



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



**“Desarrollo de un Sistema de Medición de Patinaje del Tractor
en la Evaluación de Implementos de Labranza”**

**POR:
Tito Pérez Alvarado**

TESIS

**Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener el Título de:**

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**Desarrollo de un Sistema de Medición de Patinaje del Tractor en la
Evaluación de Implementos de Labranza**

POR:

Tito Pérez Alvarado

TESIS

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

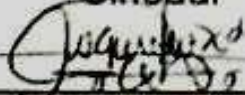
INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado por el comité de tesis

Asesor Principal

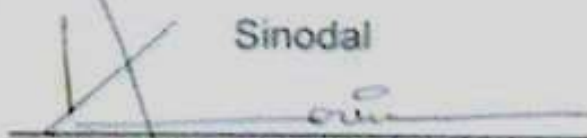
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Sinodal



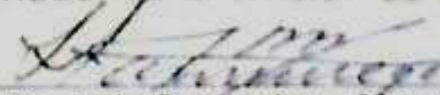
Mc. Juan Antonio López López

Sinodal



Dr. Karim De Alba Romenus

Coordinador de la división de ingeniería



Dr. Luis Samaniego Moreno

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



**Saltillo Coahuila, México
Marzo, 2015**

**Coordinación de
Ingeniería**

AGRADECIMIENTO

A MI ALMA TERRA MATER

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO”

Por darme la oportunidad de ser un miembro más de esta casa de estudio y formarme como profesionista y una persona de bien, para mí fue y será un honor estar en la “UAAAN”, así como llevar en alto el nombre de la universidad.

A DR. SANTOS GABRIEL CAMPOS MAGAÑA

Por el apoyo brindado en los momentos difíciles de la carrera, por haber confía en mí, por compartir sus conocimientos y experiencias, por darme consejos en los momentos que lo necesitaba.

A M.C. HÉCTOR URIEL SERNA FERNÁNDEZ

Por ser un profesor que nos guiaba en cosas de bien, sus regaños siempre tenía un bien común, a pesar de sus problema, preocupaciones siempre nos brindaba su valioso tiempo.

A M.C. JUAN ANTONIO LÓPEZ LÓPEZ

Por el apoyo en el proceso de titulación, y sobre todo el apoyo brindado cuando más lo necesitaba, sin usted este trabajo no hubiese entregado en tiempo y forma.

A MIS PROFESORES

Juan Antonio Guerrero, Juan Arredondo, Mario Alberto Méndez, Martin Cadena, Rosendo González, Genaro Demuner Por ser muy buenos profesores, buenos amigos y brindarme su amistad, sus conocimientos y su confianza

A todos mis amigos Addy Patricia, Viridiana, José Oliver, Felipe Ángel, Israel Constantino, Irvin Montejo, Wiliam Morales, Fredy y todo mis compañeros de generación de Ingeniero Mecánico Agrícola gracias por su amistad y su apoyo en el transcurso de la carrera.

DEDICACIÓN

A Dios; gracias por darme la oportunidad de existir en este mundo, por cuidar de mí, de mi familia, por darme la a oportunidad de hacer amigos y cuidar de ellos, porque nunca te olvidaste de mí en los momentos de pruebas, agonías, de tristeza. Sé que tú conoces el más profundo de mi corazón solo te digo gracias, por un logro más en esta hermosa vida.

“Pero por la gracia de Dios soy lo que soy; y su gracia no ha sido en vano para conmigo, antes he trabajado más que todos ellos; pero no yo, sino la gracia de Dios conmigo.” 1 Corintios 15:10

A mis padres; **Miguel Pérez Pérez, Flor De María Alvarado Hernández:** por dar me la vida, por cuidar de mí en los momentos que lo necesitaba, por haber confiado en mí, gracias por el amor, comprensión y el apoyo brindado, es un honor ser hijo de ustedes, les agradezco por estar en los momentos más difíciles de mi vida. Sé que mis actitudes y principios es un reflejo de ustedes. Mama, Papa gracias😊.

A mis hermanos: **Bernabé Pérez Alvarado, Eleazar Pérez Alvarado, Miguel Pérez Alvarado.** Gracias por los consejos que me han brindado, el amor, confianza y protección, este logro es un reflejo de cada uno de ustedes, en lo poco y en lo mucho que me han apoyado les doy las gracias, los amor y los quiero. Gracias

A mis sobrinos: **Samuel Pérez Ramírez, Miguel Eduardo Pérez Ramírez, Ana lizeth Pérez Ramírez, Eleazar Pérez Hernández, Gema Balería Pérez Hernández.** Les doy las gracias por el gran amor y el apoyo que me brindaron, sé que pase momentos difíciles y en cada momento siempre estaban ustedes presentes, ustedes fueron y serán mi fuente de inspiración. Gracias por aguantarme en los momentos de enojos, Los amo.

A mi esposa: **María Del Rosario Zenteno López;** Nena gracias por esperarme tanto tiempo, sé que para los dos fueron momentos difíciles llenos de pruebas y complicaciones en el sentido sentimental, material y económico, ahora estamos dando un paso más en esta hermosa vida. Te doy las gracias mi nena hermosa, TE AMO.

A mis abuelos: **Dora Hernández, Andrea Pérez, Lucas Pérez y Rodolfo Alvarado.** Por brindarme siempre sus apoyo, por darme consejos, por esa motivación de salir adelante, para ayudarlos, sé que algunos ya no están aquí para poder ver lo que algún día fue un sueño y horita es una realidad pero lo que si se, que ustedes siempre estarán en mi corazón y en mi caminar y por ustedes daré lo mejor, ayudar a las personas que lo necesiten y formar una familia de bien. Los amo y los quiero. Gracias de todo corazón.

A mis tíos (as) y mis primos; Gracias por los consejos y la confianza, sé que cada uno de ello fue un impulso para seguir adelante y terminar esta carrera. Les doy las gracias a todos.

“Todo lo puedo en cristo que me fortalece” Filipenses 4:13

ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	X
RESUMEN.....	XI
I INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos:	3
1.2 Hipótesis	3
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Agricultura de precisión	4
2.2 Labranza	4
2.2.1 Labranza primaria	6
2.2.3 Labranza secundaria.	6
2.2.3 Labranza convencional	7
2.2.4 Labranza cero	8
2.3 Propiedades físicas del suelo.....	8
2.3.1 Clasificación del suelo por tamaño	8
2.3.2 Compactación	10
2.3.3 Resistencia a la penetración	11
2.3.4 Esfuerzo de corte.....	12
2.4 Tracción	12
2.4.1 Eficiencia tractiva y coeficiente dinámico de tracción	12
2.4.2 Neumáticos.....	14
2.4.3 Patinaje	15
2.6 Sensores AP	18
2.6.1 Encoder.....	18

III	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1	Materiales.....	20
3.1.1	Software.....	20
3.1.2	Equipos.....	22
3.2	Metodología de medición de patinaje.....	24
3.2.1	Elaboración del diseño de la placa en Ares	25
3.2.2	Elaboración de la placa.....	25
3.3	Desarrollo y simulación del sensor para medición de revolución	26
3.4	Programación de retardos con el microcontrolador 16F84A.	27
3.5	Evaluación de los sensores, con diferentes retardos en el laboratorio. ..	28
3.6	Acondicionamiento del sensor para la evaluación en campo.	30
3.7	Evaluación en campo.....	31
3.7.1	Localización del sitio de prueba	31
3.7.2	Procedimiento	32
3.7.3	Sistema de posicionamiento (TRIMBLE AGGPS 132).....	34
IV	RESULTADOS	35
4.1	Resultado del desarrollo y simulación del sensor para medición de patinaje.	35
4.2	Resultado de las evaluaciones de los sensores, con diferentes retardos en el laboratorio.	36
4.3	Ecuación de respuesta para el encoder de 64 ppr (rueda adicional)	37
4.4	Ecuación de respuesta para el encoder de 500ppr (rueda Motriz).....	38
4.5	Resultados de evaluación con el implemento levantado.....	39
4.5.1	Resultado de la evaluación de la rueda de bicicleta	40

4.6	Resultados de evaluación con el implemento trabajando a 40cm.....	44
4.6.1	Resultado de la evaluación de la rueda adicional (bicicleta).....	45
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1	Conclusiones.....	52
5.2	Recomendaciones.....	53
VI	LITERATURA CITADA.....	54
VII	ANEXO	58
	Anexo 7.1. Pasos para la programación y modificación de los retardos.	59
	Anexo 7.2 Grabar en el software PICkit 2.	62
	Anexo 7.3. Pasos para el registro en el equipo logBook 360, por el software Logwier.	65
	Anexo 7.4. Hoja de dato del Microcontrolador 16F84A	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Relacion existente entre la eficiencia tractiva y el coeficiente dinamico de traccion en funcion del patinamiento para distentos estados del suelo	13
Figura 2.2 Evaluacion de patinaje	17
Figura 3.1 Hoja de datos del microcontrolador 16F84A	23
Figura 3.2 Merodologia empleada para medir el patinaje	24
Figura 3.3 Diseño de la placa electronica en Ares	25
Figura 3.4 Placa electronida de patinaje	26
Figura 3.5 Comunicación y simulacion de microcontrolador al LCD en Isis	26
Figura 3.6 Comunicación del encoder a la placa electronica	28
Figura 3.7 Comunicación del encoder a la placa y al LogBook 360	29
Figura 3.8 Port 3 Entradas digitales del LogBook 360	30
Figura 3.9 Ensamble de los encoder en la llanta motriz y en la llanta de bicicleta	31
Figura 3.10 Area el bajo en donde se llevo a cabo las pruebas	32
Figura 3.11 Conexión de los equipos en el tractor John Deere para las pruebas en campo.....	33
Figura 3.12 Trimble Aggps 132	34
Figura 4.1 Resultados del desarrollo y simulacion del sensor para la medicion de revoluciones	35
Figura 4.2 Grafica de ecuación de respuesta para el encoder de 64 ppr	37
Figura 4.3 Grafica de ecuacion de respuesta para el encoder de 500 ppr	38
Figura 4.4 Evaluación con el implemeto levantado	39
Figura 4.5 Grafica de resultados de la evaluación con el implemento levantado	40
Figura 4.6 Grafica de resultado de las rueda en funcion a distancia	40

Figura 4.7 Mapa de diagnostico para la llanta de bicicleta (sin trabajo)	41
Figura 4.8 Mapa de diagnostico para la llanta motriz (sin trabajo)	42
Figura 4.9 Resultado del mapeo con respecto a distancia en cada llanta	43
Figura 4.10 Evaluacion con el implemento trabajando a 40 cm	44
Figura 4.11 Grafica de resultado de las evaluaciones con el implemento trabajando	45
Figura 4.12 Grafica de resultados de la ruedas en funcion a la distancia	45
Figura 4.13 Mapa de diagnostico de los datos obtenidos para la llanta de bicicleta	45
Figura 4.14 Mapa de diagnostico de los datos obtenidos para la llanta motriz	48
Figura 4.15 Resultado de los mapas con respecto a distancia en cada llanta	49
Figura 4.16 Mapa de diagnóstico de patinaje a diferentes porcentajes	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Criterios para la selección de la labranza apropiada desde el punto de vista de conservación al medio ambiente	6
Cuadro 2.2 Clasificación de las partículas del suelo.....	9
Cuadro 3.1 Evaluación con retardos diferentes para el encoder de 500 ppr	29
Cuadro 4.1 Resultados de las evaluaciones con retardos diferentes para el encoder de 500 ppr	36
Cuadro 4.2 Resultados de las evaluaciones con retardos diferentes para el encoder de 64 ppr	36
Cuadro 4.3 Datos de la llanta de la bicicleta para generar el mapa de diagnóstico en ArcView	40
Cuadro 4.4 Datos de la llanta motriz para generar el mapa de diagnóstico en ArcView	42
Cuadro 4.5 Datos de la llanta de la bicicleta para generar el mapa de diagnóstico en ArcView	46
Cuadro 4.6 Datos de la llanta motriz para generar el mapa de diagnóstico en ArcView	47

RESUMEN

El presente trabajo, de investigación fue desarrollado en “El Departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN”, forma parte de proyecto titulación: “Desarrollo de un sistema de medición de patinaje del tractor en la evaluación de implementos de labranza”. Partiendo del problema de patinaje en el tractor agrícola, se desarrolló un diseño capaz de contar el número de vueltas y distancia de la rueda motriz y una llanta adicional (bicicleta), utilizando Transductores rotativo (ENCODER), que permitiera medir el número de vueltas de las llantas del tractor por medio de pulsos. Este trabajo pretende ayudar a resolver los problemas que se presentan hoy en día con los diferentes equipos agrícolas, así como facilitar las investigaciones posteriores sobre el consumo de combustible y la pérdida de potencia. Se elaboraron 2 placas para la visualización de los datos por medio del encoder, los ENCODER se ensamblaron a la llanta motriz y guía con el objetivo de determinar el porcentaje de patinaje existente en las pruebas y en los diferentes implementos. Se trabajó con un microcontrolador 16F84A con un retardo de 4 microsegundos, el registro de la información se realizó con el equipo LogBook 360. En la evaluación en campo se realizaron dos recorridos a una revolución constante de 1500rpm, uno con el implemento levantado y el otro con el implemento trabajando a 40 cm de profundidad. Con el implemento levantado se generó las ecuaciones de respuesta para cada llanta, con la finalidad de tener la distancia recorrida de las mismas. Los resultados obtenidos en campo con el implemento levantado acento una diferencia de recorrido entre la rueda motriz y de la bicicleta de 1.94% y con el implemento trabajando con un cincel se obtuvo un porcentaje de patinaje de 5.78%. Los pulsos obtenidos se convirtieron a distancia para la generación de mapas de diagnóstico, y poder visualizar los diferentes rangos de patinaje.

Palabras claves: Patinaje, encoder, retardos, mapas de prescripción.

Correo Electrónico: Titus.2992@gmail.com

I INTRODUCCION

Históricamente, la actividad agropecuaria ha desempeñado un papel importante en el crecimiento económico de México al proveer de alimentos, materia prima, capital y mano de obra a la población, así como la consolidación del mercado interno para los productos de otros sectores económicos como el de servicios y el industrial. Por ello, la determinación óptima del uso de insumos o factores de la producción es fundamental al incidir directamente sobre los niveles de producción del sector agropecuario (Terrones *et. Al.*, 2010), como es el caso de la maquinaria agrícola.

Dentro del manejo de las tierras se integra el manejo del suelo y tiende a enfocarse en las diferencias de tipos de suelos y sus características para definir intervenciones específicas con el ámbito de mejorar su calidad para el seleccionado uso de la tierra. Prácticas específicas de manejo del suelo son necesarias para la protección y conservación de los recursos del suelo (FAO, 2015).

El suelo agrícola es un factor importante en la fuente de alimentación en los cultivos. Para tener un mejor desarrollo se acude a la maquinaria agrícola y equipos para preparar el suelo. Se tiene la necesidad de conocer las propiedades mecánicas de los suelos que afectan el desempeño de la maquinaria agrícola. Se ha detectado que el crecimiento y desarrollo del cultivo tiene una diferencia debido a la utilización del equipo en mecanización, que nos conlleva a consumo de energía y facilidad de erosión, todo esto es afectado por la humedad, estado de consistencia, esfuerzo cortante y resistencia al deslizamiento metal-suelo. Todos estos están presentes en las actividades donde se utilizan equipos para la mecanización del suelo. (Mickibbem, 1940).

La función principal del sistema de transmisión de potencia de los tractores agrícolas, es la de transmitir la potencia desde el motor a las ruedas a una velocidad y torque

requerido por las condiciones de operación. Por ejemplo, si un tractor está tirando de un subsolador, requiere de mucha fuerza de tiro, en este caso las ruedas giran a baja velocidad por el torque excesivo, provocando resbalamiento en los neumáticos y el suelo, en el caso contrario, si un tractor se va desplazando por un camino plano tirado de un remolque liviano, el torque requerido es mínimo (Murillo, 1952).

Cuando el suelo se deforma horizontalmente se conoce como patinamiento o patinaje ocasionado por la llanta motriz. Cuando no hay patinaje, no hay deformación del suelo y consecuentemente, no hay potencia. Con un patinaje de las llantas del 100 %, toda la potencia se consume en la deformación del suelo y no es posible un real desplazamiento hacia delante. (Mott, 1992).

El Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), menciona que se debe realizar las pruebas de patinaje con los diferentes implementos agrícolas arados, rastra, sembradoras y ver cuál es el resultado que cada implemento presenta al momento de realizar las pruebas.

La finalidad de este trabajo es medir, el patinaje de las ruedas motrices del tractor agrícola, mediante un equipo implementado al eje de la llanta, para determinar el número de vueltas mediante el apoyo de un sistema de medición. Por lo cual nos damos a la tarea de realizar un diseño para medir el patinaje en las ruedas motrices del tractor agrícola, mediante señales sistema digital, arrojando un registro de información decimales durante la prueba y luego almacenarla para su posterior análisis.

Este trabajo pretende ayudar a resolver los problemas que se presentan hoy en día con los diferentes equipos agrícolas, así como facilitar las investigaciones posteriores sobre el consumo de combustible, potencia y desgates de las llantas.

1.1 Objetivo general

Desarrollar un dispositivo para la medición de patinaje en las ruedas de los tractores agrícolas, utilizando sensores para el monitoreo del nivel de patinaje con respecto a la llanta trasera.

1.2 Objetivos específicos:

- ❖ Evaluación de sensores tipo encoders, colocados en la rueda motrices y una rueda adicional (rueda de bicicleta) para el recorrido ideal.
- ❖ Conocer el patinaje del tractor con diferentes implementos.
- ❖ Establecer la metodología para realizar el diseño que medirá el patinaje.
- ❖ Evaluar 3 diferentes sistemas de registros de medición de patinaje.

1.2 Hipótesis

Es posible desarrollar un sistema para determinar el porcentaje de patinamiento en las ruedas motrices de los tractores agrícolas con diferentes implementos utilizando sensores

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistema de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con Sistema de Información Geográfico (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. (Marote, 2010).

El GPS se ha convertido en la herramienta más potente para el posicionamiento, proporcionando posiciones espaciales para puntos fijos o en movimiento, con una precisión que varía desde los pocos milímetros hasta un par de decenas de metros, con costos lógicamente distintos. Los sistemas de información geográfica se han popularizado entre un público muy amplio (Bragachini *et. al.*, 2000).

La agricultura de precisión se vale de soluciones para la gestión agrícola (AMS), soluciones que posibilitan la gestión de los factores involucrados en la producción. Es decir, un grupo de soluciones integrales, que facilitan una gestión rentable y eficiente de la producción agrícola, empleando conceptos de la agricultura de precisión (Web, I).

La agricultura de precisión es aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto. Es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variedad presente dentro del lote (García y Flego, 2009).

2.2 Labranza

La agricultura en México tiene una producción baja y fluctuante frente a un consumo constante en un crecimiento constante, que obliga a producir más y mejor con base

en cultivo intensivo cada vez más mecanizado, por lo que se recomienda una elección cuidadosa el sistema de labranza adecuada (**cuadro 2.1**). De no ser así se originan degradaciones en los suelos, que tiene efectos irreversible como es el caso de la erosión, de tal modo que el avance tecnológico surge por la necesidad de producir intensamente sobre una unidad del suelo; esto ha implicado la utilización intensa de las labores agrícolas y abuso de la maquinaria agrícola (Sistema de labranza), con la creencia de que entre más se degrade el suelo mejor es su preparación para el cultivos (Navarro *et. al.*, 2000).

Un sistema de labranza o preparación de suelo consiste en diferentes formas de manipular este recurso, sea de manera manual o mecánica, con el propósito de obtener buenas condiciones para el desarrollo de los cultivos. Sin embargo el efecto benéfico o perjudicial de la labranza depende de implementos utilizados y de la intensidad con que se emplean (Acevedo, 2003).

Se pueden distinguir por lo menos cuatro tipos de operaciones de labranza en los sistemas convencionales (Krause *et. al.*, 1984):

- ❖ Limpieza de la tierra y manejo de los residuos, incluyendo la quema de la vegetación o de los residuos
- ❖ Labranza primaria
- ❖ Labranza secundaria
- ❖ Actividades de manejo de los cultivos como control de malezas, surqueo, rotura de costras, etc.

Cuadro 2.1 Criterios para la selección de sistema de labranza apropiado, desde el punto de vista de conservación del medio físico edáfico (Navarro *et. al.*, 2000).

CARACTERÍSTICA DEL SUELO	CONDICIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS SEGÚN SISTEMA DE LABRANZA		
	CERO	CONVENCIONAL	PROFUNDA
Profundidad efectiva	> 60	> 60	Limitante (Compactación)
Cambio textural abrupto(en 60 cm)	No hay	Leve a moderado	Abrupto
Grado de estructura	Fuerte	Moderado a fuerte	Débil
Consistencia en húmedo	Friable	Friable a firme	Muy firme
Porosidad Tota (%)	50 a 60	40 a 50	< 35
Drenaje interno	Moderado a rápido	Moderado a fuerte	Lento a moderado
Densidad aparente (g cm-3)	< 1.2	< 1.5	< 1.5
Macroporos (%)	10 a 12	10 a 12	< 10
Materia Orgánica	Alta	Media a alta	baja
Presencia de raíces	Abundantes	Regulares	Pocas

2.2.1 Labranza primaria

La branza primaria tiene por objeto cortar, romper y voltear las capas del asuelo para incorporar toda la materia vegetal que existe sobre el suelo. Este tipo de labranza se realiza a una profundidad de 15 a 40 centímetros de profundidad. (Romero, 2002).

2.2.3 Labranza secundaria.

La labranza secundaria consiste en cortar y romper en varias pasadas del implemento, los terrones o bloques del suelo hasta obtener terrones pequeños y en muchos casos, hasta que las capas superiores del suelo se convierta en polvo, esto último se logra con el rastrillo pulidor. Los implementos más utilizados para la labranza primaria y secundaria son: arados de disco, rastra y arados de cinceles (Romero, 2002).

