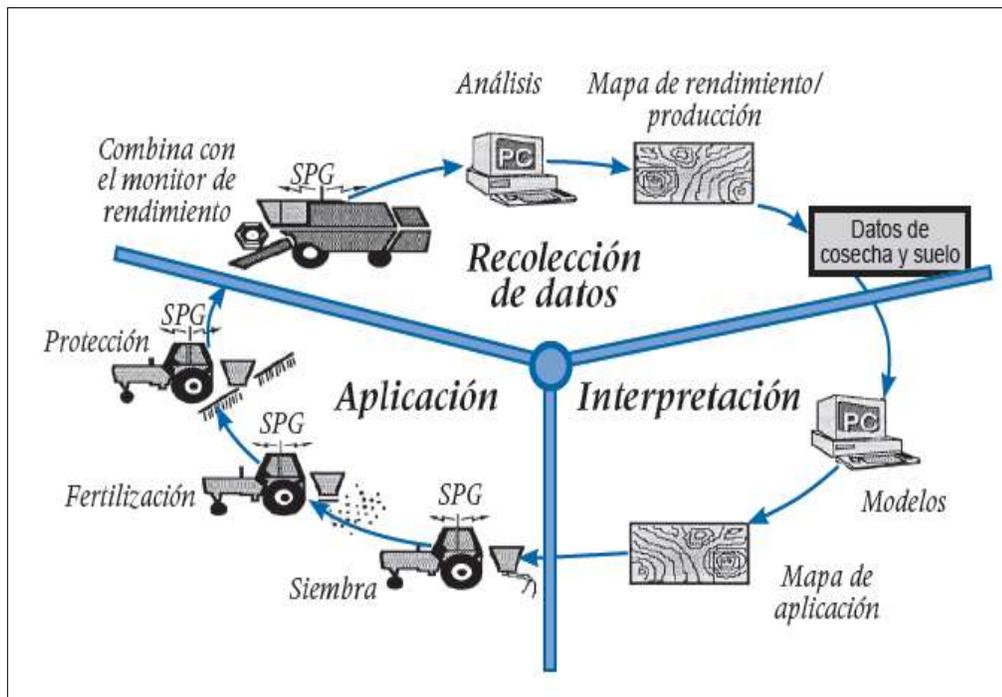


Figura 2.1.- Las tres etapas de la agricultura de precisión, Fuente: AGCO

La agricultura de precisión podría definirse como “...un conjunto de prácticas agrícolas utilizadas para identificar y registrar la variabilidad de ciertos parámetros agronómicos dentro de un mismo lote. Sobre la base de dicha información se aplican dosis variables de insumos posicionándolos en el lote acorde a la necesidad de un nivel de productividad prefijado”. Definición propuesta por Maroni y Gargicevich (1996). *Bongiovanni (2003) define la agricultura de precisión como:* Es la utilización de modernas herramientas capaces de facilitar la obtención y análisis de datos geo-referenciados, mejorando el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de insumos. Mayor producción con sostenibilidad del ambiente productivo”. *Rizzo (2004) define agricultura de precisión como:* Conceptualmente la Agricultura de Precisión es una nueva forma integrada de gerenciamiento de la información de los cultivos, basada en la existencia de la variabilidad espacial y temporal de la unidad mínima de manejo en la agricultura tradicional”.

Lo que hoy en día se conoce como agricultura de precisión es una actividad que tiene como principales objetivos conocer con una determinada precisión la variabilidad del suelo sin disminuir la superficie de trabajo, vinculando unívocamente las variables que intervienen en la parcela, logrando la sustentabilidad productiva del suelo, regulando el impacto ambiental promoviendo la conservación del recurso suelo y por último obteniendo un aumento en la rentabilidad económica del producto.

La idea es relativamente simple: maximizar la producción y minimizar los costos.

Actualmente se sigue avanzando en los conocimientos agronómicos, en la apuesta a punto de las herramientas de cosecha de datos georreferenciados, en el diseño de ensayos y en el desarrollo de nuevas herramientas como los sensores remotos de tiempo real; la percepción remota aportara importantes adelantos tecnológicos. También y por otro camino paralelo se está mejorando

la precisión, facilidad de utilización, bajando los costos de todo el equipamiento necesario para equipar un tractor, ya sea con una fertilizadora, sembradora, o pulverizadora para realizar en forma eficiente la aplicación de insumos variables, a partir de una prescripción, de acuerdo a la necesidad real de cada sitio del lote (Norton, et al., 2001).

Los insumos que pueden integrarse y aplicarse en forma variable bajo un planteo de agricultura de precisión son los fertilizantes, los herbicidas y pesticidas, la semilla y la cosecha, como se puede observar en el esquema del círculo virtuoso de Agricultura de Precisión, figura 2.2.

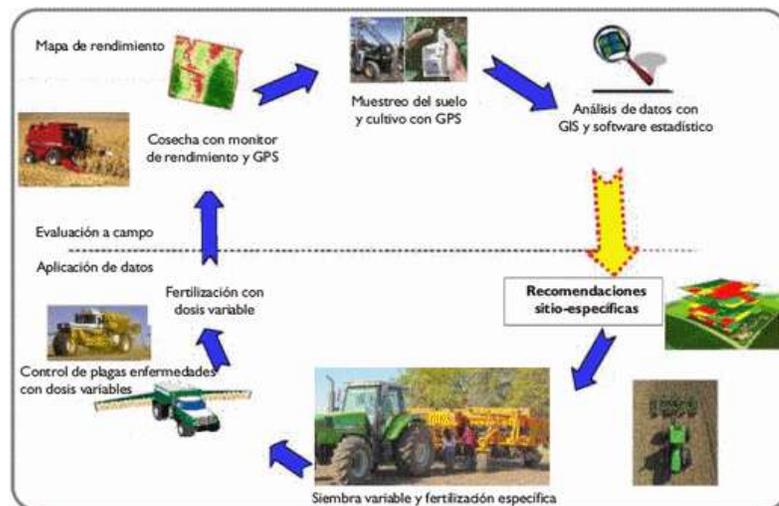


Figura 2.2.- Esquema del círculo virtuoso de la Agricultura de Precisión.

[http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/\\_precop\\_-agricultura-de-precision-y-siembra-variable-de-insumos-en-tiempo-real.pdf](http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/_precop_-agricultura-de-precision-y-siembra-variable-de-insumos-en-tiempo-real.pdf)

Este equipamiento no requiere diseño ni construcciones especiales en la sembradora. En este caso el equipamiento está montado sobre una sembradora Agrometal TX Mega 12/52.5 equipada con doble fertilización en la línea y al costado 2x2. Distribuidor neumático de semilla por succión, con accionamiento de turbina en forma hidráulica por bomba acoplada a la TDP. Distribuidor de semilla/tren cinemático, motor hidráulico variable. El sistema de fertilización es doble dosificación con distribuidor tipo chevron; tren cinemático comandado por

motor hidráulico. El resto de la sembradora es igual al resto de las Agrometal Mega convencionales y el incremento de costo no es significativo, se puede observar en la figura 2.3.

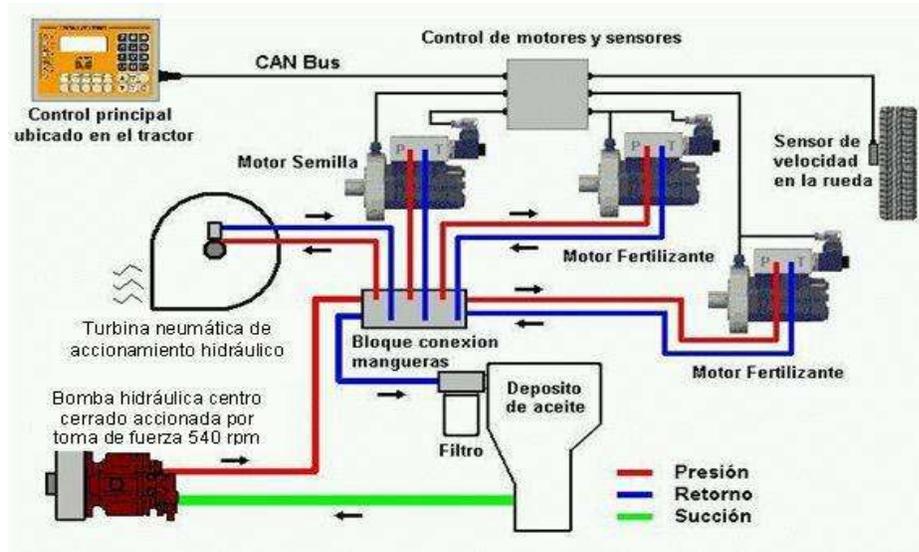


Figura 2.3.- Esquema del sistema verión adaptado a la sembradora Agro-metal Mega Neumática testada por el INTA Manfredi.

[http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/\\_precop\\_-agricultura-de-precision-y-siembra-variable-de-insumos-en-tiempo-real.pdf](http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/_precop_-agricultura-de-precision-y-siembra-variable-de-insumos-en-tiempo-real.pdf)

En el Cuadro 2.1 se presentan las principales etapas o pasos para la aplicación de AP (Agricultura de Precisión), las tecnologías involucradas y las actividades realizadas.

En AP existen dos aproximaciones para la aplicación variable de insumos. La primera de ellas se basa en el muestreo y mapeo de los factores de producción a ser manejados en forma diferencial (fertilidad del suelo, malezas, etc.) y la posterior elaboración de mapas de prescripción para la aplicación variable de los insumos (fertilizantes, herbicidas, etc.). La segunda aproximación es el sensoriamiento directo del suelo y/o el cultivo para la aplicación inmediata de los insumos en forma variable. El uso de una u otra dependerá del nivel tecnológico disponible y del costo de operación involucrado.

Cuadro 2.1.- Etapas para la aplicación de agricultura de precisión (Adaptado de USDA, 1998).

<b>ETAPA</b>	<b>TECNOLOGÍA INVOLUCRADA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
<i>Recolección e ingreso de datos.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sistemas de posicionamiento global (GPS).</i></li> <li>• <i>Sistemas de información geográfica (SIG).</i></li> <li>• <i>Instrumentos topográficos.</i></li> <li>• <i>Sensores remotos.</i></li> <li>• <i>Sensores directos.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Medición de la topografía del suelo.</i></li> <li>• <i>Muestreo de suelos en grilla.</i></li> <li>• <i>Recorrido de los cultivos para la detección de plagas y enfermedades.</i></li> <li>• <i>Monitoreo de rendimientos.</i></li> <li>• <i>Medición directa de propiedades del suelo y cultivos.</i></li> <li>• <i>Sensoriamiento remoto de suelos y cultivos.</i></li> <li>• <i>Digitalización de mapas.</i></li> </ul>
<i>Análisis, procesamiento e interpretación de la información.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Programas de SIG.</i></li> <li>• <i>Sistemas expertos.</i></li> <li>• <i>Programas estadísticos.</i></li> <li>• <i>Experiencia del operador.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Análisis de dependencia espacial.</i></li> <li>• <i>Confección de mapas de evaluación.</i></li> <li>• <i>Confección de mapas de prescripción.</i></li> <li>• <i>Otras.</i></li> </ul>
<i>Aplicación diferencial de insumos.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Tecnología de dosis variables.</i></li> <li>• <i>Pulverización asistida por GPS.</i></li> <li>• <i>Programas computacionales.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aplicación variable de nutrientes.</i></li> <li>• <i>Aplicación variable de plaguicidas.</i></li> <li>• <i>Siembra diferencial de variedades y aplicación variable de semillas.</i></li> <li>• <i>Otras.</i></li> </ul>

## **2.2.- Funciones de una sembradora**

Para la realización de una buena siembra se requiere que una sembradora efectúe las siguientes funciones (Kepner, 1978):

- ✓ Abra el surco para la semilla a una determinada profundidad.
- ✓ Mida la semilla.
- ✓ Deposite la semilla en el surco dentro de un patrón aceptable.
- ✓ Cubra la semilla y compacte el suelo alrededor de la semilla a un grado propio para el tipo de semilla involucrado.

La sembradora debe ser capaz de no dañar la semilla para que haya una buena germinación, la semilla debe ser colocada en el suelo de tal manera que todos los factores que afectan a la germinación y a las labores de emergencia sean tan favorables como sea posible.

Las partes de una sembradora de precisión, (Ortiz ,1989) son las siguientes:

- ❖ Bastidor
- ❖ Discos cortadores de residuo
- ❖ Abridor de surcos
- ❖ Dosificador de semilla
- ❖ Dosificador de fertilizante
- ❖ Tapadores de surcos
- ❖ Transmisión
- ❖ Sensores de dosificación
- ❖ Turbina

## **2.3.- Siembra de precisión**

(Ortiz, 1989) menciona las condiciones que se deben de reunir para que una siembra pueda denominarse de precisión:

- ☞ Las semillas deben ser de tamaño uniforme y forma preferiblemente esférica.
- ☞ Las celdas deben de ser de tamaño apropiado para las semillas. Los platos y otras partes críticas del mecanismo de medición deben de ser fabricadas con exactitud.
- ☞ Las semillas deben tener tiempo suficiente para entrar en las celdas para lo cual es importante la velocidad periférica del plato.
- ☞ Debe de existir un buen cepillo con objeto de evitar siembras múltiples y barrer las semillas mal colocadas con el objeto de que no se quiebren.
- ☞ Debe de existir un sistema positivo de inyección de las semillas de modo que las obligue a caer por el tubo de salida.
- ☞ El tubo de caída debe ser de un diámetro pequeño, liso, recto y debe terminar en la proximidad del fondo del surco, con el objeto de que no se retrase la semilla durante la caída. Así, sembrando a una velocidad de 5 km/hr, con un espacio de 5 cm, si una semilla se retrasa 1/30 seg, al caer, será alcanzada por la semilla siguiente.
- ☞ Las semillas deben situarse a la profundidad adecuada y no deben desviarse por rebote o rodar en el surco.

### **2 .3.1.- Factores que afectan el llenado de celdas y daño en la semilla**

El porcentaje de llenado de las celdas para una sembradora dada esta influenciado por factores tales como: el tamaño máximo de las semillas en relación al tamaño de la celda, el rango de tamaño de la semilla, la forma de estas, la forma de las celdas, el tiempo de exposición de una celda a la semilla dentro del depósito y la velocidad lineal de la celda (Kepner, 1978).

El porcentaje de llenado de la celda se define como el número total de semillas descargadas dividido por el número total de celdas pasando por el punto de descarga de acuerdo a esta definición el 100% de llenado de las celdas no necesariamente significa que cada celda contenga a una semilla, pero meramente implica que alguna celda pueda estar vacía y que otras sean

llenadas por múltiples semillas. La distribución más uniforme de la semilla es usualmente obtenida con combinaciones de semilla, tamaño de la celda y velocidad de la celda, que proporcionan alrededor de 100% del llenado promedio de las celdas.

$$\% \text{ Llenado de celdas} = \frac{\textit{semillas reales}}{\textit{semillas teoricas}} \times 100$$

<http://www.c4-ingenieros.es/empresa1.htm>

## 2.4.- Variabilidad

Los mapas de rendimiento permiten cuantificar la variabilidad de rendimiento existente durante la cosecha de un cultivo dentro del lote, quedando grabada espacialmente.

La variabilidad de los lotes es uno de los factores que pueden justificar la realización de dosis variable en la siembra, fertilización, pulverización, etc y gracias al GPS y algunas herramientas de la Agricultura de Precisión, entre ellas monitor de rendimiento, podemos conocer el área que ocupa cada sitio y cuantificar sus diferencias de rendimiento.

Comprender la variabilidad es una de las claves de la Agricultura de Precisión. Se han identificado tres formas principales de variabilidad a tener en cuenta: Espacial, temporal y en la estimación.

- La variabilidad espacial: Es la que se da a lo largo y ancho del terreno. Esta variabilidad se puede reflejar mediante mapas de suelo. Si esta variabilidad es significativa, es el agricultor el que debe tomar las decisiones, aunque lo normal es contrastar este mapa con los de rendimiento.
- La variabilidad temporal: Se pone de manifiesto al comparar mapas de rendimientos de un año a otro, y su significado debe también ser deducido, aunque se pueden obtener mapas de tendencias que muestren las características fundamentales.

- La variabilidad en la estimación: Es la diferencia de lo estimado, con respecto a lo obtenido. Para un correcto aporte de inputs, se deben hacer ciertas aseveraciones, para obtener el rendimiento estimado. Si ese rendimiento no se obtiene, las aseveraciones que se hicieron en un primer momento, deberán ser mejoradas.

Antes de entrar a tomar decisiones respecto a estas variabilidades, se deben comprender, y por lo tanto previamente medirlas.

#### **2.4.1.- Medición de la variabilidad**

La variabilidad espacial: Esta se puede medir mediante la obtención de datos sobre factores con localización precisa. Los mapas de rendimiento se producen realizando un seguimiento del rendimiento a la cosechadora, o máquina recolectora, tal que se conoce la cantidad cosechada en un determinado tiempo. Un DGPS (GPS Diferencial) se utiliza para obtener la localización de la posición de los rendimientos que se están obteniendo. Un sistema similar se utiliza para el muestreo del suelo, excepto si las muestras se recogen a mano, y se envían posteriormente a laboratorio para su análisis, en este último caso se utiliza un GPS para el posicionamiento del lugar de toma de muestras (Figura 2.4).

Estos datos se filtran y se representan como mapas que muestran la variabilidad espacial.

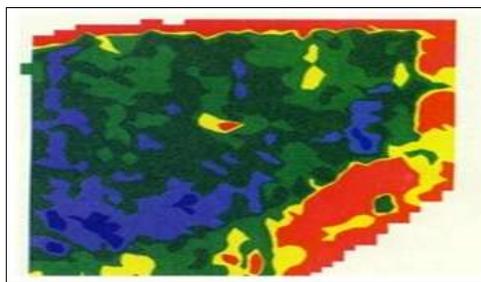


Figura 2.4.- Mapa de preproducción.

La variabilidad temporal: Se obtiene mediante la observación y comparación de mapas que han sido obtenidos a lo largo del tiempo. (Fig. 2.5)

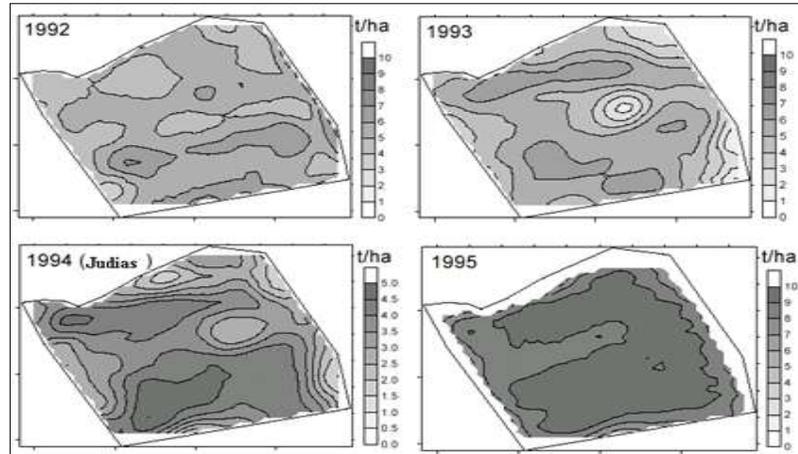


Figura 2.5.- Mapas de rendimiento de diferentes años.

La variabilidad en la estimación: Esta variabilidad se obtiene midiendo la diferencia entre los valores para el cultivo, y los valores conseguidos. Los valores que más se utilizan son los de área de producción, el rendimiento y calidad. La calidad es difícil de predecir, hasta los estadios tardíos de la producción, mediante la medida de la clorofila, y la realización de un mapa de clorofila. (Figura 2.6).

La mayoría de los trabajos publicados relacionados a sistemas de determinación de producción de productos agrícolas para la elaboración de mapas de rendimiento están en el área de granos, donde empresas como JOHN DEERE (1998), CASE (1999) y AGCO (1999) desarrollaron sensores de flujo de masa específicos para determinar la producción y la humedad de granos y software para manejar estos datos y generar los mapas de rendimiento.

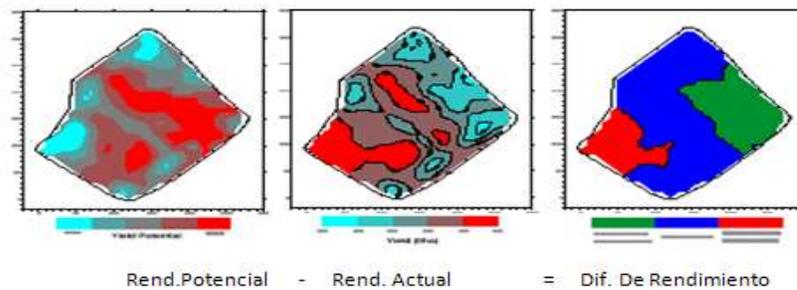


Figura 2.6.- Variabilidad de la estimación del rendimiento.

## 2.4.2.- Mapa de Rendimiento

La práctica más importante, quizá, son los mapas de rendimiento. Para ello son necesarias una serie de tecnologías, tomemos como ejemplo una cosechadora de cereal, como se puede apreciar en la figura (2.7).

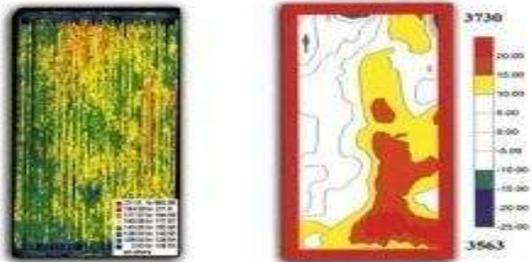


Figura 2.7.- A la izquierda, representación de los datos de posición y rendimiento, sin tratamiento con SIG. A la derecha, la misma parcela tras tratar los datos con un SIG. <http://www.c4-ingenieros.es/empresa1.htm>

Será necesario un receptor GPS montado sobre la cosechadora, el cual obtendrá segundo a segundo la información de la posición en el campo, a medida que la cosechadora avanza por el campo. Además, esta cosechadora debe tener 2 sensores, uno para medir el flujo de grano, y otro para medir la humedad del grano cosechado. A medida que la máquina avanza, un ordenador recoge la información que le llega del GPS, con un intervalo de 1.2 segundos registrando la latitud y la longitud, y de los dos sensores.

Normalmente la información se almacena en memoria PCMCIA, la cual puede extraerse de este ordenador, y pasar su información posteriormente al ordenador de la oficina.

Si se realizase una representación de esta información, se obtendría la parte izquierda de la figura 2.7, la cual como se ve es difícil de interpretar. Por lo tanto es necesario un software que permita una mejor lectura o interpretación de los datos, estos programas informáticos son los SIG (Sistemas de Información Geográfica). Así la figura antes mencionada, aparecerá suavizada, como en la parte derecha de la figura 2.7.

Elías (1997) que relató el desarrollo, construcción y uso a campo, de un sistema de instrumental y adquisición de datos para el mapeo de producción en granos. El sistema consistía en la medición automática de peso de los granos cosechados utilizando una sub-tolva granelera apoyada sobre cuatro células de carga dentro de la tolva de la cosechadora, sin ninguna modificación estructural de la misma, obteniendo un error máximo de 3.99 N para una capacidad de la sub-tolva de 4.905 N. La principal ventaja del sistema de pesaje automático, desarrollado por Elías, está en permitir la obtención directa del peso de los granos cosechados, sin necesidad de sensores para la medición del flujo de granos y calibración para cada cultivo.

Balastreire (1998) que presenta el potencial de utilización de los conceptos de AP en el cultivo de la caña de azúcar. En su artículo el autor resalta entre los principales beneficios que la aplicación de este concepto puede ofrecer, como: a) posibilidad de reducción de polución ambiental, b) beneficios económicos, donde la reducción del costo final del producto puede ser obtenida reduciendo los insumos en los puntos de bajo potencial de producción y redireccionandolo a los puntos de mayor potencial, c) ganancia de productividad, con aumento de producción y un aumento de la cantidad de azúcar de caña disponible. Además según Balastreire el potencial de aplicar los conceptos de AP en el cultivo de la caña de azúcar se divide en cuatro puntos:

- Mapa de suelo: Este mostrará el potencial de fertilidad del suelo, y permitirá establecer las estrategias de aplicación de fertilizantes.
- Mapa de cultivo: Permitirá obtener mapas georeferenciados de los tablones del cultivo en sus diferentes estadios.
- Mapa de cosecha: Se puede obtener un mapa de producción de cada celda dentro de un tablón. Con la Georeferenciación se tiene la localización exacta de cada celda, entonces, se puede verificar en el lugar cual fue el motivo de la baja de producción.
- Aplicación localizada de insumos: La decisión sobre el mejor método de gerenciamiento del área puede ser hecho por medio de programas de

computación específicamente realizados para la agricultura que proporcionan mapas de aplicación localizada de insumos. Con el auxilio de equipamientos especiales para el control de aplicación se puede aplicar la cantidad requerida en cada celda para así utilizar el máximo potencial de producción.

Schneider *et al.*, (1996) desarrollaron un sistema de monitoreo de producción de papa que consistía en un acondicionador de señales y una unidad de control (SCCU), sensor para medir la velocidad de la correa transportadora de las celdas de carga, DGPS, computadora a bordo y un modem con frecuencia de radio (RF). El sensor de masa (celda de carga) fue montado en una barra con una escala de fondo de 225 kg. El sensor de velocidad de la correa transportadora fue fijado al lado del eje en el cual fue montado un magneto. Los tiempos registrados en un archivo fueron ajustados para corregir la diferencia de tiempo entre el momento de cosecha y el momento de pesaje, "lag time". Fue usado un algoritmo para determinar la media de las medidas de peso dentro de una distancia fija de 15 m. En este método es preferible usar un número fijo de puntos, considerando la posibilidad de inicio y fin de las operaciones de la máquina.

### **2.5.- Dosis variable**

Una de las herramientas que interesa a asesores y productores, en particular, es la dosis variable que actualmente apunta a mejorar el manejo de los insumos, lo que dependerá del cultivo y del fertilizante que se utilice. Ejemplo de esto son los ensayos que buscan curvas de respuesta a la fertilización, que se realizan con nitrógeno y en gramíneas (maíz y trigo básicamente). Por ello, variar las dosis en estos cultivos y con éxito va a depender de los conocimientos que tengamos sobre rendimientos en los diferentes ambientes, el porcentaje de variabilidad del lote y del objetivo que persiga el asesor o productor. Algunos buscan obtener respuestas agronómicas (en vez de una respuesta meramente económica). En Figura 2.8 se muestra una de las herramientas que se utilizan para el manejo de sitio específico.

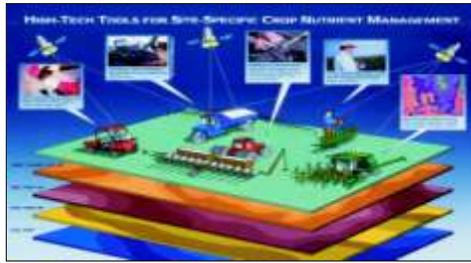


Figura 2.8.- Manejo de sitio específico.

Cuando se busca solamente rentabilidad, esta no siempre es la mejor para el suelo. Habría que tener en cuenta que la dosis variable se debería hacer con datos precisos de rendimiento, recomendaciones y sabiendo si se quiere lograr un resultado agronómico o económico. Hacer dosis variable sin tener en claro un objetivo podría llevar al fracaso de la tecnología.

Los pasos a seguir para llegar a buenos resultados en dosis variable de semilla y fertilizantes. Contar con información georreferenciada es un paso importante en la aplicación variable de insumos, nos permite determinar la variabilidad presente en el lote. Para ello, existen diferentes herramientas que nos pueden llevar a una mejor definición de los ambientes homogéneos presentes en el lote como pueden ser: carta de suelos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, entre otras. Una de las herramientas más destacadas es el mapa de rendimiento, debido a que el mismo, nos permite saber, no solo la variabilidad presente en el lote, sino también su cuantificación. En forma metafórica, es como una radiografía del lote. Esta información tan valiosa se puede conseguir mediante un monitor de rendimientos montado en una cosechadora y el mismo conectado a un GPS.