2.2.3 Labranza convencional

La labranza convencional es el sistema que deja la superficie del suelo con muy pocos residuos de las plantas. Frecuentemente se usa el arado seguido de una labranza secundaria con rastra o cultivadoras para remover el suelo. Es la combinación de las operaciones de labranza primaria y labranza secundaria se usa para preparar una adecuada cama de semillas para el establecimiento de un cultivo.

Las principales características de este sistema de labranza son:

- ❖ Busca adecuar el terreno para preparar una buena cama para las semillas a sembrar, con lo cual se está asegurando un alto porcentaje de germinación y el cultivo podrá tener un buen desarrollo.
- ❖ Proporciona al suelo una adecuada aireación y una muy buena infiltración especialmente en zonas secas.
- ❖ Destruye las malezas y las entresaca del terreno preparado, reduciendo los requerimientos de fertilizantes.
- ❖ Se puede utilizar para incorporar enmiendas al suelo, fertilizantes, herbicidas, y pesticidas para mejorar su efecto de control.
- ❖ Facilita la siembra y de más labores mecánicas a practicar al cultivo.
- ❖ Permite controlar plagas y enfermedades por efectos mecánicos y por la exposición directa a los rayos solares, roedores y pájaros.

En general se asocia al término labranza convencional con la realización de laboreos agresivos que, mal utilizados por plazos no demasiado prolongados, pueden afectar la integridad del suelo, especialmente en suelos de baja estabilidad y/o con pendiente. Por lo general, esto se maneja o se decide con mucho de costumbre o de tradición (Acosta y Jiménez, 2009).

2.2.4 Labranza cero

La siembra directa, labranza de conservación, labranza cero, o siembra directa sobre rastrojo es un sistema de conservación que deja sobre la superficie del suelo el rastrojo del cultivo anterior. No se realiza movimiento importante de suelo (ni araduras ni rastros) excepto el movimiento que efectúan los discos cortadores de los abre surcos de la sembradora al abrir una angosta ranura donde se localizara la semilla. (Acosta y Jiménez, 2009).

2.3 Propiedades físicas del suelo.

La calidad del suelo es variable pues los suelos responden de forma distinta conforme a las prácticas implementadas sobre él. Se incluyen los elementos de la calidad del suelo; las propiedades físicas, químicas y biológicas inherentes y dinámicas.

La calidad del suelo se define como “la capacidad del suelo de funcionar, dentro de las fronteras del ecosistema y el uso de la tierra, manteniendo la calidad ambiental, plantas, animales y el ser humano”(FAO, 2015).

Un suelo agrícola con elevada humedad y sobre el 0.5% por encima de la capacidad de campo, favorece a la formación de huellas considerables, tendiendo entre el 12 y 22% de patinaje en la circulación de los tractores. Al traficar de esa manera el suelo se colapsa y se obtiene compactación en el suelo (Jorajuria y Draghi, 2000)

2.3.1 Clasificación del suelo por tamaño

Las propiedades de las partículas gruesas y finas del suelo difieren considerablemente, pero no hay una división natural marcada de ninguna clase de tamaño de partículas. Sin embargo se han establecidos algunos límites. En los suelos se separan por lo menos 3 clases por tamaño usualmente denominados **arena, limo y arcilla.**

Cuadro 2.2 Clasificación de las partículas del suelo (Rucks *et. al.*, 2004).

	Sistema del Depto. de Agricultura de EE.UU.	Sistema Internacional
Fracción del Suelo	Diámetros límites en mm.	Diámetros límites en mm.
Arena muy gruesa	2.00 - 1.00	
Arena gruesa	1.00 - 0.50	2.00 - 0.20
Arena Media	0.50 - 0.25	
Arena fina	0.25 - 0.10	0.20 - 0.002
Arena muy fina	0.10 - 0.05	
Limos	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcilla	Menos de 0.002	Menos de 0.002

Todas las clasificaciones por tamaño tienen en común el límite de dos micras (0.002mm) para la fracción arcilla y difieren fundamentalmente en la subdivisión de la fracción arena (Rucks *et. al.*, 2004)

Las fracciones gruesas, arena y grava, cuando no están cubiertas de arcilla y limo carecen prácticamente de plasticidad y de tenacidad. Su capacidad de retención de agua es escasa debido a los grandes espacios entre sus partícula reparadas. Los suelos en los que predominan la arena o la grava, por esto son de carácter abierto, poseen un buen drenaje y aireación y **no ofrecen resistencia al laboreo** (Rucks *et. al.*, 2004).

Las partículas de arcilla normalmente son laminares como la mica, y si se humedecen son muy plásticas. Cuando se moja la arcilla con una cantidad de agua, se expande y se vuelve pegajosa.

Las partículas de limo tienden a ser irregulares, distintas en formas y raras veces lisas o pulidas. La fracción limo posee plasticidad, cohesión y adhesión debido a una película de arcilla que recubre las partículas de la fracción, pero desde luego, en mucho menor grado de la propia fracción de arcilla (Rucks *et. al.*, 2004)

2.3.2 Compactación

La estructura del suelo ideal se compone de un 50% del suelo, 25% de espacio de agua y 25% del espacio del aire

La compactación del suelo se define como la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él.

Los principales factores en la actividad agrícola que tienen incidencia en la compactación son.

- ❖ Implementos de labranza del suelo.
- ❖ Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.

La compactación del suelo provoca la pérdida de rendimiento en la producción de cultivos mediante la restricción del aire y el agua en el suelo (Balbuena *et. al*, 2003).

Dentro de los factores que afectan la fertilidad del suelo en el mundo y en nuestro país está la degradación representada en sus diferentes formas como la erosión (eólica e hídrica), salinización, y compactación. Estos procesos afectan en gran medida las propiedades físicas, químicas y biológicas (Núñez *et. al.*, 2010).

Nuestro sistema productivo tiende actualmente a la mecanización de todas las operaciones con elevada intensidad de tráfico, acompañado de un incremento en el tamaño y por lo tanto en el peso de las maquinarias agrícolas. Esto produce un aumento en la degradación del suelo por compactación originando una merma en el rendimiento de los cultivos y acrecentando los costos energéticos durante la labranza (Fernández y Goñi, 2010).

La compactación se refleja también en un aumento de la resistencia mecánica o dureza del suelo, la cual es posible medirla con un penetrómetro. Este aparato mide

la combinación de falla tangencial, compactación y flujo plástico; el valor crítico para esta variable propuesto por Forsythe. (1985)

La compactación del suelo es un fenómeno difícil de corregir y de un elevado costo. La mejor estrategia para minimizar la compactación es evitar trabajar el suelo húmedo, o en estaciones de mayor precipitación.

Para reducir la compactación de los suelos, se toman las siguientes recomendaciones.

- ❖ Controlar el tráfico de rodado. El 80% de la compactación es por el rodado.
- ❖ Aumentar la superficie del neumático en contacto con el suelo mediante el uso de neumáticos dobles, con mayor diámetro, neumáticos radiales, o disminuir su presión de inflado. (Balbuena *et al.*, 2013).

2.3.3 Resistencia a la penetración

Se observa que a una profundidad de 10 a 30 cm ejerce poca resistencia a la acción del penetrómetro, sin embargo a los 30 cm comienza a notarse una ligera tendencia a aumentar su nivel de compactación, por ende si tenemos mayor compactación el esfuerzo tangencial aumenta (Núñez *et. al.*, 2010).

La compactación de los suelos puede ser evaluada a través de varios parámetros. La medida de la resistencia mecánica a la penetración (RP) es una vía sencilla para detectar los cambios en el perfil que pueden relacionarse con la exploración de las raíces (Pires da Silva *et. al.*, 2003).

La resistencia a la penetración es un buen índice para evaluar problemas de restricción en el desarrollo radicular de las raíces de los cultivos, por la presencia de capas compactas y/o baja porosidad. La penetrabilidad del suelo permite conocer la facilidad con que un objeto puede ser introducido en él, es decir, la resistencia mecánica que ofrece el suelo a la expansión lateral y al corte que produce dicho objeto. Esa resistencia no es propiedad particular del material, sino que es la suma

de los efectos de diferentes características y propiedades, tales como densidad aparente, contenido de humedad, resistencia a la penetración y al corte, las cuales a su vez, son consecuencia de la distribución del tamaño de partículas, de la estructura, y de la composición mineral y orgánica presentes en el suelo (Nacci y Pla, 1992).

2.3.4 Esfuerzo de corte

Cuando sometemos una masa de suelo a un incremento de presiones producida por algún tipo de estructura u obra de ingeniería, se generan en el suelo en cuestión, esfuerzos que tratarán de mantener el equilibrio existente antes de ser aplicada la sollicitación externa. Cuando la carga exterior aplicada tiene una magnitud tal que supera a la resultante de los esfuerzos interiores de la masa de suelos, se romperá el equilibrio existente y se producirá el esfuerzo cortante. (Leonio, 1987).

Las fuerzas aplicadas a un elemento estructural pueden inducir un efecto de deslizamiento de una parte del mismo con respecto a otro. En el área de deslizamiento se produce un esfuerzo cortante o tangencial de cizalladura, analógicamente a lo que sucede con el esfuerzo normal, el esfuerzo cortante se define como la relación entre la fuerza y el área a través de la cual se produce el deslizamiento, donde la fuerza es paralela al área. (Salazar, 2001).

2.4 Tracción

2.4.1 Eficiencia tractiva y coeficiente dinámico de tracción

Marrón, (2000), menciona que la eficiencia tractiva es la relación existente entre la potencia de tiro y la llanta del eje motriz, cuando más duro sea el suelo la relación será alta. Asociando a la eficiencia tractiva y el coeficiente de tracción con la relación del peso dinámico del eje motriz y la fuerza de tiro que puede desarrollar dicho eje. Es decir que un tractor, de acuerdo a su diseño, peso, tipo de rodado y el estado del suelo podrá tirar como máximo un porcentaje de peso que ejerce sobre el suelo su tren motriz.

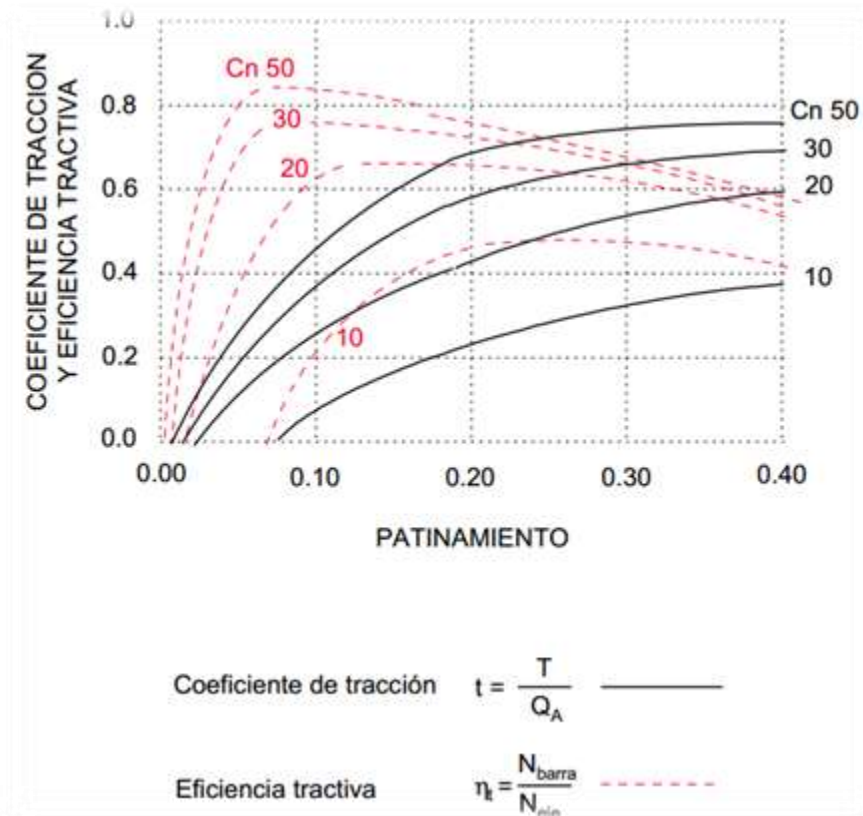


Figura. 2.1 Relación existente entre la eficiencia tractiva y el coeficiente dinámico de tracción en función del patinamiento para distinto estado el suelo (Marrón, 2000).

Para la Interpretación correcta de la gráfica es necesario definir Cn (Números característicos de la rueda).

$$\text{Ecuación 2.1} \quad Cn = \frac{IC \cdot b \cdot d}{Qa} \quad (\text{Marrón, 2000})$$

Donde

- IC = es la resistencia a la penetración de la capa superficial de suelo.
- b = es el ancho de la pisada del neumático.
- d = es el diámetro de neumático
- Qa = es el peso adherente de la rueda

2.4.2 Neumáticos.

Las condiciones del suelo en el que trabajan los tractores y maquinaria agrícolas ofrecen una gran variedad especial y temporal. El contenido de agua en el suelo cambia completamente su comportamiento mecánico.

Cualquier neumático debe cumplir, de manera general las siguientes funciones.

- ❖ Bajas pérdidas por fricción en la rodadura continua del vehículo.
- ❖ Distribución uniforme de cargas.
- ❖ Adaptación a superficies irregulares.
- ❖ Transmisión de par motor al suelo con bajo consumo de combustible.
- ❖ Aplicación continua y uniforme de las fuerzas de frenado.
- ❖ Asegurar la estabilidad lateral del vehículo.

Hay una clara diferencia entre el comportamiento de la ruedas cuando se mueven sobre una superficie firme, como la de una carretera, a cuando se mueven en un suelo natural. Analizando el problema en su aspecto más general, cuando se circula por terreno natural, la complejidad de los fenómenos que se producen en la zona de contacto entre las ruedas y el suelo son consecuencia de:

- ❖ El hundimiento del terreno bajo la rueda apareciendo en este una rodada.
- ❖ Rotura limitada del terreno como consecuencia de la energía desarrollada. Una rotura excesiva impide el avance.

Parte de la energía necesaria para conseguir que la rueda avance se utiliza para elevar el centro de gravedad de la masa que se apoya sobre ella y parte de disipa en la deformación de la estructura del neumático. En el suelo se provoca una reducción de volumen (compactación) y un desplazamiento por esfuerzo cortante (Marques, 2008).

Se han desarrollado diferentes procedimientos para caracterizar los suelos a efectos de tráfico de los vehículos. “Son el índice de cono” (CI) y la “placa de carga” método que habitualmente se utilizan para predecir el comportamiento de la rueda sobre el suelo.

El índice de cono se calcula a partir de la determinación de la fuerza requerida para hacer penetrar en el suelo una varilla provista en el extremo de una punta cónica normalizada (cono a 30°) de acuerdo con la norma ASAE S313.2 (ASAE, 1994).

La placa de carga permite determinar el hundimiento del suelo para diferentes niveles de presión, lo que puede considerarse equivalente al hundimiento de un propulsor (Bekker, 1969).

Una presión demasiado alta de los neumáticos agrícolas genera una compactación excesiva de los suelos y la formación de roderas (en condiciones húmedas). Una presión de inflado demasiado alta de los neumáticos aumenta la tasa de patinaje del tractor y el nivel de hundimiento en el suelo (Michelin, 2011).

2.4.3 Patinaje

Porcentaje de patinamiento, el cual lo tomamos como el resbalamiento de las ruedas motrices del tractor por falta de adherencia en el suelo. Para que el tractor obtenga un máximo aprovechamiento de la potencia disponible, el patinamiento deberá estar entre un 10 y un 15 % en trabajos de labranza sobre suelo firme.

En las operaciones que exijan más fuerza de tracción el peso debe ser mayor porque el patinaje tiende a aumentar, lo cual trae como consecuencia pérdida de fuerza de tracción y aumento de consumo de combustible, más desgaste en los neumáticos y partes mecánicas del tractor, lo que trae aparejado un menor rendimiento operativo (más tiempo para cubrir una determinada área trabajada).

Por otro lado el lastre no puede ser excesivo, pues esto causa mayor compactación del suelo, más resistencia al desplazamiento del tractor y, por ende, mayor consumo de combustible (Massey Ferguson, 2009).

Rangos ideales de patinaje para los diferentes tipos de terreno.

- ❖ Superficies asfaltadas o con cemento: 5 a 7 %
- ❖ Terreno de suelo duro o compactado: 7 a 12 %
- ❖ Terreno secos y blandos: 10 a 15 %
- ❖ Terreno suelto (arados), arenosos o fangosos: 13 y 18%

Una manera práctica para revisar si el índice de patinaje está dentro de lo recomendado es analizar la forma lastro que deja las ruedas traseras y sustituyendo los resultados (N° de vuelta de la llanta) en la fórmula de patinaje. A continuación se muestra el procedimiento y en la Figura (2.2).

- ❖ Con el surco abierto, se clava el implemento y se realiza el primer jalón a partir del cual se cuentan 10 vueltas de la rueda trasera del tractor que avanza con el implemento clavado y a una velocidad constante.
- ❖ Al finalizar la vuelta N°10 se realiza el segundo jalón en el suelo, que con el primero establecen una distancia Figura (2.2 A).
- ❖ Luego se hace avanza al tractor sin carga, cantado las vueltas de la rueda trasera necesarias para recorrer la distancia entre los dos jalones Figura (2.2 B)

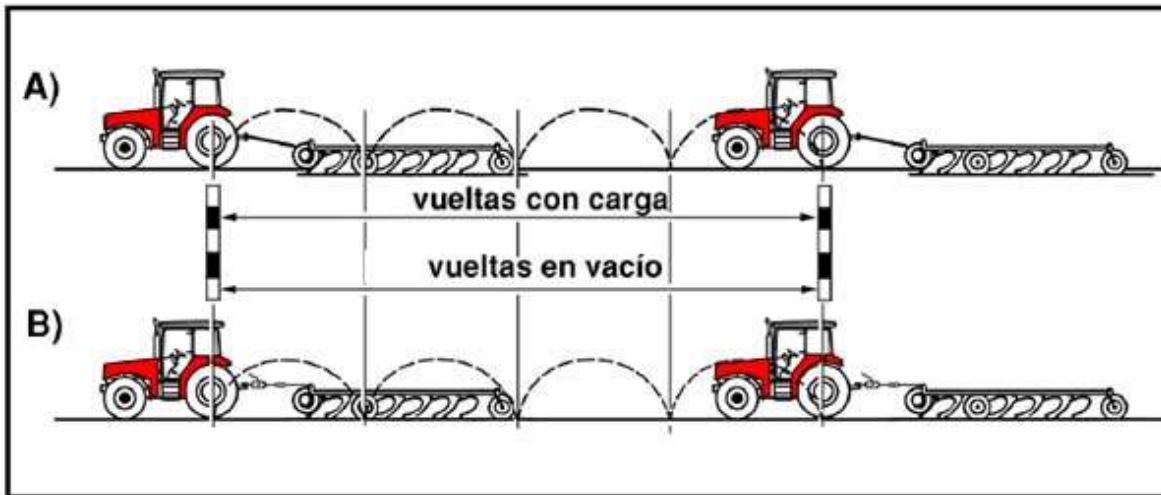


Figura. 2.2 Evaluación de patinaje (Massey Ferguson, 2009).

Fórmula para calcular el patinaje:

$$\text{Ecuación 2.2} \quad \% \text{Patinaje} = \frac{N^{\circ} \text{ de vuelta con carga} - N^{\circ} \text{ de vuelta sin carga}}{N^{\circ} \text{ de vuelta con carga}} * 100$$

Este método nos brinda una mayor precisión en la eficiencia del trabajo realizado (Massey Ferguson, 2009).

Se realizó un diseño con un sensor rotativo acoplado en la llanta motriz del tractor agrícola que le permitió medir el número de revoluciones de la ruedas. Utilizando un PLC para el registro de la velocidad, por medio de Encoders, trabajando a una velocidad de 7 km/h el PLC comenzaba a registrar los pulsos y el tiempos en una distancia determinada (González, 2007).

2.5 Automatización

En el siglo XIX, se necesitaban de 40 a 60 horas de trabajo para arar una sola hectárea. En la actualidad, ese tiempo se ha reducido a menos de 2 horas (Way, 2014).

El término automatización se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima, incluso sin intervención, del ser humano. Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las

condiciones externas en tres etapas: mediación, evaluación y control (QuimiNet, 2008).

La automatización es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, máquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones a tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana (Crespo, 2011).

2.6 Sensores AP

2.6.1 Encoder

El encoder es un transductor rotativo, que mide una señal eléctrica (normalmente un pulso o una señal senoidal) nos indica el ángulo girado. Si este sensor rotatorio lo conectamos mecánicamente con una rueda o un husillo, nos permite medir distancias lineales.

Clasificación de los encoder según el tipo de información sobre la posición que genera.

- ❖ Encoder incremental: las señales de salida se tramiten por un hilo en el que se transmite un pulso por cada ángulo girado, da tal forma que si tenemos un encoder de 1000 ppr, tendremos un pulso por cada $360^\circ/1000=0.360^\circ$. El inconveniente es que no disponemos de una referencia absoluta de la posición en el que se encuentra el eje.
- ❖ Encoder absoluto: la posición se da en valor absoluto mediante un bus paralelo. Es decir, que si tenemos un encoder de 256 posiciones, tendremos un bus de 8 líneas que nos indicaran en binario cuál es su posición (normalmente estos transductores codifican la posición en códigos gray para evitar errores). El inconveniente de estos encoders es la cantidad de líneas que necesitamos leer y conectar y que debido a la complejidad del disco óptico que codifica las posiciones la resolución no suele ser muy elevada (Mcbtec, 2008).

Según Cruz *et. al.*, (2008), presentan el diseño y simulación de un multiplicador electrónico en encoders, para mantener precisión y robustez en la cuantificación de la posición y velocidad de desplazamiento en máquinas o mecanismos. En el brazo de un robot se utilizan dispositivos que le permite trasladar los desplazamientos angulares de cada una de las articulaciones, en una posición o desplazamiento, esto es un desplazamiento rotativo de actuador y transformándose en desplazamiento lineal utilizando el motor (encoders).