## **2.6.- Microcontroladores**

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene una Unidad Central de Proceso (CPU) y una serie de recursos internos en un solo encapsulado. El CPU permite que el microcontrolador pueda ejecutar instrucciones almacenadas en una memoria. Los recursos internos son memoria RAM, memoria ROM, memoria EEPROM, puerto serie, puertos de entrada/salida, temporizadores, comparadores, etc. Se puede decir que es una evolución del microprocesador,

al añadirle a este último las funciones que antes era necesario situar externamente con otros circuitos. El ejemplo típico esta en los puertos de entrada/salida y en la memoria RAM, en los sistemas con microprocesadores es necesario desarrollar una lógica de control y unos circuitos para implementar las funciones anteriores, con un microcontrolador no hace falta porque lo lleva todo incorporado, además en el caso de tener que ampliar el sistema ya ofrece recursos que facilitan esto. En resumen, un microcontrolador es un circuito integrado independiente, que no necesita memoria ni puertos externos pues los lleva en su interior, que facilita la tarea de diseño y reduce el espacio, traduciéndose todo a una aplicación final más económica y fiable.

### 2.6.1.- PIC16F84A

Es el PIC con memoria Flash más popular. Cuenta con una Memoria de Programación serial de 1024 instrucciones y 64 localidades de memoria RAM. La memoria de programación es eléctricamente borrable ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM. Internamente cuenta con un contador de tiempo. Este PIC se presenta en un Chip de dieciocho pines de los cuales 13 están disponibles como Entradas / salidas. Figura 2.9

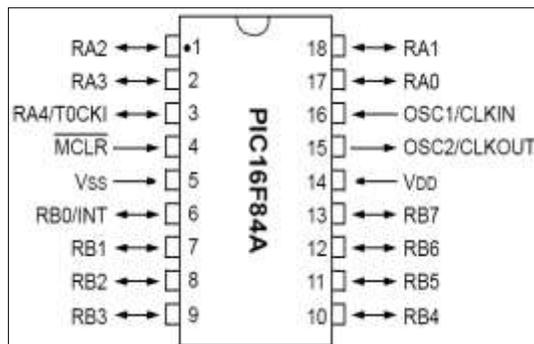


Figura 2.9.- Diagrama de pines del PIC16F84A.

El PIC16F84 (Anexo C) es un microcontrolador de Microchip Technology, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden.

## 2.7.- LabView

LabView es un revolucionario entorno de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medida y presentaciones de datos. LabView le da la flexibilidad de un potente ambiente de programación, pero mucho más sencillo que los entornos tradicionales. Lenguaje Desarrollado para Medida, Control y Automatización a diferencia de los lenguajes de propósito general, LabView tiene funciones específicas para acelerar el desarrollo de aplicaciones de medida, control y automatización.

<http://digital.ni.com/worldwide/spain.nsf/web/all/AF4C3DCD8ED8042C80256C68004330AB?OpenDocument>,

Los programas desarrollados en LabView llevan por nombre instrumento virtual que es un módulo software que simula el panel frontal de instrumentación que antes hemos comentado y, apoyándose en elementos hardware accesibles por el computador (tarjetas de adquisición, tarjetas DSP, instrumentos accesibles vía GPIB, RS-232, USB, ethernet).

Cuando se trabaja en el ambiente LabView con dos ventanas: una en la que implementara el panel frontal (figura 2.10) y otra que soporta el nivel de programación (figura 2.11). Para la creación del panel frontal se dispone de una librería de controles e indicadores de todo tipo y la posibilidad de crear más, diseñados por el propio usuario.



Figura 2.10.- Panel Frontal, aquí se muestra el resultado de la programación.

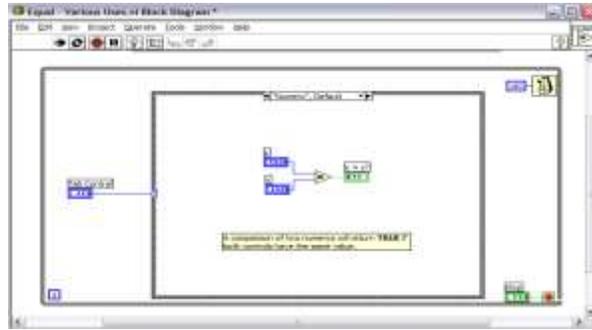


Figura 2.11.- Diagrama de bloques, aquí se realiza la programación.

Anzures (2001) Diseño de un medidor de energía virtual, empleando LabView, el cual indica, de manera digital, en una computadora personal (PC), el consumo de ésta a nivel residencial. El instrumento virtual, censa las señales de voltaje y corriente del sistema, para ser llevadas a la PC a través de una tarjeta de adquisición de datos. Además, indica el voltaje y corriente en ms; potencias activa, reactiva y aparente; demanda máxima; factor de potencia y genera un espectro de frecuencia de las señales. Actualmente, permite capturar eventos en sistemas monofásicos en intervalos de tiempo definidos por el usuario; por defecto el instrumento maneja 5 y 15 min de acuerdo a los estándares de Comisión Federal para sus medidores de estado sólido.

Burgos (2003) desarrolló un control de un horno microondas casero convencional que fue adaptado para ser usado como medio de calentamiento en un proceso de destilación de agua. En la automatización del proceso se usó LabView y una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments con la que se tomó registro de la temperatura dentro del horno y se enviaba la señal de encendido y apagado del horno. Para el control de la temperatura dentro del horno microondas se usó una termocupla, la cual era la responsable de realizar la realimentación del sistema para informar al programa y mantener el nivel de temperatura dentro de la cavidad en los niveles deseados para la destilación.

### III.- MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

#### 3.1.- Localización del área de trabajo

La evaluación se realizó en el departamento de Maquinaria Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo y se localiza al suroeste de Coahuila en las coordenadas 101°59'17" Long. Oeste y 25°23'59" Lat. Norte a una altura de 1600 msnm.

#### 3.2.- Materiales

Para la evaluación de todo el sistema de dosificación de semillas en tiempo real se empleó un dosificador neumático Max Emerge 7200 de la Empresa John Deere para Agricultura de precisión con control automático para dosificación variable; se emplearon equipos e instrumentos, los cuales se describen a continuación:

- 1) Un sistema de dosificador de semillas. Neumático, Max Emerge 7200. (Fig. 3.1)



Figura 3.1.- Sistemas de dosificadores de semillas.

- 2) Motoreductor 1:30. (Fig. 3.2)



Figura 3.2.- Motoreductor 1:30.

- 3) Variador de frecuencia, Mitsubishi FREQROL- A200. (Fig. 3.3)



Figura 3.3.- Variador de frecuencia.

- 4) Sensores de semillas y de velocidad. (Fig. 3.4)

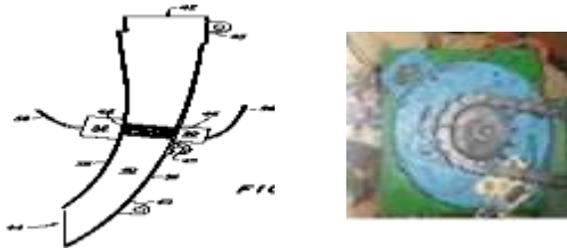


Figura 3.4.- Sensores de semillas y de velocidad.

- 5) Banco de sembradoras. (Fig. 3.5)



Figura 3.5.- Banco de sembradoras.

- 6) Un microcontrolador PIC16F84: Memoria tipo flash lo que permite que sea reprogramado, compuesto de 18 pines, 13 pines de E/S 5 del puerto A y 8 del puerto B, utiliza un oscilador de cristal de 4MHz, Cuenta con una Memoria de Programación serial de 1024 registros, 128 posiciones de memoria RAM de 8 bits cada una y 64 posiciones de memoria EEPROM de 8 bits cada una. (Fig. 3.6)

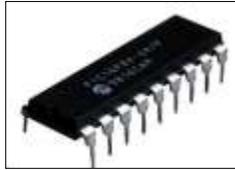


Figura 3.6.- Un microcontrolador PIC16F84.

- 7) Software MPLAB IDE Versión 8.1: Como el editor del lenguaje ensamblador donde se desarrollaron y probaron los programas hasta obtener resultados positivos. (Fig. 3.7)



Figura 3.7.- Logotipo del Software MPLAB IDE Versión 8.1.

- 8) Programador o quemador PICSTART Plus (Development programmer) de Microchip Technology, conectado al puerto serial de la computadora y a una fuente de alimentación de +9 V, utilizado para grabar el programa en la memoria del Microcontrolador PIC16F84A. (Fig. 3.8)



Figura 3.8.- Quemador PICSTART Plus.

- 9) Software Proteus 7 profesional. El cual aunado con el MPLAB, son utilizados para la simulación de los circuitos, antes de ser probados de manera física. (Fig.3.9)

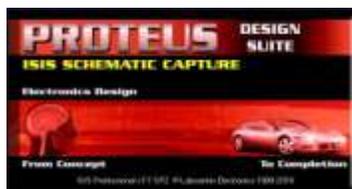


Figura 3.9.- Logotipo de Software Proteus 7 profesional.

- 10) Software LabView 2009 de National Instrument. El cual se desarrolló el programa que nos permite tener comunicación con la tarjeta de adquisición de datos. (Fig.3.10)



Figura 3.10.- Logotipo de Software LabView 2009 de National Instrument.

- 11) Tarjeta de adquisición de datos PCI-NI-6221. De E/S para uso con dispositivos DAQ de las Series X, M y E (sólo NI-DAQmx). (Fig. 3.11)



Figura 3.11.- Tarjeta de adquisición de datos PCI-NI-6221.

- 12) Tarjeta de conexión de señales, necesaria para la comunicación externa.(Fig. 3.12)



Figura 3.12.- Tarjeta de conexión de señales.

- 13) Sensor optoelectrónico de barrera H21A1: Para medir pulsos, que detecta la señal analógica y la envía al microcontrolador. (Fig. 3.13)

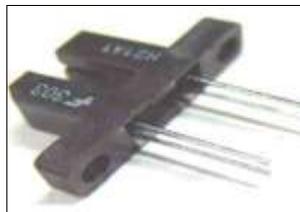


Figura 3.13.- Sensor optoelectrónico.

- 14) Disco con 30 perforaciones, como ejemplo de un plato dosificador para la simulación de dosificación de caída de semillas ideales. (Fig. 3.14)



Figura 3.14.- Disco con 30 perforaciones.

- 15) Dos tarjetas electrónicas diseñadas para recibir señal del sensor de caída de semilla reales y del sensor opto electrónico de semillas ideales(Fig. 3.15)



Figura 3.15.- Dos tarjetas electrónicas para recibir señal de los sensores de caída de semilla.

- 16) Una tarjeta electrónica diseñada para contar los pulsos de caída de semilla ideales del plato dosificador. (Fig. 3.16)



Figura 3.16.- Tarjeta electrónicas para contar pulsos.

- 17) Una computadora personal (Thoshiba, con procesador centrino, con un procesador de memoraría RAM de 2 GB, con capacidad de disco duro de 200 Gb). (Fig. 3.17)



Figura 3.17.- Una computadora personal.

### **3.3.- Metodología**

El método a seguir fue la familiarización con la programación de microcontroladores, así como la programación en el ambiente de Instrumentos Virtuales, para posteriormente la elaboración de los programas relacionados con la velocidad de avance, dosificación de semilla y adquisición de datos en tiempo real, diseño de la tarjeta electrónica y finalmente la realización de pruebas y evaluación, a continuación se describe el método para cada etapa.

#### **3.3.1.- Familiarización con la elaboración de software.**

Para la programación en micro controladores se empleó lenguaje ensamblador con el programa MPLAB el cual es provisto por la empresa Microchip; así como el proceso de simulación usando el Proteus 7.0 en el ambiente de ISIS, una vez verificado su funcionamiento se realiza la grabación del microcontrolador (anexo D), para su posterior verificación en la tarjeta.

#### **3.3.2.- Tablero Virtual**

En esta parte se verán los resultados de la programación de los microcontroladores, para poder llegar al desarrollo de instrumento virtual (IV) fue necesario realizar diferentes ejecuciones de programas de instrumentación virtual los cuales fueron hechos en LabView 2009 de la empresa de National Instruments.

Se realizaron diferentes programas desde los más elementales de sumas y resta para ambientarse en el lenguaje de programación a base de objetos, así como conocer la estructura de programación. En la figura 3.18 se describe la forma de conocer el ambiente LabView.

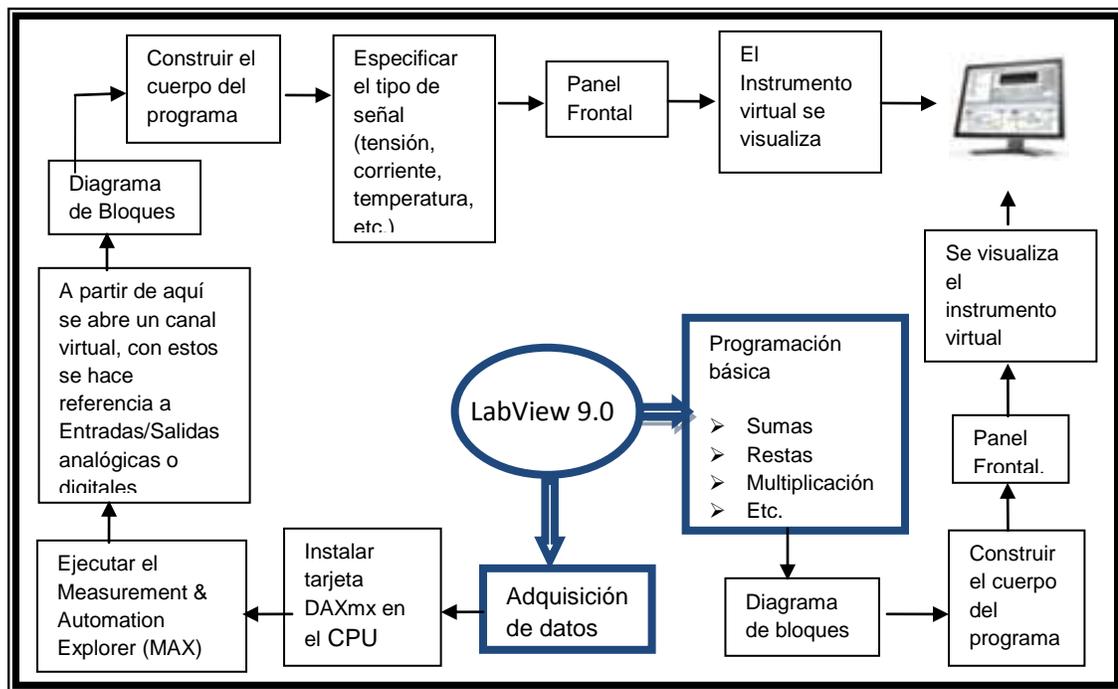


Figura 3.18.- Conocer como se usa LabView.

Siguiendo la metodología descrita se diseño un instrumento virtual el cual contiene:

- Registro de frecuencia
- Registro de la cantidad de semillas
- Control de la velocidad del motor a través del variador de frecuencia.

### 3.3.3.- Acoplamiento del IV con los microcontroladores al banco de sembradoras.

Una vez desarrollado el software para el microcontrolador, y se hayan simulado de manera correcta los circuitos en Proteus, se procedió a la verificación del funcionamiento a través de la interacción con los programas desarrollados en LabView (instrumentación virtual). En la figura 3.19 se muestra el procedimiento de verificación.

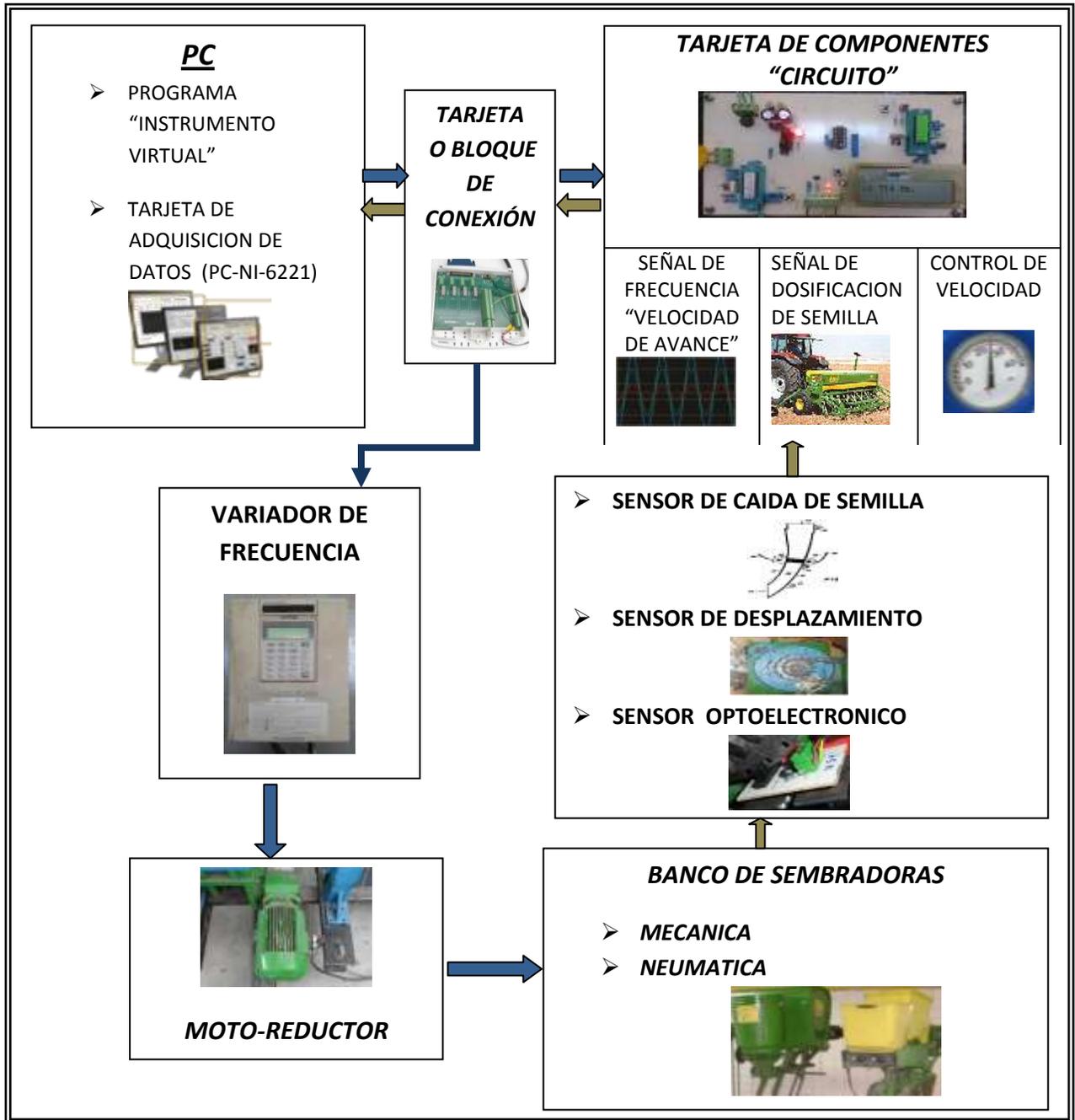


Figura 3.19.- Acoplamiento de los componentes.

Una vez realizado el procedimiento descrito en la figura 3.19 se verificó el funcionamiento de cada uno de los componentes, y fue realizado en el siguiente orden:

- Envío de señal al variador
- Verificar el envío de la frecuencia.
- Envió de señal al dosificador.

### 3.3.4.- Pruebas de control automático para la sembradora

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de pruebas del departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-0-168SCFI-2009 siguiendo el esquema de evaluación mostrado en la fig. 3.20

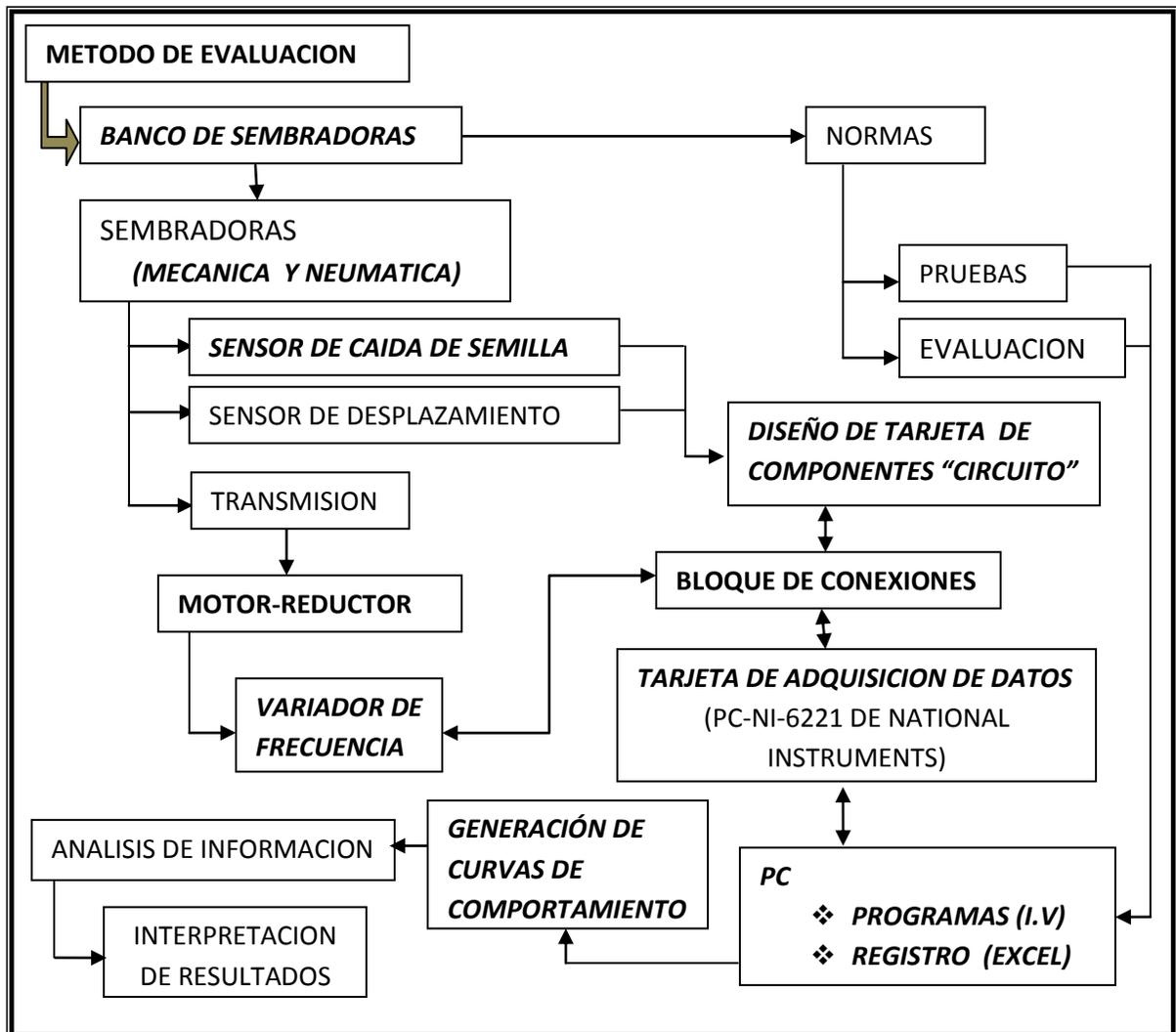


Figura 3.20.- Diagrama de actividades para la evaluación de sembradora.

Las pruebas realizadas al dosificador neumático Max Emerge 7200 de la Empresa John Deere se llevaron a cabo para determinar la eficiencia de dosificación en función del porcentaje de llenado de celdas. El rango de evaluación será de 330 a 1350 semillas por minuto, a 6 diferentes velocidades en las semillas de frijol, con lo cual se determinarán las curvas de eficiencia de llenado de celdas. Para obtener la mayor uniformidad en dosificación se realizó una selección de semilla por tamaño y forma.

Para llevar a cabo la evaluación de dosificación se determinó la mejor relación de transmisión y la frecuencia a la que debería operar el motoreductor para obtener los rangos de velocidad de semilla por minuto en función de las características de operación bajo condiciones de campo. Una vez obtenidas las relaciones de transmisión, las frecuencias y la presión para del dosificador neumático, se iniciaron las pruebas de dosificación para cada uno de los tratamientos, en donde se realizaron 4 repeticiones a cada tratamiento. Para la determinación de las curvas de comportamiento del dosificador para el tipo de semilla de frijol se realizó un análisis de regresión empleando el paquete estadístico de Minitab v-16.

## IV.- RESULTADOS

A continuación se describen los resultados obtenidos de los programas desarrollados en el lenguaje ensamblador para Pulsos y Frecuencia (modificado), configuración del variador de frecuencia, diseño y montaje de los componentes (hardware) y su funcionamiento cuando se colocan los microcontroladores ya grabados, la conexión del circuito con la tarjeta de adquisición de datos, el ajuste de las conexiones en el block de conexiones, su funcionamiento con el Instrumento Virtual (IV) y modificaciones de los programas en IV, es decir; con los programas realizados en LabView.

### 4.1.- Programas para desarrollo del software.

#### 4.1.1.- Programa de Pulsos.

Con la ayuda del ensamblador MPLAB se verificó el programa de pulsos para observar si existía algún error en su programación, una vez comprobado el correcto funcionamiento de dicho programa se realizó una simulación, llamando a ejecutar el ISIS Profesional 7.6, que es el que permite cargar el circuito, de esta manera verificar su funcionamiento antes del desarrollo del equipo (software y hardware), en la figura 4.1 se muestra la simulación.

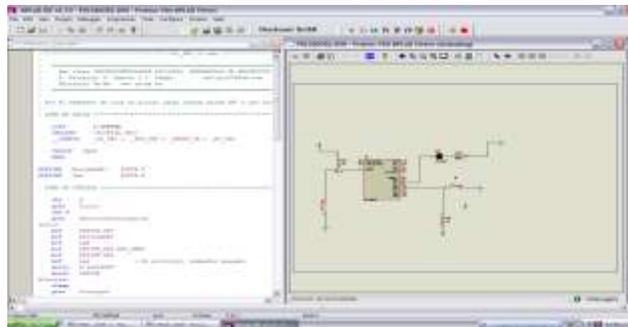


Figura 4.1.- Simulación en PMLAB & PROTEUS.

Una vez que se verificó que no existen errores, se procedió al quemado o grabado del programa en la memoria del microcontrolador PIC16F84 usando el quemador PICSTART Plus (Figura 4.2.), y posteriormente el microcontrolador ya quemado se montó en la tarjeta para observar su funcionamiento (Figura 4.3.).



Figura 4.2.- El quemador o grabador PICSTART Plus.

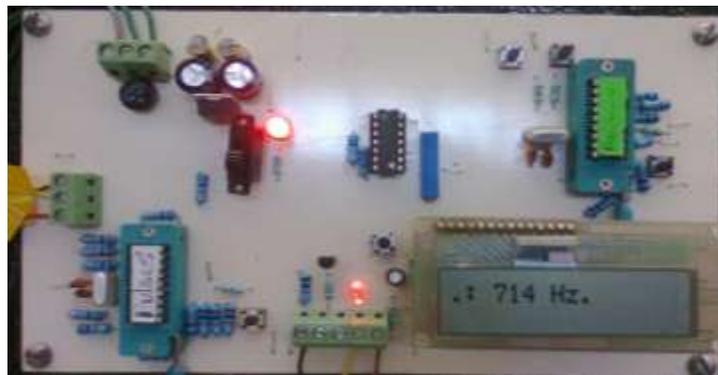


Figura 4.3.- Tarjeta.

En el anexo F, se muestran los proyectos implementados, así como sus diagramas respectivos; los cual fue necesario para finalmente obtener un pulsador que realizara las funciones requeridas para su implementación como un contador, el cual recibe la señal del sensor de caída de semilla y del sensor optoelectrónico.

#### 4.1.2.- Programa de frecuencia.

Al programa de frecuencia se le hicieron cambios, con la ayuda del ensamblador MPLAB; se cambió la frecuencia que ya existía grabado en el microcontrolador que era de 50hz, 100hz, 200hz, 500hz, 1khz, 2khz, 5khz y 10khz a 50hz, 100hz, 200hz, 303hz, 400hz, 500hz, 625hz y 714hz.

Se verificó que no existirán errores en la programación, una vez comprobado el correcto funcionamiento, se procedió a simular en ISIS 7.6 que nos permite comprobar el funcionamiento del circuito antes de pasar al desarrollo del equipo. El programa y el circuito que nos permite enviar la frecuencia, fue probado de manera satisfactoria ya que en la pantalla de cristal líquido habilitada en la tarjeta se muestra la señal requerida, como se muestra en la Figura 4.4. La importancia de esta señal es que de acuerdo a la frecuencia seleccionada, esta indique cual será la velocidad de siembra.