Según Cruz *et. al.*, (2008), El encoders es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. El encoders se basa en la rotación de un disco graduado con un reticulado radial formado por espacios opacos, alternados con espacios transparentes. Tiene un sistema óptico de emisor receptor, el infrarrojo detecta el cambio en la superficie del disco.

Según Bonifas y Flores, (2013), realizaron un diseño de red Profibus DP, con un control de velocidad para un motor asíncrono trifásico por medio de un variador de velocidad SINAMICS G120. Para conocer la velocidad en el eje del motor se utiliza un encoders absoluto, que junto al variador de velocidad SINAMICS G120 y al multímetro digital SENTRON PAC3200 conforman los esclavos Profibus DP, los mismos que operan bajo la supervisión del PLC S7-1200.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Software

- ❖ Proteus.
- ❖ MPLAB IDE v8.10
- ❖ PICkit 2v2.55
- ❖ ArcView
- ❖ MiniTab 16
- ❖ GoogleEarth
- ❖ Microsoft Excel 2013.

Proteus

es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics que consta de los dos programas principales: **Ares** e **Isis**.

Isis: El Programa ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Entrada Esquemática Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

Ares: Es Advanced Routing and Editing Software (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficial (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper).

Mplab: Es un editor IDE gratuito, destinado a productos de la marca Microchip. Este editor es modular, permite seleccionar los distintos microcontroladores soportados, además de permitir la grabación de estos circuitos integrados directamente al programador.

Es un programa que corre bajo Windows, Mac OS y Linux. Presenta las clásicas barras de programa, de menú, de herramientas de estado, etc. El ambiente MPLAB posee editor de texto, compilador y simulación (no en tiempo real). Para comenzar un programa desde cero para luego grabarlo al μ C en MPLAB.

PICKit 2: Depuración Express permite la depuración en circuito en unidades de microcontrolador PICmicro seleccionados (MCU). En un circuito de depuración permite al diseñador hacer funcionar, examinar y modificar el programa, mientras que el PIC MCU está integrado en el hardware, ayudando así al diseñador en la depuración del firmware y hardware juntos. Depurar exprés interactúa con el software MPLAB IDE.

Minitab: Es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos. En 1972, instructores del programa de análisis estadísticos de la Universidad Estatal de Pensilvania (Pennsylvania State University) desarrollaron MINITAB como una versión ligera de OMNITAB, un programa de análisis estadístico del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los Estados Unidos.

ARCVIEW: Es una herramienta desarrollada la empresa estadounidense ESRI. Con ella se pueden representar datos geo referenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis.

Google Earth: Es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

El mapa googleEarth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por:

- ❖ Imagen satelital
- ❖ Fotografías aéreas
- ❖ Información geográfica proviniendo de médelos de datos SIG
- ❖ Modelos credos por ordenadores.

Microsoft Excel: Es una aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo. Este programa es desarrollado y distribuido por Microsoft, y es utilizado normalmente en tareas financieras y contables.

3.1.2 Equipos

- ❖ Log Book 360
- ❖ Pc
- ❖ 2 Sensor Encoders de 500 y 64 pulsos por revolucione (ppr).
- ❖ Microcontrolador 16F84A
- ❖ Grabador PICKit
- ❖ Trimble 132
- ❖ Tractor John Deere 6403

Log Book 360. LogBook/360 son sistemas de adquisición de datos basados en PC. Combinan la inteligencia a bordo con una PC-Card extraíble que almacena el archivo de configuración y los datos recogidos. En la carpeta de Bitácoras tienen muchas opciones, la mayoría de los cuales son detalla en el capítulo LBK, y en las tarjetas opcionales DBK y documentos Módulos. Tener en cuenta que la conexión PC puede ser por puerto serie o paralelo.

Sensor Encoder: Es un transductor rotativo, mediante una señal eléctrica nos indica el ángulo girado. Permite medir un pulso o una señal senoidal, también nos mide distancias lineales.

Microcontrolador PIC16F84A: Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida, en la Figura (3.2) se observa la estructura del microcontrolador.

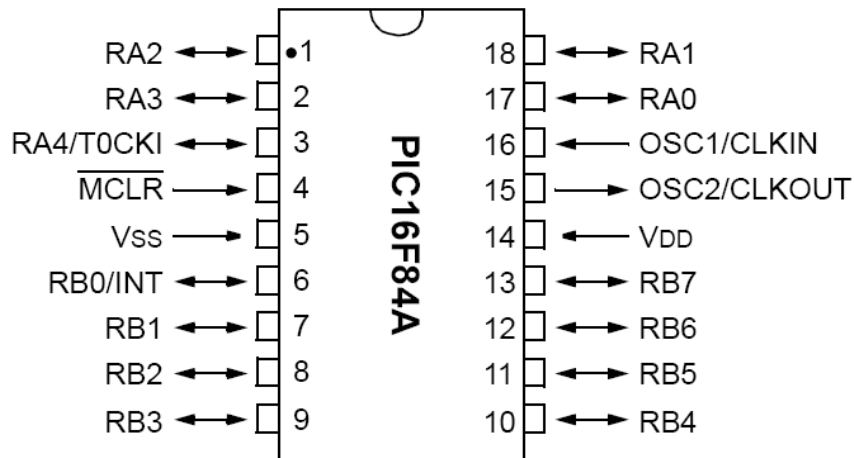


Figura 3.1 hoja de dato del microcontrolador 16F84A.

Tractor John Deere 6403: El tractor fue equipado con un sistema de control automático para realizar las evaluaciones del patinaje, así como el levantamiento de la posición en donde se realizó las evaluaciones.

Característica del tractor:

- ❖ Motor PowerTech turbo cargado de 106 hp, 4 cilindro.
- ❖ Transmisión sincronizada 9 velocidades de avance y 3 de retroceso.
- ❖ Frenos mecánicos bañados en aceite.
- ❖ Sistema hidráulico de centro abierto con bomba de engranes a 66.62 litros por minuto.

3.2 Metodología de medición de patinaje.

Para lograr los objetivos de la presente investigación se generan los pasos de las y las actividades para la medición de patinaje. En la Figura (3.2) se observa la metodología.



Figura 3.2 Metodología empleada para medir el patinaje

3.2.1 Elaboración del diseño de la placa en Ares

Para poder visualizar los pulsos mandados por el encoder se construyó un circuito electrónico, diseñado en Ares, en la Figura (3.3) se observa el circuito elaborado en Ares.

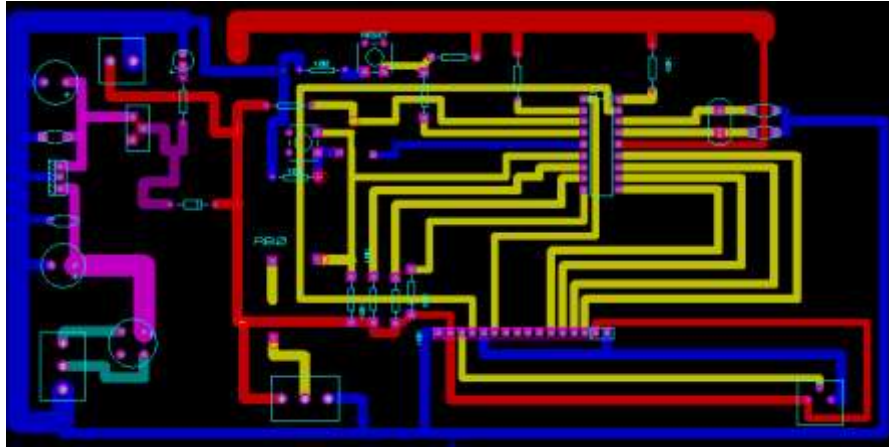


Figura 3.3 Diseño de la placa electrónica de patinaje en Ares.

3.2.2 Elaboración de la placa

En la elaboración de la placa electrónica se procede a la Impresión de la pista en la placa y el montaje de los componentes.

Teniendo el diseño en Ares, se procede a elaborar los siguientes pasos.

- ❖ Imprimir el circuito en una malla.
- ❖ Realizar la pintura, con el porcentaje adecuados de cada ingrediente.
- ❖ Imprimir el circuito utilizando la malla, en la placa correspondiente.
- ❖ Espera a que se seque la pista impresa en la placa.
- ❖ Introducir la placa en un recipiente con ácido, para el retiro del cobre.
- ❖ Limpiar la placa, hasta obtener la pista.
- ❖ Montar los componentes necesarios.

En la Figura (3.4) se observa la placa electrónica con los elementos correspondientes para la utilización en campo.

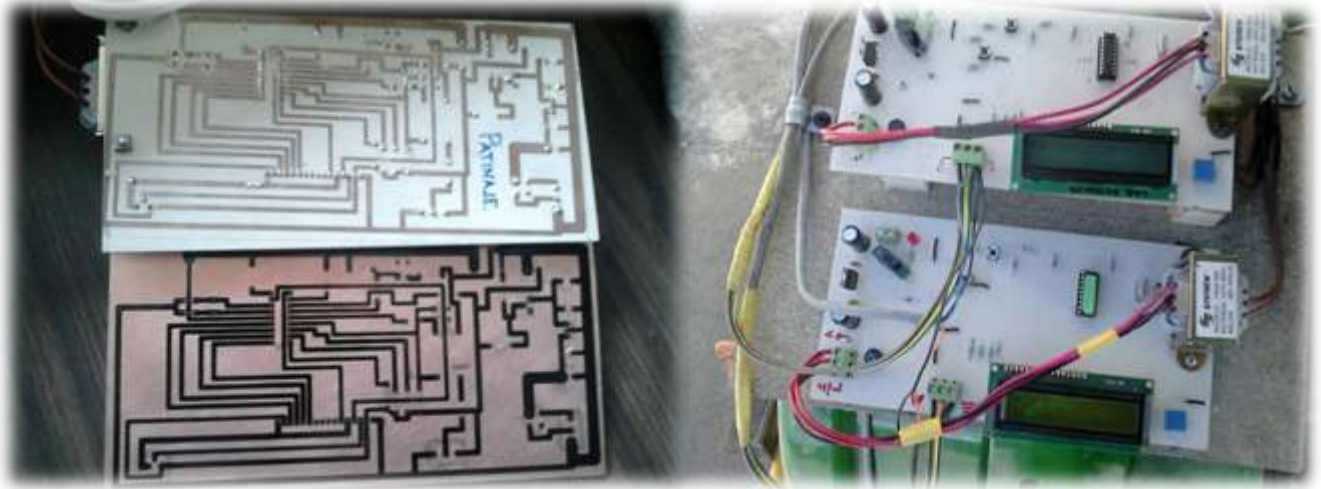


Figura 3.4 Placa electrónica de patinaje.

3.3 Desarrollo y simulación del sensor para medición de revolución

En el software Isis se desarrolló, la comunicación del microcontrolador 16F84A al display. La finalidad del circuito desarrollado en el software es para el funcionamiento correcto de la visualización de los pulsos mandados por los encoders. En el **ANEXO 7.4** se puede apreciar la hoja de datos de microcontrolador 16F84A, y en la Figura 3.5 se observa la comunicación del microcontrolador al display.

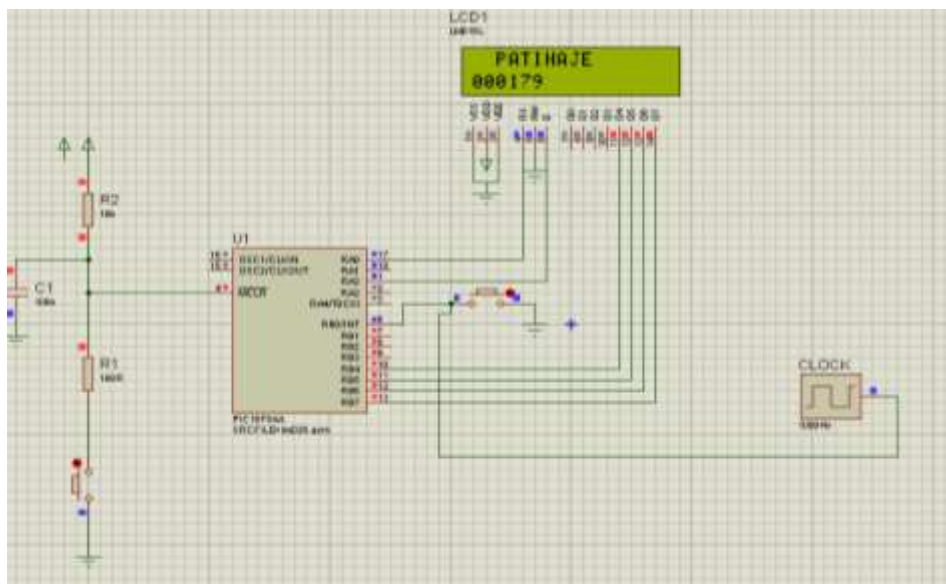


Figura 3.5 Comunicación y simulación del MICROCONTROLADOR al LCD en ISIS.

3.4 Programación de retardos con el microcontrolador 16F84A.

Retardo: Es el tiempo que tarda una señal para atravesar un conductor o dispositivo. También entendemos por retardo el intervalo de tiempo que existe en el momento en el que cualquier punto asignado en una onda atraviesa dos puntos cualesquiera de un circuito de transmisión.

Retardo Absoluto: Es el intervalo de tiempo que existe entre la transmisión de dos señales sincronizadas (radar o radio), desde la misma o distinta estación.

Se realiza la programación y modificación de retardos en el programas Isis, con la finalidad de obtener los pulsos reales por revolución de cada encoders, en un rango de tiempo establecido.

Para llevar a cabo la programación de los retardos, se necesitó los siguientes softwares y equipos.

- ❖ Se utilizó el Software Isis para la modificación y programación de los retardos, en el **ANEXO 7.1** se observa los pasos.
- ❖ El Software PICkit 2 se utilizó para grabar los retardos modificados por el Software Isis, en el **ANEXO 7.2** se puede apreciar los pasos.
- ❖ El grabador es un equipo que nos facilitó la comunicación del microcontrolador a la Pc. en el **ANEXO 7.2** se puede apreciar detalladamente los pasos.

3.5 Evaluación de los sensores con diferentes retardos en el laboratorio.

Se realizó la comunicación de los encoders a la placa, y la placa al equipo LogBook 360, para el registro de la información, en la Figura (3.6) se observa la comunicación de los encoders a la placa electrónica.

Se contaba con 2 encoders, uno de 500ppr para la rueda motriz y el otro de 64ppr para la rueda adicional (Bicicleta).

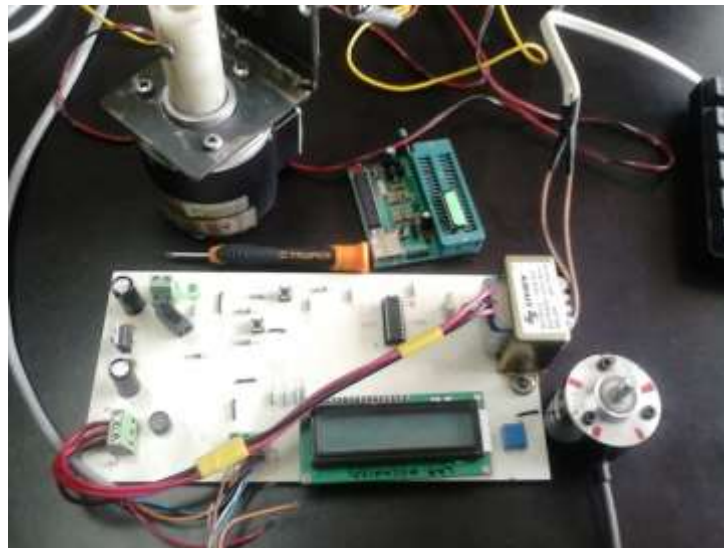


Figura 3.6 Comunicación del encoder a la placa electrónica

Teniendo una buena comunicación del encoder hacia la placa electrónica, se procede a conectar el encoder a la placa, y la placa al equipo LogBook 360, para comenzar hacer las evaluaciones de los retardos en el microcontrolador 16F84A y el registro de los pulsos que mandaban los encoders al equipo LogBook. En el **ANEXO 7.3** se muestran los pasos para hacer el registro en logBook 360, por el Software LogView y en la Figura (3.7) se observa la comunicación de los encoder al equipo y a la placa.

La finalidad de realizar las evaluaciones con respecto a los retardos en el microcontrolador 16F84A fue para que nos mostrara los pulsos ideales y visualizar en el display.

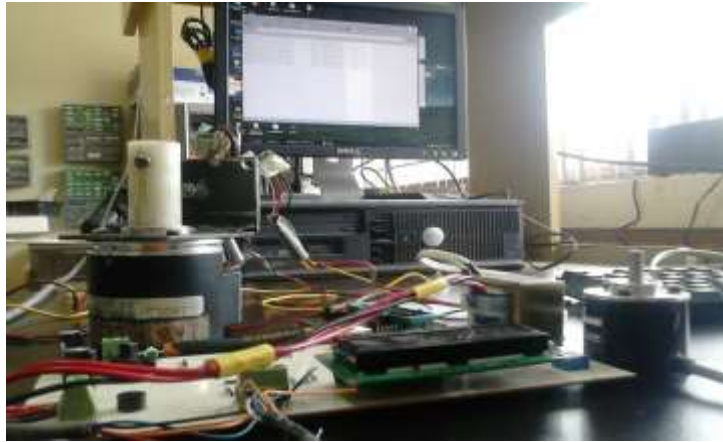


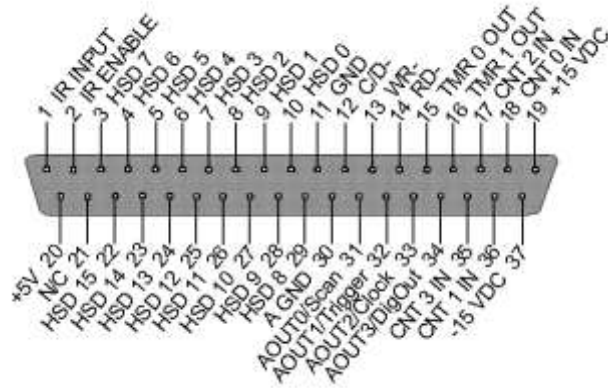
Figura 3.7 Comunicación del encoder a la placa y al LogBook 360.

Se realizaron pruebas con retardos diferentes en cada encoder para encontrar el retardo que nos mandara los pulsos ideales en el Display. En el cuadro (3.1) se puede observar una lista de retardos.

Cuadro 3.1 Evaluaciones con retardos diferentes para el encoders de 500 y 64ppr.

Retardos	Revoluciones para encoder de 500ppr	Revoluciones para encoder de 64ppr
4 micros	20	50
5micros	20	50
10 micros	20	50
50 micros	20	50
100 micros	20	50
150 micros	20	50
500 micros	20	50
500 micros	20	50
1000 micros	20	50
1000 micros	20	50
1500 micros	20	50
1500 micros	20	50
2000 micros	20	50
2000 micros	20	50
2500 micros	20	50
5000 micros	20	50

Se trabajó en el PORT 3 (Entradas Digitales), en los pines 11, 17 y 18. Los pines 17 y 18 nos activa los canales 0 y 2 del Software Logview **ANEXO 7.3** y el pin 11 es comunicación a tierra. En la Figura (3.8) se observa la entrada digital del equipo logBook360.



1

Se realizaron pruebas en el laboratorio del departamento de maquinaria agrícola, para comprobar si los encoders nos funcionaban adecuadamente a la placa electrónica.

Se realizaron en el laboratorio todas las pruebas necesarias con los equipos conectados simultáneamente, con el objetivo de modificar cual irregularidades que se presentara, ya que para las evaluaciones en campo, serían los mismos equipos y las mismas conexiones.

3.6 Acondicionamiento del sensor para la evaluación en campo.

Realizando todas las pruebas en el laboratorio y teniendo resultados favorables se procedió a ensamblar el encoder de 500ppr en rueda motriz del tractor agrícola y el encoder de 64ppr en la rueda de la bicicleta, en la Figura (3.10 B y A) se observa respectivamente el ensamble se los encoder. Teniendo una relación de 1:2.543, esto quiere decir que si el encoder de 500ppr da una vuelta, el encoder de 64 ppr necesita dar 2.543 vuelta, para que recorran la misma distancia.

La relación entre los encoder se obtuvo por las distintas dimensiones en los diámetros de rueda motriz y la rueda de la bicicleta.

La rueda motriz del tractor agrícola tiene un radio de 85 cm. Utilizando la fórmula del perímetro del círculo Ecuación (3.1) nos da la distancia que recorre un una vuelta de la llanta.

$$\text{Ecuación 3.1} \quad P = \pi 2r$$

La llanta de la bicicleta tiene un radio de 35 cm. Se utiliza la misma fórmula anterior para obtener la distancia que recorre en una vuelta de la bicicleta.



Figura 3.9 Ensamble de los encoder en la llanta motriz y en la llanta de la bicicleta

3.7 Evaluación en campo

3.7.1 Localización del sitio de prueba

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Mecánica Agrícola y en el campo denominado el bajío, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el cual comprende la realización de las tarjetas electrónicas y el ensamblado de los encoders a la rueda motriz y una rueda adicional que nos medirá el desplazamiento idea. Para la evaluación en campo se realizó en la misma universidad, en el área llamada el Bajío. Latitud 25°21'34.71" N Longitud 101°02'22.08" O.



Figura 3.10 Área el Bajío en donde llevo a cabo la pruebas

3.7.2 Procedimiento

Teniendo el ensamble de los encoder en cada rueda se procede a realizar las conexiones en el tractor John Deere, el equipo LogBook360, Pc y la placa electrónica para la comunicación de los encoder y el registro de las pruebas, en la Figura (3.11) se observa los equipos conectados en el tractor.

Teniendo las conexiones correctas de los encoders a la placa, la placa a LogBook 360 y el LogBoog 360 a la Pc. Se prosigue a las pruebas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el área del bajío Figura (3.10). En el **ANEXO 7.3** se muestran los pasos para hacer el registro en logBook 360, por el Software LogView.