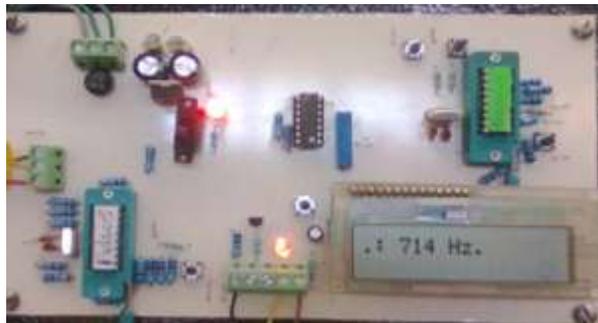


Figura 4.4.- Frecuencia requerida en la pantalla.

#### 4.2.- Evolución de los circuitos.

La modificación de los circuitos fue diseñado en Proteus 7.6 Professional, en el ambiente de Ares 7.6 Professional. (Figura 4.5). Se realizaron las recomendaciones que se hicieron por José (2009) en su trabajo de tesis de colocar resistencias de 10KΩ conectado a 5 volts y a los pines sueltos de los microcontroladores.

Una vez definido cual sería el circuito a diseñar (hardware), se realizó el grabado del circuito en la placa fenólica, con la técnica de serigrafía; el grabado se hizo para dos placas. (Figura 4.5)

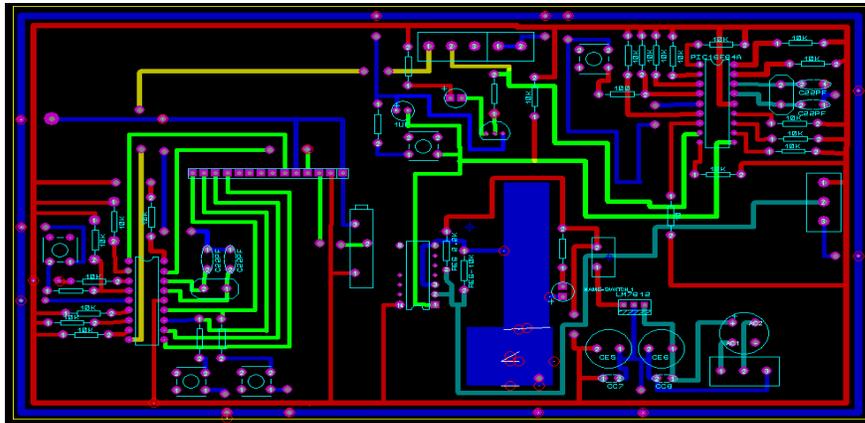


Figura 4.5.- Tarjeta con circuitos implementados.

También se realizó un circuito para el sensor optoelectrónico. (Figura 4.6).

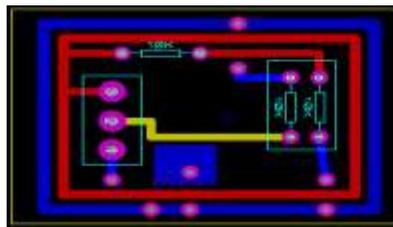


Figura 4.6.- Circuitos para el sensor opto electrónico.

El resultado final de las tarjetas se muestra en la figura 4.7 La cual tiene ya montados todos los componentes necesarios



Figura 4.7.- Circuitos terminados.

### 4.3.- Configuración de variador de frecuencia

Se utilizó un variador de frecuencia (Mitsubishi FREQROL- A200.) de 5 HP, frecuencia de 50/60 Hz. (Fig. 4.8)



Figura 4.8.- Variador de frecuencia.

Se verificó que las conexiones sean correctas. En particular, se verificó que la fuente de alimentación no esté conectada a ninguno de los terminales de salida U, V, y W, y que el terminal de tierra esté conectado a una tierra segura (figura 4.9).

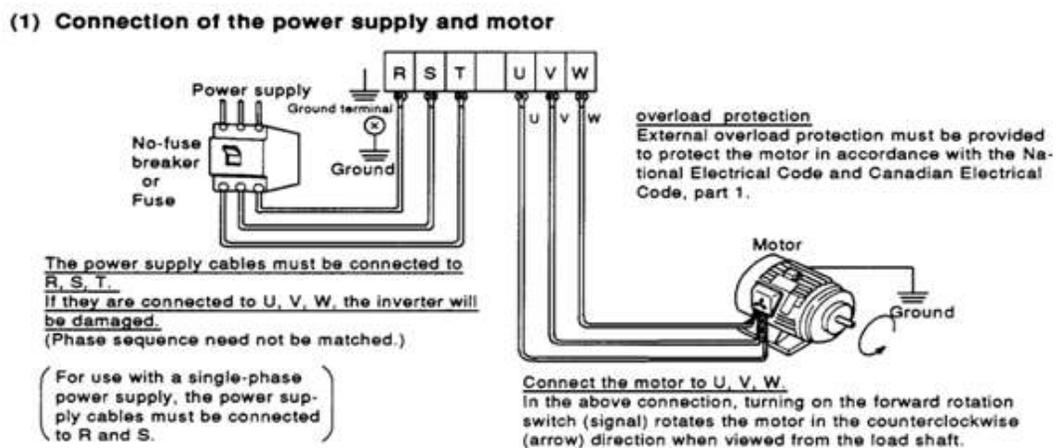


Figura 4.9.- Conexión del variador.

Se configuró el variador de frecuencia de control de forma manual a control por terminales externas de forma analógica. (Anexo E)

#### 4.4.- Funcionamiento de componentes.

Una vez que se tienen completados los componentes se verificó su funcionamiento. Lo primero que se verificó fue el programa (base\_02) que se utilizó para el contador de semilla en tiempo real y el indicador de frecuencia. Su funcionamiento fue verificado en el panel de control Virtual, conectando simplemente la tarjeta electrónica (circuito) a la tarjeta de conexiones y a la tarjeta PCI-NI.6221 al programa (IV) de LabView, tal y como lo muestra la figura 4.10.



Figura 4.10.- Conexión para hacer la verificación de los Microcontroladores (PIC16F84) de frecuencia y caída de semilla.

Una vez hechas las conexiones se enfocó a verificar el conteo que se refleja en el monitor (Panel frontal); lo que se hizo fue contar las pulsaciones en la tarjeta y constatar que también se contaban los mismos en el registro de semillas, los resultados se muestran en el **cuadro 4.1**.

Cuadro 4.1.- Pruebas de conteo en el Programa (I.V) y en la tarjeta (circuito).

<b>Pulsación en la tarjeta</b>	<b>Contador de semillas en el programa (I.V) LabView</b>
8	8
15	15
20	20
25	25
30	30

Posteriormente se verificó también el programa que nos permite enviar la frecuencia al (IV), fue probado de manera satisfactoria ya que tanto en la pantalla de cristal líquido habilitado en la tarjeta se muestra la señal requerida al igual que el instrumento virtual, (Figura 4.11). La importancia de esta señal es que de acuerdo a la frecuencia seleccionada, esta indique cual será la velocidad de siembra.



Figura 4.11.- Frecuencia en la pantalla de cristal e Instrumento virtual.

#### 4.5.- Conexiones de equipo de trabajo.

Tal como se muestra en la figura 4.12 las conexiones se realizaron de la siguiente manera:

- ✓ Se conectó la tarjeta de conexiones a la tarjeta PCI-NI-6221 que permite recibir y enviar señal con la ayuda de los dispositivos DAQ (DAQmx); que se encuentra dentro del CPU.
- ✓ Se conectó el variador de frecuencia a la tarjeta de conexiones que le permite recibir señal analógica para su control desde la computadora.
- ✓ Se conectó las tarjetas electrónicas a la tarjeta de conexiones la cual recibe la señal de pulsos y frecuencia, y envía a la tarjeta PCI-NI-6221 que se encuentra dentro del CPU.
- ✓ Se conectó el motor trifásico de 0.25 Kw al variador, el cual va a controlar la velocidad del motor.
- ✓ Se conectó los sensores de caída de semilla y sensor opto electrónico a la tarjeta electrónica la cual recibe la señal y a través de la pulsación de un led se visualiza el conteo de semillas.



Figura 4.12.- Conexiones de equipo de trabajo.

#### 4.6.- Evolución del programa en LabView.

En LabView, se desarrollaron los programas que permite recibir señales a través de una tarjeta de adquisición de datos PCI-NI-6221, la cual es el medio de comunicación externa que tiene el ambiente de programación Lobbies, el programa o instrumento virtual (VI), como se le conoce en este lenguaje de programación tiene como finalidad mostrar la frecuencia que se envía a la tarjeta, mostrar en forma numérica el conteo, el cual es enviado por el sensor de caída de semilla y el sensor optoelectrónico, como una señal digital. Los programas desarrollados fueron: **base\_02** contador de frecuencia, de semilla y control de voltaje al variador; **base\_1** contador de frecuencia, de semilla y control de voltaje al variador con un tabulador; **base\_2** control de voltaje a través de una base de datos cada 20 segundos (cuenta solo número de semillas); **base\_3** control de voltaje a través de una base de datos, cada 500 pulsos. Que a continuación se describen:

##### 4.6.1.- Programa base\_02.

En la figura 4.13 se muestra el programa llamado **base\_02** que contiene un contador de frecuencia, contador de semilla, control de voltaje al variador y frecuencia del variador; en el Panel Frontal (que se encuentra a la izquierda de la figura) se visualiza los resultados del contador de semillas reales y el contador de semillas ideales, así como del voltaje al variador y la frecuencia del variador. Y en el Diagrama de Bloques (parte derecha) es donde se realiza la programación el cableado entre los componentes para su función, el programa está compuesto por tres DAQ Assistant, cuatro indicadores numéricos, un control numérico, un Write measurement File.

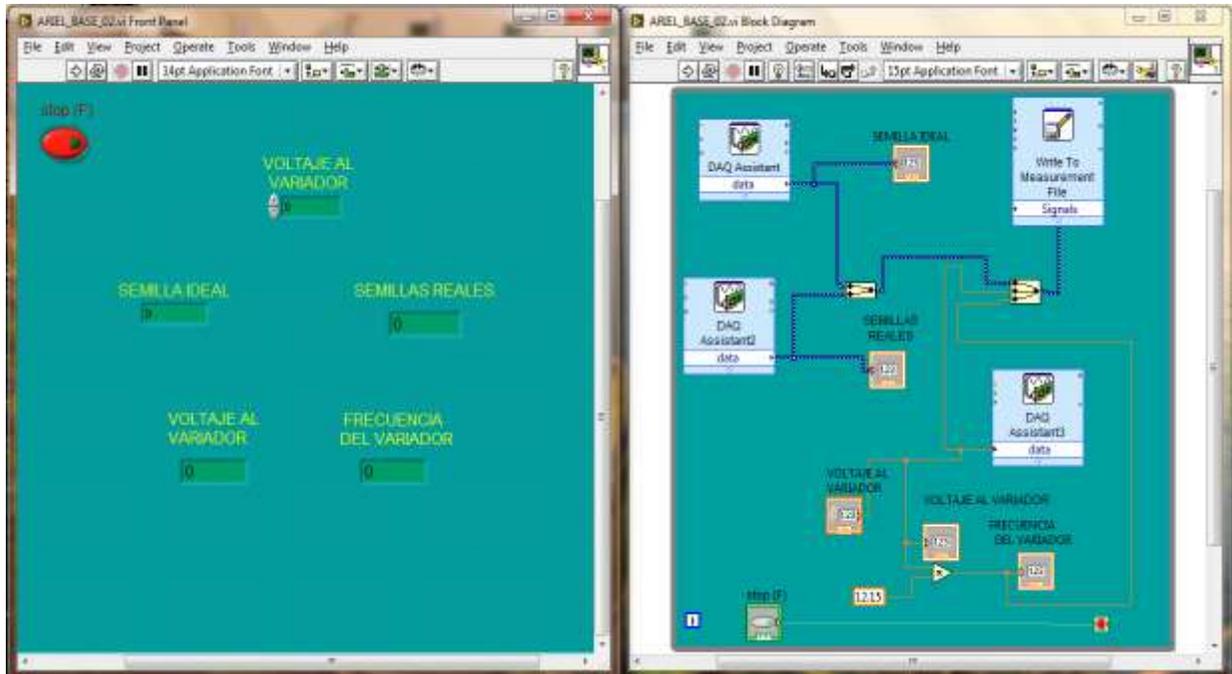


Figura 4.13.- Programa base\_02 contador de semilla reales e ideales y control de voltaje al variador.

El DAQ assistant1 sirve para adquirir comunicación externa, con la ayuda de la tarjeta PCI-NI- 6221 y un block de conexiones; está configurado para contar la caída de semillas ideales.

Su configuración se realiza de la siguiente manera, en el diagrama de bloques se da clic derecho y se selecciona un DAQ assistant, y aparece el icono donde automáticamente aparece una pantalla donde se selecciona el tipo de señal que desee, en este caso se selecciona *Acquire Signal*, aparecen otras opciones y se selecciona *Conte Input*, al igual que el anterior aparecen una serie de opciones y se selecciona la opción *Edge Counte*, luego aparecen dos opciones estos son los puertos de señal, se selecciona *ctr1* aquí aparece una ventana donde indica en que puerto se conectara la señal en el block de conexiones en este caso se muestra el puerto PFI8 que representa el número 37 en el block de conexiones, dicha señal viene de la tarjeta electrónica, y luego se le da clic en *Finish* para

guardar la configuración, enseguida queda listo para conectarse a un contador numérico o un control numérico; en este caso se conecta a un indicador numérico, para visualizar la caída de semillas ideales en el panel frontal, tal como se muestra en la figura 4.13.

*El DAQ assistant2* al igual que el *DAQ assistant1* sirve para adquirir comunicación externa, con la ayuda de la tarjeta PCI-NI 6221 y un block de conexiones; está configurado para contar semillas reales.

Para realizar su configuración se siguen los mismos pasos que en el *DAQ assistant1*, solo que al seleccionar la opción *ctr1* al igual aparece una ventana donde indica en que puerto se conectara la señal en el block de conexiones, en este caso se muestra el puerto PFI3 que representa el número 42 en el block de conexiones, dicha señal viene de la de la tarjeta electrónica, y luego se le da clic en *Finish*, para guardar la configuración, enseguida queda listo para conectarse a un contador o un control numérico; en este caso se conecta a un indicador numérico, para visualizar el número de semillas reales en el panel frontal, tal como se muestra en la figura 4.13.

*El DAQ assistant3* sirven para generar comunicación externa con la ayuda de la tarjeta PCI-NI 6221 y un block de conexiones; está configurado para enviar voltaje al variador de frecuencia para cambiar los hertz.

Su configuración se realiza de la siguiente manera, en el diagrama de bloques se da clic derecho y se selecciona un *DAQ assistant*, y aparece el icono donde automáticamente aparece una pantalla donde se seleccionara el tipo de señal que se desee, en este caso se selecciona *Ggenerate signal*, aparecen otras opciones y se selecciona un *Anolog Output*, al igual que el anterior aparecen una serie de opciones y se selecciona la opción *Voltage*, luego aparece varias opciones, estos son los puertos de señal, se selecciona *ctr0*, aquí aparece una ventana donde indica en que puerto se conectara la señal en el block de conexiones en este caso muestra el puerto 21 en el block de conexiones, dicha

señal se envía a través de la tarjeta PCI-NI 6222, y luego se le dará clic en *Finish* para guardar la configuración, enseguida queda listo para conectarse a un contador o un control numérico; en este caso se conecta a un indicador numérico y un control numérico para visualizar y ajustar el voltaje en el panel frontal, dicho voltaje se envía al variador de frecuencia, tal como se muestra en la figura 4.13.

El Write measurement File almacena los datos que un VI genera y los almacena a un archivo de datos. El *LabVIEW Measurement Data File (.lvm)* es un archivo de texto delimitado por tabulaciones que puede abrir con una aplicación de hoja de cálculo o un procesador de palabras. Además el archivo \*.lvm incluye encabezados que contienen información acerca de los datos, como son el tiempo, semillas ideales, semillas reales, voltaje al variador y frecuencia del variador almacenándolo en tiempo real.

Su configuración se realiza de la siguiente manera, se selecciona el Write Measurement File Express VI de la paleta Output y se coloca en el diagrama de bloques en la parte que mejor se acomode. En la ventana de diálogo *Configure Write Measurement File*, se selecciona la opción *Append to file* en la sección *If a file already exists*. Seleccionando *Append to file*, LabVIEW escribe todos los datos en el archivo test.lvm sin borrar los datos ya existentes en el archivo. Se selecciona la opción *One header Only* en la sección *Segment Headers*. Se cablea la salida de los tres DAQ assistant a la entrada *Signals* del *Write Measurement File* tal como se muestra en la figura 4.13. Para ver los datos que se almacenó, abra el archivo LabVIEW Data\test.lvm con una aplicación de hoja de cálculo o un procesador de palabras.

Este programa también cuenta con una constante de 12.15. La constante sirve para calcular el número de frecuencia de salida del variador. Para el cálculo del número de frecuencia de salida del variador se multiplica la constante 12.15 por el voltaje que se le envía al variador de frecuencia. Esta constante se obtuvo de

las pruebas realizadas a diferente número de voltaje comparándose con la frecuencia (hz) obtenida del variador tal como se muestra en la siguiente gráfica. (Figura 4.14)

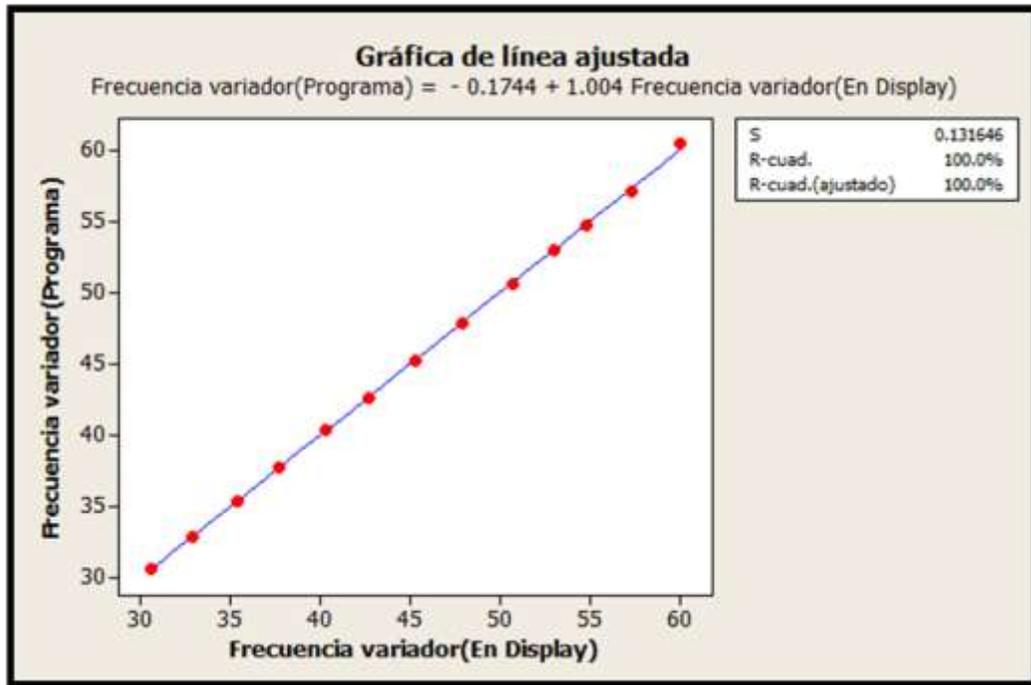


Figura 4.14.- Gráfica de línea ajustada de la frecuencia del variador.

#### 4.6.2.- Programa base\_1.

En la figura 4.15 se muestra programa **base\_1** contador de frecuencia, de semilla y control de voltaje al variador, a diferencia del programa anterior cuenta con un tabulador donde permite visualizar los datos registrados de la caída de semillas, así como también la frecuencia y el voltaje al variador; en el panel frontal a la izquierda, se visualiza los resultados del contador de semillas reales, el contador de frecuencia, así como el gráfico de frecuencia, el voltaje al variador, la tabla de registro y la frecuencia del variador.

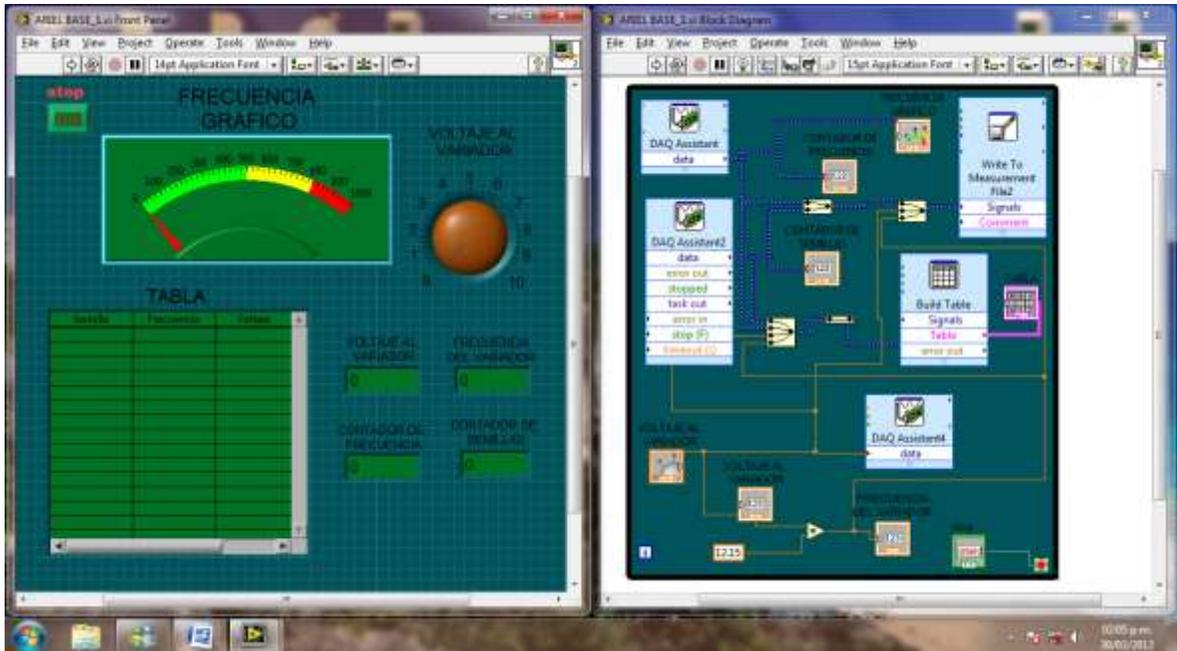


Figura 4.15.- Programa **base\_1** contador de semillas, de frecuencia y control de voltaje al variador con un tabulador.

En Figura 4.15 se muestra el diagrama de bloques en la parte derecha donde se realiza la programación, el cableado entre los componentes para su función, el programa está compuesto por tres DAQ Assistant, cinco indicadores numéricos, un control numérico, una contante, un Write measurement File y un build table.

Este programa también cuenta con un build table. Este *build table* sirve para poder agregar una tabla, que nos permita visualizar los resultados arrojados por la caída de semillas tal como se muestra en la figura 4.15.

#### 4.6.3.- Programa **base\_2**.

En la figura 4.16 se muestra programa **base\_2** control de voltaje a través de una base de datos con dominancia de tiempo, en el programa muestra esta ajustado para un cambio de velocidad cada 20 segundos (cuenta solo número



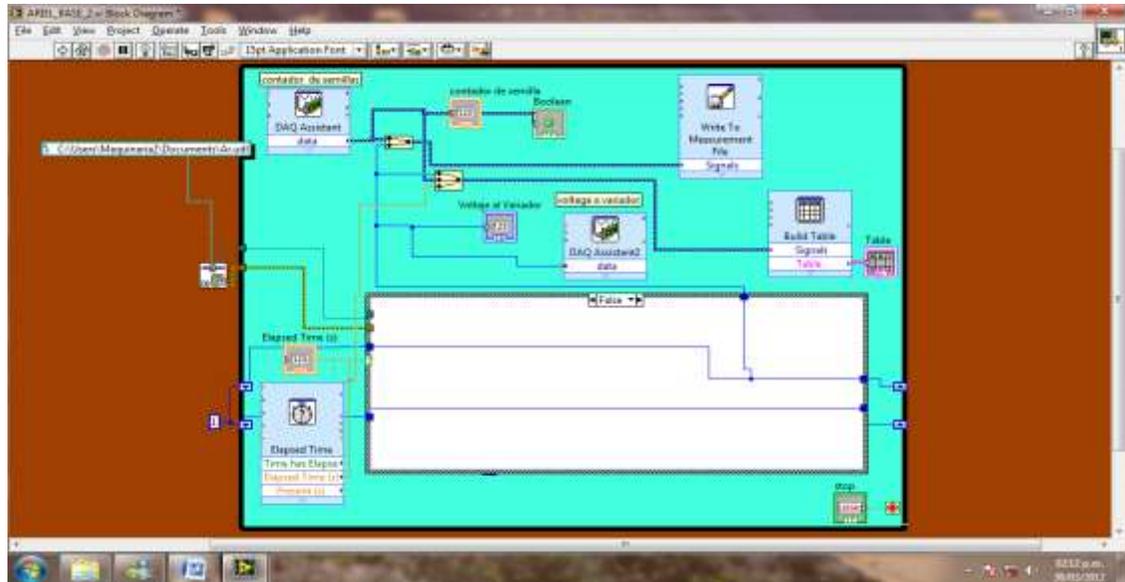


Figura 4.17.- **Programa base\_2** Diagrama de Bloques (parte derecha) es donde se realiza la programación y el cableado entre los componentes para su función en el ambiente de I.V.

#### 4.6.4.- Programa base\_3.

En la figura 4.18 se muestra el programa **base\_3** control de voltaje a través de una base de datos cada 500 pulsos. Al igual que el programa anterior cuenta con un tabulador donde permite visualizar los datos registrados de la caída de semillas; en la tabla se puede observar que registra voltaje, número de semillas, tiempo y frecuencia acumulada.

Al igual que el programa anterior, este programa **base\_3** está vinculado con una base de datos realizada en Microsoft office Access; donde con esta base de datos podemos controlar al variador de frecuencia desde la computadora, tomado en cuenta el nivel de voltaje que se le envía al variador de frecuencia hasta acumular 500 pulsos y enseguida cambia automáticamente el nivel de voltaje, vuelve acumular los 500 pulsos y así sucesivamente hasta completar la base de datos.

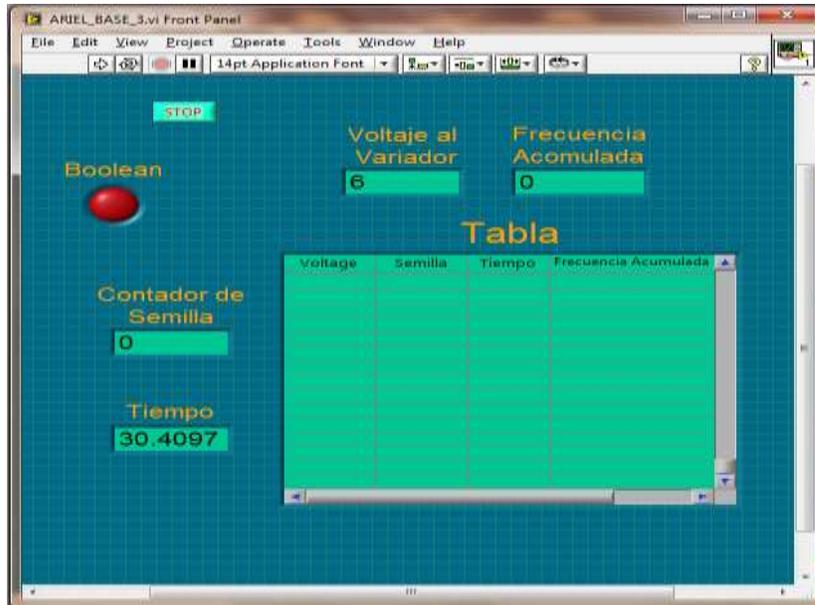


Figura 4.18.- Programa base\_3 control de voltaje a través de una base de datos, cada 500 pulsos.

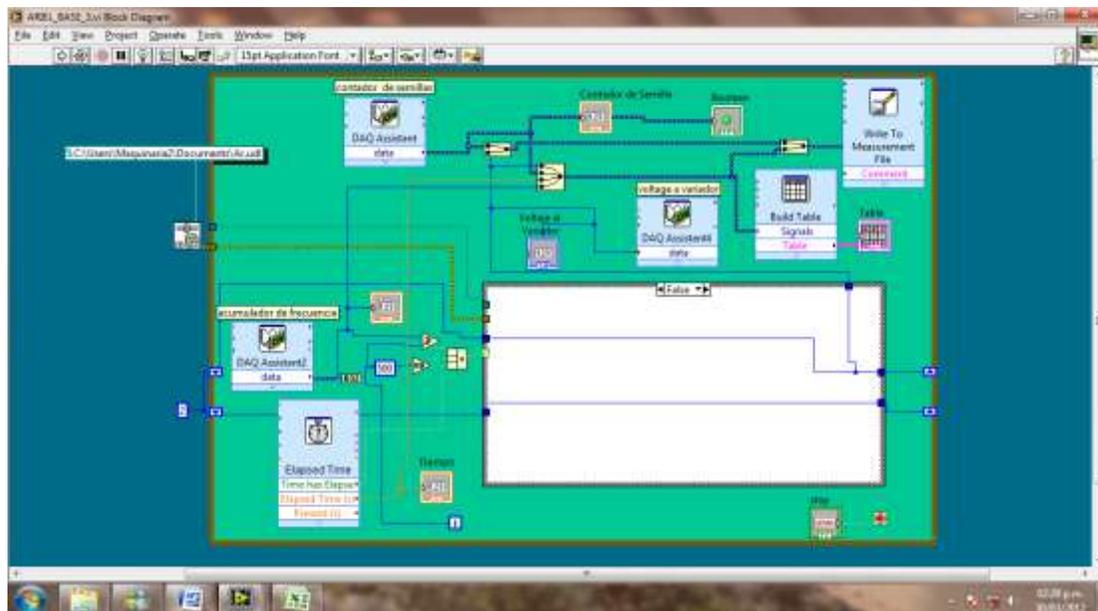


Figura 4.19.- Programa base\_3 Diagrama de Bloques (parte derecha) es donde se realiza la programación y el cableado entre los componentes para su función en el ambiente de I.V.

#### 4.7.- Evaluación del dosificador Neumático Max Emerge 7200 de la marca John Deere.

En el cuadro (4.2) se muestran los resultados de la evaluación de la eficiencia del dosificador neumático Max Emerge 7200 de la marca John Deere, para Frijol, en términos de eficiencia de llenado de celdas en función de la velocidad del plato dosificador. La evaluación se realizó en un rango de 330 hasta 1350 semillas por minuto. Mostrando una calidad de dosificación que va desde 69 hasta el 101 %. En la figura (4.20) muestra la curva de respuesta de dosificación para frijol en el rango de velocidades descritas, la calidad de la respuesta está dada por el coeficiente de correlación de la curva de repuesta cuadrática la cual fue de 87.8%.

Cuadro 4.2.- Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de un dosificador neumático Max Emerge 7200 John Deere para semilla de frijol.

No. De Repeticiones	Semillas por minuto	Semillas Ideales	Semillas Reales	% Llenado de Celdas
1	337	1002	1008	100.5
1	337	1006	1012	100.5
1	337	1009	1021	101.1
1	337	1005	1015	100.9
2	505	1008	990	98.2
2	505	1004	964	96.0
2	505	1001	972	97.1
2	505	1011	986	97.5
3	674	1014	992	97.8
3	674	1030	995	96.6
3	674	1022	992	97.0
3	674	1024	988	96.4
4	900	1029	1001	97.2
4	900	1030	1007	97.7
4	900	1023	985	96.2
4	900	1027	997	97.0
5	1100	1048	970	92.5
5	1100	1043	970	93.0
5	1100	1035	970	93.7
5	1100	1041	980	94.1
6	1348	1064	736	69.1
6	1348	1067	737	69.0
6	1348	1060	756	71.3
6	1348	1070	739	69.0

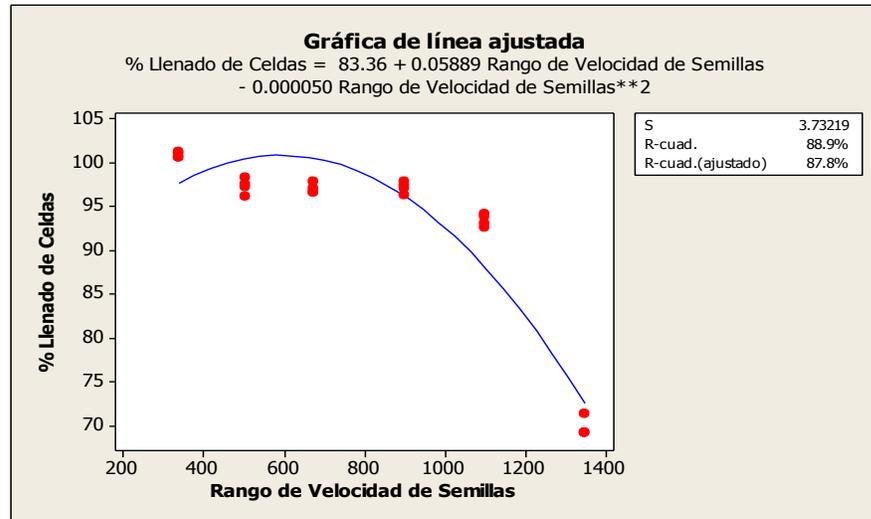
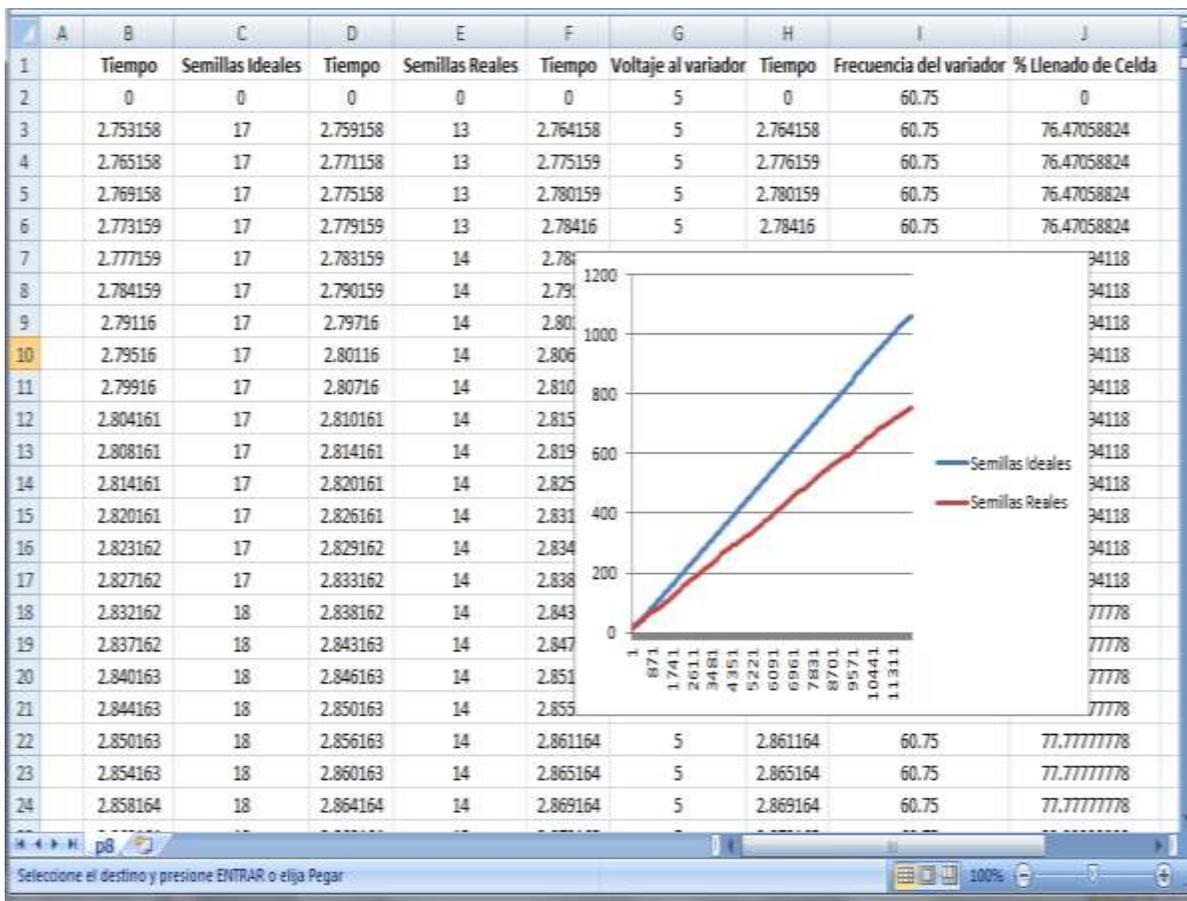


Figura 4.20.- Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador neumático con semillas de frijol.

Cuadro 4.3.- Comparación de calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 337 semillas por minuto.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Tiempo	Semillas Ideales	Tiempo	Semillas Reales	Tiempo	Voltaje al variador	Tiempo	Frecuencia del variador	% Llenado de Celda
1	0	0	0	0	0	2.5	0	30.375	0
2	1.462084	2	1.465084	2	1.469084	2.5	1.469084	30.375	100
3	1.465084	2	1.468084	2	1.472085	2.5	1.472085	30.375	100
4	1.469084	2	1.472085	2	1.476085	2.5	1.476085	30.375	100
5	1.472085	2	1.475085	2	1.479085	2.5	1.479085	30.375	100
6	1.476085	2	1.479085	2					100
7	1.480085	2	1.483085	2					100
8	1.483085	2	1.486085	2					100
9	1.487085	2	1.490086	2					100
10	1.490085	2	1.493085	2					100
11	1.494085	2	1.497086	2					100
12	1.498086	2	1.501086	2					100
13	1.501086	2	1.504086	2					100
14	1.505086	3	1.508087	2					66.6666667
15	1.508086	3	1.511086	2					66.6666667
16	1.512087	3	1.515087	2					66.6666667
17	1.515087	3	1.518087	2					66.6666667
18	1.519087	3	1.522087	2					66.6666667
19	1.522087	3	1.525087	2					66.6666667
20	1.526087	3	1.529088	2					66.6666667
21	1.529088	3	1.532088	2	1.536088	2.5	1.536088	30.375	66.6666667
22	1.533088	3	1.536088	2	1.540088	2.5	1.540088	30.375	66.6666667
23	1.536088	3	1.539088	2	1.543088	2.5	1.543088	30.375	66.6666667
24	1.540088	3	1.543088	2	1.547089	2.5	1.547089	30.375	66.6666667
25	1.540088	3	1.543088	2	1.547089	2.5	1.547089	30.375	66.6666667

Cuadro 4.4.- Comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 1348 semillas por minuto.



Existe mayor uniformidad en la calidad de dosificación de semillas entre semillas reales e ideales en velocidad de 337 a 1200 semillas por minuto como se muestra en el ejemplo del cuadro 4.3 para la velocidad de 337 semillas por minuto, los otros rangos se muestran en el anexo B. en el cuadro 4.4, se muestra que existe menor uniformidad en la calidad de dosificación de semillas entre las semillas reales e ideales en la velocidad de 1348 semillas por minuto.

Ejemplo de cómo ejecutar los programas desarrollados en LabView (I.V) se encuentra en el anexo A.

## V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El programa empleado en la dosificación variable **base\_02** registra en forma confiable las semillas reales e ideales, voltaje al variador y frecuencia del variador y las registra en un solo archivo de Microsoft Office Excel.
- El programa empleado en la dosificación variable **base\_1** registra en forma confiable las semillas reales, frecuencia, voltaje al variador y frecuencia del variador y las registra en un solo archivo de Microsoft Office Excel.
- El programa empleado en la dosificación variable **base\_2** registra en forma confiable el conteo de semillas y voltaje al variador, con ajuste de tiempo a través de una base de datos realizada en Microsoft Office Access. El problema que presenta este programa es de que no se registra la información en una sola tabla de archivo de Microsoft Office Excel.
- El programa empleado en la dosificación variable **base\_3** no realiza la función que se programó de cambiar el nivel de voltaje cada 500 pulsos automáticamente a través de la base de datos de Microsoft Office Access; realiza esto nada más para el primer dato de la base de datos y enseguida lee los demás datos pero ya sin la condición programada. Además no se registra la información en una sola tabla de archivo de Microsoft Office Excel.
- El dosificador neumático tiene una calidad de llenado de celdas del  $100 \pm 5$  % entre 330 hasta 1200 semillas por minuto para la semilla de frijol. Por consecuencia este dosificador si es factible para agricultura de precisión dentro de este rango de velocidad.

- La eficiencia del dosificador para velocidades superiores a 1200 semillas por minuto cae por debajo de los 70%. Lo cual indica que a partir de esta velocidad no es recomendable para agricultura de precisión.
  
- ☞ Se recomienda resolver el problema que presenta los programas base\_2 y base\_3 de guardar la información en una sola tabla de archivo de Microsoft office Excel.
  
- ☞ Verificar y resolver el problema que presenta el programa base\_3 de cambiar de nivel de voltaje cada 500 pulsos automáticamente a través de la base de datos, ya que nada mas lo realiza para el primer dato y por ende se requiere que sea para el total de datos que existe en la base de datos.

## VI. LITERATURA CITADA

1. Angulo U. J y I. A. Martínez. 1999. Microcontroladores PIC, diseño practico de aplicaciones segunda edición, McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
2. Palacios M. E, Remiro D. E y López P. L. 2004. Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de Proyectos. Primera Edición. Editorial Alfaomega, Mex.
3. Edison Duque C. 1998. Curso avanzado de Microcontroladores PIC, CEKIT (Compañía Editorial Tecnológica).
4. Lázaro A. M y Fernández J del Rio. 2006. LabView 7.1: Programación Grafica para el control de Instrumentos, Editorial Paraninfo, España.
5. IICA. (2000) Agricultura de precisión: Integrado de conocimientos para la agricultura moderna y sustentable. Argentina.
6. Anzures M J y Ruiz G. V. 2001. Diseño de un instrumento virtual para la medición de energía usando LabView. Instituto Tecnológico de Chihuahua. GIRIA (Grupo de investigación en Robótica e inteligencia Artificial) de la Universidad Industrial de Santander.
7. Burgos R. C, Barrero P. J. y Correa R. C. (1999). Control de un horno microondas usando LabView.
8. CASE IH AGRICULTURE EQUIPMENT, Advanced Farming Systems, [www.casecorp.com/agricultural/afs/index.html](http://www.casecorp.com/agricultural/afs/index.html), Janeiro de 1999.
9. <http://www.agriculturadepresicion.org/monred/SistemaMonitoreoCanizaAzucarParaMapasdeRendimiento.htm>
10. Hancock, D. 2002. Site-Specific Farming on Small Farms. Topics in Precision Agriculture. University of Kentucky, College of Agriculture, Cooperative Extension Service. URL: [http://www.bae.uky.edu/~precag/PrecisionAg/Extension\\_pubs.htm](http://www.bae.uky.edu/~precag/PrecisionAg/Extension_pubs.htm)
11. JOHN DEERE, Precision Farming, [www.deere.com/greenstar](http://www.deere.com/greenstar), agosto de 1998.

12. Lowenberg-DeBoer, J. 1997. A bumpy road to the adoption of precision agriculture. Purdue Agricultural Economics Report. Nov. 1997.  
[http://www.agecon.purdue.edu/extension/pubs/paer/pre\\_98/paer1197.pdf](http://www.agecon.purdue.edu/extension/pubs/paer/pre_98/paer1197.pdf)
13. Norton, G.W. y Swinton S.M.. 2001. Precision Agriculture: Global Prospects and Environmental Implications. Forthcoming in G.H. Peters and P. Pingali, eds. Tomorrow's Agriculture: Incentives, Institutions, Infrastructure and Innovations: Proceedings of the 24th International Conference of Agricultural Economists, 2000. London: Ashgate.
14. Thompson, S. 1989. Control systems Engineering and Design. Longman Group UK, Limited.
15. US National Research Council, 1997. INTRODUCCIÓN A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN. Revista Digital CENIAP HOY N° 12 septiembre-diciembre 2006, Maracay, Aragua, Venezuela. ISSN: 1690-4117 Depósito Legal: pp.200302AR1449 Sitio: [www.ceniap.gov.ve](http://www.ceniap.gov.ve)
16. [http://www.pic16f84a.org/index.php?option=com\\_weblinks&view=category&id=47%3Aproteus&Itemid=104](http://www.pic16f84a.org/index.php?option=com_weblinks&view=category&id=47%3Aproteus&Itemid=104)
17. Cadena Z. M., Valenzuela G. J. R., De la Peña C. B. E., Gaytan M. T. 2000. Informe de las actividades realizadas con la maquinaria bajo contrato de comodato "UAAAN – New Holland". Departamento de Maquinaria Agrícola Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
18. Colombino A. A., Pollacino J.C., 1996. Diseño y construcción de un banco de ensayos para conjuntos dosificadores de sembradoras y fertilizadoras., revista facultad de agronomía., 16 (1-2) 69-72.
19. Daberkow, S.; Fernandez-Cornejo, J. and M. Padgett. 2002. Precision Agriculture Technology Diffusion: Current Status and Future Prospects. Presented at the 6th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, MN, (USA) July 14-17, 2002. 15 pp.
20. ELIAS, A. I., Mapeamento da colheita mecanizada de grãos utilizando um sistema de posicionamento global. Piracicaba, 1997. 37p. Exame de Qualificação – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, USP.
21. García B.S Gracia L. C., Serwatowski H. R 2000 Diseño y construcción de un banco d ensayos para el estudio de equipos neumáticos de siembra. Memorias del congreso latinoamericano de

ingeniería agrícola (CLIA), X congreso nacional de ingeniería agrícola (AMIA), Guanajuato Gto., México.

22. Kepner R. A., Barger E. C., 1978 Principles of farm machinery. Third edition, The AVI Publishing Company. Inc. Connecticut, USA.
23. Ozuna Villatoro José Manuel; 2003, Desarrollo de un banco modular para la evaluación bajo condiciones de laboratorio de sembradoras integrales, Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Mecánico Agrícola.
24. Ramírez Tejeda A. 2000 Desarrollo de un sistema semiautomático para el control de la frecuencia de dosificación de semilla, Tesis, Licenciatura, Universidad Veracruzana, Veracruz. Ver; México.
25. Secretaría de economía norma mexicana, NMX-0-168-SCFI-2001. tractores, implementos, y maquinaria agrícola- sembradoras- sembradoras unitarias y/o fertilizadoras, accionadas mecánicamente, con dosificador de semilla de disco específicamente y métodos de prueba
26. Thompson, S. (1989). Control Systems Engineering and Design Longman Group UK, Limited.

27. [www.redeya.com](http://www.redeya.com)

28. [www.lancos.com](http://www.lancos.com)

29. [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

30. [www.mindspring.com/~covington/noppp](http://www.mindspring.com/~covington/noppp)

## ANEXOS

### Anexo A

#### A.1.-Poner en marcha los programas realizados en LabView (I.V).

Para poner en marcha el programa se tiene que seguir los siguientes pasos:

1.- Primeramente se abre el programa desde el escritorio, en este caso es el programa base\_02, enseguida aparece la siguiente ventana.

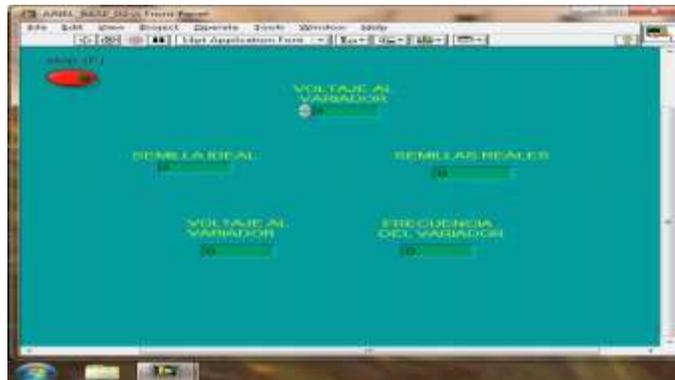


Figura A.1.- Abrir Programa base\_02.

2.- Posteriormente se abre la paleta de herramienta (tools pallets) para poder seleccionar el indicador en donde se escribe el voltaje que se le enviara al variador de frecuencia.



Figura A.2.- Abrir paleta de de herramientas Tools pallets.

3.- Una vez escrito el número (voltaje), se procede a darle clic en el icono Run que se encuentra en la barra de herramienta del programa. Enseguida se abre una ventana donde se tiene que escribir el nombre del archivo y darle Ok.

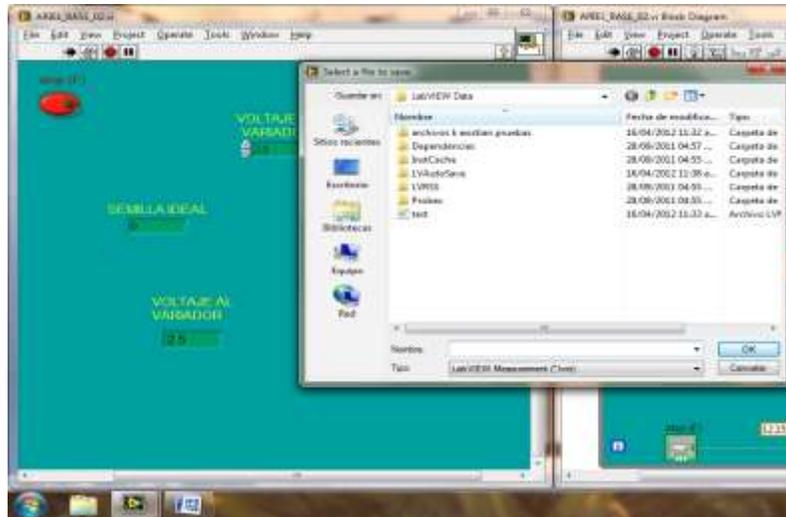


Figura A.3.- Clic en Run y escribir nombre del archivo.

4.- Enseguida se puede observar el progreso de conteo de caída de semilla reales e ideales en el panel frontal (I.V) de forma automática y en tiempo real.

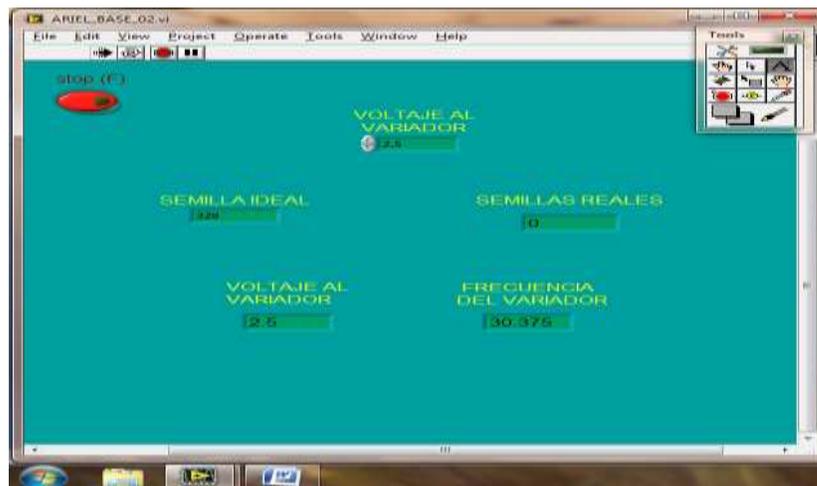


Figura A.4.- Progreso de conteo de caída de semilla.

5.- Se debe estar pendiente para que cuando el conteo de semillas ideales llegue a 1000 semillas se tendrá que poner en cero (0) el voltaje que se le envía

al variador. Y rápidamente dar clic en el icono stop que se encuentra en la barra de herramientas del programa para poder parar la ejecución que se realizó.

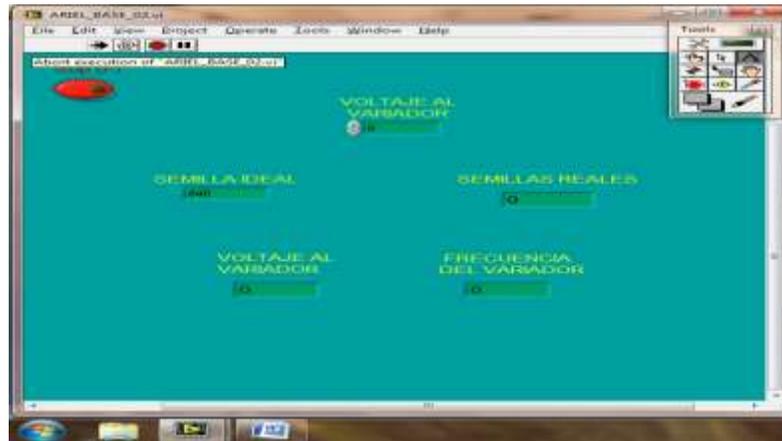


Figura A.5.- Escribir a cero el voltaje al variador.

6.- Para ver la información registrada se procede a verificar el archivo con el nombre que se guardo con anterioridad. Esto se encuentra en:

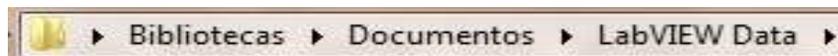


Figura A.6.- Ver el archivo con el nombre guardado.

7.- Finalmente se visualiza la información guardada en Microsoft Excel de la prueba realizada.

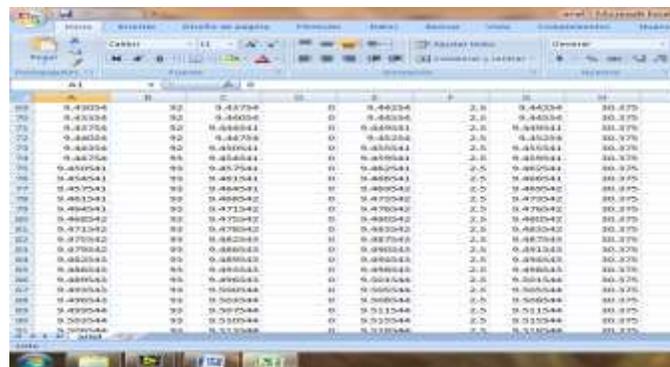


Figura A.7.- Se visualiza la información en Microsoft Excel.

## Anexo B

**B.1.-** Gráficas de calidad de dosificación de semillas reales e ideales en los diferentes rangos de velocidad de semillas.

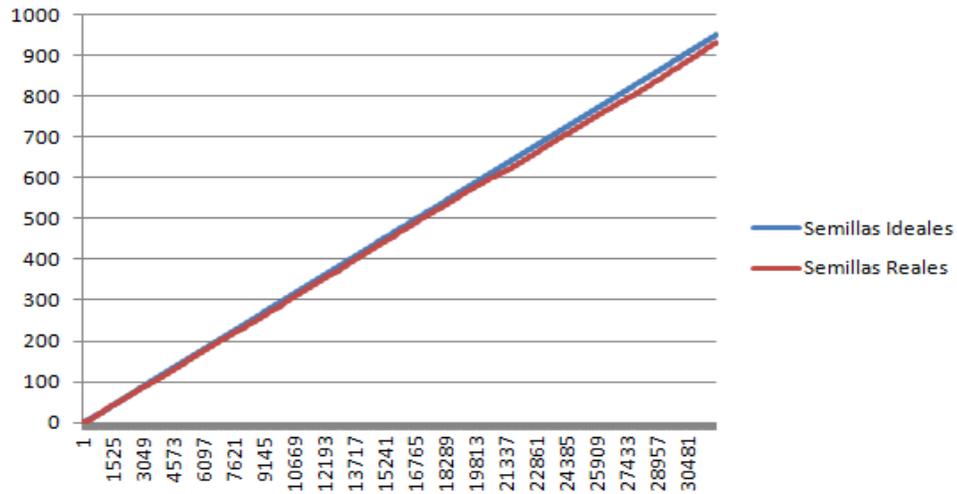


Figura B.1.- Gráfica de comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 500 semillas por minuto.