Figura 3.11 Conexión de los equipos en el tractor John Deere para las pruebas en campo.

Las pruebas se realizaron de la forma siguiente.

- ❖ Se realizó 2 recorrido sin el implemento trabajando, con la finalidad de tener una referencia ideal en donde el tractor no ejerce fuerza mayor y por ende la llanta motriz del tractor no ejerce tracción excesiva porque el implemento no está trabajando y no hay una segunda fuerza que haga que el tractor aumente la potencia tractiva y exista patinaje.

- ❖ Se realizó un recorrido con un cincel trabajando con una profundidad de 40 cm. La finalidad de tener una segunda fuerza que haga que el tractor ejerza mayor fuerza tractiva y por ende la llanta motriz tiende a tener patinaje.
- ❖ Los encoders ensamblado en las ruedas tienen como finalidad de registrar por medios de pulsos las distancias recorridas en cada llanta.
 - ❖ Encoder en llanta de referencia (bicicleta): tiene la finalidad de realizar el recorrido ideal o la distancia exacta que recorre el tractor. ya que con carga o sin carga las revoluciones no es afectada por el trabajo o fuerza tractiva.
 - ❖ El encoder de la llanta motriz: es afectado por el trabajo realizado con carga o sin carga, cuando el implemento está trabajando, es cuando existe fuerza tractiva y tiende a tener patinaje.

Los recorridos que se realizaron, con el implemento levantado y con el implemento trabajando fueron con la finalidad de poder obtener patinajes, y compararlos entre sí.

3.7.3 Sistema de posicionamiento (TRIMBLE AGGPS 132)

Se utilizó el trimble 132 Figura (3.12) para el posicionamiento en el área en donde se llevaron a cabo las pruebas, para la obtención de coordenadas que se utilizaron para el mapeo.



Figura 3.12 Trimble Aggps 132

IV RESULTADOS

4.1 Resultado del desarrollo y simulación del sensor para medición de patinaje.

En la Figura (4.1a) se desarrolló la comunicación en el software isis del microcontrolador 16F84A al display, con la finalidad de visualización de los pulsos enviados por los encoders, y que circuito funcionara correctamente. El circuito simula el conteo de desplazamiento de las ruedas para la medición de patinaje.

En la Figura (4.1b) se muestra el emulador del circuito para la medición del desplazamiento de las ruedas. En esta podemos apreciar las placas electrónicas desarrolladas para poder visualizar en el display la cantidad de pulsos de ambos encoders.

El desarrollo y simulación de Microcontrolador 16F84A en el software Isis, nos lleva al resultado, del buen funcionamiento del emulador utilizado en las pruebas en campo.

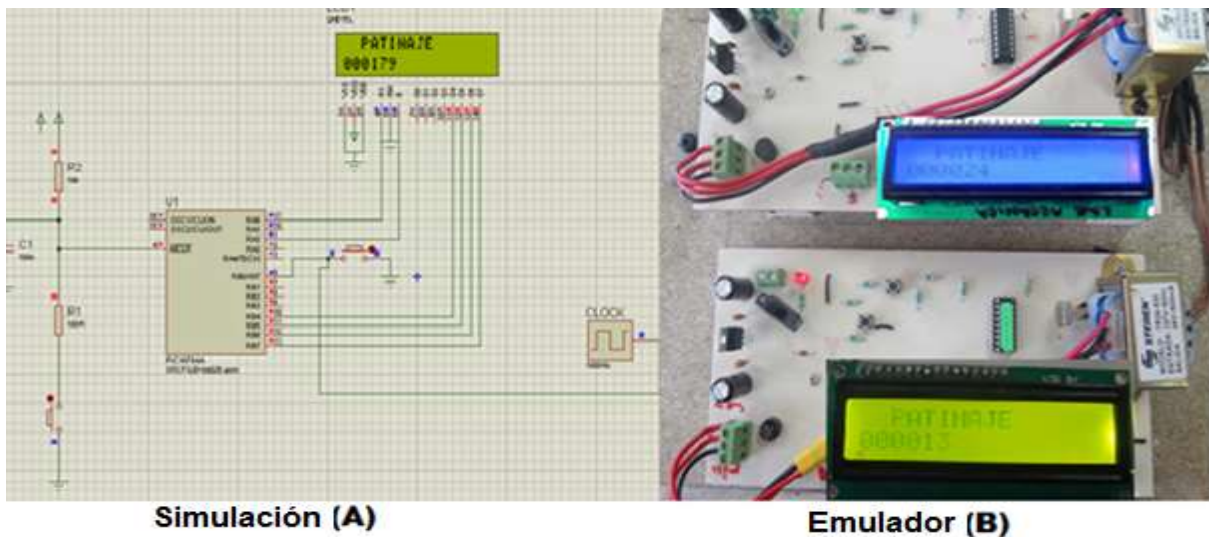


Figura 4.1 Resultados del desarrollo de simulación, al emulador del sensor para la medición de revolución.

4.2 Resultado de las evaluaciones de los sensores, con diferentes retardos en el laboratorio.

En el cuadro (4.1) y (4.2) se muestra el resultado de las evaluaciones obtenidas con diferentes retardos para el encoder de 500 y 64 ppr.

Cuadro 4.1 Resultados de las evaluaciones con retardos diferentes para el encoders de 500 pulsos por revolución.

RETARDOS	REVOLUCIONES	PULSOS REALES	TIEMPO(S)	PULSOS IDEALES
4 micros	20	9990	54.29	10000
5micros	20	9985	54.00	10000
10 micros	20	9855	61.45	10000
50 micros	20	9855	60.30	10000
100 micros	20	9253	70.00	10000
150 micros	20	9253	71.30	10000
500 micros	20	9344	86.5	10000
500 micros	20	9712	97.44	10000
1000 micros	20	7560	57.41	10000
1000 micros	20	9141	88.60	10000
1500 micros	20	7026	66.53	10000

Se optó por los retardos de 4 y 5 microsegundos con un tiempo de 54segundos para las 20 vueltas equivalentes a una distancia de 100metros. Esto da un margen de seguridad de 46segundos en virtud de que el tiempo estimado para recorrer los 100m en la evaluación de los equipos de labranza es de 100segundos equivalente a una velocidad de 1ms^{-1}

Cuadro 4.2 Resultados de las evaluaciones con retardos diferentes para el encoder de 64 pulsos por revolución.

RETARDOS	REVOLUCIONES	PULSOS REALES	TIEMPO(S)	PULSOS IDEALES
4 micros	50	3200	85	3200
5micros	50	3200	85	3200
10 micros	50	3200	86	3200
50 micros	50	3200	92.3	3200
100 micros	50	3200	89.87	3200
150 micros	50	3200	93.23	3200
500 micros	50	3198	91.09	3200
800 micros	50	3200	92.975	3200
1000 micros	50	3190	94.7	3200
1500 micros	50	3189	96.7	3200

Se optó por los retardos de 4 y 5 microsegundo con un tiempo de 85segundos para las 50 vueltas equivalentes a una distancia de 100metros. Esto da un margen de seguridad de 15segundos en virtud de que el tiempo estimado para recorrer los 100m en la evaluación de los equipos de labranza es de 100segundos equivalente a una velocidad de 1ms^{-1}

Respecto al registro de los pulsos reales e ideales de cada encoder en el logBook 360, no hubo diferencias, ya que los pulsos que envían los encoders lo registraban sin ninguna complicación.

4.3 Ecuación de respuesta para el encoder de 64 ppr (rueda adicional)

En la Figura (4.2) se muestra la ecuación de respuesta generada tanto en la evaluación en el laboratorio como por la primera evaluación en campo, trabajando el tractor sin carga equivalentes a los datos registrados con los pulsos ideales.

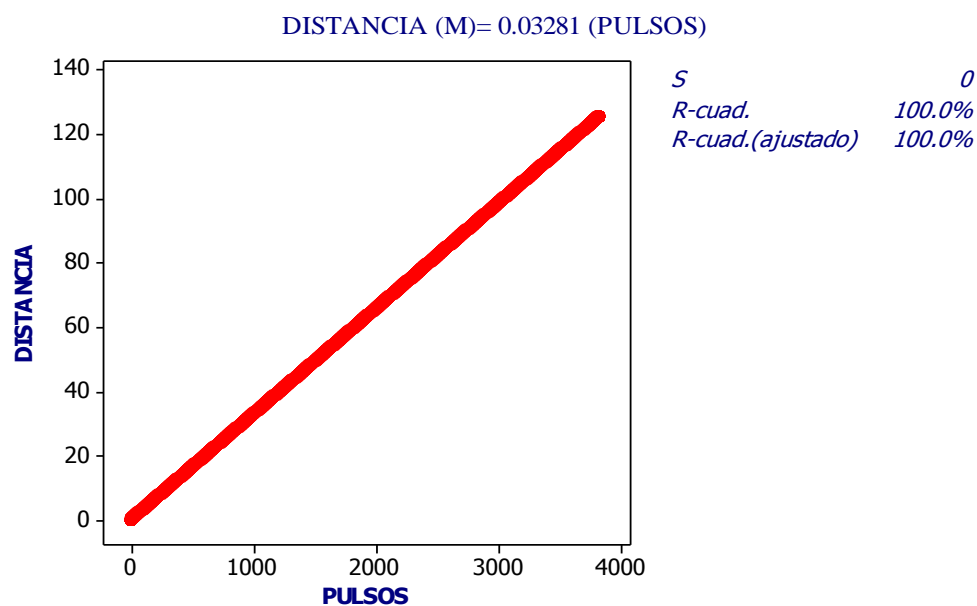


Figura 4.2 Grafica de ecuación de respuesta para el encoder de 64ppr.

La finalidad de la ecuación de respuesta es sustituir los pulsos acumulados en la ecuación $\text{Distancia}=0.03281 (\text{pulsos})$, obteniendo la distancia recorrida de la misma.

4.4 Ecuación de respuesta para el encoder de 500ppr (rueda Motriz).

La ecuación de respuesta es generada por la primera evaluación en campo, trabajando el tractor sin carga ya que en dicha evaluación no existe patinaje y por ende los datos registrados son pulsos ideales.

En la figura (4.3) se muestra la ecuación de la DISTANCIA recorrida por la rueda motriz en función del número de pulsos sin utilizar implemento alguno. Equivalente a los pulsos reales sin patinaje. La distancia recorrida por revolución por la rueda motriz para esta condición es de: $0.01068 (500)=5.34\text{m}$.

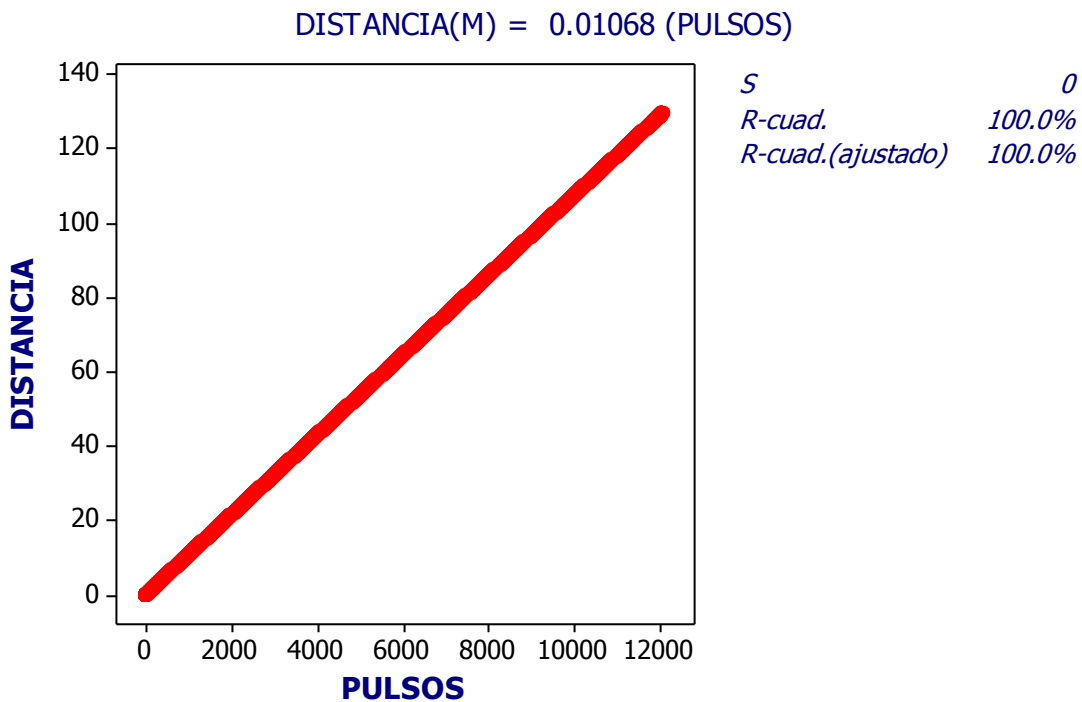


Figura 4.3 Grafica de ecuación de respuesta para el encoder de 500ppr.

La finalidad de la ecuación de respuesta es sustituir los pulsos acumulados en la ecuación $Distancia=0.01068 (\text{pulsos})$, obteniendo la distancia recorrida de la misma.

4.5 Resultados de evaluación con el implemento levantado.

La evaluación se realizó con el implemento levantado, en donde la rueda motriz y rueda de la bicicleta no es afectado por el trabajo y por la fuerza de tracción. En la Figura (4.4) se puede apreciar.



Figura 4.4 Evaluación con el implemento levantado.

En la Figura (4.5 y 5.6) Se muestra la gráfica con el resultado de la evaluación de los encoders, indicando los datos (pulsos) de la rueda motriz y de la bicicleta sin carga. En virtud que el número de pulsos por revolución de los encoders son diferentes, para la rueda motriz es de 500ppr y el de la rueda de bicicleta es de 64ppr. La proporción entre uno y otro es de 1:7.8125. Así mismo los perímetros de cada rueda es diferente para la rueda de la bicicleta es de 2.1m y para rueda motriz es de 5.34m, con una proporción entre una y otra de 1:2.54. Para igualar la curva de calibración de la bicicleta a la de la rueda motriz se tendría que multiplicar el número de pulso de la bicicleta por 7.8125 y dividirla por 2.54 o bien utilizar las constantes generadas de calibración de 0.03281 y de 0.01068 para los pulsos de la rueda de bicicleta y la rueda motriz del tractor respectivamente.

Graficas de resultados de la evaluaciones en campo, sin trabajo.

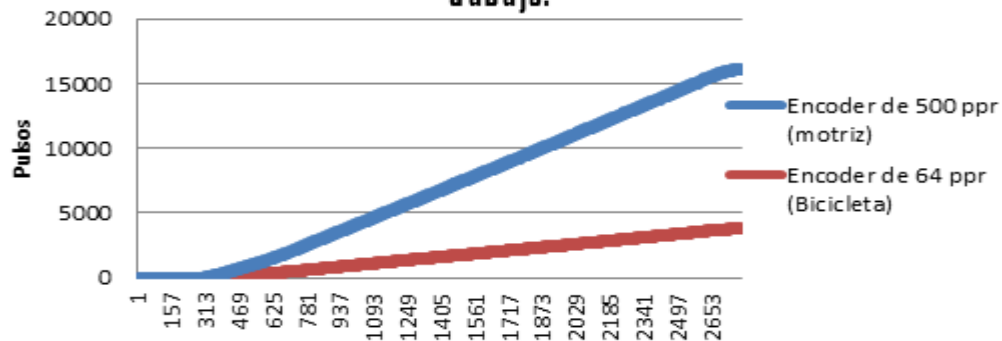


Figura 4.5 Grafica de resultado de la evaluación con el implemento levantado

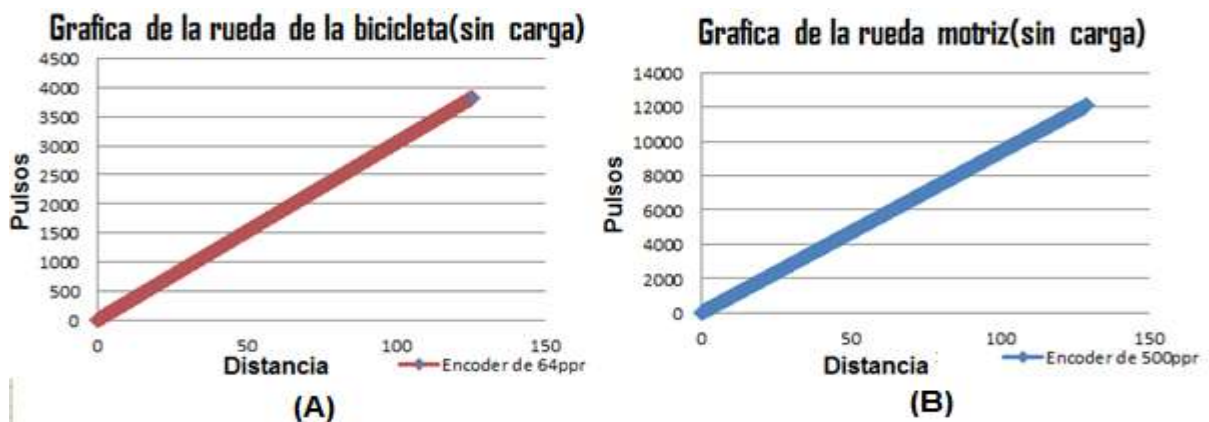


Figura 4.6 grafica de resultados de las ruedas en función a la distancia

4.5.1 Resultado de la evaluación de la rueda de bicicleta.

En el cuadro (4.3) se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de campo así como las coordenadas geográficas para la rueda de referencia.

Cuadro 4.3 Datos de la distancia recorrida por la llanta de la bicicleta para generar el mapa de diagnóstico en ArcView

X	Y	Distancia (M)
-101.040980	25.3581385	9.0890625
-101.040933	25.3580721	9.3515625
-101.040884	25.3580014	9.6796875
-101.040834	25.3579278	9.8765625
-101.040781	25.3578550	10.040625
-101.040726	25.3577824	9.8109375
-101.040671	25.3577088	9.7781250
-101.040621	25.3576332	9.6468750
-101.040571	25.3575596	9.7453125
-101.040517	25.3574881	9.9421870

Los datos obtenidos de la prueba con el implemento levantado se convirtieron a distancia $(\text{pulso}/64) \times 2.1\text{m}$, empleando para el mapeo el SIG ArcView. Utilizando coordenadas Norte (Y) y Este (X), la columna de distancia es la diferencia entre el pulso mayor y el menor. En cada cambio de las coordenadas del registro que nos generó dicha evaluación en el Cuadro (4.3) se observa los cambios de coordenadas y en la Figura (4.7) se aprecia el mapa de diagnóstico para la rueda de referencia (bicicleta).

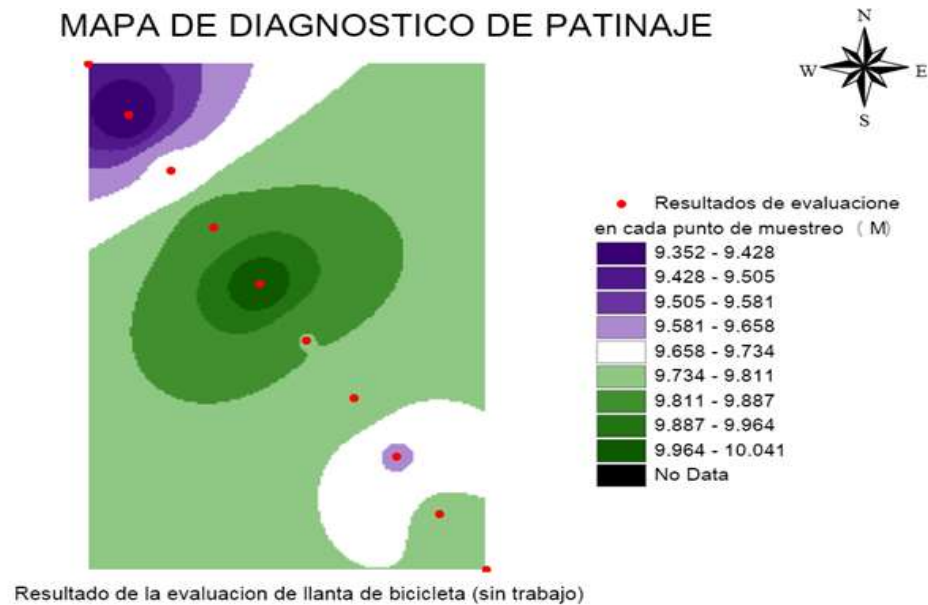


Figura 4.7 Mapa de diagnóstico para la rueda de bicicleta (sin trabajo)

El resultado esperado para este mapa debería de ser el mismo valor del recorrido para cada punto de muestreo en las coordenadas grados decimales. El rango de recorrido por cada punto de muestreo fue de 9.352 hasta 10.041m.

4.5.2 Resultado de la evaluación de la rueda motriz

Los datos obtenidos de la prueba con el implemento levantado se convirtieron a distancia $(\text{pulso}/500) \times 5.34\text{m}$, empleando para el mapeo el SIG ArcView. Utilizando coordenadas Norte (Y) y Este (X), la columna de distancia, es la diferencia entre el pulso mayor y el menor. En cada cambio de las coordenadas del registro que nos generó dicha evaluación en el Cuadro (4.4) observamos los cambios de coordenadas y en la Figura (4.8) se aprecia el mapa de diagnóstico para la rueda motriz.