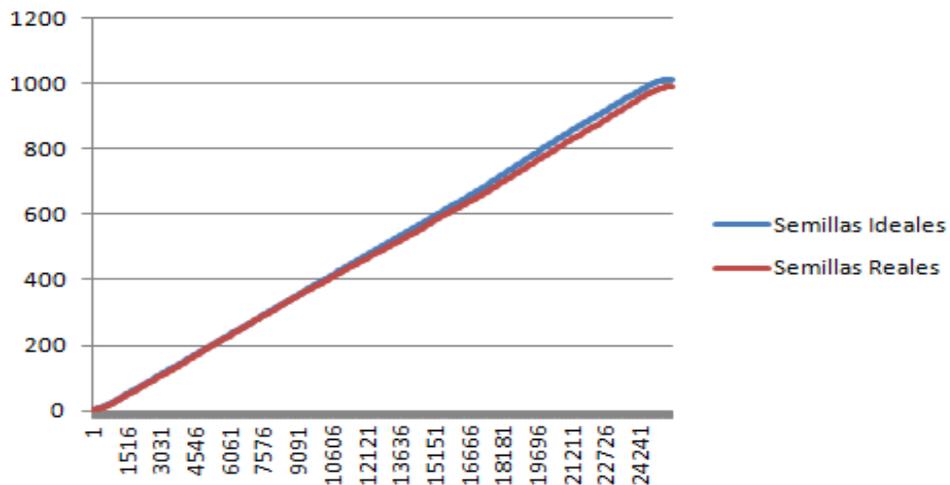


Figura B.2.- Gráfica de comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 674 semillas por minuto.

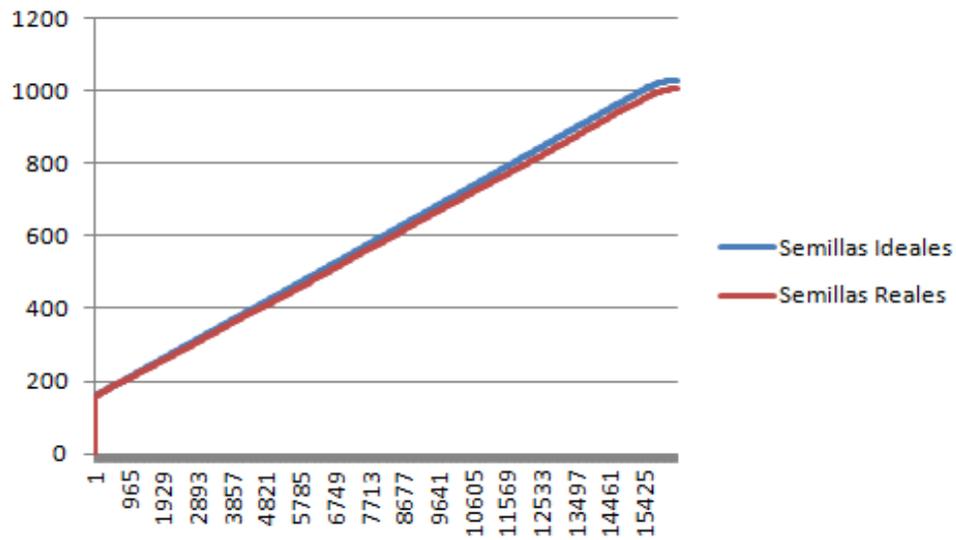


Figura B.3.- Gráfica de comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 900 semillas por minuto.

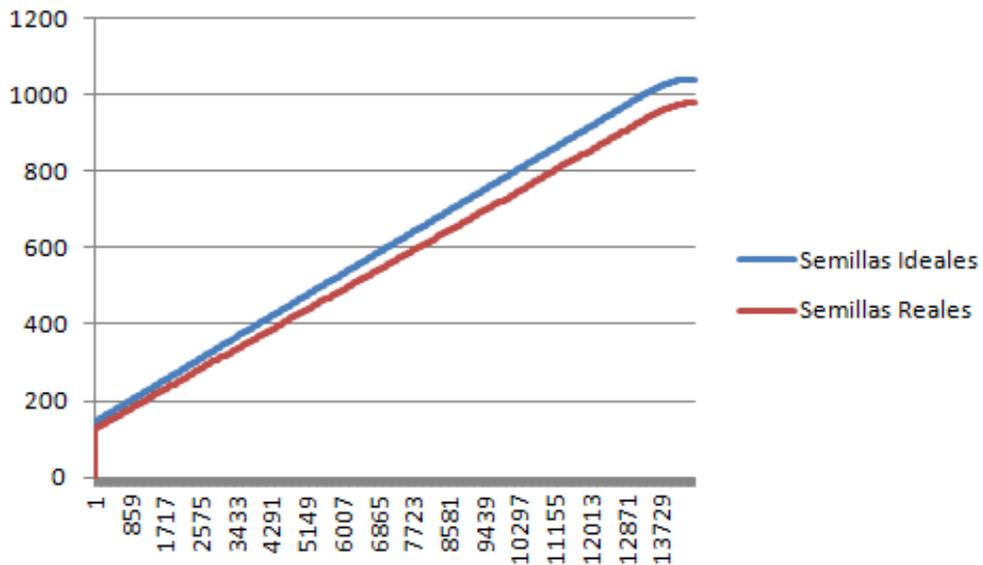


Figura B.4.- Gráfica de comparación de la calidad de dosificación de las semillas reales e ideales en la velocidad de 1100 semillas por minuto.

## Anexo C

### C.1.- Generalidades del PIC16F84A.

El PIC16F84 al igual que la versión mejorada de mayor velocidad PIC16F84A pertenece a la familia de microcontroladores de 8 bits PIC16CXX, los cuales son de bajo costo, alto rendimiento y CMOS. Este grupo contiene los siguientes dispositivos:

- ✓ PIC16F83
- ✓ PIC16F84
- ✓ PIC16F84A
- ✓ PIC16CR83
- ✓ PIC16CR84

Todos los microcontroladores de PICmicro™ emplean una avanzada arquitectura RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). Los dispositivos PIC16F8X han reforzado características principales, pila profunda de ocho niveles y múltiples fuentes de interrupción internas y externas.

La separación del bus de instrucciones y del bus de datos en la arquitectura Harvard da lugar a un ancho de la palabra de instrucción de 14 bits, con un bus de datos separado de 8 bits de ancho. Los dos conductos de fase de instrucción permite que todas las instrucciones se ejecuten en un solo ciclo, excepto por los saltos del programa, los cuales requieren dos ciclos.

Un total de 35 instrucciones (Juego de instrucciones reducido) están disponibles. Adicionalmente un set del registro largo es usado para lograr un nivel de alto rendimiento. Los microcontroladores PIC16F8x típicamente logran una compresión de código de 2:1 y un incremento de 4:1 en la mejora de velocidad (a 20 MHz) sobre otros microcontroladores de 8 bits de su misma clase. En el cuadro C.1 se muestran las características principales de la serie de

microcontroladores PIC16F8x. Los microcontroladores PIC16F8x poseen 68 bytes de RAM, 64 bytes de memoria de datos EEPROM y 13 pines de entrada / Salida. También está disponible un contador / temporizador.

La familia PIC16CXX tiene características especiales para reducir los componentes externos, reduciendo así el costo, reforzando la confiabilidad del sistema y reduciendo el consumo de energía. Hay cuatro opciones del oscilador, de los cuales el oscilador RC mediante un solo pin, proporciona una solución de bajo costo, el oscilador LP reduce el consumo de energía, el oscilador XT es un cristal estándar y el oscilador HS se refiere a cristales de alta velocidad. El modo SLEEP (Bajo consumo de corriente) ofrece un ahorro de energía. El usuario puede despertar al chip del modo SLEEP a través de varias interrupciones internas y externas para reestablecer su funcionamiento.

Un confiable temporizador de perro guardián (WDT) está integrado en el chip, así como su propio oscilador RC proporciona protección cuando el programa ha sido ciclado. Los dispositivos con memoria de programa Flash permiten que el mismo dispositivo pueda ser usado como prototipo y como elemento de producción. La gran capacidad de reprogramar el código del circuito permite su actualización sin que el dispositivo sea removido de su aplicación final.

Cuadro C.1.- Lista de características del PIC16F8x

	PIC16F83	PIC16CR83	PIC16F84	PIC16CR84	PIC16F84A
Máxima frecuencia de operación MHz	10	10	10	10	20
Memoria de programa Flash	512	-	1K	-	1K
Memoria de programa EEPROM	-	-	-	-	-
Memoria de programa ROM	-	512	-	1K	-
Memoria de datos (bytes)	36	36	68	68	68
EEPROM de datos (bytes)	64	64	64	64	64
Módulos Temporizadores	TMRO	TMRO	TMRO	TMRO	TMRO
Fuentes de interrupción	4	4	4	4	4
Pines de I/O	13	13	13	13	13
Rangos de Voltaje (Volts)	4.0-6.0	2.0-6.0	4.0-6.0	2.0-6.0	4.0-6.0
Empaques	Dip 18-pin, SOIC				

Esto es muy útil en situaciones, donde el dispositivo es difícilmente accesible. También es útil en aplicaciones remotas donde el código necesita ser actualizado. El PIC16F8x encaja perfectamente en rangos de aplicaciones donde se requiere controlar pequeños motores, en la utilización de sensores remotos de baja potencia, cerrojos electrónicos y pequeñas tarjetas con dispositivos de seguridad. La tecnología Flash/EEPROM optimiza los programas de aplicación (transmisión de códigos, velocidad de motores, receptor de frecuencias, códigos de seguridad, etc.) volviéndolos extremadamente rápidos y convenientes. Los pequeños empaques hacen perfectos a esta serie de microcontroladores para todas las aplicaciones con limitaciones de espacio.

Bajo costo, bajo consumo de energía, alto rendimiento, fácil de usar y flexibilidad en las entradas/salidas, hacen muy versátil al PIC16F8x en áreas donde no se habían considerado los microcontroladores (funciones de temporizador, comunicación serie, capturadores, comparadores, moduladores por ancho de pulso, y aplicaciones como procesador). La medida de programación serial en el sistema (por medio de dos pines), ofrece flexibilidad en la optimización del producto después de haber sido ensamblado y probado. Esta característica puede ser usada para agregar un número de serie a un producto, una calibración o reestablecimiento de datos o programar el dispositivo con la firma de software correspondiente antes de enviarlo.

El diagrama de pines del microcontrolador PIC16F84 se puede apreciar en la figura C.1

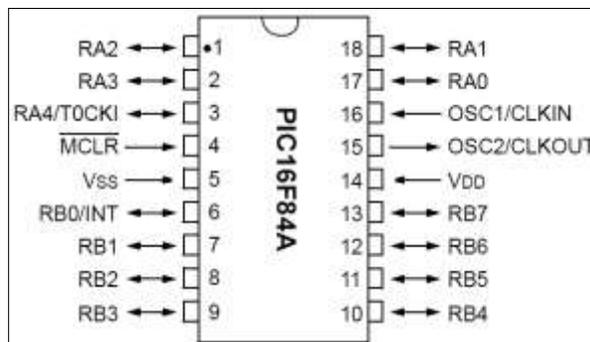


Figura C.1.- Diagrama de pines del PIC16F84.

La descripción de cada uno de los pines se muestra en el cuadro C.2

Cuadro C.2.- Descripción de Pines.

<b>Nombre</b>	<b>Nº</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
OSC1/CLKIN	16	I	Entrada del oscilador a cristal/Entrada de la fuente de reloj externa
OSC2/CLKOUT	15	O	Salida del oscilador a cristal. En el modo RC, es una salida con una frecuencia de $\frac{1}{4}$ OSC1
MCLR	4	I/P	Reset/Entrada del voltaje de programación.
RA0	17	I/O	Puerto A bidireccional, bit 0
RA1	18	I/O	Puerto A bidireccional, bit 1
RA2	1	I/O	Puerto A bidireccional, bit 2
RA3	2	I/O	Puerto A bidireccional, bit 3
RA4/T0CKI	3	I/O	También se utiliza para la entrada de reloj para el TMR0
RB0/INT	6	I/O	Puerto B bidireccional, bit 0 Puede seleccionarse para entrada de interrupción externa
RB1	7	I/O	Puerto B bidireccional, bit 1
RB2	8	I/O	Puerto B bidireccional, bit 2
RB3	9	I/O	Puerto B bidireccional, bit 3
RB4	10	I/O	Puerto B bidireccional, bit 4 Interrupción por cambio de estado
RB5	11	I/O	Puerto B bidireccional, bit 5 Interrupción por cambio de estado
RB6	12	I/O	Puerto B bidireccional, bit 6 Interrupción por cambio de estado
RB7	13	I/O	Puerto B bidireccional, bit 7 Interrupción por cambio de estado
Vss	5	P	Tierra de referencia
Vdd	14	P	Alimentación

El pin RA4/TOCKI del puerto A puede ser configurado como un pin de entrada/salida o como entrada del temporizador/contador. Cuando este pin se programa como entrada digital, funciona como un disparador de Schmitt (Schmitt trigger), puede reconocer señales un poco distorsionadas y llevarlas a niveles lógicos (cero y cinco voltios). Cuando se usa como salida digital se comporta como colector abierto, por lo tanto, se debe poner una resistencia de pull-up (resistencia externa conectada a un nivel de cinco voltios). Como salida, la lógica es inversa: un "0" escrito al pin del puerto entrega en el pin un "1" lógico.

Todos los pines deben estar conectados a alguna parte, nunca dejarlos al aire por qué se puede dañar el integrado. Los pines que no se estén usando se deben conectar a la fuente de alimentación de +5V, como se muestra en la Figura C.2

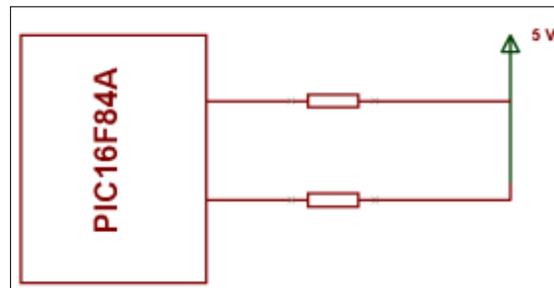


Figura C.2.- Los puertos no utilizados se deben conectar a la fuente.

El consumo de corriente del microcontrolador para su funcionamiento depende del voltaje de operación, la frecuencia y de las cargas que tengan sus pines. Para un reloj de 4 MHz el consumo es de aproximadamente 2 mA; aunque este se puede reducir a 40 microamperios cuando se está en el modo sleep (en este modo el micro se detiene y disminuye en consumo de potencia). Se sale de ese estado cuando se produce alguna condición especial.

### C.1.1.- El oscilador externo.

Todo microcontrolador requiere un circuito externo que le indique la velocidad a la que debe trabajar, se les conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F84 puede utilizar 4 tipos de osciladores diferentes. Estos tipos son:

- **RC.** Oscilador con resistencia y condensador
- **XT.** Cristal
- **HS.** Cristal de alta velocidad
- **LP.** Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia

En el momento de programar o “quemar” el microcontrolador se debe especificar qué tipo de oscilador se usa, esto se hace a través de los “fusibles de configuración”.

El tipo de oscilador que se sugiere es el de 4 MHz, porque garantiza mayor precisión y un buen arranque del microcontrolador. Internamente esta frecuencia es dividida por cuatro, lo que hace que la frecuencia efectiva de trabajo sea de 14 MHz, por lo que cada instrucción se ejecuta en un microsegundo. El cristal se conecta como se muestra en la Figura C.3.

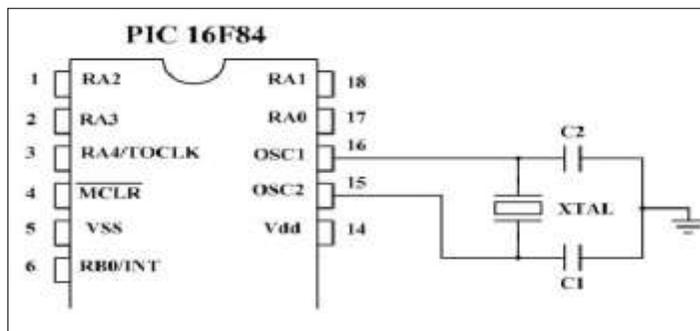


Figura C.3.- Conexión de un oscilador de cristal.

Dependiendo de la aplicación, se puede utilizar cristales de otras frecuencias; por ejemplo el de 3.579545 MHz porque es muy económico, el de 32.768 kHz cuando se necesita crear bases de tiempo de un segundo muy precisas. El límite de velocidad en estos microcontroladores es de 10 MHz.

Si no se requiere mucha precisión en el oscilador y se requiere economizar dinero, se puede utilizar una resistencia y un condensador, como se muestra en la Figura C.4.

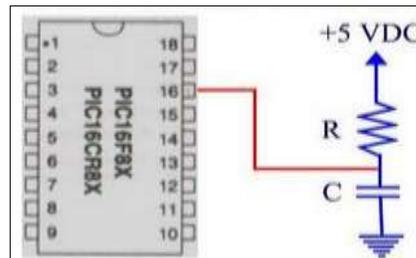


Figura C.4.- Conexión de un oscilador RC.

### C.1.2.-Reset

En los microcontroladores se requiere un pin de reset para reiniciar el funcionamiento del sistema cuando sea necesario, ya sea por una falla que se presente o porque así se halla diseñado el sistema. El pin de reset en los PIC es llamado MCLR (master clear). El PIC16F84 admite diferentes tipos de reset:

- Al encendido (Power On Reset)
- Pulso en el pin MCLR durante operación normal
- Pulso en el pin MCLR durante el modo de bajo consumo (modo sleep)
- El rebase del conteo del circuito de vigilancia (watchdog) durante operación normal
- El rebase del conteo del circuito de vigilancia (watchdog) durante el modo de bajo consumo (sleep)

El reset para el encendido se consigue con dos temporizadores. El primero de es el OST (Oscillator Star-Up Timer: Temporizador de encendido del oscilador), orientado a mantener el microcontrolador en reset hasta que el oscilador del cristal es estable. El segundo es el PWRT (Power-Up Timer: Temporizador de encendido), que provee un retardo fijo de 72 ms (nominal) en el encendido únicamente, diseñado para mantener el dispositivo en reset mientras la fuente se estabiliza.

El reset por MCLR se consigue llevando momentáneamente este pin a un estado lógico bajo, mientras que el watchdog WDT produce el reset cuando su temporizador rebasa la cuenta, o sea que pasa de 0FFh a 00h. Cuando se quiere tener control sobre el reset del sistema se puede conectar un botón como se muestra en la Figura C.5.

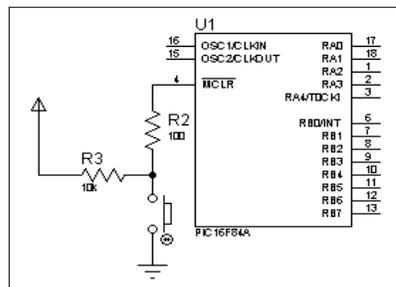


Figura C.5.- Conexión del botón de reset.

## C.2.- Características de la estructura RISC del CPU.

Las características de la estructura RISC del CPU son las siguientes:

- Solo 35 sencillas instrucciones para aprender.
- Todas las instrucciones son de un ciclo, excepto los saltos de programa que son de dos ciclos.
- Velocidad: 20MHz (0.2us por instrucción)
- Memoria de programa de 1024 palabras
- Memoria RAM de 68 bytes
- Memoria EEPROM de 64 Bytes

- Palabras de instrucción de 14 bits de ancho
- Bytes de datos de 8 bits de ancho
- 15 registros de función especial en el hardware
- Pila de hardware de 8 niveles de profundidad
- Modos de direccionamiento directo e indirecto
- Cuatro fuentes de interrupción:
- Pin externo de RB0/INT
- Temporizador TMR0 de sobreflujo
- Interrupción en cambio PORTB <RB7:RB4>
- Escritura completa de la memoria EEPROM

### **C.3.- Características de los periféricos**

- 13 pines de entrada / salida con control individual de dirección
- Fuente / sumidero de alta corriente para controlador directo de LED.
- Sumidero de 25mA máximo por pin.

### **C.4.- Arquitectura interna**

Este término se refiere a los bloques funcionales internos que conforman el microcontrolador y la forma en que están conectados, por ejemplo la memoria FLASH (de programa), la memoria RAM (de datos), los puertos, la lógica de control que permite que todo el conjunto funcione, etc.

La Figura C.6 muestra la arquitectura general del PIC16F84, en ella se pueden apreciar los diferentes bloques que lo componen y la forma en que se conectan.

Todos los elementos se conectan entre sí por medio de un conjunto de líneas que transportan información entre dos o más módulos. Vale la pena destacar que el PIC16F84 tiene un bloque especial de memoria de datos de 64 bytes del tipo EEPROM, además de los dos bloques de memoria principales que son el de programa y el de datos o registros.

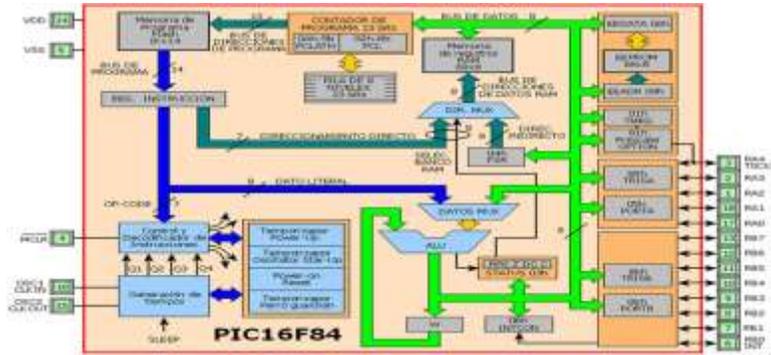


Figura C.6.- Arquitectura interna del PIC16F84.

#### C.4.1.- Memoria de programa.

Es una memoria de 1 Kbyte de longitud con palabras de 14 bits. En ella se graba, el programa que el microcontrolador debe ejecutar. El PIC16F84 tiene un contador de programa de 13 bits, y una capacidad de direccionamiento de 8K x 14, pero solamente tiene implementado el primer 1K x 14 (0000h hasta 03FFh). Si se direccionan posiciones de memoria mayores a 3FF se causará un solapamiento con el espacio del primer 1K. En la Figura C.7 se muestra el mapa de la memoria de programa.

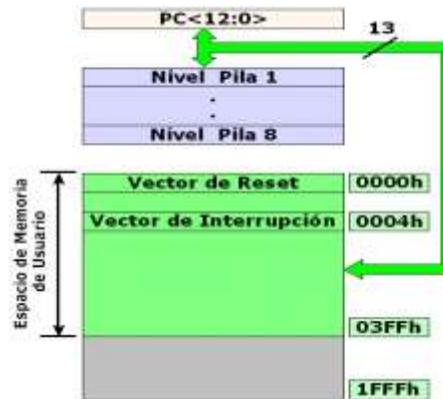


Figura C.7.- Mapa de la memoria de programa.

Vector de reset. Cuando ocurre un reset al microcontrolador, el contador de programa se pone en ceros (000H), por esta razón, en la primera dirección del programa se debe escribir todo lo relacionado con la iniciación del mismo.

Vector de interrupción. Cuando el microcontrolador recibe una señal de interrupción, el contador de programa apunta a la dirección 04H de la memoria de programa, por eso, allí se debe escribir toda la programación necesaria para atender dicha interrupción.

#### **C.4.2.- Registros (Memoria RAM)**

El PIC16F84 puede direccionar 128 posiciones de memoria RAM, pero solo tiene implementados físicamente los primeros 80 (0-4F en hexadecimal). De estos los primeros 12 son registros que cumplen un propósito especial en el control del microcontrolador y los 68 siguientes son registros de uso general que se pueden usar para guardar los datos temporales de la tarea que se está ejecutando, Figura C.8.

Los registros están organizados como dos arreglos (páginas) de 128 posiciones de 8 bits cada una (128 x 8); todas las posiciones se pueden acceder directa o indirectamente (esta última a través del registro selector FSR). Para seleccionar que página de registro se trabaja en un momento determinado se utiliza el bit RP0 del registro STATUS.

#### **C.4.3.- Descripción de los registros.**

**00h o INDO: Registro para direccionamiento indirecto de datos.** Este no es un registro disponible físicamente; utiliza el contenido del FSR y el bit RP0 del registro STATUS para seleccionar indirectamente la memoria de datos o RAM del usuario; la instrucción determinará que se debe realizar con el registro señalado.

**01h o TMR0. Temporizador/contador de 8 bits.** Este se puede incrementar con una señal externa aplicada al pin RA4/TOCKI o de acuerdo a una señal interna proveniente del reloj de instrucciones del microcontrolador. La ruta de incremento del registro de puede determinar por medio de un preescalador,

localizado en el registro OPTION. Como una mejora, se le ha agregado la generación de interrupción cuando se rebasa la cuenta (el paso de 0FFh a 00h).

Dir. de registro	BANCO 0	BANCO 1	Dir. de registro
00h	Dir. Ind. <sup>1</sup>	Dir. Ind. <sup>1</sup>	80h
01h	TMR0	OPTION	81h
02h	PCL	PCL	82h
03h	STATUS	STATUS	83h
04h	FSR	FSR	84h
05h	PORTA	TRISA	85h
06h	PORTB	TRISB	86h
07h	-	-	87h
08h	EEDATA	EECON1	88h
09h	EEADR	EECON2 <sup>1</sup>	89h
0Ah	PCLATH	PCLATH	8Ah
0Bh	INTCON	INTCON	8Bh
0Ch	68	MAPEADOS (ACCESO) EN EL BANCO 0	8Ch
4Fh	REGISTROS DE PROPOSITO GENERAL		CFh
50h			D0h
7Fh			FFh

Localización de memoria no implementada, se lee como '0'  
 Nota 1: No es un registro físico

Figura C.8.- Registros del PIC16F84.

**02h o PCL: Contador de programa.** Se utiliza para direccionar las palabras de 14 bits del programa del usuario que se encuentra almacenado en la memoria ROM; este contador de programa es de 13 bits de ancho, Figura C.9. Sobre el byte bajo, se puede escribir o leer directamente, mientras que sobre el byte alto, no. El byte alto se maneja mediante el registro PCLATH (0Ah). A diferencia de los PIC de primera generación, el 16F84 ante una condición de reset inicia el contador de programa con todos sus bits en “cero”.

Durante la ejecución normal del programa, y dado que todas las instrucciones ocupan sólo una posición de memoria, el contador se incrementa en uno con cada instrucción, a menos que se trate de alguna instrucción de salto.

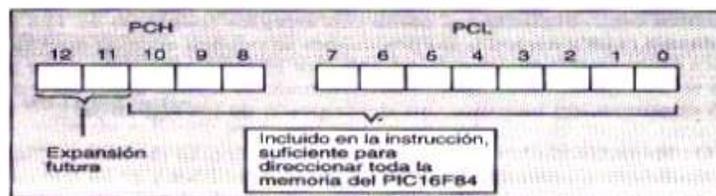


Figura C.9. Contador de programa de (13 bits).

## **Anexo D.**

### **D.1.- Uso del MPLAB y grabado del microcontrolador.**

El MPLAB es un entorno de desarrollo integrado que le permite escribir y codificar los microcontroladores PIC de Microchip para ejecutarlos. El MPLAB incluye un editor de texto, funciones para el manejo de proyectos, un simulador interno y una variedad de herramientas que lo ayudarán a mantener y ejecutar su aplicación. También provee una interfase de usuario para todos los productos con lenguaje Microchip, programadores de dispositivos, sistemas emuladores y herramientas de tercer orden.

El MPLAB está diseñado para ser ejecutado bajo Windows 3.11, y puede operar con Windows 95 y 98. Asume que el usuario ya conoce el entorno de Windows y sabe manejarlo.

El código del programa puede estar escrito el blog de notas, tomando en consideración que el archivo debe tener siempre la extensión “.asm”, ya que el programa los reconoce de esta manera, para su posterior ejecución.

Es recomendable que los archivos en “asm” estén guardados en **C:**, para que el programa evite una búsqueda por todos los sectores; lo cual ocasionara un error cuando se esté ensamblando el programa.

El siguiente paso es ejecutar el archivo “asm”, de la siguiente manera: se dirige al menú de herramientas, se le da clic en File, y se selecciona Open, se busca el archivo deseado y se abre, figura D.1.