Cuadro 4.4 Datos de la llanta motriz para generar el mapa de diagnóstico en ArcView

X	Y	Distancia(M)
-101.040980	25.3581385	9.280920
-101.040933	25.3580721	9.494520
-101.040884	25.3580014	9.761520
-101.040834	25.3579278	10.12464
-101.040781	25.3578550	10.15668
-101.040726	25.3577824	10.06056
-101.040671	25.3577088	10.03920
-101.040621	25.3576332	10.10328
-101.040571	25.3575596	9.911040
-101.040517	25.3574881	10.09260

MAPA DE DIAGNOSTICO DE PATINAJE

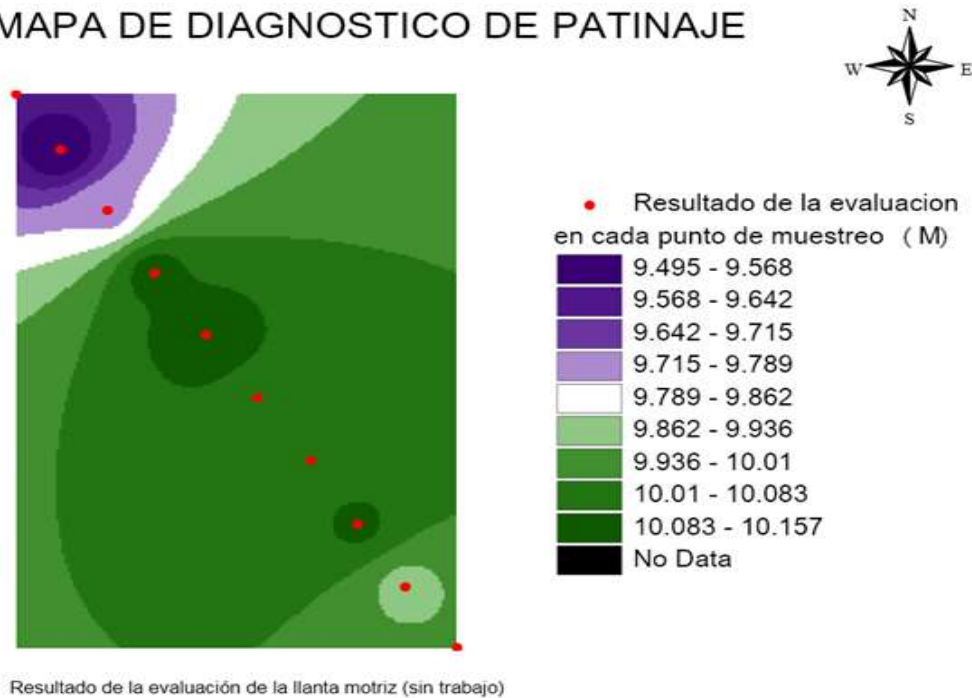


Figura 4.8 Mapa de diagnóstico para la rueda motriz (sin trabajo)

El resultado esperado para este mapa, al igual que la rueda de la bicicleta, debería de ser el mismo valor del recorrido para cada punto de muestreo en las coordenadas grados decimales. El rango de recorrido por cada punto de muestreo fue de 9.495 hasta 10.157m.

Haciendo la comparación de la Figura (4.5 y 4.6) en donde se aplica la ecuación de la constante para cada encoder de cada rueda, se puede apreciar una diferencia mínima entre el comportamiento de las mismas, con respecto a la distancia recorrida.

Con respecto a los mapas de diagnóstico, tienen la finalidad de identificar por secciones de colores la variabilidad de distancia (**Patinaje**). En los puntos de muestreo de dichas evaluaciones, podemos notar en los mapas por medio de los puntos de muestreos que existe una diferencia de distancias (Metros) recorridas de los elementos antes mencionados. Como se muestra en la Figura (4.9)

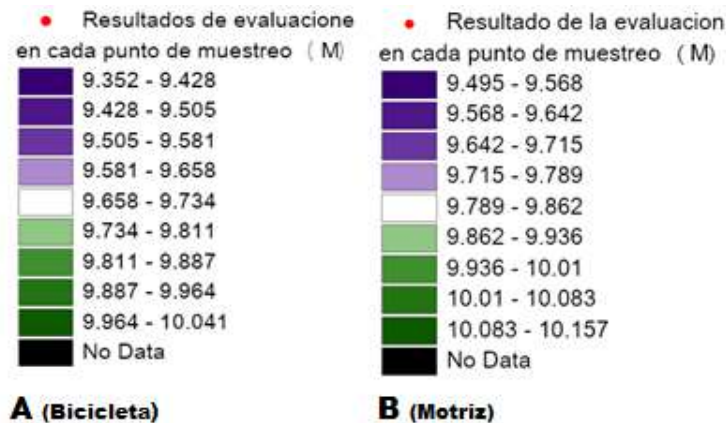


Figura 4.9 Resultados del mapeo con respecto a distancia en cada rueda.

En la prueba se obtuvo un pulso mayor para la rueda motriz de 12089 pulsos, Y para la rueda adicional (bicicleta) un pulso mayor de 3829. Si utilizamos la ecuación de respuesta de cada rueda podemos saber la distancia recorrida.

$$\text{Distancia recorrida (motriz)} = 0.01068 * (12089) = 128.1107\text{m}$$

$$\text{Distancia recorrida (Bicicleta)} = 0.03281 * (3829) = 125.62949\text{m}$$

Tenemos una diferencia de distancia entre la rueda motriz y de la bicicleta de 2.48m en la evaluación con el implemento levantado.

Esta diferencia debería de ser de 0.0metros. Esto se puede deber a tres factores. El primero debido a que el GPS trimble 132 induce un error de hasta 12metros, el segundo debido a la tracción que ejerce la rueda motriz y el tercero al deslizamiento de la rueda de la bicicleta sin tracción. Lo que conlleva a realizar ajustes a las constantes para cada rueda.

4.6 Resultados de evaluación con el implemento trabajando a 40cm.

En la evaluación con el implemento trabajando, en donde la rueda motriz es afectada por el trabajo y por la fuerza tractiva que ejerce por el implemento que se encuentre trabajando, la rueda adicional (bicicleta) no es afectada por la fuerza de tracción. En la figura (4.10) se puede apreciar, el implemento trabajando con un cincel a 40 cm de profundidad.



Figura 4.10 Evaluación con el implemento trabajando a 40 cm.

Resultado de las evaluaciones de la rueda motriz y la rueda adicional (bicicleta) con el implemento trabajando a 40 cm.

Grafica de Resultados de las evaluacione en campo, trabajando a 40 cm de profundidad

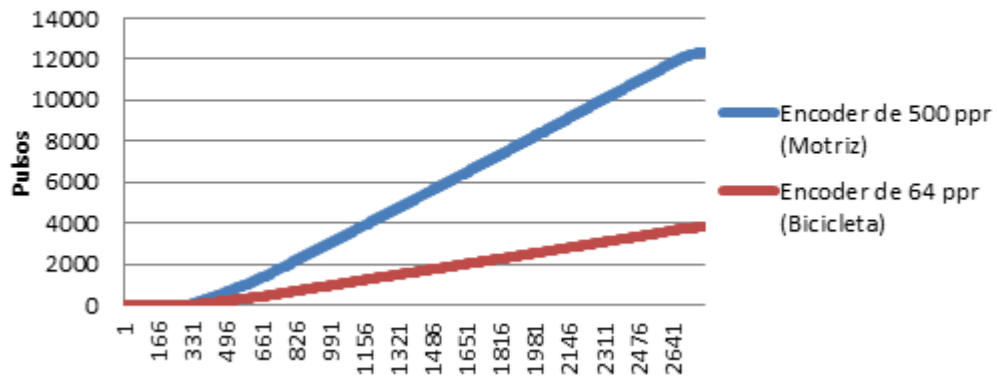


Figura 4.11 Grafica de resultado de las evaluaciones con el implemento trabando.

En la Figura (4.11 a y b) se observar la gráfica de los dato (pulsos) de la rueda motriz y de la bicicleta, se apreciar una diferencia mínima entre el comportamientos de las mismas ya que tenemos pulsos consecutivo.

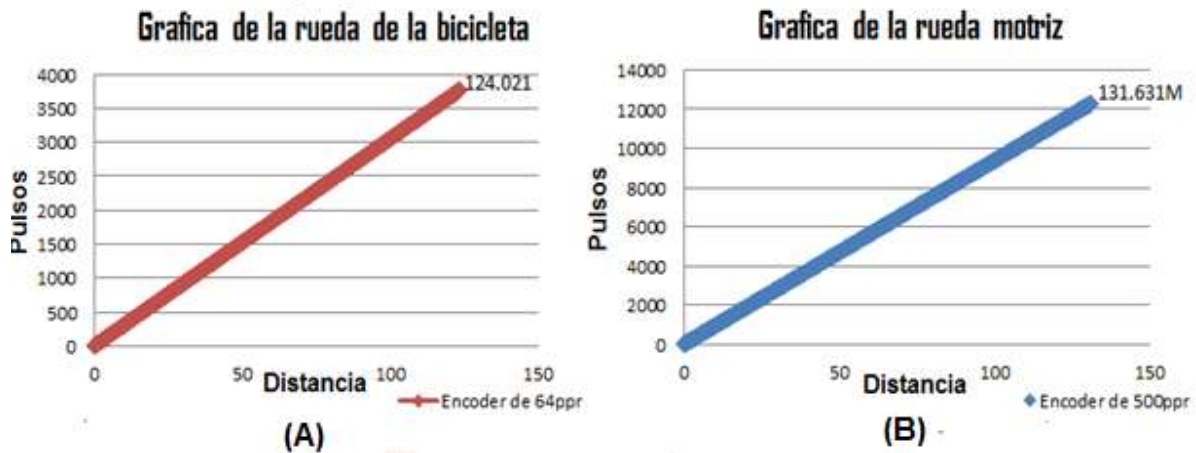


Figura 4.12 grafica de resultados de las ruedas en función a la distancia

4.6.1 Resultado de la evaluación de la rueda adicional (bicicleta).

Los datos obtenidos de la prueba con el implemento trabajando se convirtieron a distancia $(\text{pulso}/64) \times 2.1\text{m}$, empleando para el mapeo en SIG ArcView. Utilizando coordenadas grados decimales Norte (Y) y Este (X), la columna de distancia, es la diferencia entre el pulso mayor y el menor en cada cambio de las coordenadas del registro que nos generó dicha evaluación en el Cuadro (4.5) se observan los cambios

de coordenadas y en la figura (4.13) se aprecia el mapa de diagnóstico para la rueda adicional (bicicleta).

Cuadro 4.5 Datos de la rueda adicional (bicicleta) para generar el mapa de diagnóstico en ArcView

X	Y	Distancia (M)
-101.040500	25.3575331	10.7624625
-101.040555	25.3576113	10.6640500
-101.040610	25.3576878	10.5656275
-101.040667	25.3577623	10.2046900
-101.040722	25.3578370	10.3687525
-101.040775	25.3579169	10.3687450
-101.040828	25.3579940	10.8281250
-101.040883	25.3580743	10.6312500
-101.040942	25.3581511	10.6312125
-101.041002	25.3582297	10.6969125

Teniendo los datos modificados se procedió al mapeo en SIG ArcView. En la Figura (4.13) se observa el resultado obtenido de la prueba con el implemento trabajando a 40 cm de profundidad.

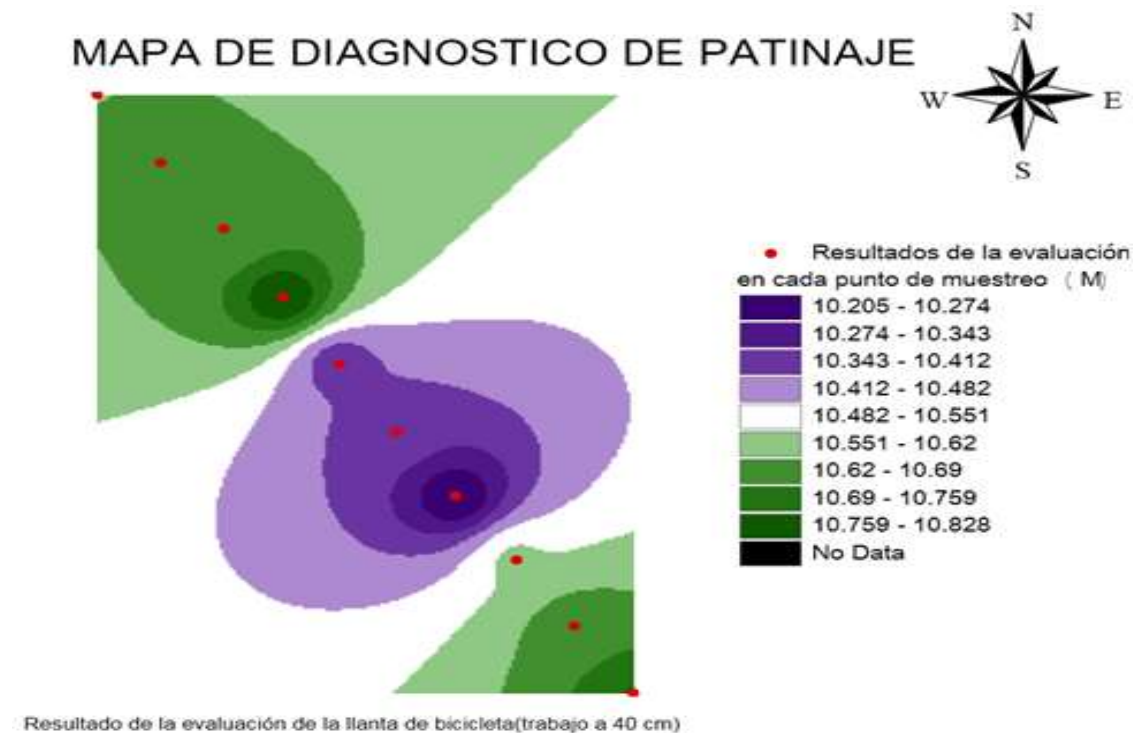


Figura 4.13 Mapa de diagnóstico de los datos obtenidos por la rueda adicional (bicicleta).

4.6.1 Resultado de la evaluación de la rueda motriz.

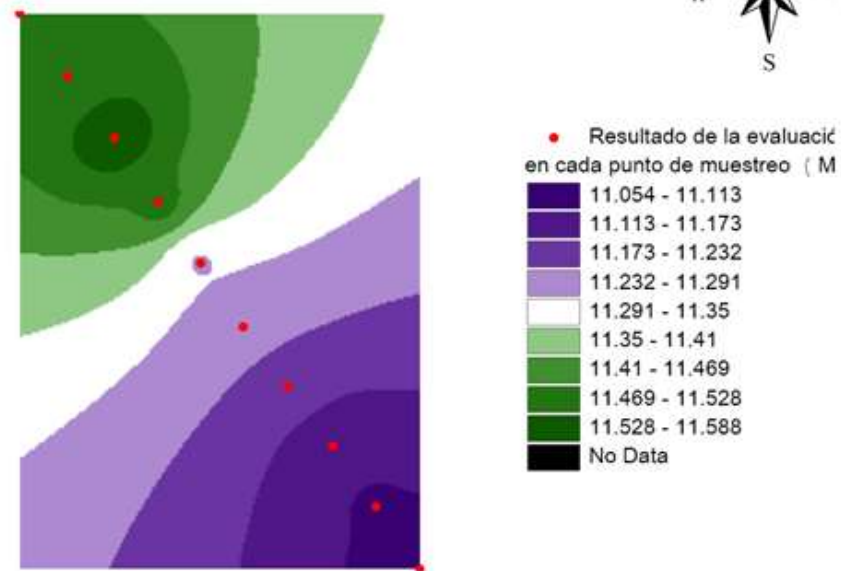
En la Cuadro (4.6) se visualizan las coordenadas en grados decimales y los datos modificados realizados en cada cambio de coordenadas, haciendo la diferencia del dato mayor y el menor en cada intervalo de coordenadas, con la finalidad de no tener datos consecutivos.

Cuadro 4.6 Datos de la rueda motriz para generar el mapa de diagnóstico en ArcView

X	Y	Distancia(M)
-101.040500	25.3575331	11.05380
-101.040555	25.3576113	11.10720
-101.040610	25.3576878	11.11790
-101.040667	25.3577623	11.21396
-101.040722	25.3578370	11.24602
-101.040775	25.3579169	11.28878
-101.040828	25.3579940	11.49172
-101.040883	25.3580743	11.58776
-101.040942	25.3581511	11.49196
-101.041002	25.3582297	10.69108

Teniendo los datos modificados se procedió al mapeo en SIG ArcView. La Figura (4.14) se observa el resultado obtenido de la prueba con el implemento trabajando a 40 cm de profundidad.

MAPA DE DIAGNOSTICO DE PATINAJE



Resultado de la evaluación en la llanta motriz (trabajo a 40cm)

Figura 4.14 Mapa de diagnóstico de los datos obtenidos por la rueda motriz

Haciendo la comparación, de la figura (4.12) en donde se puede observar la gráfica de datos consecutivos (pulsos) de la rueda motriz y de la bicicleta, se aprecia una diferencia mínima entre el comportamiento de las mismas.

Con respecto a los mapas de diagnóstico, tienen la finalidad de identificar por secciones de colores la variabilidad de distancia (**Patinaje**), en los puntos de muestreo de dichas evaluaciones. Se Puede notar en los mapas por medio de los puntos de muestreo que existe una diferencia de distancias (Metros) recorridas de la rueda motriz producto de la resistencia a la roturación y a la heterogeneidad de cohesión y humedad del suelo. Como se muestra en la Figura (4.15)

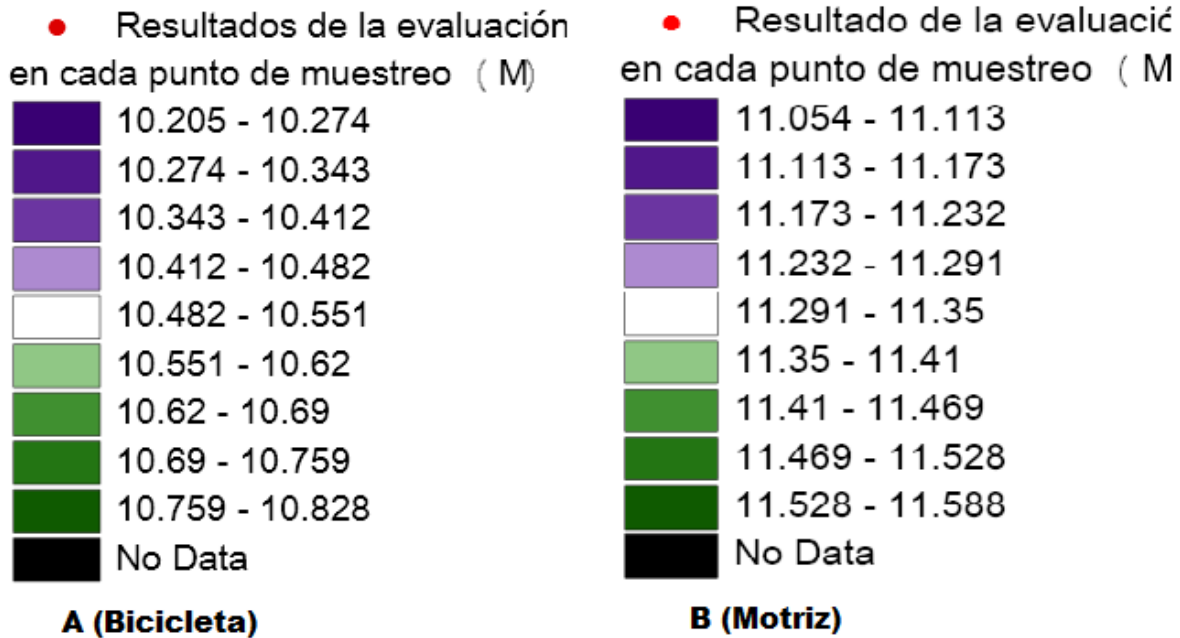


Figura 4.15 Resultados de los mapas con respecto a distancia en cada rueda.

En la prueba se obtuvo un pulso mayor para la rueda motriz de 12325 pulsos y para la rueda adicional (bicicleta) un pulso mayor de 3780. Aplicando las ecuaciones de respuesta de las Figuras (4.2 y 4.3) de cada rueda se puede determinar la distancia recorrida en las mismas.

Distancia recorrida (motriz) = $0.01068 * (12325) = 131.631m$

Distancia recorrida (Bicicleta) = $0.03281 * (3780) = 124.0219m$

Tenemos una diferencia de 7.6191m entre la rueda motriz y de la bicicleta con el implemento trabajando a 40cm.

Sustituyendo las distancias, en la fórmula de patinaje mencionado por Massey Ferguson (2009), obtenemos el porcentaje de patinaje.

$$\%Patinaje = \frac{131.631 - 124.022}{131.631} * 100 = 5.78\%$$

Analizando los resultados obtenidos en dichas evaluaciones, observamos que existió diversidad de porcentajes de patinaje en las pruebas del implemento levantado y el implemento trabajando. En el mapa de la figura (4.16) se muestra los diferentes niveles de patinaje producto de la humedad, resistencia a la roturación y cohesión del suelo.

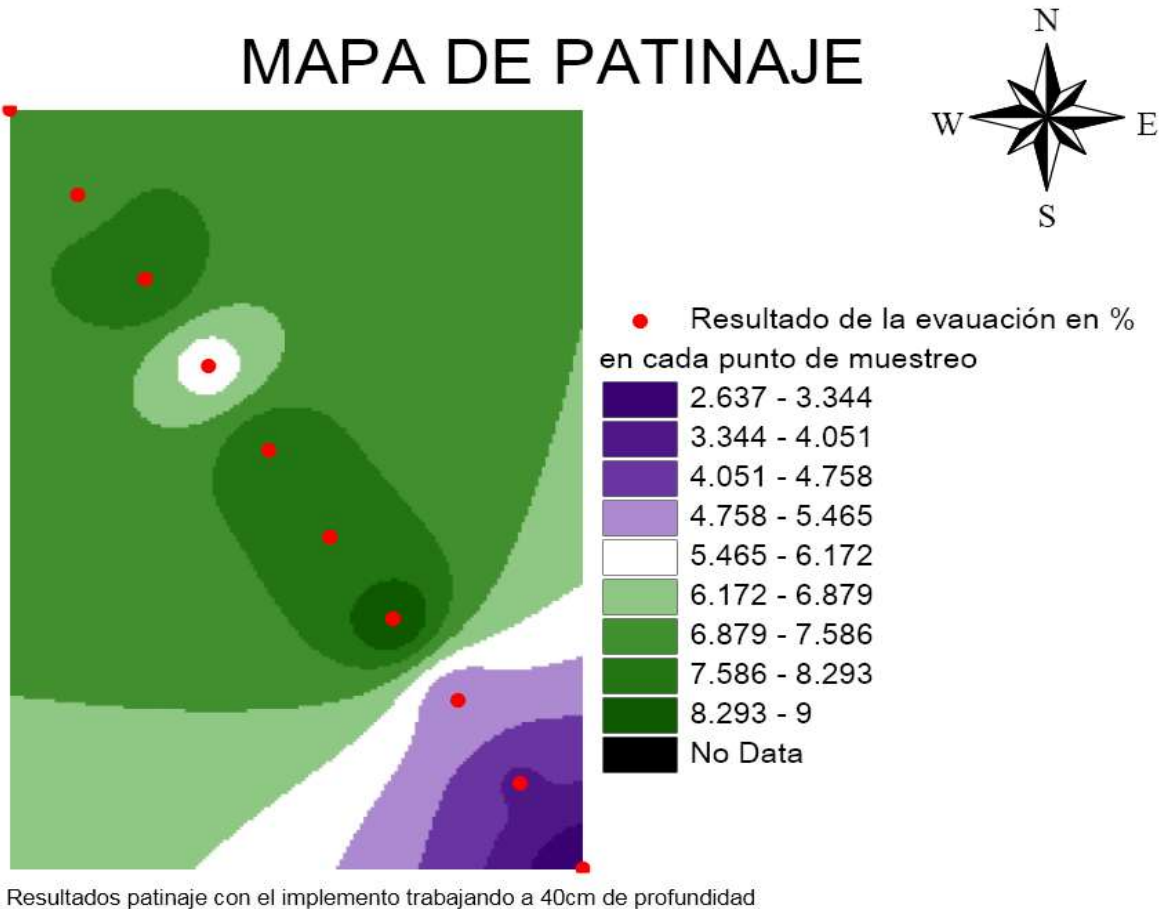


Figura 4.16 Mapa de diagnóstico de patinaje a diferentes porcentajes.

4.7 Importancia de los mapas de diagnósticos.

El mapa de diagnóstico tiene como finalidad examinar el área o zona en donde se está realizando el análisis de patinaje, a través de pruebas con diferentes implemento y una profundidad variable, al ser analizado, dan como resultado la obtención de información, permitiendo un diagnostico en cada tramo recorrido.

Las pruebas realizadas no solo se hicieron con la finalidad de tener un buena sincronización entre los encoder o tener un porcentaje total de patinaje en cada prueba realizada. Una de las finalidades importantes fue implementar el mapa de diagnóstico. Dicho mapa nos proporciona la ubicación y la discrepancia (**Patinaje**) en distancia de la rueda motriz (**distancia variable**) entre la rueda adicional (bicicleta) (**distancias ideales**).

En las figuras (4.7, 4.8, 4.113 y 4.14), se pueden distinguir las diferencias de colores de los resultados obtenidos en cada prueba, y en las figura (4.9 y 4.15) apreciamos las compactaciones de los colores con respecto a distancias (metros), de las pruebas evaluadas, percibiendo en que punto de muestreo hubo mayor **patinaje**.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ❖ Se alcanzó el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto de investigación “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE PATINAJE DEL TRACTOR EN LA EVALUACIÓN DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA”.
- ❖ Se obtuvieron resultados favorables con respecto a la Hipótesis “si fue posible desarrollar un sistema para determinar el porcentaje de patinaje.
- ❖ Las ecuaciones de respuesta generadas para ambos encoder permitieron obtener la distancia recorrida de cada llanta, y así poder obtener el porcentaje de patinaje.
- ❖ La generación de mapas de diagnóstico fueron resultados satisfactorios, ya que por medio de ellos se puede determinar las áreas en que hubo mayor patinaje.

5.2 Recomendaciones

Considerando los resultados obtenidos en las evaluaciones por medio de los sensores (encoder), se tiene resultados satisfactorios y confiabilidad con el sistema de medición de patinajes. Sin embargo se requiere mejorar el mecanismo de la rueda de bicicleta para evitar el deslizamiento.

- ❖ Utilizar la pantalla FMX y el sistema de correlacion Real Time Kinematic (RTK) para corregir el error de posicionamiento.
- ❖ Adaptar el sensor de fuerzas octagonal para correlacionar resistencia a la falla con el patinaje, para generar mapa de prescripción para laboreo variable.
- ❖ Utilizar dos sensores (encoder) con los mismos pulsos por revoluciones.
- ❖ Fijar el encoder de la llanta motriz para eliminar el efecto de las vibraciones sobre el registro de los pulsos.
- ❖ Diseñar un mecanismo para fijar la llanta adicional (bicicleta), ya que por la heterogeneidad del terreno, tiende a tener un movimiento excesivo.

VI LITERATURA CITADA

Acevedo E. 2003. Sustentabilidad de cultivos anuales: cero Labranza manejo de rastrojo. Facultad de ciencia agronómica. Serie Ciencias Agronómicas N° 8. Santiago, Universidad de Chile. P 13-14.

Acosta M, L. y Jiménez P, W. 2009. Tipos de labranza. La branza convencional.

ASAE S313.2. 1994. Soil cone penetrometer. In. ASAE Standards. St Joseph.

Balbuena R., Botta G., Draghi L., Rosatto H y Dagostino C. 2003. Compactación de los suelos. Efectos del tránsito del tractor en sistema de siembra directa. Spanish Journal of Agricultural Research 1 (2) P. 75-80

Bekker, w. w., ZOZ, F.M. 1969. Tractor-implemet prefomance.

Bonifas C. L. F., Y Flores A. V. M., 2013. Diseño e implementación de un módulo didáctico para una red profibus DP. Escuela Politécnica Nacional. P.p. 9.

Bragachini M., Axel v, M., Andrés M., y Mario T. 2000. Comparación entre GPS autónomo y con corrección diferencial

Crespo W., 2011. La automatización Industrial. Revista WordPress

Cruz M. Leonel. 2004. Sistema de monitoreo para el banco de vibración

FAO. 2015. Manejo del suelo, Portal del suelo de la FAO.

Fernández L, A., Goñi N,. 2010. Relación entre el esfuerzo cortante del suelo y la resistencia a la penetración. Facultad de Agronomía. Santa Rosa, Argentina. PP. 45.

Forsythe W., Sancho F., Villatoro m. 2005. Efectos de la compactación de los suelos sobre el rendimiento del maíz en tres localizaciones de Costa Rica. *Agronomía costarricense* 29(3): p. 175-185

García E., y Fernando Flego. 2009. Agricultura de precisión. Tecnología Agropecuaria..

Gonzales, C, A,. 2007. Diseño de un Dispositivo para Medición de Patinaje en Tractores Agrícolas utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC). Tesis De Licenciatura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Jorajulia D., y Laura Draghi., 2000. Compactación del suelo agrícola parte, influencia diferencial del peso y del número de pasadas. Departamento de Ingeniería Rural. Argentina. Pp 449.

Leonia A, J., 1987. Resistencia al corte. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de ingeniería.

Marques L., 2008. Methodologi for fast calculation of agricultural tractors tires dimensions.pp 590-592.

Marote L., M. 2010. Agricultura de precisión. Universidad de Palermo, Facultad de Ingeniería, Honduras, pp151.

Marrón R, G., 2000. Mecanización Agrícola. Pp. 11 y 12.

Massey F. 2009. Lastrado y patinamiento. Argentina.

MCBTEC. 2008. Funcionamiento del encoder. Revista MCBtec.

Michelin. 2011. La calidad de las cosechas y la conservación de las tierras.
Presión correcta

Mickibbem, E, G., y Davidson, J, B,. 1940. Effort of inflation Pressure on the rolling Resistance of Pneumatic Implement tires. Egr. Ensr., vol. 21

Mott L, R., 1992. Diseño de elementos de Maquinas. Editor Prentice Hall.
Segunda edición

Murillo G, N., 1952, Tractores y Maquinaria Agrícola. Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Segunda edición.

Nacci S., y Pla S. I., 1992. Estudio de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría. Universidad Rómulo Gallegos. San Juan de los Morros, Venezuela. Agronomía Tropical. 42(1). P 115-132.

Navarro B, A., Figueroa S, B., Ordaz C, V.M., González C, F.V. 2000. Efectos de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. Colegio de posgraduado. Montecillo México. P 61.

Núñez-Tablada, R., V. López-Cruz, S. Ricardo-Palacio, A. Paz-Gózales. 2010. Estudio de la resistencia de penetración de un suelo vertisol con el uso del penetrómetro. Pp 3 - 8.

Pires da Silva, A., Inhoff S., y Corsi M. 2003. Evaluation of soil compaction in an irrigated short duration grazing system. Soil & Tillage Research 70(1). P. 83-90.

QuimiNet. 2008. Automatización y control (Revista QuimiNet)

Romero A, M. L. 2010. Rehabilitación de suelos cangahuosos mediante la incorporación de abonos verdes. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de recursos Naturales.

Rucks L., F, García,. A, Kaplán,. J. Ponce de León., y M. Hill., 2004. Propiedades físicas del suelo. Universidad de la republica Facultad de Agronomía, Dpto. Suelo y Agua. PP. 2 y 3.

Salazar T., J. E., 2001. Mecánica básica para estudiante de ingeniería. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Manizales. P. 190.

Sensor, T. 2013. Agricultura de precisión. Revista Sensores Tecnología. Santa Fe Argentina.

Terrones, C. y Sánchez, T. 2010. Demandas de insumos de la producción agrícola en México. Universidad y ciencia. Trópico húmedo. 26(1): P.81-91.

Way T, E., 2014. Maquinaria agrícola – la automatización del campo.

PAGINAS WEB CONSULTADAS

(Web,l) <http://www.sensortecnologia.com/sensor/agricultura-de-precision.htm>> 2013.

VII ANEXO

Anexo 7.1. Pasos para la programación y modificación de los retardos.

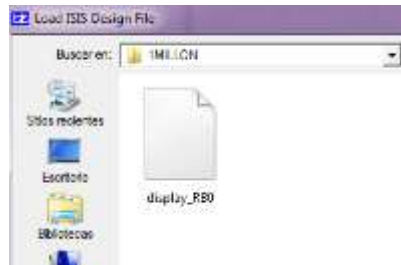
Ejecutar el software



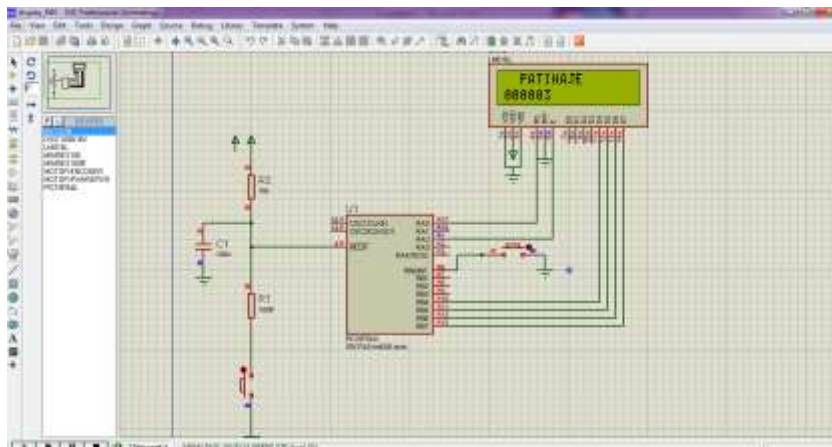
De la barra de menu, nos vamos a la ventana **File – Open Design..** para abrir el archivo.



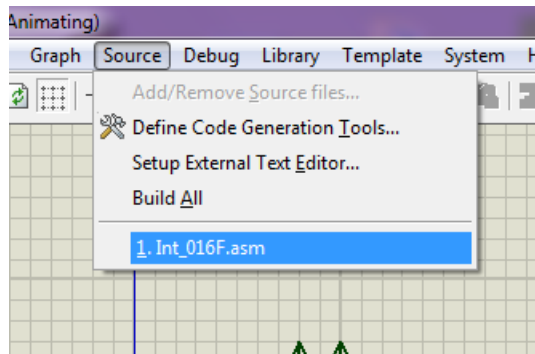
Estando en la localización de archivo, abrimos.




Nos abre el circuito en Isis.



Teniendo el circuito abierto procedemos a modificar los retardos. En la barra de menú, nos colocamos en la opción **Source**, elegimos el archivo **1.Int_016F.asm**



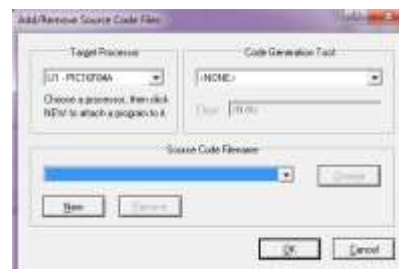
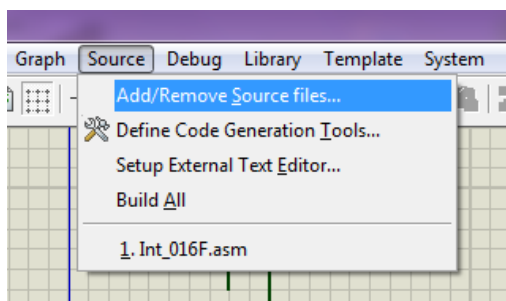
Nos abre una nueva ventana, en donde nos da la opción de modificar los retardos, cambiamos el  retardo y guardamos, cerramos la ventana.

```

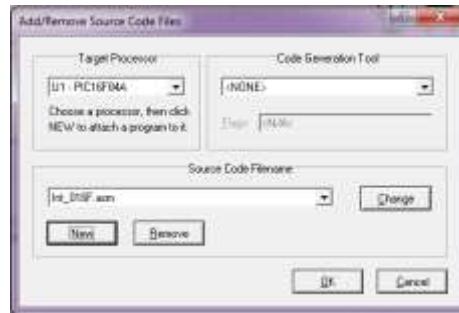
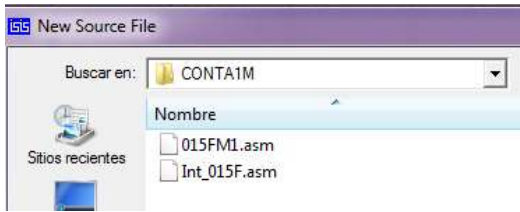
Source Editor - [Int_016F.asm]
File Edit View Window Help
[Icons]
; Subrutina "IncrementaVisualiza" -----
;
; Incrementa un contador y lo visualiza.
ServicioInterrupcion
    call    Retardo 4micros
    btfsc  Pulsador
    goto   FinInterrupcion
    incf   Contador,1
    call   VisualizaContador
    return

```

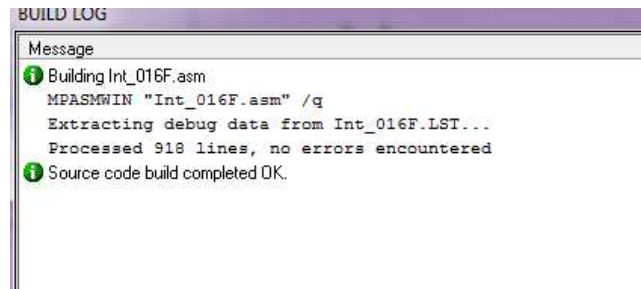
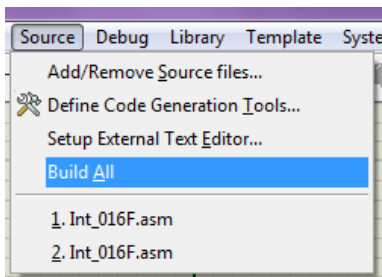
Nuevamente nos vamos a la barra de menú, en la opción **Source** le damos en **add/Remove Source files** y nos abre una ventana en donde le damos en **New**, y nos vamos en la carpeta en donde guardamos el archivo modificado, con el tipo de archivo **.asm** y abrimos.



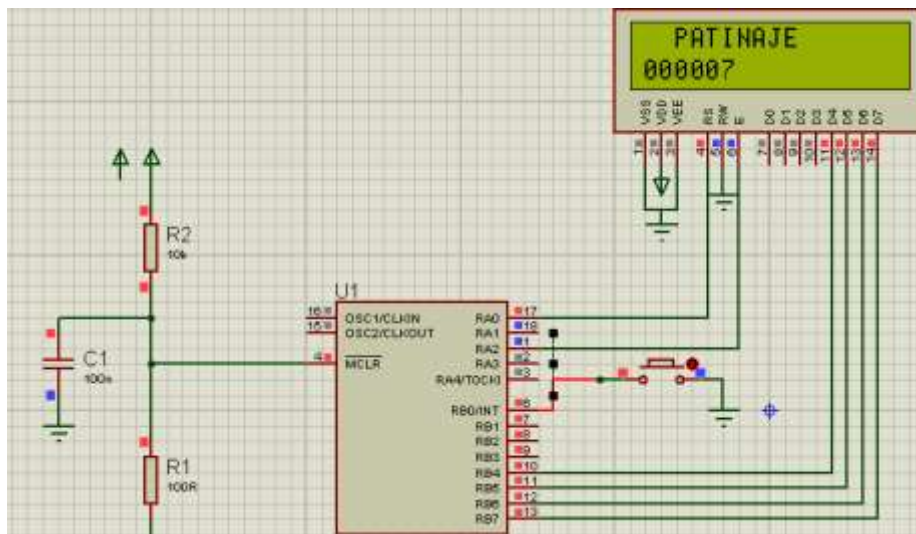
Abrimos el archivo **.asm**, y le damos Ok.



Nuevamente nos vamos a la barra de menú en **Source**, en la opción **Build All**, para cargar el archivo modificado. Nuevamente nos abre una nueva ventana en donde nos confirma que el archivo modificado no tiene ningún error.



En la Figura apreciamos el programa modificado, y funcionando correctamente en el simulador Isis.

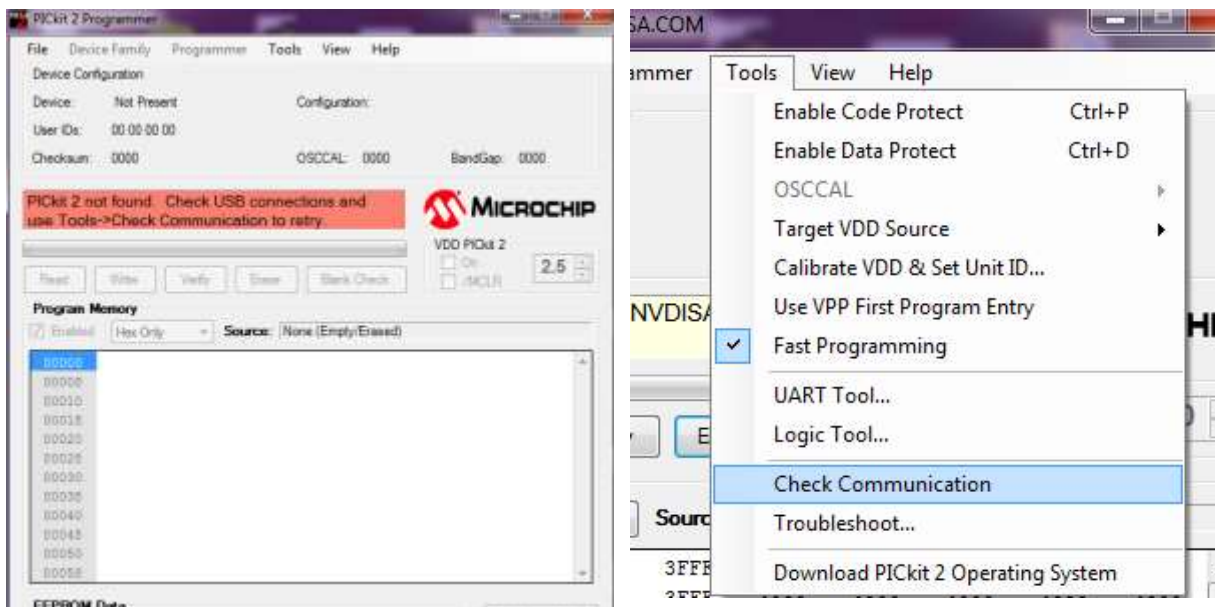


Anexo 7.2 Grabar en el software PICKit 2.

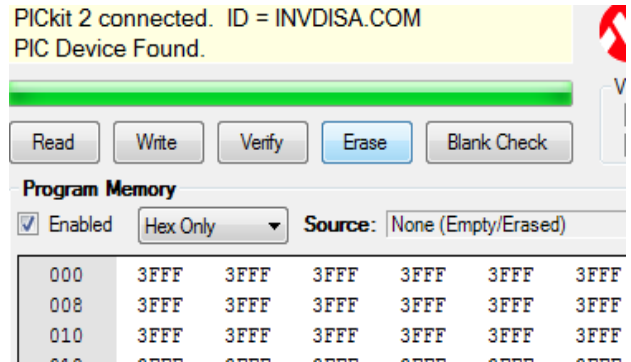
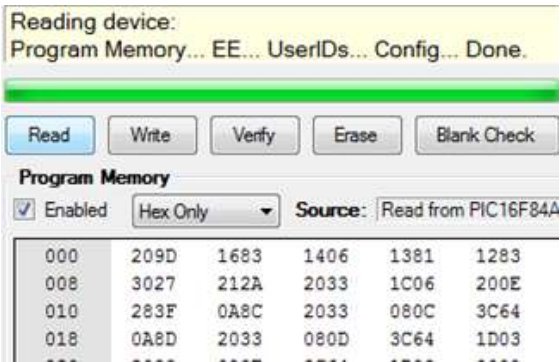
Ejecutar el Software PICKit 2.