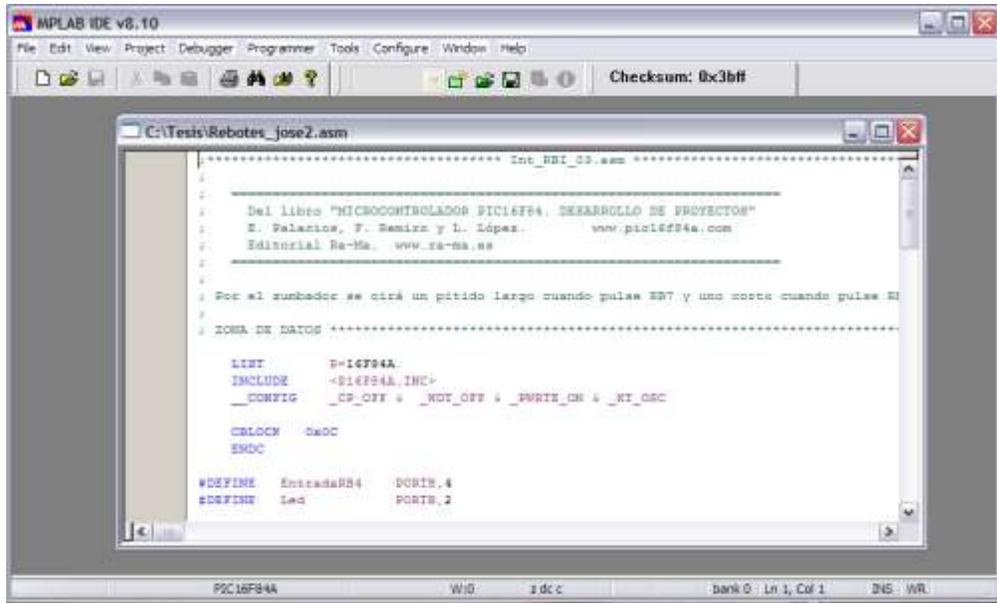


Figura D.1.- Selección del programa “.asm”.

Una vez que se ha abierto el archivo, el siguiente paso es ensamblarlo, es decir, correr el programa para verificar su correcta escritura y ejecución, esto se hace como lo indica la figura D.2.

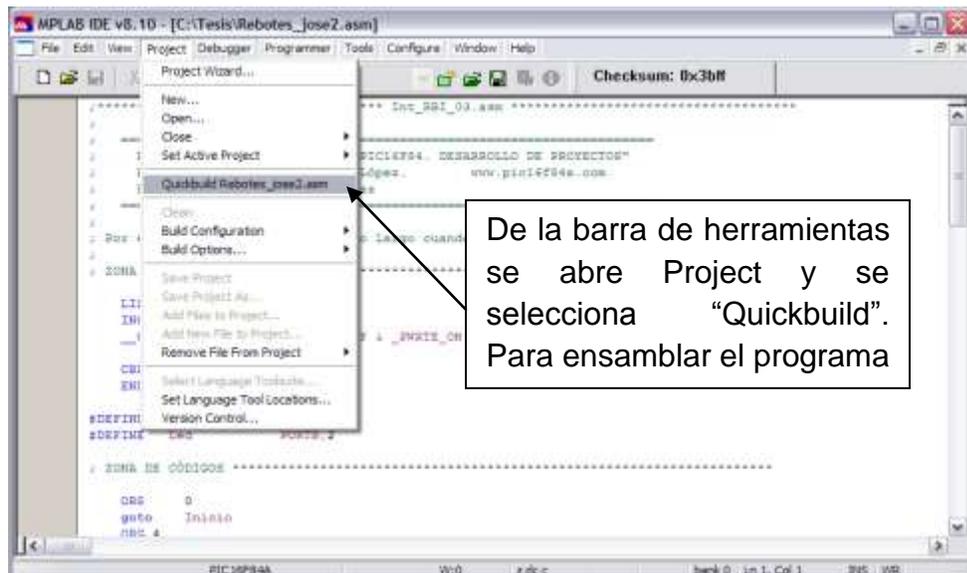


Figura D.2.- Procedimiento para el ensamblado.

Una vez realizado esto, el programa enviará un mensaje como este: **BUILD SUCCEEDED**, lo que significa que ha sido ejecutado correctamente, lo que indica que se puede continuar con el grabado del micro controlador. De lo contrario enviará este otro mensaje: **BUILD FAILED**, lo cual indica que existe algún error y se debe verificar nuevamente el programa.

## D.2.- Grabado del microcontrolador

Para realizar este procedimiento es necesario contar con el siguiente equipo:

1. High-Speed USB Serial Adapter Keyspan by Tripp Lite, figura D.3



Figura D.3.- USB Adapter Keyspan.

2. El quemador o grabador PICSTART Plus, figura D.4



Figura D.4.- PICSTART Plus.

Cuando se ha verificado que se cuenta con el equipo necesario se vuelve a la parte donde se quedo ensamblando y verificado el buen funcionamiento del programa. Lo que prosigue es habilitar el PICSTART Plus desde el MPLAB lo cual se hace de la siguiente manera:

Se dirige al menú de herramientas, se le da clic en Programmer, y luego en 1PICSTART Plus, de esta manera se selecciona el programa externo, figura D.5; después se vuelve a seleccionar Programmer y seleccionar Enable Programmer para que quede habilitado el programa.

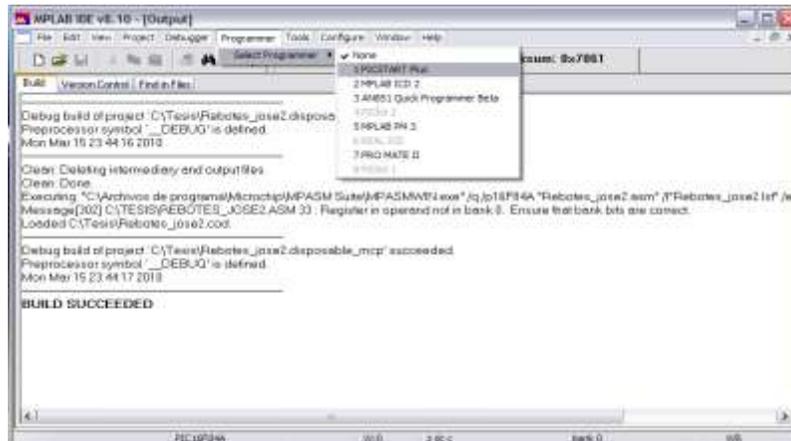


Figura D.5.- Habilitación del PICSTART Plus.

Nota: si no es habilitado el grabador es debido a que se tiene configurado el puerto COM, de ser así se habilita de la siguiente manera:

Se vuelve al menú herramientas, se abre el Programmer y se escoge settings, el cual abrirá una ventana que permitirá habilitar el puerto que se encuentra habilitado, figura D.6.

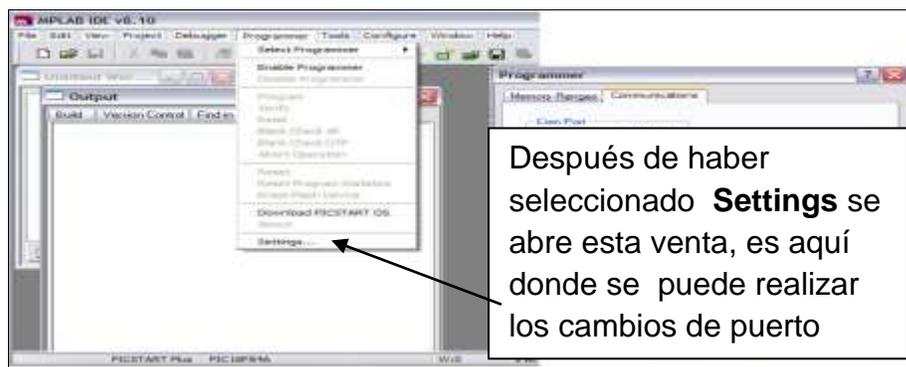


Figura D.6.- Selección de puertos.

Cuando se tiene habilitado el programa se procede a verificar que el microcontrolador este vacío para hacer el grabado, figura D.7.

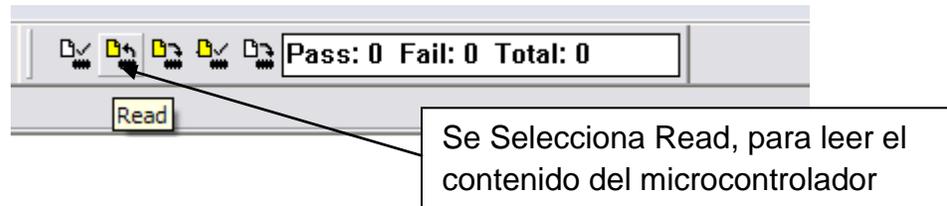


Figura D.7.- Para leer el contenido

Después se verifica la memoria del PIC para constatar que se encuentra vacío o bien que contenga información, Figura D.8.

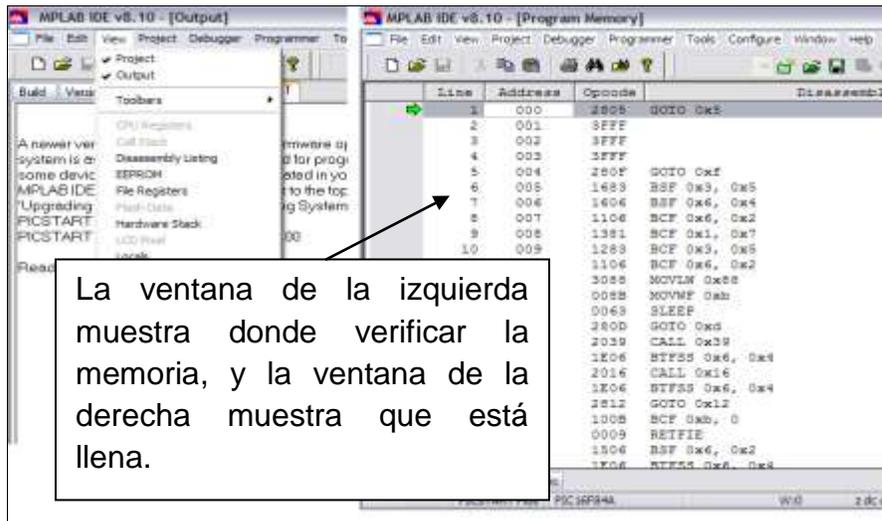


Figura D.8.- Verificación de memoria.

Si se encuentra que la memoria está llena se borra haciendo clic en Erase Flash Device como lo muestra la figura D.9.

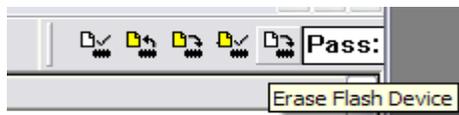


Figura D.9.- Borrar memoria.

Después, en el menú de herramientas se selecciona Debugger, cuando abre la ventana se selecciona Clear Memory y All Memory, y después se vuelve a verificar la Memoria del PIC, como se explicó antes. Figura D.10.

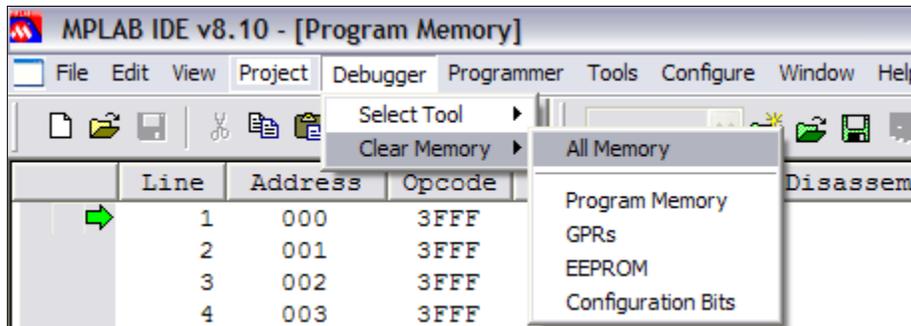


Figura D.10.- Borrar la memoria del microcontrolador.

Finalmente cuando se ha verificado que la memoria del microcontrolador está vacía, se procede a grabar el microcontrolador, seleccionando Program para grabar en el microcontrolador. (Figura D.11).



Figura D.11.- Grabar en el microcontrolador.

La conexión de los componentes se ilustra en la siguiente Figura D.12.



Figura D.12.- Conexión del PICSTART Plus.

## Anexo E

### E.1.- Poner en servicio el convertidor MITSUBISHI FREQROL-A 200

Saque el variador de frecuencia del embalaje y compare los datos de la placa de potencia de la cubierta frontal y los datos de la placa de tipo del lado del variador de frecuencia con los datos de su pedido.

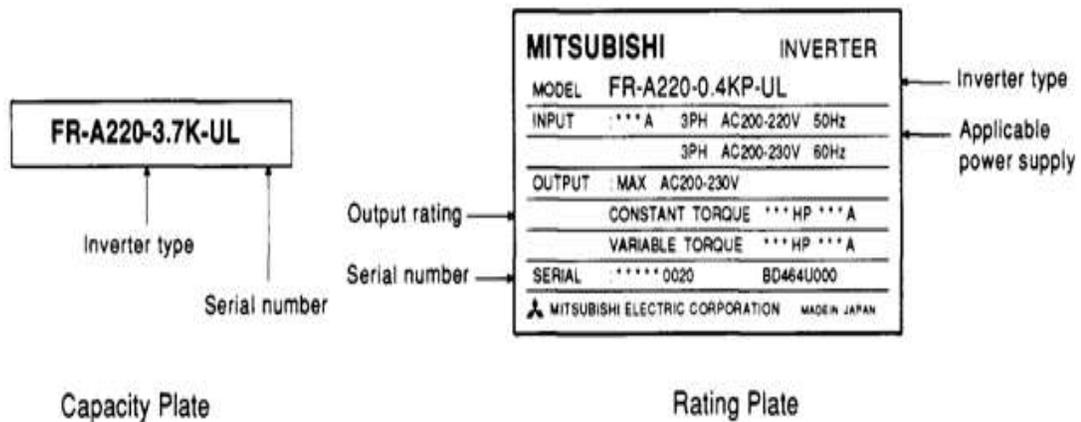


Figura E.1.- Placa de potencia.

#### E.1.1.- Dirección de instalación y espacios

- Instale el inversor sobre una superficie de instalación bien y verticalmente (con el propósito de que las letras FREQROL - A200 se ubique en la parte frontal) con tornillos o pernos.
- Deje espacios suficientes alrededor del inversor para la disipación de calor suficiente.

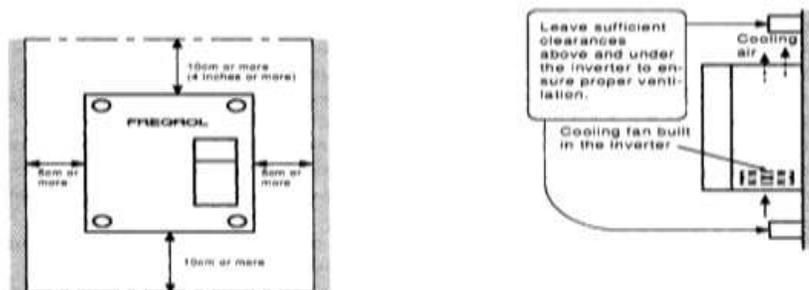


Figura E.2.- Dirección de instalación y espacios.

## E.1.2.- Instrucciones de cableado

### Notas sobre el cableado

- ✓ La alimentación no debe ser conectada a las terminales de salida (u, v, w), de lo contrario el inversor resultará dañado.
- ✓ Conecte solo la resistencia de frenado opcional, se recomienda entre las terminales P y PR. Además, estas terminales no deben estar en corto circuito.
- ✓ Use enchufe sin soldaduras en las terminales para el suministro de energía y los cables de motor.
- ✓ Las terminales comunes SD, S y SE del circuito de control (aisladas unas de otras) no debe ser conectado a tierra.
- ✓ Utilice cables apantallados o trenzados para la conexión a las terminales del circuito de control y ejecutarlas fuera de los circuitos de potencia y de energía (como el circuito de secuencia de 200v).
- ✓ Cuando se realiza la reconexión de la operación, asegúrese de que el LED del inversor se haya apagado y que la lámpara de carga en la placa de circuito impreso o al lado del bloque de terminales se haya apagado.
- ✓ El tamaño del cable para la conexión a las terminales del circuito de control debe ser de 0.75 mm<sup>2</sup>. Opere los cables de manera que no ocupen gran parte del espacio de la caja de control del bloque de terminales.
- ✓ Corte la tapa (zona protectora) de cableado usando cuchillo o un cúter cuando opere los cables.
- ✓ Cuando la tensión de alimentación es especial (400 V), cambiar la conexión del puente en el transformador interno, de acuerdo con la variación en torno a 400v.

Designe que la información sea verificada

- ✓ El inversor será dañado no sólo por conexiones incorrectas, sino también por un corto circuito del suministro de energía si hay una fuente de alimentación comercial conmutación, mostrado en la figura E.3. Para evitar esto, proporcionar enclavamientos eléctricos y mecánicos para MC1 y MC2.

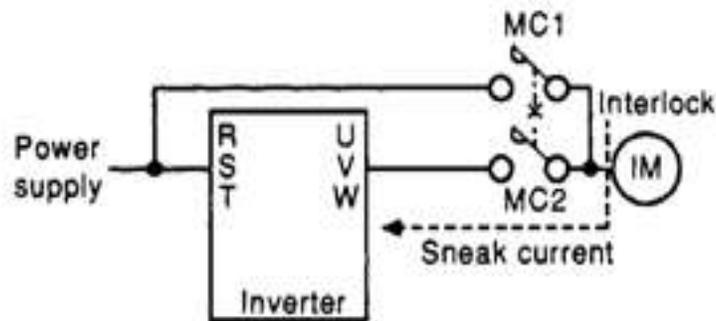


Figura E.3.- En MC1 y MC2

- ✓ Si la señal de inicio (interruptor de inicio) se mantiene después de un fallo de alimentación, el inversor se reiniciará automáticamente tan pronto como el suministro de energía es restituido. Cuando un reinicio de la máquina debe ser evitado en la restauración de energía, proporcionar un MC contactor magnético en el circuito primario del inversor y también constituyen una secuencia que no se enciende la señal de inicio.
- ✓ Debido a que las señales de entrada para el circuito de control están en un nivel bajo, usar dos contactos paralelos señal micro o un contacto doble para entradas de contacto para impedir un falso contacto.
- ✓ No aplicar un voltaje a las terminales de contacto de entrada (e..g..STF) del circuito de control.
- ✓ No aplicar un voltaje directamente a las terminales de señal de salida de alarma (A, B, C). Aplicar un voltaje a través de una bobina de relevos de lámpara, etc. A estas terminales.

### E.1.3.- Conexión del suministro de energía y el motor

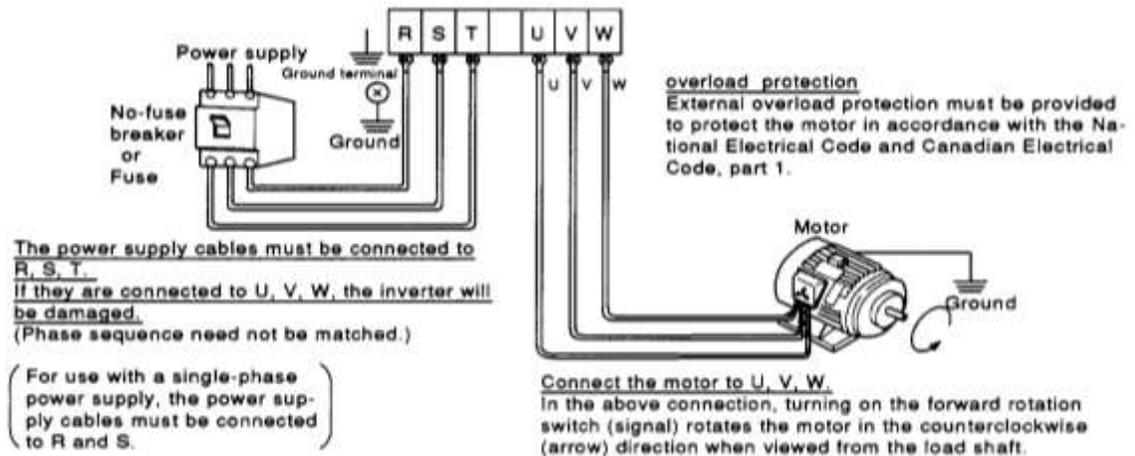


Figura E.4.- Conexión del variador.

Conectar el circuito de control a un suministro de energía por separado desde el circuito principal.

Si el contacto magnético (MC) en el suministro de energía del inversor es abierto cuando el circuito protector esta en operación, el poder de circuito de control de inversor es perdido y la señal de salida de alarma no puede ser guardado. Para guardar la señal de alarma, las terminales R1 y S1 están disponibles. En este caso, conecte el suministro de energía en las terminales R1 y S1 del circuito de control al equipo principal del MC.

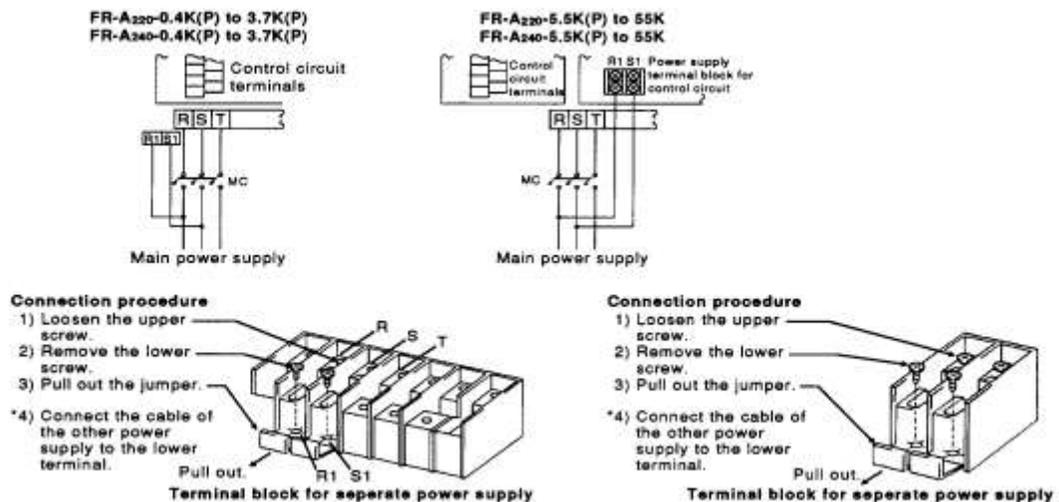


Figura E.5.- Conexión en las terminales R1 y S1.

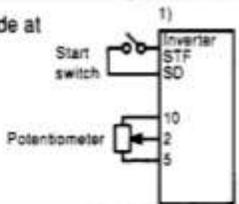
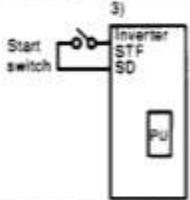
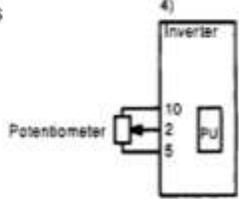
Nota: el cable de suministro de energía no debe estar conectado solamente a la terminal superior para proteger el inversor del daño.

Para utilizar una fuente de alimentación separada, los puentes entre la R - R1 y S - S1 debe ser eliminados.

### E.1.4.- Modo de operación

Seleccione cualquiera de los siguientes modos de operación de acuerdo con la aplicación y las especificaciones de funcionamiento:

Cuadro E.1.- Modo de operación del variador.

Operation Mode	Description	Remarks
Operation using the external input signals	The inverter is operated with the start switch, frequency setting potentiometer, etc. connected to the control terminals of the inverter.	Factory-set to select this operation mode at power on.* 
Operation using the parameter unit	The inverter is started, set in frequency, and operated at variable speed from the parameter unit.	Prepare the parameter unit if it is not provided for the inverter. (See page 22 for the operating procedure.) 
Combined operation using the external input signals and parameter unit	Start is made by the external input signal, and the running frequency is set from the parameter unit.	The external frequency setting potentiometer and the forward rotation, reverse rotation and stop keys of the parameter unit are invalid. 
	The running frequency is set by the external input signal, and start and stop are effected from the parameter unit.	The external input signal start switch is invalid. 

\* La unidad de parámetro de modo de operación puede ser seleccionado en el arranque. (Vea pagina 27) del manual del variador.

Después de que la instalación y los procedimientos de cableado están completos, realice las siguientes comprobaciones antes de comenzar la operación:

- ✓ Verifique que el cableado sea correcto. Especialmente, compruebe que el suministro de energía no está conectado en las terminales U, V y W.
- ✓ Verificar que no haya ningún error, como un cortocircuito debido al cableado, etcétera.
- ✓ Verifique que los tornillos, las terminales, etcétera estén bien apretados.
- ✓ Verifique que el motor y el inversor estén conectados a tierra.

#### Prueba de resistencia de protección

- Lleve a cabo la prueba de resistencia de protección usando un megohmetro de conformidad con el procedimiento en la página 80.
- No realice la prueba de resistencia de protección en las terminales del inversor y las terminales de circuito de control.

El inversor no dispone de interruptores, potenciómetros, o enlaces para los propósitos de control.

Use la unidad de parámetro (FR - PU02E) para cambiar o verificar los valores de ajuste de varias funciones.

Para cambiar el valor establecido y los procedimientos de control, consulte la sección de la “Unidad de Parámetros” del manual del variador (de la página 22 hacia adelante).

Los elementos principales que se establezcan antes de la operación son los siguientes:

Cuadro E.2.- Elementos principales de la operación.