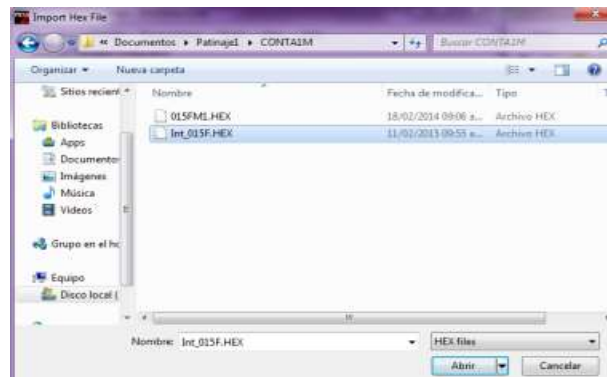
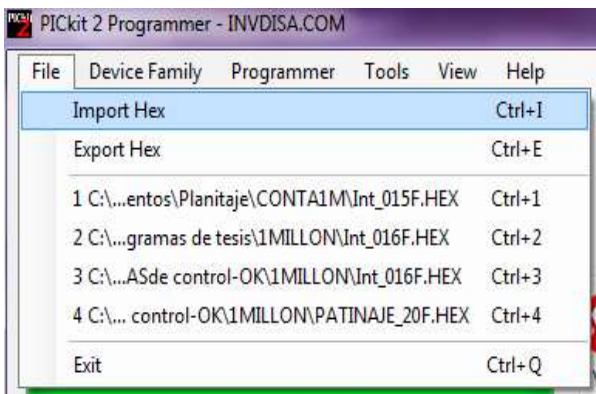
Al momento de abrir el Software no tiene la comunicación del Microcontrolador 16F84A. Nos colocamos en la barra de menu **Tools** en la opción **Check Communication**. Para crear la comunicación del Software al Grabador en donde se encuentra conectado el microcontrolador.



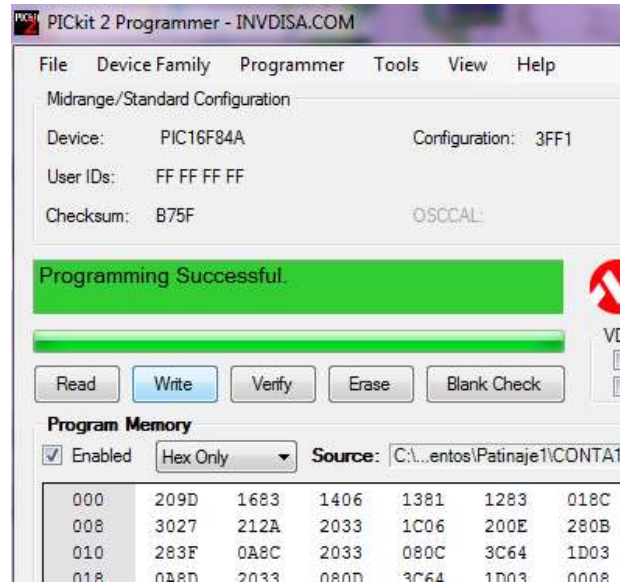
Teniendo una comunicación, procedemos a verificar que no tengo algún archivo gravado con la Opción de **Read**, como podemos ver en la imagen el microcontrolador tiene archivo gravado, procedemos a borrar con la opción **Erase**, nos tiene que aparecer en la ventana el 3FFF como símbolo que no contiene ningún archivo gravado en el microcontrolador.



Teniendo en limpio el microcontrolador, nos ubicamos en la barra de menú, en la opción **File**, importamos el archivo modificado pero en el formato **Hex**, y abrimos.



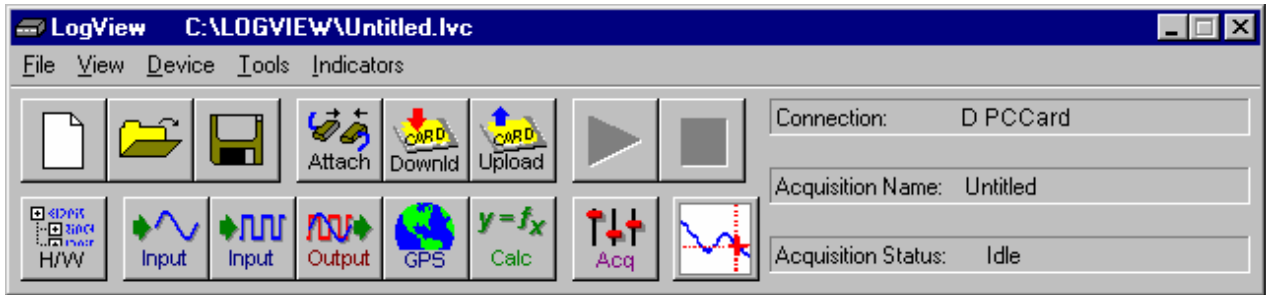
Abriendo el archivo, grabamos en la opción **Write**, y nos tiene que aparecer el mensaje de **Programming Successful**,



Anexo 7.3. Pasos para el registro en el equipo logBook 360, por el software Logwier.

Antes de empezar a usar LogBook 360, conectar adecuadamente la PC, al equipo LogBook360.

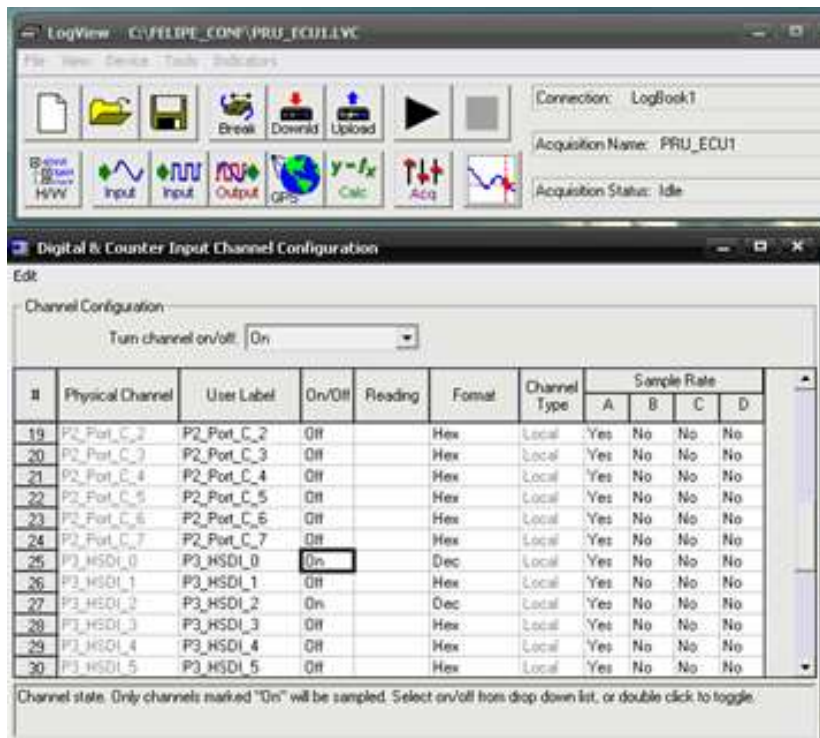
Como primer paso encender los equipos; PC y el LogBook 360 Abrir el software



Abrimos en canal de configuración que vamos a utilizar, en este caso estamos conectados al puerto 3 este es el canal para datos digitales, damos clic en el icono.



. Activamos el canal P3-HSDI_0 Y P3-HSDI_2, en forma Dec.



Para comenzar hacer los registros tenemos que Configurar el sistema de adquisición de datos; podemos configura pre-registro y un post-registro. Normalmente en la opción Pre-trigger trabajamos en un dato de 50 y en post-trigger trabajamos en 2500 a 3000 datos. En la opción post-trigger depende del tiempo que tardara la prueba.

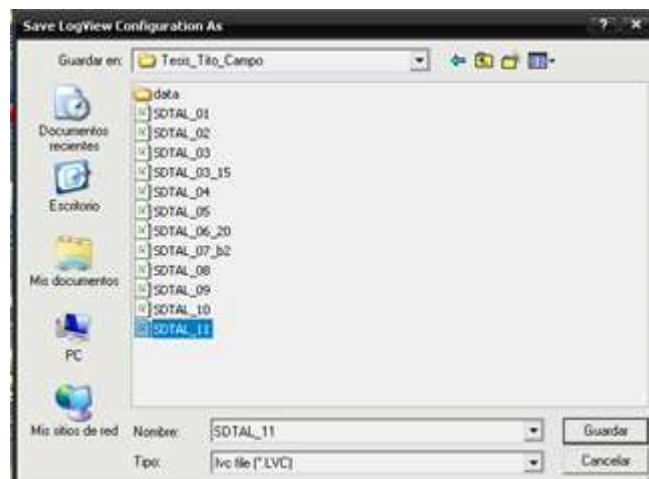



Teniendo todas las configuraciones correctas, procedemos a crear una carpeta en Disco local (C;) para guardar los archivos en cada prueba.

Antes de realizar las pruebas guardamos el archivo con el nombre de la prueba en **File**, seguido de **Save As**



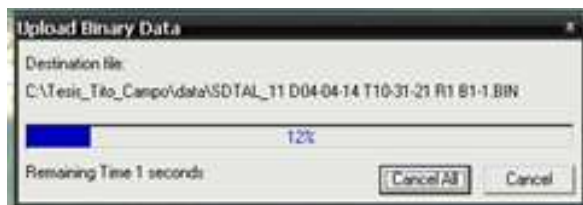
Ubicamos la carpeta creada en el Disco local (C;), y guardamos la correspondiente ahí.



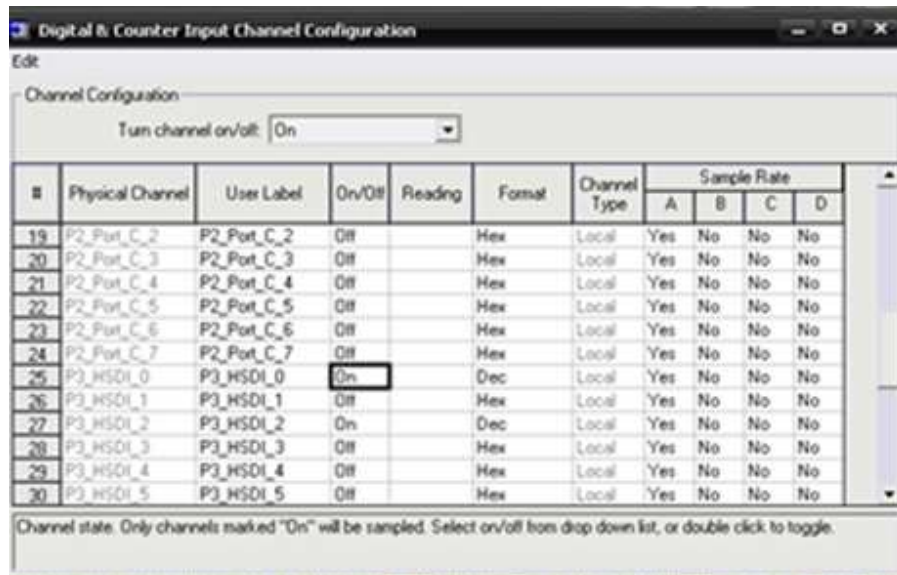
Una vez guardado el archivo en la carpeta correspondiente, los descargamos el archivo de la pc al equipo LogBook, damos clic en el icono , y nos abre la ventana de LogView Warning, en esta damos clic en si.



Al dar clic en si, observamos como lo descarga el archivo de la pc al logBook360.

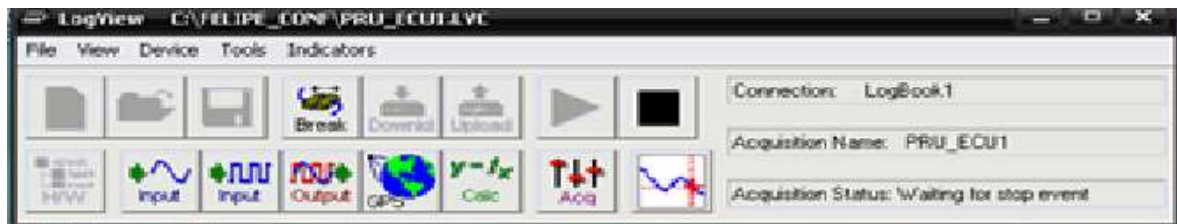


Teniendo descargado el archivo de la prueba correspondiente al logBook. Procedemos a activar los canales en donde se estará trabajando dando doble clic en la columna de Reading.



Teniendo activado los canales, empezamos a correr el programa en el icono de play.

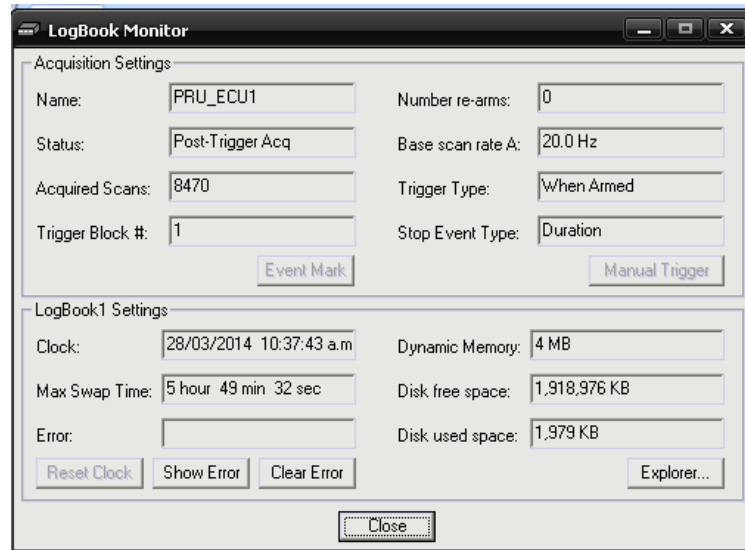
► Podemos apreciar que ya no nos aparece la opción de play, esto quiere decir que ya estar generando el registro.



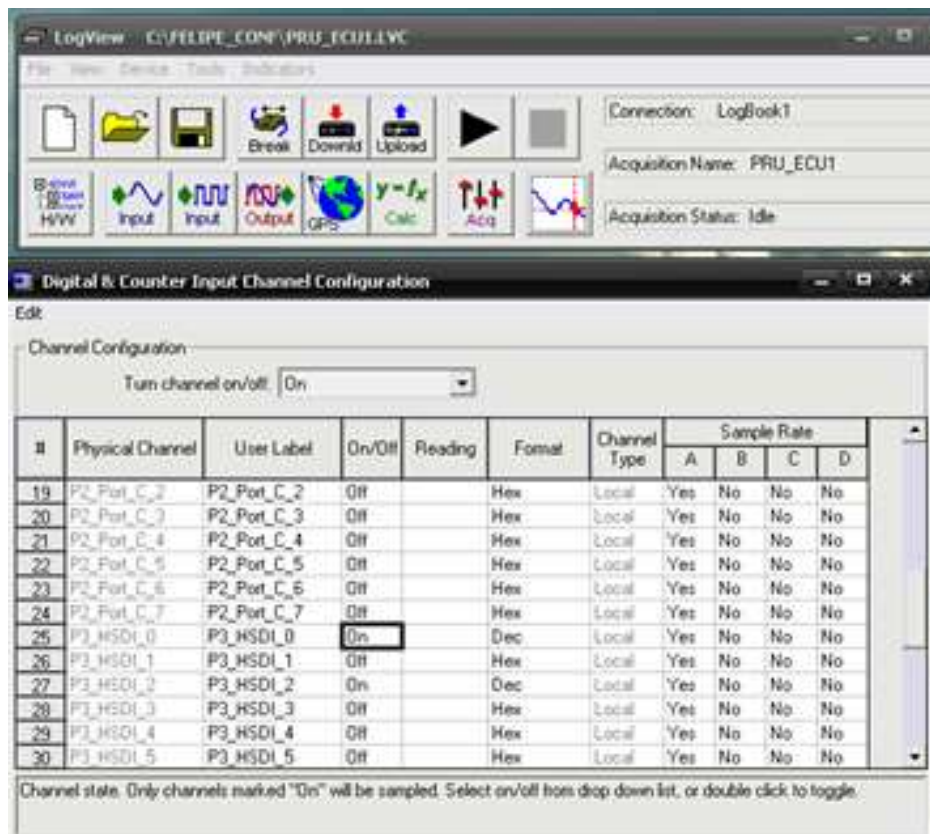
Para visualizar el avance de los datos, damos clic en **Device**, en **logBook Monitor**.



Aquí podemos visualizar el avance de los datos, una vez finalizada la prueba clic en Close.



Para volver a activar los iconos volvemos a dar clic en la columna de reading



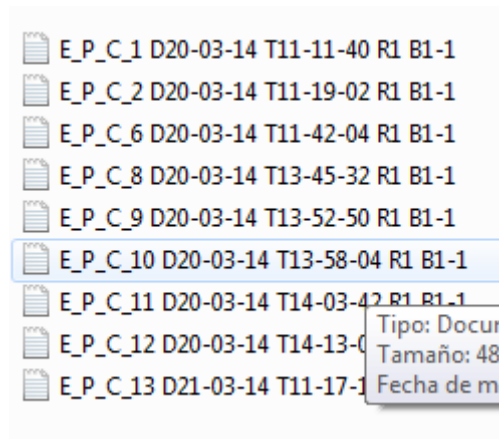
Habiendo finalizado la pruebas subimos el archivo del LogBook a la PC, en el icono



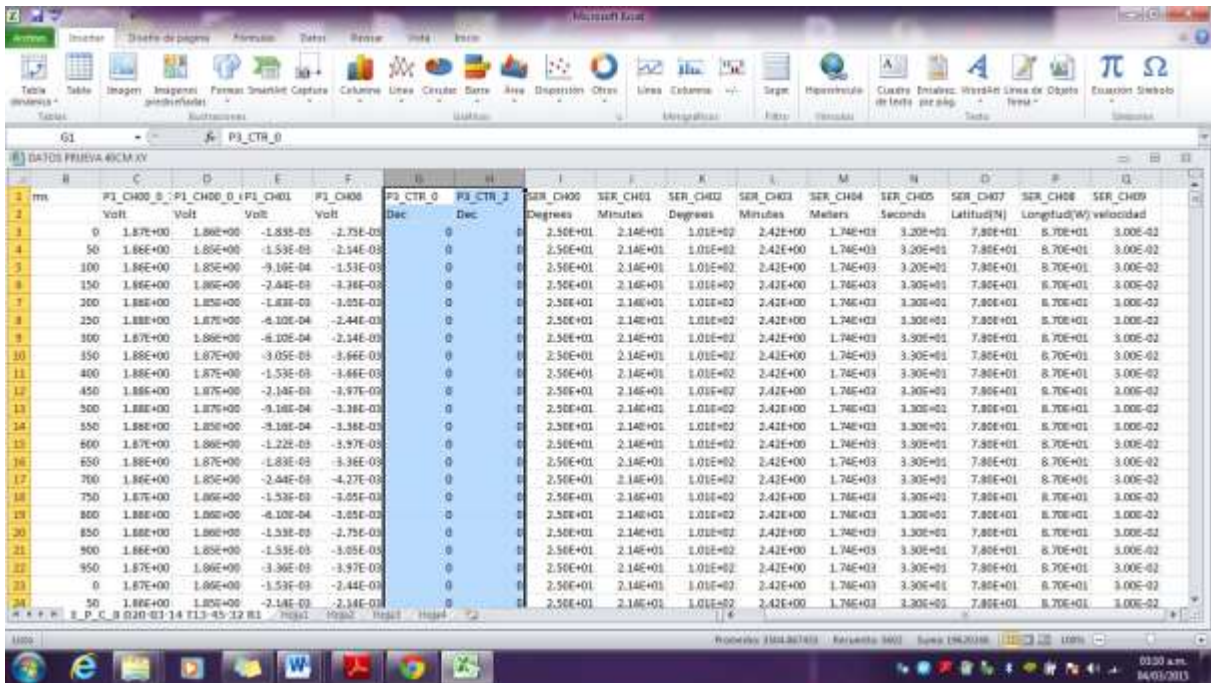
, podemos apreciar cómo se descarga los archivo del logBook a la pc. Al momento de cargar los archivo a la pc, en la carpeta creada, nos genera dos carpetas más(Data y ASCII).



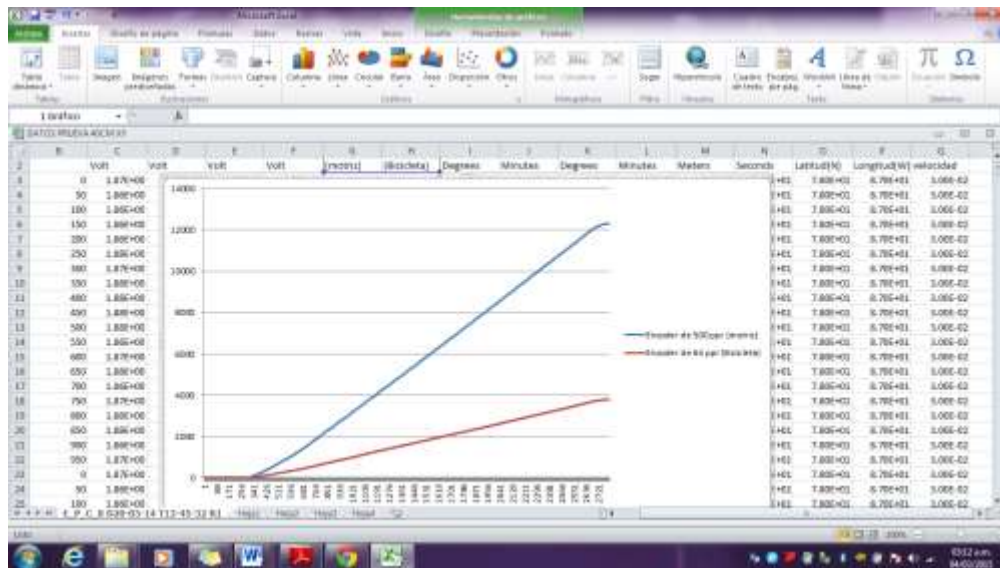
Al terminar la descarga, nos ubicamos al Disco local (C:) en la carpeta que creamos, y en la carpeta ASCII, abrimos la carpeta y el archivo TXT, el Excel.