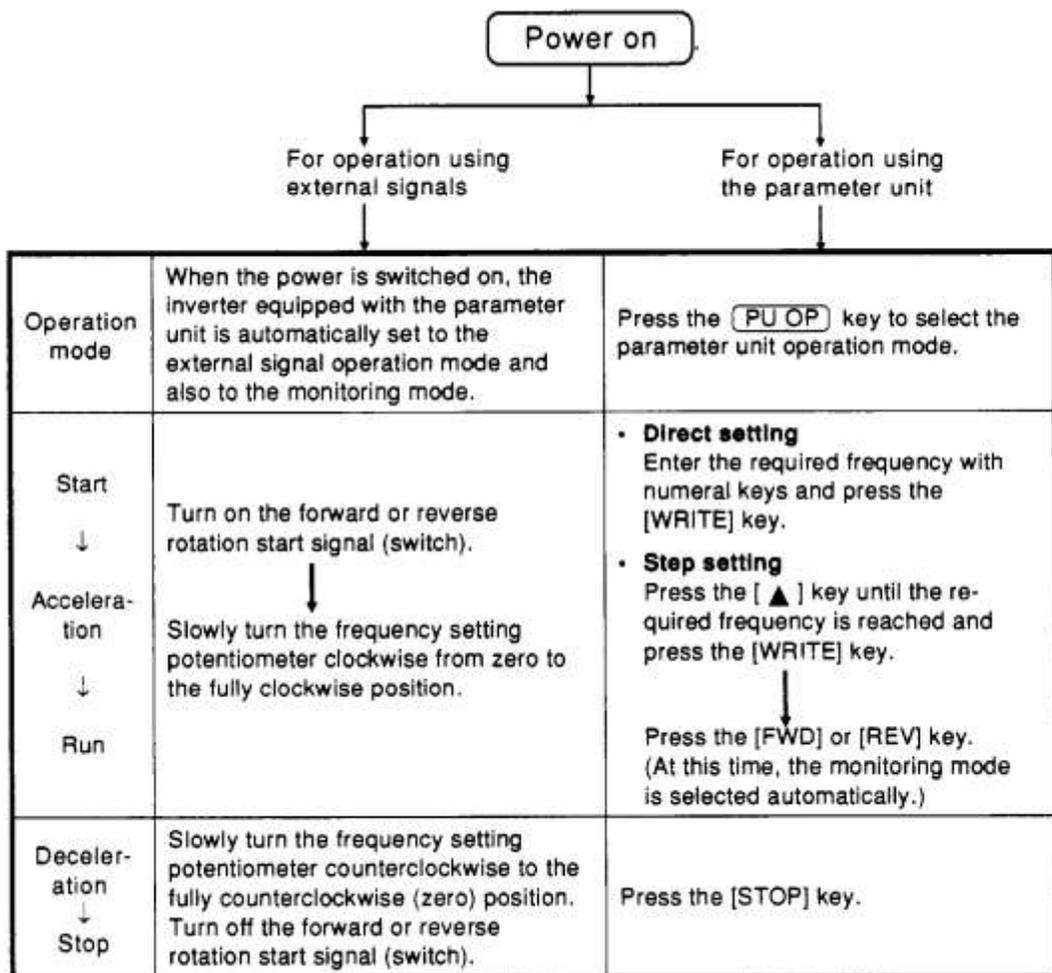
Item	Description	Ref. Page
Maximum output frequency	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>External input signal operation mode</b> The maximum output frequency is factory-set as indicated below. The setting must be changed when the inverter is run at a higher value. &lt;Maximum output frequency value set at the factory&gt; * Voltage signal...5VDC (or 10VDC) for 60Hz * Current signal...20mADC for 60Hz, 4mADC for 0Hz &lt;Changing the maximum output frequency setting&gt; Change the values of "frequency setting voltage bias and frequency setting voltage gain" (or "frequency setting current bias and frequency setting current gain") from the parameter unit. (Pr. 902 to 905)</li> <li>• <b>Parameter unit operation mode</b> The maximum output frequency is up to the maximum frequency (factory-set to 120Hz).</li> </ul>	p.68  p.50
Acceleration/deceleration time	Factory-set to 5 seconds for the 7.5K or down, and 15 seconds for the 11K or up. Set the required value if the inverter is operated at other than the above value. The set time is the length of time until when the set value in "acceleration/deceleration reference frequency Pr. 20" is reached.	p.57
Electronic overcurrent protector	The set value is identical to the protection level value of the conventional inverters (FR-Z120, Z200, Z300). Set the value of current for 50Hz indicated on the motor rating plate.  Note: The operational characteristics are based on the Mitsubishi standard squirrel-cage motor. Since the electronic overcurrent protector cannot be applied to a special motor, protect a special motor using an external thermal relay or the like. (For a constant-torque motor, this function can be set in the parameter.)	p.57
Item	Description	Ref. Page
Frequency setting input signal setting (for operation with analog signal)	<p>Set the specifications of the frequency setting voltage signal entered across terminals 2-5. (The A200 inverter does not contain the switching connector unlike the Z200 and Z300 series inverters.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Operation at 0 to 5VDC</b> Set 1 in function number 73.</li> <li>• <b>Operation at 0 to 10VDC</b> Set 0 in function number 73.</li> <li>• <b>Operation at 4 to 20mADC</b> <u>4 to 20mADC input is only selected when terminals AU-SD are connected.</u> Hence, AU and SD must be connected to perform operation with this signal.</li> </ul>	p.68
Maximum frequency Minimum frequency	<u>To be only used to restrict the upper and lower limits of the output frequency.</u> Though setting may be made at less than the maximum output frequency, proper operation cannot be performed if it is set to an unreasonable value.  Note: Setting the minimum frequency causes the motor to operate at the set minimum frequency by merely switching on the start signal.	p.56
Meter calibration	Allows the meter to be calibrated from the parameter unit without using the calibration resistor.	p.48

### E.1.5.- Verifique puntos durante la corrida de prueba

Después de verificar que la señal de inicio del inversor está apagada (en el modo de operación de señal externa), encienda el interruptor sin fusible (NFB) y el contacto magnético (MC) en el circuito de entrada del inversor.

Lleve a cabo una prueba y verifique el estado operativo en el siguiente procedimiento: (cuadro E.3)

Cuadro E.3.- Verificación de puntos durante la prueba.



Nota: si la unidad de parámetro no está en el modo de observación, un aumento de la frecuencia o disminución no se muestra.

Verifique los siguientes puntos:

- Verifique que la dirección de la rotación del motor sea correcta. (Vea página 11)
- Verifique que el motor esté libre de ruidos o vibraciones.
- Verifique que el medidor de frecuencia cambia suavemente.
- Verifique que el código "OL" no aparece en la unidad de parámetro durante la aceleración o desaceleración. Si el código de "OL" se muestra:
  - Verifique que la carga no es demasiado grande.
  - Incremente el tiempo de aceleración / desaceleración.
  - Reduzca el valor de impulso.

#### **E.1.6.-Estructura de la unidad de parámetro**

La unidad de parámetro de FR - PU02E es instalado para las series de inversor FR-A se conecta hacia él por un cable (opcional) y permitir la operación a realizar, funciones que se pueden seleccionar (configurar los valores a leer/ escribir), el estado operativo debe ser monitoreado, y la definición de alarma debe ser exhibido. Además, el FR-PU02E tiene una función de reparación técnica, la función de ayuda y la función de parámetro de visualización gráfica.

La unidad de parámetro de FR-PU02E es referido como PU.

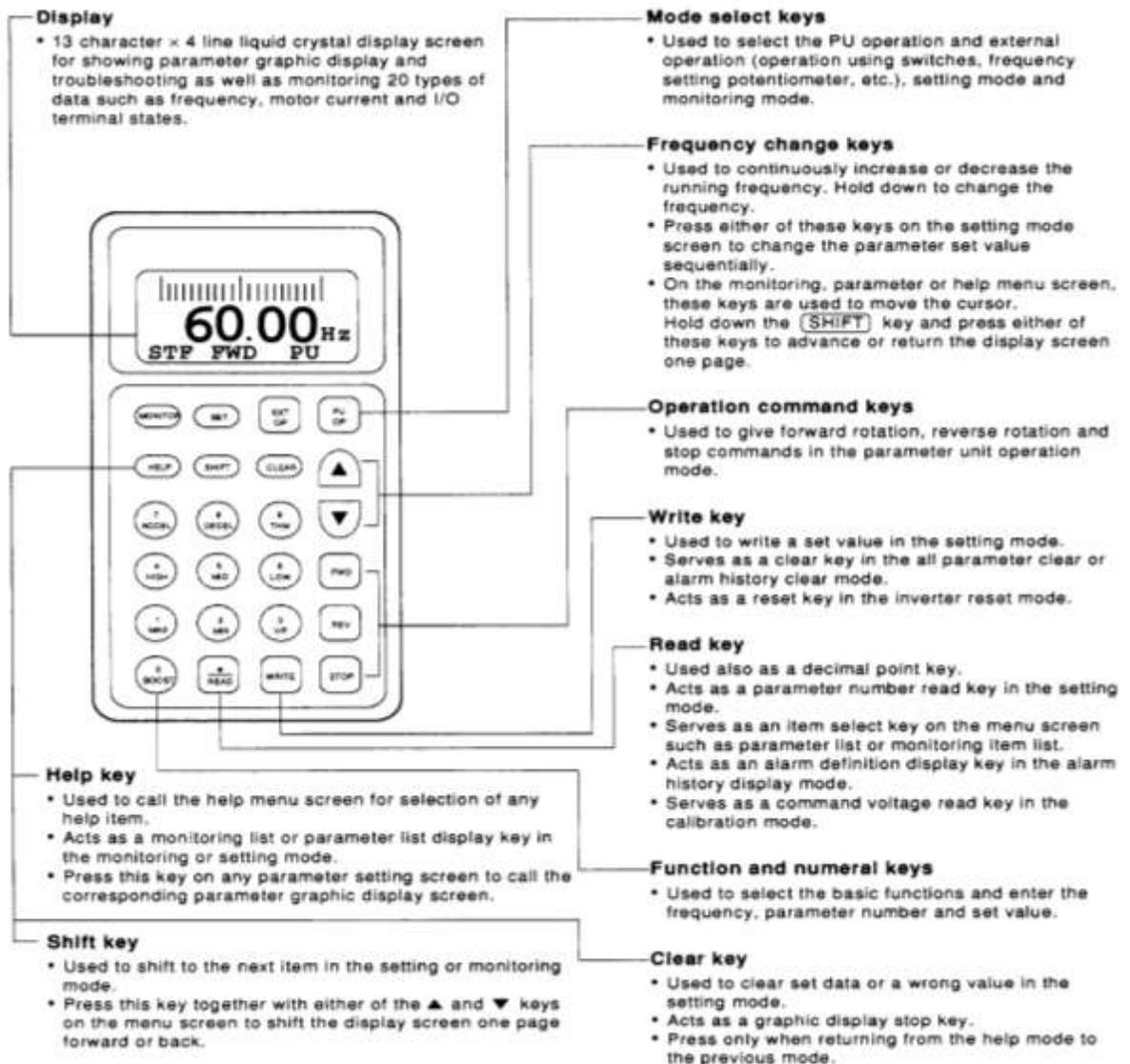


Figura E.6.- Esquema del variador de frecuencia.

### E.1.6.1.-Instalación de la unidad de parámetro

El PU puede ser instalado directamente al inversor o conectado al inversor por el cable opcional con el propósito de que puede ser de mano o instalado también a un panel. El PU puede ser instalado y quitado cuando el inversor está encendido o en marcha.

### E.1.6.2.-Dirija la instalación al inversor

El PU es usado sobre la tapa frontal del inversor (acoplado eléctricamente por el conector). Para el modelo no equipado con el PU, retire la tapa de accesorio del inversor tapa frontal e instale el PU a esta posición.

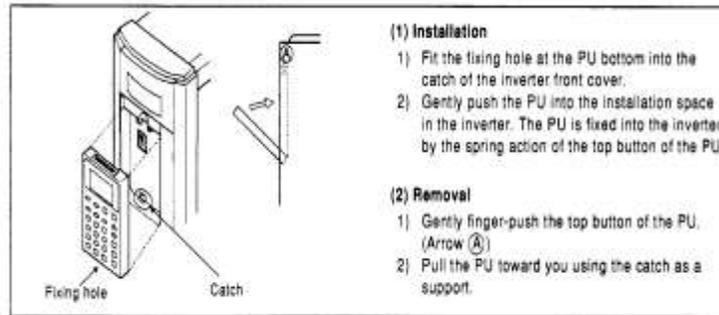


Figura E.7.- Instalación del PU en el inversor.

\* El PU debe ser instalado en el inversor cuando la tapa del inversor está instalado.

### E.1.6.3.- Funciones de la unidad de parámetro

El PU puede ser usado en una amplia variedad de aplicaciones que va desde la operación de vigilancia que se describe a continuación:

Nota: un parámetro será referido como Pr.

<p>Selecting the operation mode</p>	<p>External operation and/or PU operation mode can be selected.</p> <p>External operation.....The inverter is operated using the start switch and frequency setting potentiometer connected to the inverter terminal block.</p> <p>PU operation.....The inverter is started/stopped and running frequency is set from the PU keys.</p> <p>PU/external combined operation..... The inverter is operated using the PU and external switch and potentiometer.</p> <p>The combined operation may be performed in either of the following methods:</p> <p>1)The PU keys are used for start and stop, and the external potentiometer is used for frequency setting.</p> <p>2)The external switches are used for start and stop, and the PU keys used for frequency setting.</p>
<p>Operating the motor</p>	<p>The frequency may either be entered directly from the ten-key pad or by holding down the [▲] (or [▼] ) key.</p>
<p>Changing the function set value</p>	<p>The required function can be read directly or rewritten.....p. 36</p> <p>Convenient functions</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• All set value clear (initialization) ..... p. 42</li> <li>• Rewrite disable..... p. 69</li> <li>• Frequency meter calibration..... p. 48</li> <li>• Reset selection..... p. 68</li> </ul>
<p>Monitoring</p>	<p>The operating status (e.g. output frequency, motor current, input power) can be checked, and I/O terminal states and up to eight past alarm definitions can be monitored. The inverter is monitored by either the inverter LED display, PU main display or PU level display.</p>

Figura E.8.- Función de la unidad de parámetro.

### E.1.7.- Modo de operación

El inversor tiene tres modos de operación: la operación por entradas de señales externas, operación por PU y señal de entrada de PU / operación externa de señal de entrada combinada. El modo de operación puede ser seleccionado (activado) entre el modo de operación de entrada de señal externa y modo de operación del PU seleccionando las teclas del PU. Los otros modos son seleccionados por la configuración en Pr.79. Pr 79 también permite que el modo de operación sea limitado (fija). El modo de operación de PU puede ser producido como una señal (ver Pr.40).

#### E.1.7.1.-Modo de operación de fábrica

Cuando la entrada de alimentación eléctrica se enciende (o resetear), el modo de operación es puesto al modo de operación de señal de entrada externa. Por lo tanto, el suministro de energía al inversor está listo para funcionar con señales de entrada externas. En este estado, encienda la señal de inicio (a través de STF / STR - SD) para iniciar la operación.

El modo de operación de suministro de energía puede ser limitado, e, g, en la operación del PU se activa al encender sin tener que cambiar el modo de operación con el modo de la PU de las teclas de selección. Para la información completa sobre el modo de operación, vea página 69 del manual del variador.

Seleccionar el modo de operación en el estado de fábrica (Pr.79 config. 0)

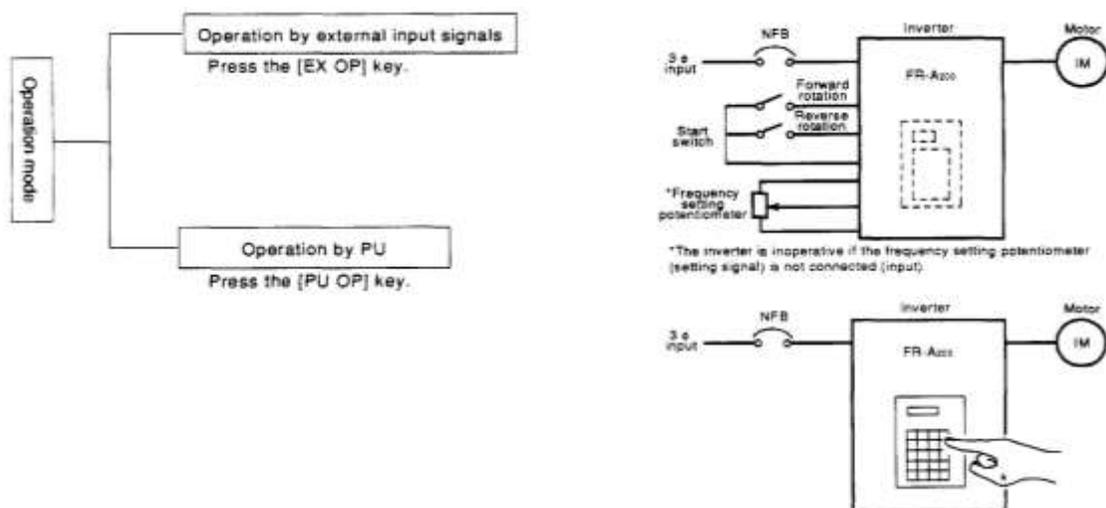


Figura E.9.- Seleccionar el modo de operación de fábrica.

### E.1.8.- Operación.

El motor puede ser puesto en marcha y detenido de la PU sin usar el potenciómetro de ajuste de frecuencia externa o interruptor de inicio.

El PU también admite operación corto.

#### Procedimiento operativo

##### (1) Directly entering (setting) the required frequency (Direct setting)

[PU OP] [Required frequency value] [WRITE] [FWD] (or [REV]) [STOP]

Setting the running frequency ..... Repeating this procedure during operation allows the speed to be varied.

**Setting example** To run the motor in the forward direction at 30Hz.

Note: The parameters, etc. are as factory-set.

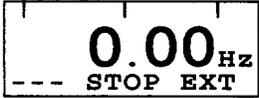
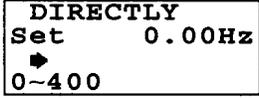
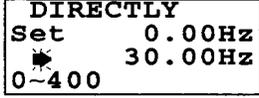
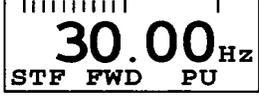
Operation and Keying Procedure	PU Screen Display	Remarks
Power on	 (1)	
[PU OP]	 (2)	Displays the latest (previous) set value. (0Hz in the factory set state)
③ ①	 (3)	
[WRITE]	 (4)	
[FWD]	 (5)	The motor starts. (900r/min for the 4-pole motor)
[STOP]	 (6)	The motor stops.

Figura E.10.- Procedimiento operativo.

## E.1.9.-Lista de parámetros

Cuadro E.4.- Lista de parámetros para función del variador.

Function	Parameter Number	Name	Screen Display	Note 4	Setting Range	Minimum Setting Increment	Factory Setting	Refer To:
Basic functions	0	Torque boost (manual)	Trq.Bst1	0	0 to 30%	0.1%	6%/3% (note 1)	56
	1	Maximum frequency	Max.F1		0 to 120Hz	0.01Hz	120Hz	
	2	Minimum frequency	Min.F1		0 to 120Hz		0Hz	
	3	Base frequency	VFbaseF1		0 to 400Hz		60Hz	
	4	Multi-speed setting (high speed)	PresetF1		0 to 400Hz		60Hz	
	5	Multi-speed setting (middle speed)	PresetF2		0 to 400Hz		30Hz	
	6	Multi-speed setting (low speed)	PresetF3		0 to 400Hz		10Hz	
Basic functions	7	Acceleration time	Acc.T1		0 to 3600 seconds/ 0 to 360 seconds	0.1 seconds/ 0.01 seconds	5 seconds/ 15 seconds (note 1)	57
	8	Deceleration time	Dec.T1		0 to 3600 seconds/ 0 to 360 seconds	0.1 seconds/ 0.01 seconds	5 seconds/ 15 seconds (note 1)	
	9	Electronic thermal O/L relay	Set THM		0 to 500A	0.01A	Rated output current	
Standard operation functions	10	DC injection brake operation frequency	DC Br.F		0 to 120Hz, 9999	0.01Hz	3Hz	58
	11	DC injection brake operation time	DC Br.T		0 to 10 seconds	0.1 seconds	0.5 seconds	
	12	DC injection brake voltage	DC Br.V		0 to 30%	0.1%	6%/3% (note 1)	
	13	Starting frequency	Start F		0 to 60Hz	0.01Hz	0.5Hz	
	14	Applied load selection	Load VF	0	0, 1, 2, 3	1	0	59
	15	Jog frequency	JOG F		0 to 400Hz	0.01Hz	5Hz	
	16	Jog acceleration/ deceleration time	JOG T		0 to 3600 seconds/ 0 to 360 seconds	0.1 seconds/ 0.01 seconds	0.5 seconds	
	17	External thermal O/L relay input	JOG/OH		0, 1, 2, 3	1	0	60
	18	High-speed maximum frequency	Max.F2		120 to 400Hz	0.01Hz	120Hz	
	19	Base frequency voltage	VFbase V		0 to 1000V, 9999	0.1V	9999	
	20	Acceleration/ deceleration reference frequency	Acc/DecF		1 to 400Hz	0.01Hz	60Hz	
21	Acceleration/ deceleration time increments	Incr.T		0, 1	1	0		
22	Stall prevention operation level	Still Pv1		0 to 200%	0.1%	150%	60	
23	Stall prevention operation level at double speed	Still Pv2		0 to 200%, 9999	0.1%	9999		
24	Multi-speed setting (speed 4)	PresetF4		0 to 400Hz, 9999	0.01Hz	9999		
25	Multi-speed setting (speed 5)	PresetF5						
26	Multi-speed setting (speed 6)	PresetF6						
27	Multi-speed setting (speed 7)	PresetF7						
28	Multi-speed input compensation	Pre.Comp		0, 1	1	0		

Function	Parameter Number	Name	Screen Display	Note 4	Setting Range	Minimum Setting Increment	Factory Setting	Refer To:
Standard operation functions	29	Acceleration/ deceleration pattern	Acc/DecP		0, 1, 2, 3	1	0	60
	30	External brake resistor selection	Br.Set		0, 1	1	0	
	31	Frequency jump 1A	Fjump 1A		0 to 400Hz, 9999	0.01Hz	9999	61
	32	Frequency jump 1B	Fjump 1B					
	33	Frequency jump 2A	Fjump 2A					
	34	Frequency jump 2B	Fjump 2B					
	35	Frequency jump 3A	Fjump 3A					
	36	Frequency jump 3B	Fjump 3B					
	37	Speed display	Dispunit		2 to 10, 11 to 9998	1	4	
	38	Automatic torque boost	A.TrqBst	0	0 to 200%	0.01%	0	
39	Automatic torque boost operation starting current	NoLoad I	0	0 to 500A	0.01A	0		
Multi-function output terminal functions	40	Output terminal assignment	Selectop		0 to 9999	1	1234	
	41	Up-to-frequency sensitivity	SU Range		0 to 100%	0.1%	10%	
	42	Output frequency detection	SetFU FW		0 to 400Hz	0.01Hz	6Hz	
	43	Output frequency detection at reverse rotation	SetFU RV		0 to 400Hz, 9999	0.01Hz	9999	
Second functions	44	Second acceleration/ deceleration time	Ac/DecT2		0 to 3600 seconds/ 0 to 360 seconds	0.1 seconds/ 0.01 seconds	5 seconds	63
	45	Second deceleration time	Dec.T2		0 to 3600 seconds/ 0 to 360 seconds, 9999		9999	
	46	Second torque boost	Trq.Bst2	0	0 to 30%, 9999	0.1%		
	47	Second V/F (base frequency)	VFbaseF2		0 to 400Hz, 9999	0.01Hz		
	48	Second stall prevention operation level (current)	Stall2 I		0 to 200%	0.1%	150%	
	49	Second stall prevention operation level (frequency)	Stall2 F		0 to 400Hz	0.01Hz	0Hz	
	50	Second output frequency detection	SetFU 2		0 to 400Hz	0.01Hz	30Hz	
Display functions	51	Inverter LED display data selection	Set LED		1 to 14, 17, 18	1	1	64
	52	PU main display data selection	Set Main		0, 17 to 20	1	0	
	53	PU level display data selection	Set Lvl.		0 to 3, 5 to 14, 17, 18	1	1	
	54	FM terminal function selection	Set FM		1 to 3, 5 to 14, 17, 18, 21, 101 to 103, 105 to 114, 117, 118, 121	1	1	
	55	Frequency monitoring reference	CalbFM F		0 to 400Hz	0.01Hz	60Hz	
	56	Current monitoring reference	CalbFM I		0 to 500A	0.01A	Rated output current	
Automatic restart functions	57	Restart coasting time	RestrtT1		0 to 5 seconds, 9999	0.1 seconds	9999	65
	58	Restart cushion time	RestrtT2		0 to 5 seconds	0.1 seconds	1.0 seconds	
Additional functions	59	Remote setting function selection	Rmt Set		0, 1, 2	1	0	

Function	Parameter Number	Name	Screen Display	Note 4	Setting Range	Minimum Setting Increment	Factory Setting	Refer To:
Operation selection functions	60	Intelligent mode selection	Int.Mode		0 to 6	1	0	66
	66	Stall prevention operation reduction starting frequency	Still coF		0 to 400Hz	0.01Hz	60Hz	67
	67	Number of retries at alarm occurrence	Retry No		0 to 10	1	0	
	68	Retry waiting time	Retry t		0 to 10 seconds, 9999	0.1 seconds	9999	
	69	Retry count display erasure	Retry N		0	—	0	
	70	Special regenerative brake duty	Br.Duty		0 to 15%/0 to 30%/0% (note 3)	0.1%	0%	
	71	Applied motor	SetMotor		0, 1, 2	1	0	
	72	PWM frequency selection	PWM F		2 to 14.5KHz	0.1KHz	14.5KHz	
	73	0 to 5V, 0 to 10V selection	Ext//10V		0 to 5, 10 to 15	1	1	68
	74	Response time for analog signal	IPfilter		0 to 8	1	1	
	75	Reset selection	RES Mode		0, 1, 2, 3	1	0	
	76	Alarm code output selection	Alarm OP		0, 1, 2, 3	1	0	69
	77	Parameter write disable selection	EnableWr		0, 1, 2	1	0	
	78	Reverse rotation prevention selection	EnableFR		0, 1, 2	1	0	
	79	Operation mode selection	ContMode		0 to 6	1	0	
	*80	Motor capacity	Motor KW		0.4 to 55kW, 9999	0.01kW	9999	
*81	Number of motor poles	Mpole No		2, 4, 6, 9999	1	9999		
Auxiliary functions	*82 to *88	Parameters set by manufacturer. Do not set.						—
	*89	Speed control gain	—		0 to 1000.0 %	0.1 %	100.0 %	77
	*90 to *99	Parameters set by manufacturer. Do not set.						
	*100 to *106	Parameters for inboard options. For details, refer to the option manual. Pr. 100 to 109 for V/F 5-points setting.						
	*107	Slip compensation selection	—		0, 10	□	0	77
	*108 to *113	Not defined						
	*114	Retry selection	—		0, 1, 2, 3, 4	1	0	67
	*115 to *149	Parameters for inboard options. For details, refer to the option manual.						
	*155	RT activated condition.	—		0, 10	1	0	70
	*156	Stall prevent. select. at regeneration.	—		0 to 31, 100	1	0	
*157	OL signal waiting time.	—		0 to 25 seconds, 9999	0.1 seconds	0		

Func tion	Parameter Number	Name	Screen Display	Note 4	Setting Range	Minimum Setting Increment	Factory Setting	Refer To:			
Aux. functions	*158	AM terminal selec- tion	—		1 to 3, 5 to 14, 17, 18, 21, 9999	1	9999	—			
	*159	PWM f decrease at low speed	—		0, 1, 2, 3	1	0	70			
Calibration functions	900	FM terminal calibra- tion	FM Tune		—	—	—	71			
	901	AM terminal calibra- tion	AM Tune		—	—	—				
	902	Frequency setting voltage bias	ExtVbias		0 to 10V	0 to 60Hz	0.1V		0.01Hz	0V	0Hz
	903	Frequency setting voltage gain	ExtVgain			1 to 400Hz				5V	60Hz
	904	Frequency setting current bias	ExtIbias		0 to 20mA	0 to 60Hz	0.1mA		0.01Hz	4mA	0Hz
	905	Frequency setting current gain	ExtIgain			1 to 400Hz				20mA	60Hz

Si se requieren ajustes para aplicaciones más complejas, consultar la lista de parámetros, vea las Instrucciones de uso y el Manual de referencia del variador. En esta Guía se explica la forma de poner en marcha con el panel frontal y señal externa (incluyendo los parámetros necesarios).

## Anexo F

### F.1.- Códigos y diagramas de los programas implementados.

En la figura F.1 y F.2 se muestran el cuerpo del programa llamado **Pulsador\_05B** así como su diagrama de su circuito, respectivamente.

```
;
; Cada vez que presiona el pulsador conectado a la línea RA4 conmutará el estado de
; un LED conectado a la línea RB1.
;
; ZONA DE DATOS *****
LIST          P=16F84A
INCLUDE       <P16F84A.INC>
__CONFIG     _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC

CBLOCK 0x0C
ENDC

#DEFINE Pulsador PORTA,4      ; Pulsador conectado a RA4.
#DEFINE LED       PORTB,1    ; Línea donde se conecta el diodo LED.

; ZONA DE CÓDIGOS *****
Inicio  ORG      0              ; El programa comienza en la dirección 0.
        bsf     STATUS,RP0    ; Acceso al Banco 1.
        bsf     Pulsador      ; La línea RA4 se configura como entrada.
        bcf     LED           ; Se configura como salida.
        bcf     STATUS,RP0    ; Acceso al Banco 0.
        bcf     LED           ; En principio diodo LED apagado.
Principal
        btfs   Pulsador      ; ¿Pulsador presionado?, ¿(Pulsador)=0?
        goto   Fin           ; No. Vuelve a leerlo.
        call   Retardo_20ms  ; Espera que se estabilicen los niveles de tensión.
        btfs   Pulsador      ; Comprueba si es un rebote.
        goto   Fin           ; Era un rebote y sale fuera.
        btfs   LED           ; Testea el último estado del LED.
        goto   EstabaEncendido
EstabaApagado
        bsf     LED           ; Estaba apagado y lo enciende.
        goto   EsperaDejePulsar
EstabaEncendido
        bcf     LED           ; Estaba encendido y lo apaga.
EsperaDejePulsar
        btfs   Pulsador      ; ¿Dejó de pulsar?. ¿(Pulsador)=1?
        goto   EsperaDejePulsar ; No. Espera que deje de pulsar.
Fin
        goto   Principal

INCLUDE <RETARDOS.INC>
END
```

Figura F.1.- Cuerpo del programa del Pulsador\_05B.

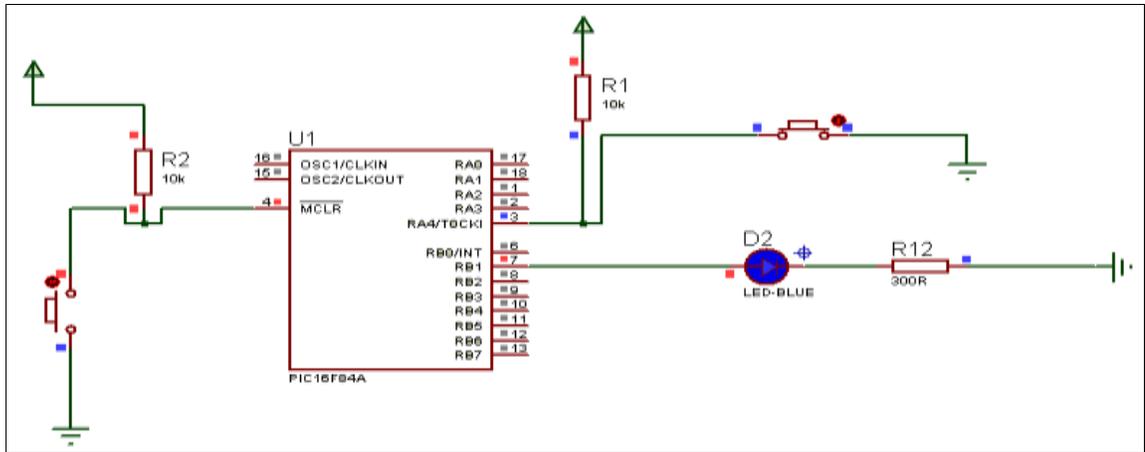


Figura F.2.- Circuito Led\_5.

En la figura F.3 se muestra el programa Pulsador\_057 el circuito utilizado fue el mismo que se muestra en la figura anterior.

```

; Cada vez que presiona el pulsador conectado a la línea RA4 conmutará el estado de
; un LED conectado a la línea RB1. La complementación se realiza con ayuda de una
; función XOR.
;
; ZONA DE DATOS *****
LIST          P=16F84A
INCLUDE      <P16F84A.INC>
__CONFIG    _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC

CBLOCK 0x0C
ENDC

#DEFINE Pulsador    PORTA,4      ; Pulsador conectado a RA4.
; ZONA DE CÓDIGOS *****
Inicio
ORG 0          ; El programa comienza en la dirección 0.
Inicio
bsf          STATUS,RP0        ; Acceso al Banco 1.
bsf          Pulsador          ; La línea RA4 como entrada.
clrf        PORTB             ; Se configura como salida.
bcf          STATUS,RP0        ; Acceso al Banco 0.
clrf        PORTB             ; En principio diodo LED apagado.
Principal
btfsc       Pulsador           ; ¿Pulsador presionado?, ¿(Pulsador)=0?
goto        Fin               ; No. Vuelve a leerlo.
call        Retardo_20ms       ; Espera que se establezcan los niveles de tensión.
btfsc       Pulsador           ; Comprueba si es un rebote.
goto        Fin               ; Era un rebote y sale fuera.
movlw      b'00000010'         ; Se hace una XOR para complementar.
xorwf      PORTB,F
EsperaDejePulsar
btfss       Pulsador           ; ¿Dejó de pulsar?. ¿(Pulsador)=1?
goto        EsperaDejePulsar   ; No. Espera que deje de pulsar.
Fin
goto        Principal

INCLUDE <RETARDOS.INC>
END

```

Figura F.3.- Cuerpo del Programa Pulsador\_057.

Programa Rebotos\_Final este programa enciende y apaga el led sin rebotes, figura F.4, y el diagrama utilizado se muestra en la figura F.5.

```

; El led se enciende cuando pulse RB4
;
;
; ZONA DE DATOS *****
LIST          P=16F84A
INCLUDE       <P16F84A.INC>
__CONFIG      _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC

CBLOCK       0x0C
ENDC

#DEFINE      EntradaRB4  PORTB,4
#DEFINE      Led         PORTB,2

; ZONA DE CÓDIGOS *****

ORG          0
goto        Inicio
ORG          4
goto        ServicioInterrupcion

Inicio
    bsf          STATUS,RP0
    bsf          EntradaRB4
    bcf          Led
    bcf          OPTION_REG,NOT_RBPU
    bcf          STATUS,RP0
    bcf          Led ; En principio, led apagado.
    movlw       b'10001000'
    movwf       INTCON

Principal
    sleep
    goto        Principal

; Subrutina "ServicioInterrupcion" -----
;
; ServicioInterrupcion
call        Retardo_20ms ; ¿Está presionado el pulsador de RB4?
btfss      EntradaRB4
call        Encendido

EsperaDejePulsar ; Espera a que desaparezcan las señales de entrada.
btfss      EntradaRB4
goto       EsperaDejePulsar
bcf        INTCON,RBIF
retfie

; Subrutinas "PitidoCorto" y "PitidoLargo" -----
;
; Encendido
    bsf          Led
    btfss      EntradaRB4
    goto       Encendido
    bcf          Led
    bcf          INTCON,RBIF
    return

INCLUDE     <RETARDOS.INC>

```

Figura F.4.- Cuerpo del programa Rebotos\_Final.

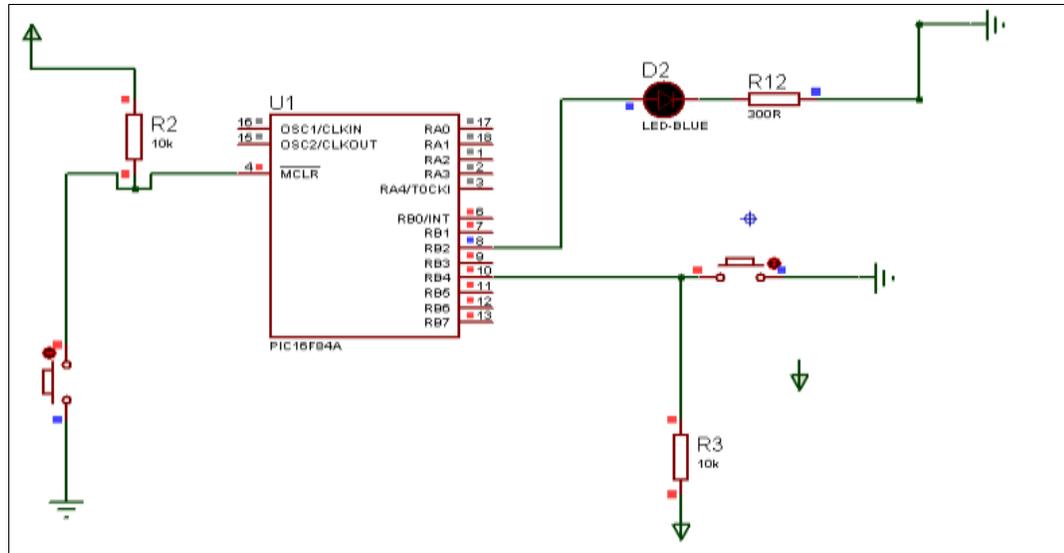


Figura F.5.- Circuito para el Pulsador\_Final.

El siguiente programa genera las frecuencias, lleva por nombre **Int\_Cuadradas\_01**

```

***** Int_Cuadradas_01.asm *****
=====
Del libro "MICROCONTROLADOR PIC16F84. DESARROLLO DE PROYECTOS"
E. Palacios, F. Remiro y L. López. www.pic16f84a.com
Editorial Ra-Ma. www.ra-ma.es
=====
; Por la línea 3 del puerto B se genera una onda cuadrada. La frecuencia de la onda
; cuadrada cambia
; mediante activación del pulsador conectado al pin 7 del puerto B, de la siguiente
; forma:
;
; PULSACIÓN      FRECUENCIA      SEMIPERODO
; -----
; (Inicial)      714 Hz          700 µs. = 1 x 50 µs
; Primera        625 Hz          800 µs. = 2 x 50 µs
; Segunda        500 Hz          1000 µs. = 5 x 50 µs
; Tercera        400 Hz          1250 µs. = 10 x 50 µs
; Cuarta         303 Hz          1650 µs. = 20 x 50 µs
; Quinta         200 Hz          2500 µs. = 50 x 50 µs
; Sexta          100 Hz          5000 µs. = 100 x 50 µs
; Séptima        50 Hz           10000 µs. = 200 x 50 µs
;
; Al conectarlo por primera vez se genera una frecuencia de 714 Hz, al activar el
; pulsador cambia a 625 Hz, al actuar una segunda vez cambia a 500 Hz, y así
; sucesivamente.
;
; El módulo LCD visualizará la frecuencia generada. A la línea de salida se puede
; conectar
; un altavoz que producirá un pitido.
; ZONA DE DATOS *****
LIST          P=16F84A
INCLUDE       <P16F84A.INC>
__CONFIG     _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC

CBLOCK       0x0C

```

```

ApuntadorFrecuencia
Semiperiodo
ENDC

TMR0_Carga50us      EQU    d'256'-d'42'; El semiperiodo patrón va a ser de 50 µs.
NUM_FRECUENCIA      EQU    d'8'          ; Ocho posibles frecuencias: 714 Hz, 625 Hz,
500 Hz,                                     ; 400 Hz, 303 Hz, 200
Hz, 100 Hz y 50 Hz.
#define Salida       PORTB,3
#define Pulsador     PORTB,7

; ZONA DE CÓDIGOS *****
ORG    0
goto   Inicio
ORG    4
goto   ServicioInterrupcion

; Subrutina "CargaContador" -----
CargaContador
    addwf PCL,F
    retlw .14      ; Semiperiodo 14 x 50 = 700 µs, frecuencia = 714 Hz.
    retlw .16      ; Semiperiodo 16 x 50 = 800 µs, frecuencia = 625 Hz.
    retlw .20      ; Semiperiodo 20 x 50 = 1000 µs, frecuencia = 500 Hz.
    retlw .25      ; Semiperiodo 25 x 50 = 1250 µs, frecuencia = 400 Hz.
    retlw .33      ; Semiperiodo 33 x 50 = 1650 µs, frecuencia = 303 Hz.
    retlw .50      ; Semiperiodo 50 x 50 = 2500 µs, frecuencia = 200 Hz.
    retlw .100     ; Semiperiodo 100 x 50 = 5000 µs, frecuencia = 100 Hz.
    retlw .200     ; Semiperiodo 200 x 50 = 10000 µs, frecuencia = 50 Hz.

; Subrutina "CargaMensaje" -----
CargaMensaje
    addwf PCL,F
    retlw Mensaje714Hz
    retlw Mensaje625Hz
    retlw Mensaje500Hz
    retlw Mensaje400Hz
    retlw Mensaje303Hz
    retlw Mensaje200Hz
    retlw Mensaje100Hz
    retlw Mensaje50Hz

; Subrutina "Mensajes" -----
;
Mensajes
    addwf PCL,F
MensajeFrecuencia
    DT "Frec.: ", 0x00
Mensaje714Hz
    DT "714 Hz. ", 0x00
Mensaje625Hz
    DT "625 Hz. ", 0x00
Mensaje500Hz
    DT "500 Hz. ", 0x00
Mensaje400Hz
    DT "400 Hz. ", 0x00
Mensaje303Hz
    DT "303 Hz. ", 0x00
Mensaje200Hz
    DT "200 Hz. ", 0x00
Mensaje100Hz
    DT "100 Hz. ", 0x00
Mensaje50Hz
    DT "50 Hz. ", 0x00

; Programa Principal -----
Inicio
    call LCD_Inicializa
    bsf STATUS,RPO
    bcf Salida
    bsf Pulsador
    movlw b'00001000'          ; TMR0 sin prescaler.
    movwf OPTION_REG
    bcf STATUS,RPO
    call EstadoInicial        ; Visualiza la frecuencia inicial.

```

```

        movlw   TMR0_Carga50us           ; Carga el TMR0.
        movwf   TMR0
        movlw   b'10101000'
        movwf   INTCON                   ; Activa interrupciones del TMR0, RBI
y general.
Principal
        goto    Principal

; Subrutina "ServicioInterrupcion" -----
;
; Detecta qué ha producido la interrupción y ejecuta la subrutina correspondiente.

ServicioInterrupcion
del TMR0?
        btfsc  INTCON,T0IF                ; ¿Interrupción por desbordamiento
        call   Timer0_Interrupcion
Puerto B?
        btfsc  INTCON,RBIF                ; ¿Interrupción por cambio en el
        call   Pulsador_Interrupcion
        bcf    INTCON,T0IF                ; Repone flag del TMR0.
        bcf    INTCON,RBIF                ; Repone flag del RBI.
        retfie

; Subrutina "Pulsador_Interrupcion" -----
;
; Subrutina de atención a la interrupción por cambio en la línea RB7 donde se ha
; conectado un pulsador.
; Incrementa el registro (ApuntadorFrecuencia) desde b'00000000' (que corresponde a una
; frecuencia de 10 kHz) hasta b'00000111' (que corresponde a una frecuencia de 50 Hz),
; según la tabla especificada en el enunciado del ejercicio.
;
Pulsador_Interrupcion
        call   Retardo_20ms
        btfsc  Pulsador
        goto   Fin_PulsadorInterrupcion
        incf   ApuntadorFrecuencia,F ; Apunta a la siguiente frecuencia.
        movlw  NUM_FRECUENCIA          ; Va a comprobar si ha llegado al máximo.
        subwf  ApuntadorFrecuencia,W ; (W)=(ApuntadorFrecuencia)-NUM_FRECUENCIA
        btfsc  STATUS,C                 ; ¿Ha llegado a su máximo?
EstadoInicial
        clrf   ApuntadorFrecuencia      ; Si llega al máximo lo inicializa.
        movf   ApuntadorFrecuencia,W ; Va a cargar el valor del factor de
        call   CargaContador           ; multiplicación del semiperiodo según la
        movwf  Semiperiodo             ; tabla.
        movwf  Timer0_ContadoraA
        call   LCD_Lineal              ; visualiza la frecuencia
seleccionada.
        movlw  MensajeFrecuencia
        call   LCD_Mensaje
        movf   ApuntadorFrecuencia,W
        call   CargaMensaje
        call   LCD_Mensaje
EsperaDejePulsar
        btfss  Pulsador
        goto   EsperaDejePulsar
Fin_PulsadorInterrupcion
        return

; Subrutina "Timer0_Interrupcion" -----
;
        CBLOCK
        Timer0_ContadoraA
        ENDC

Timer0_Interrupcion
        movlw  TMR0_Carga50us
        movwf  TMR0                     ; Recarga el TMR0.
        decfsz Timer0_ContadoraA,F      ; Decrementa el contador.
        goto   Fin_Timer0_Interrupcion
        movf   Semiperiodo,W           ; Repone el contador nuevamente.
        movwf  Timer0_ContadoraA
        btfsc  Salida                  ; Testea el último estado de la
salida.
        goto   EstabaAlto
EstabaBajo
        bsf    Salida                   ; Estaba bajo y lo pasa a
alto.
        goto   Fin_Timer0_Interrupcion
EstabaAlto

```

```

    bcf          Salida          ; Estaba alto y lo pasa a
bajo.
Fin_Timer0_Interrupcion
return

INCLUDE <LCD_MENS.INC>
INCLUDE <LCD_4BIT.INC>
INCLUDE <RETARDOS.INC>
END

;
; =====
; Del libro "MICROCONTROLADOR PIC16F84. DESARROLLO DE PROYECTOS".
; E. Palacios, F. Remiro y L. López.      www.pic16f84a.com
; Editorial Ra-Ma. www.ra-ma.es
; =====
;

```

En la figura F.6.- Se muestra el circuito para habilitar el programa que envía las frecuencias.

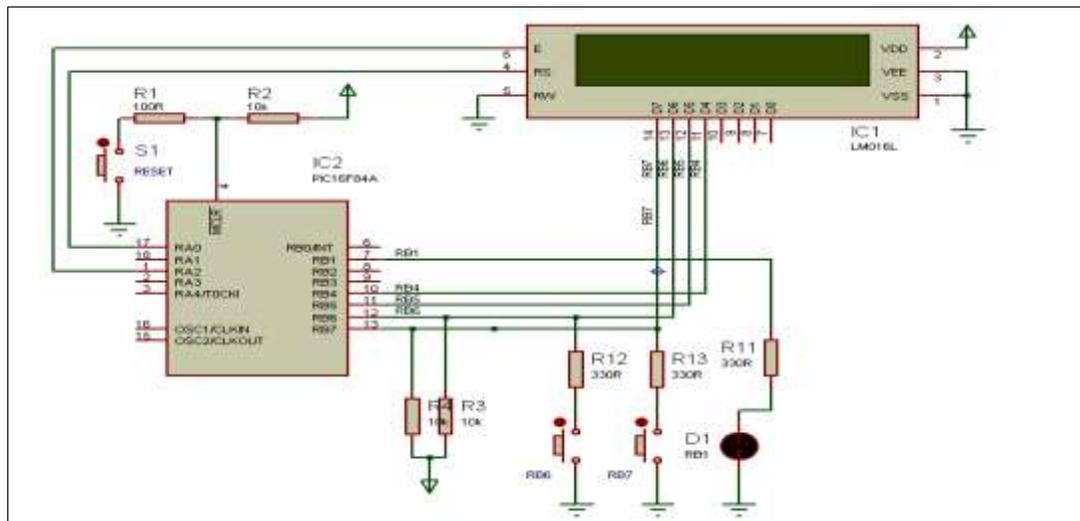


Figura F.6.- Circuito para frecuencias del programa Int\_Cuadradas\_01.

## Anexo G.

### G.1.- Simulación con MPLAB & Proteus 7.0

La simulación de los programas y los circuitos es muy importante ya que se puede verificar su funcionamiento correcto, para después hacerlo de manera real sin tener problemas para su ejecución.

Para realizar la simulación se carga el programa MPLAB, se abre el archivo en el cual se encuentra el programa que se va a simular, una vez que se tiene cargado se ensambla para verificar si no existe algún error. (Figura G.1)

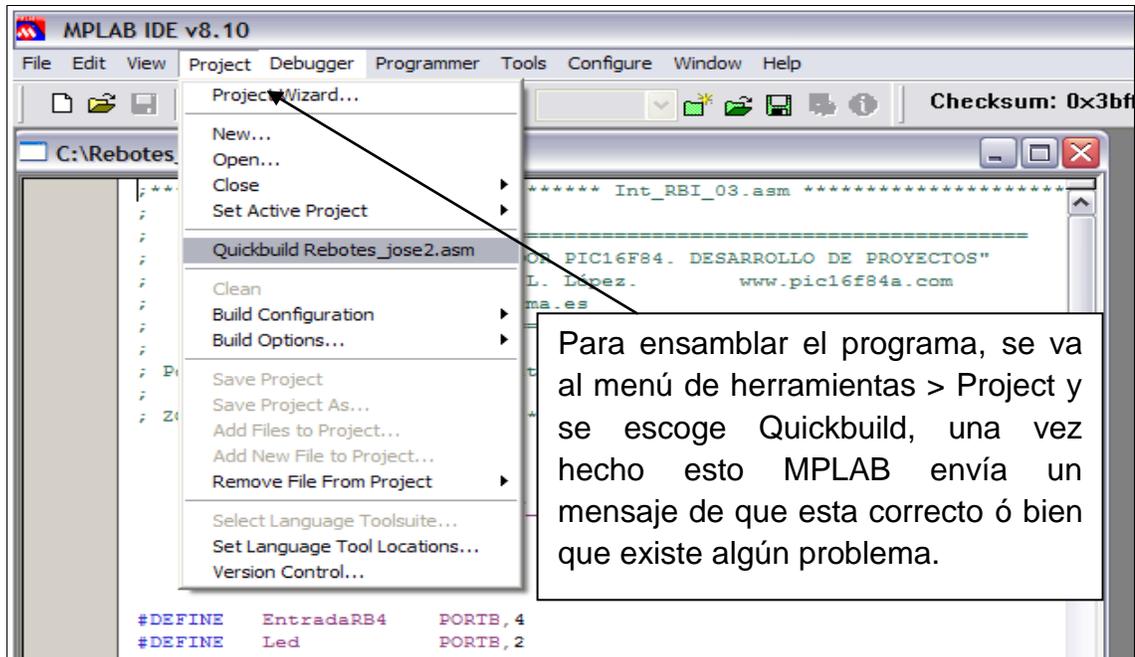


Figura G.1.- Ensamblar programas.

Cuando se verifica que funciona correctamente el programa, es momento de cargar el circuito, esto se hace con la herramienta de Proteus desde MPLAB esto se hace de la siguiente manera:

1. Del menú herramientas > Proteus VSM. (Figura G.2)

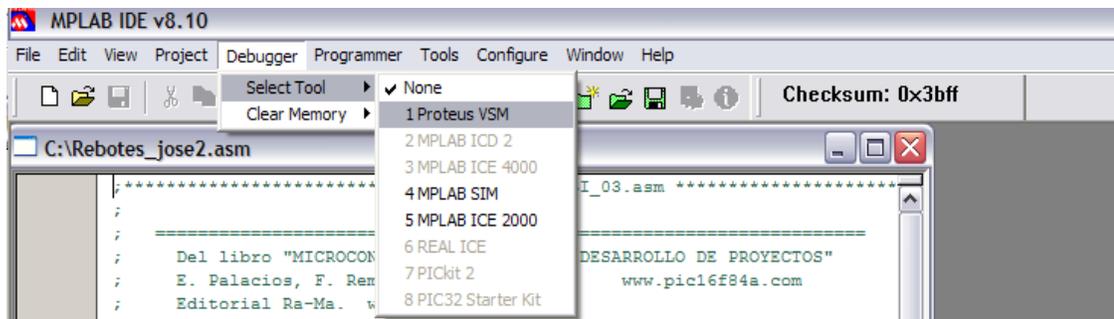


Figura G.2.- Habilitar Proteus para simulación.

2. Una vez terminado el procedimiento anterior se abre la siguiente ventana la cual se muestra en la figura G.3.

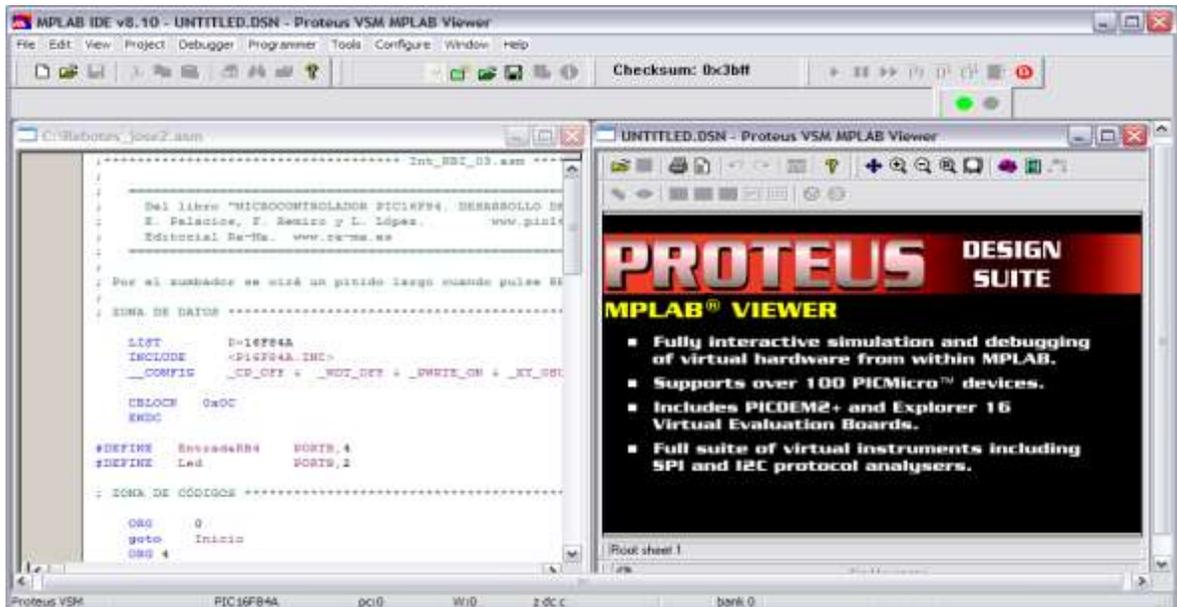


Figura G.3.- Ejecución del programa ISIS en MPLAB.

3. Cuando se tiene habilitado el ISIS se abre el circuito.(Figura G.4)

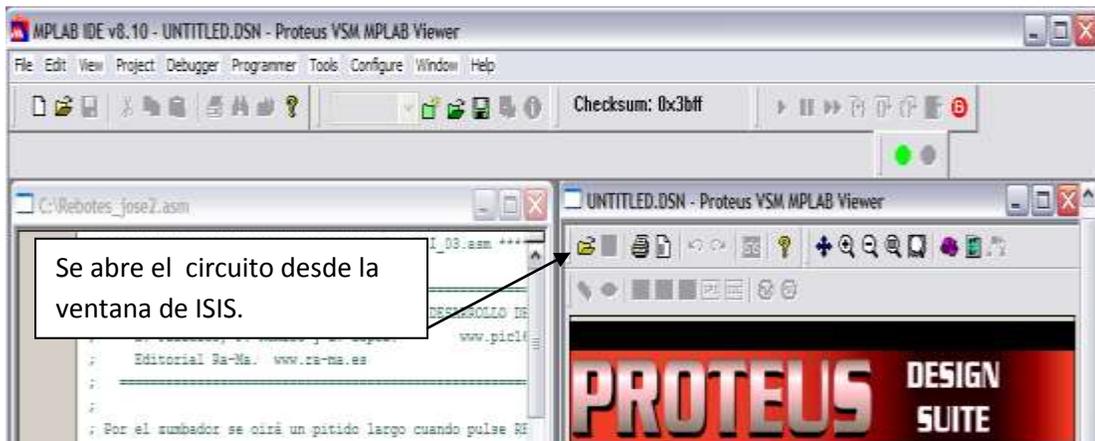


Figura G.4.- Habilitar circuito en ISIS.

4. En la figura G.5 se muestra el circuito y el programa listos para la simulación.

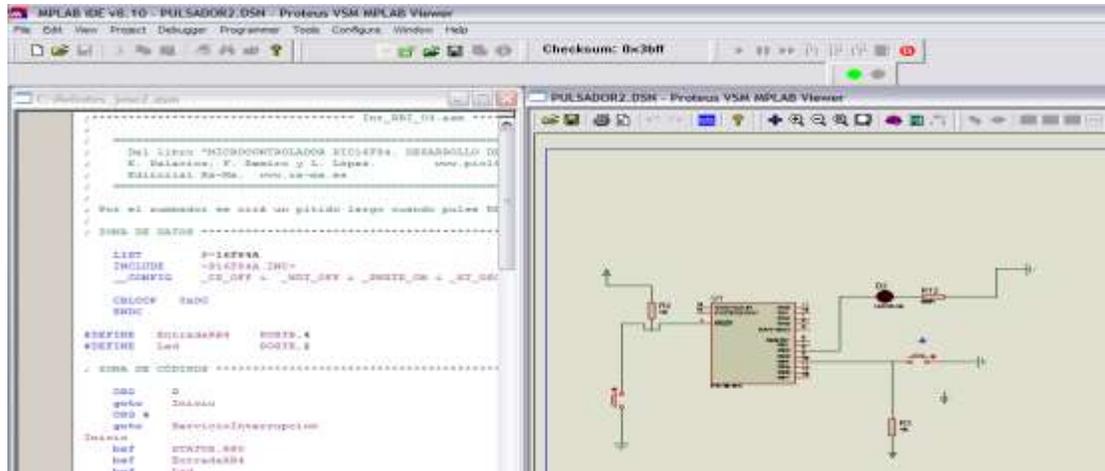


Figura G.5.- Programa circuitos para simulación.

5. Para ejecutar la simulación se da clic en Start Simulation, después se ejecuta la simulación. (Figura G.6).



Figura G.6.- Inicio de simulación.

6. Para terminar la simulación se da clic en stop simulation. (Figura G.7).

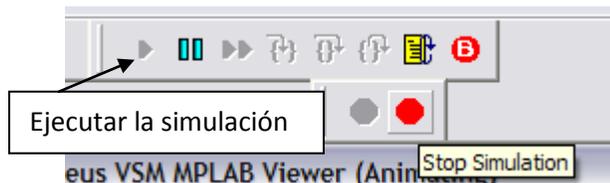


Figura G.7.- Terminar simulación.