Aquí podemos manipular los datos de la manera que sea necesario.



Identificamos los resultados de la prueba realizada y graficamos.



Anexo 7.4. Hoja de dato del Microcontrolador 16F84A



PIC16F84A

18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single-cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of Data RAM
- 64 bytes of Data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 Special Function Hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
 - External RB0/INT pin
 - TMR0 timer overflow
 - PORTB<7:4> interrupt-on-change
 - Data EEPROM write complete

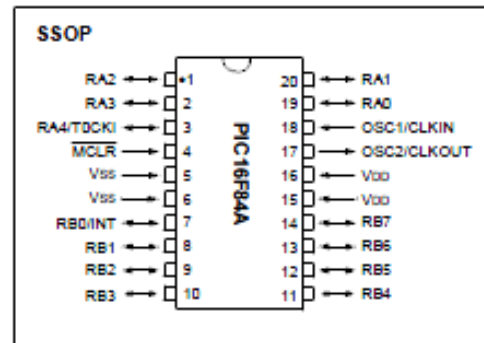
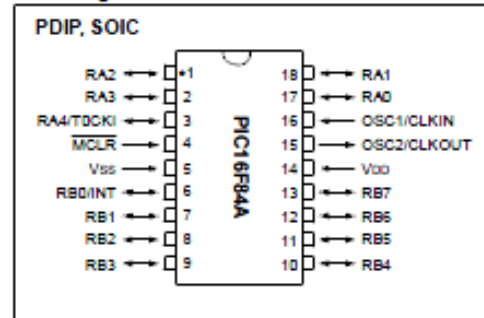
Peripheral Features:

- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
 - 25 mA sink max. per pin
 - 25 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

Special Microcontroller Features:

- 10,000 erase/write cycles Enhanced FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

Pin Diagrams



CMOS Enhanced FLASH/EEPROM Technology:

- Low power, high speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
 - Commercial: 2.0V to 5.5V
 - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 15 µA typical @ 2V, 32 kHz
 - < 0.5 µA typical standby current @ 2V

PIC16F84A

TABLE 1-1: PIC16F84A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	16	16	18	I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	15	15	19	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR	4	4	4	I/P	ST	Master Clear (Reset) input/programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0	17	17	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. Can also be selected to be the clock input to the TMR0 timer/counter. Output is open drain type.
RA1	18	18	20	I/O	TTL	
RA2	1	1	1	I/O	TTL	
RA3	2	2	2	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	3	3	3	I/O	ST	
RB0/INT	6	6	7	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0/INT can also be selected as an external interrupt pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin. Serial programming data.
RB1	7	7	8	I/O	TTL	
RB2	8	8	9	I/O	TTL	
RB3	9	9	10	I/O	TTL	
RB4	10	10	11	I/O	TTL	
RB5	11	11	12	I/O	TTL	
RB6	12	12	13	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7	13	13	14	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
VSS	5	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	14	14	15,16	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = Output I/O = Input/Output P = Power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

4.0 I/O PORTS

Some pins for these I/O ports are multiplexed with an alternate function for the peripheral features on the device. In general, when a peripheral is enabled, that pin may not be used as a general purpose I/O pin.

Additional information on I/O ports may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023).

4.1 PORTA and TRISA Registers

PORTA is a 5-bit wide, bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISA. Setting a TRISA bit (= 1) will make the corresponding PORTA pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a Hi-Impedance mode). Clearing a TRISA bit (= 0) will make the corresponding PORTA pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin).

Note: On a Power-on Reset, these pins are configured as inputs and read as '0'.

Reading the PORTA register reads the status of the pins, whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. Therefore, a write to a port implies that the port pins are read. This value is modified and then written to the port data latch.

Pin RA4 is multiplexed with the Timer0 module clock input to become the RA4/T0CKI pin. The RA4/T0CKI pin is a Schmitt Trigger input and an open drain output. All other RA port pins have TTL input levels and full CMOS output drivers.

EXAMPLE 4-1: INITIALIZING PORTA

```
BCF STATUS, RPO ;
CLRF PORTA      ; Initialize PORTA by
                ; clearing output
                ; data latches
BSP STATUS, RPO ; Select Bank 1
MOVLW 0x0F     ; Value used to
                ; initialize data
                ; direction
MOVWF TRISA    ; Set RA<3:0> as inputs
                ; RA4 as output
                ; TRISA<7:5> are always
                ; read as '0'.
```

FIGURE 4-1: BLOCK DIAGRAM OF PINS RA3:RA0

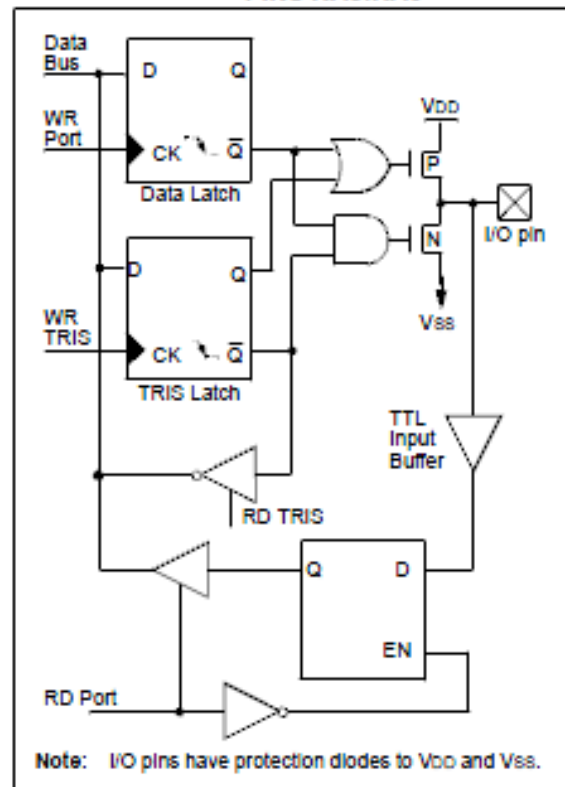
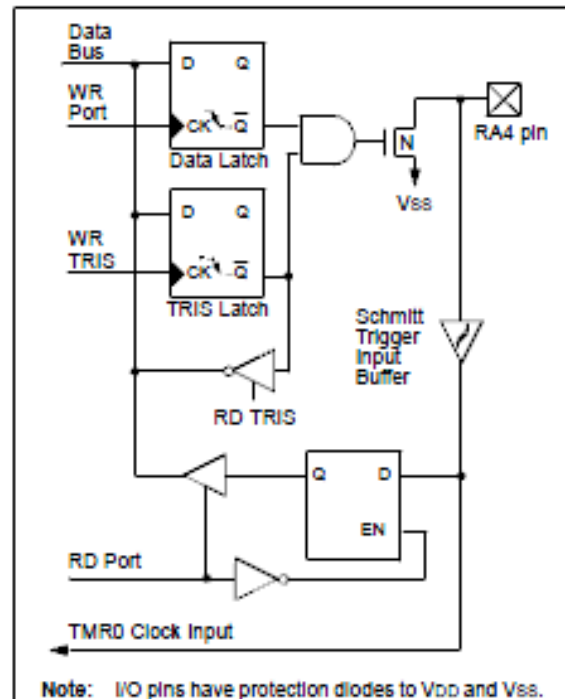


FIGURE 4-2: BLOCK DIAGRAM OF PIN RA4



4.2 PORTB and TRISB Registers

PORTB is an 8-bit wide, bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISB. Setting a TRISB bit (= 1) will make the corresponding PORTB pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a Hi-Impedance mode). Clearing a TRISB bit (= 0) will make the corresponding PORTB pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin).

EXAMPLE 4-2: INITIALIZING PORTB

BCF	STATUS, RFD ;	
CLRF	PORTB ;	Initialize PORTB by clearing output data latches
BCF	STATUS, RFD ;	Select Bank 1
MOVLW	0xC0 ;	Value used to initialize data direction
MOVWF	TRISB ;	Set RB<3:0> as inputs RB<5:4> as outputs RB<7:6> as inputs

Each of the PORTB pins has a weak internal pull-up. A single control bit can turn on all the pull-ups. This is performed by clearing bit RBPU (OPTION<7>). The weak pull-up is automatically turned off when the port pin is configured as an output. The pull-ups are disabled on a Power-on Reset.

Four of PORTB's pins, RB7:RB4, have an interrupt-on-change feature. Only pins configured as inputs can cause this interrupt to occur (i.e., any RB7:RB4 pin configured as an output is excluded from the interrupt-on-change comparison). The input pins (of RB7:RB4) are compared with the old value latched on the last read of PORTB. The "mismatch" outputs of RB7:RB4 are OR'ed together to generate the RB Port Change Interrupt with flag bit RBIF (INTCON<0>).

This interrupt can wake the device from SLEEP. The user, in the Interrupt Service Routine, can clear the interrupt in the following manner:

- Any read or write of PORTB. This will end the mismatch condition.
- Clear flag bit RBIF.

A mismatch condition will continue to set flag bit RBIF. Reading PORTB will end the mismatch condition and allow flag bit RBIF to be cleared.

The interrupt-on-change feature is recommended for wake-up on key depression operation and operations where PORTB is only used for the interrupt-on-change feature. Polling of PORTB is not recommended while using the interrupt-on-change feature.

FIGURE 4-3: BLOCK DIAGRAM OF PINS RB7:RB4

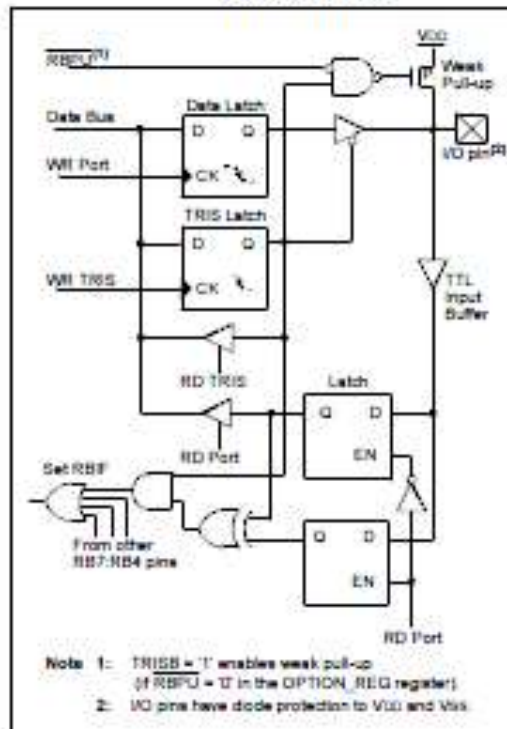
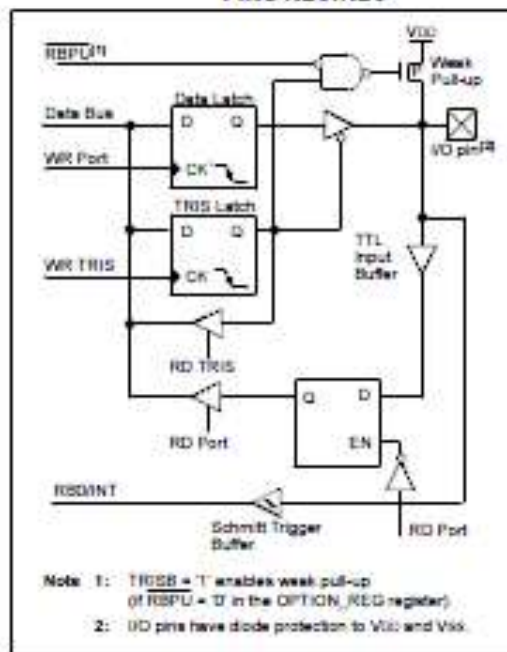


FIGURE 4-4: BLOCK DIAGRAM OF PINS RB3:RB0



PIC16F84A

5.2.1 SWITCHING PRESCALER ASSIGNMENT

The prescaler assignment is fully under software control (i.e., it can be changed "on the fly" during program execution).

Note: To avoid an unintended device RESET, a specific instruction sequence (shown in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, DS33023) must be executed when changing the prescaler assignment from Timer0 to the WDT. This sequence must be followed even if the WDT is disabled.

5.3 Timer0 Interrupt

The TMR0 Interrupt is generated when the TMR0 register overflows from FFh to 00h. This overflow sets bit TOIF (INTCON<2>). The interrupt can be masked by clearing bit TOIE (INTCON<5>). Bit TOIF must be cleared in software by the Timer0 module Interrupt Service Routine before re-enabling this interrupt. The TMR0 interrupt cannot awaken the processor from SLEEP since the timer is shut-off during SLEEP.

FIGURE 5-2: BLOCK DIAGRAM OF THE TIMER0/WDT PRESCALER

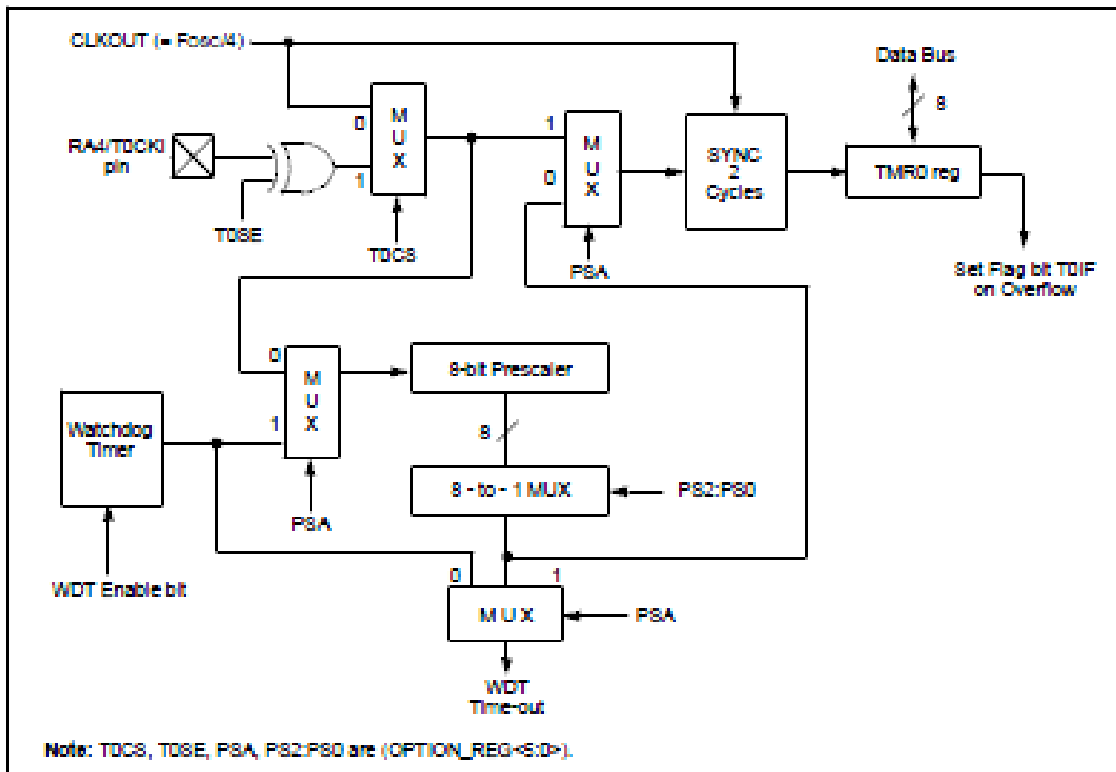


TABLE 5-1: REGISTERS ASSOCIATED WITH TIMER0

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on all other RESETS	
01h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxx xxxx	0000 0000	
09h,89h	INTCON	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u	
81h	OPTION_REG	RBPV	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111	
85h	TRISA	—	—	—	PORTA Data Direction Register				---	1111	---	1111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by Timer0.

PIC16F84A

6.2 Oscillator Configurations

6.2.1 OSCILLATOR TYPES

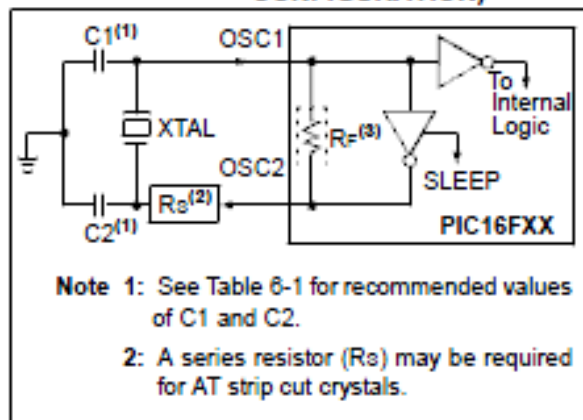
The PIC16F84A can be operated in four different oscillator modes. The user can program two configuration bits (FOSC1 and FOSC0) to select one of these four modes:

- LP Low Power Crystal
- XT Crystal/Resonator
- HS High Speed Crystal/Resonator
- RC Resistor/Capacitor

6.2.2 CRYSTAL OSCILLATOR/CERAMIC RESONATORS

In XT, LP, or HS modes, a crystal or ceramic resonator is connected to the OSC1/CLKIN and OSC2/CLKOUT pins to establish oscillation (Figure 6-1).

FIGURE 6-1: CRYSTAL/CERAMIC RESONATOR OPERATION (HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)



The PIC16F84A oscillator design requires the use of a parallel cut crystal. Use of a series cut crystal may give a frequency out of the crystal manufacturers specifications. When in XT, LP, or HS modes, the device can have an external clock source to drive the OSC1/CLKIN pin (Figure 6-2).

FIGURE 6-2: EXTERNAL CLOCK INPUT OPERATION (HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)

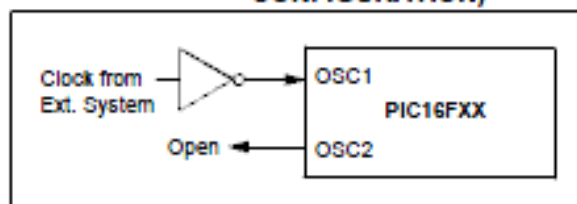


TABLE 6-1: CAPACITOR SELECTION FOR CERAMIC RESONATORS

Ranges Tested:			
Mode	Freq	OSC1/C1	OSC2/C2
XT	455 kHz	47 - 100 pF	47 - 100 pF
	2.0 MHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF
	4.0 MHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF
HS	8.0 MHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF
	10.0 MHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF

Note: Recommended values of C1 and C2 are identical to the ranges tested in this table. Higher capacitance increases the stability of the oscillator, but also increases the start-up time. These values are for design guidance only. Since each resonator has its own characteristics, the user should consult the resonator manufacturer for the appropriate values of external components.

Note: When using resonators with frequencies above 3.5 MHz, the use of HS mode rather than XT mode, is recommended. HS mode may be used at any V_{DD} for which the controller is rated.

PIC16F84A

TABLE 6-2: CAPACITOR SELECTION FOR CRYSTAL OSCILLATOR

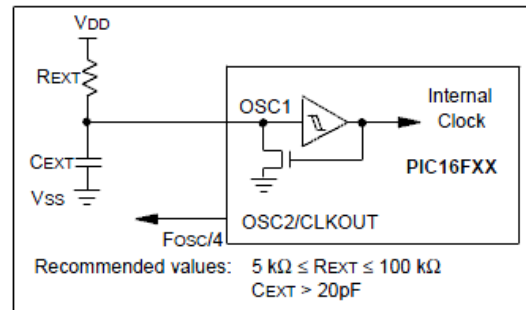
Mode	Freq	OSC1/C1	OSC2/C2
LP	32 kHz 200 kHz	68 - 100 pF 15 - 33 pF	68 - 100 pF 15 - 33 pF
XT	100 kHz 2 MHz 4 MHz	100 - 150 pF 15 - 33 pF 15 - 33 pF	100 - 150 pF 15 - 33 pF 15 - 33 pF
HS	4 MHz 20 MHz	15 - 33 pF 15 - 33 pF	15 - 33 pF 15 - 33 pF

Note: Higher capacitance increases the stability of the oscillator, but also increases the start-up time. These values are for design guidance only. Rs may be required in HS mode, as well as XT mode, to avoid overdriving crystals with low drive level specification. Since each crystal has its own characteristics, the user should consult the crystal manufacturer for appropriate values of external components. For $V_{DD} > 4.5V$, $C1 = C2 = 30\text{ pF}$ is recommended.

6.2.3 RC OSCILLATOR

For timing insensitive applications, the RC device option offers additional cost savings. The RC oscillator frequency is a function of the supply voltage, the resistor (R_{EXT}) values, capacitor (C_{EXT}) values, and the operating temperature. In addition to this, the oscillator frequency will vary from unit to unit due to normal process parameter variation. Furthermore, the difference in lead frame capacitance between package types also affects the oscillation frequency, especially for low C_{EXT} values. The user needs to take into account variation, due to tolerance of the external R and C components. Figure 6-3 shows how an R/C combination is connected to the PIC16F84A.

FIGURE 6-3: RC OSCILLATOR MODE



PIC16F84A

6.3 RESET

The PIC16F84A differentiates between various kinds of RESET:

- Power-on Reset (POR)
- $\overline{\text{MCLR}}$ during normal operation
- $\overline{\text{MCLR}}$ during SLEEP
- WDT Reset (during normal operation)
- WDT Wake-up (during SLEEP)

Figure 6-4 shows a simplified block diagram of the On-Chip RESET Circuit. The $\overline{\text{MCLR}}$ Reset path has a noise filter to ignore small pulses. The electrical specifications state the pulse width requirements for the $\overline{\text{MCLR}}$ pin.

Some registers are not affected in any RESET condition; their status is unknown on a POR and unchanged in any other RESET. Most other registers are reset to a "RESET state" on POR, $\overline{\text{MCLR}}$ or WDT Reset during normal operation and on $\overline{\text{MCLR}}$ during SLEEP. They are not affected by a WDT Reset during SLEEP, since this RESET is viewed as the resumption of normal operation.

Table 6-3 gives a description of RESET conditions for the program counter (PC) and the STATUS register. Table 6-4 gives a full description of RESET states for all registers.

The $\overline{\text{TO}}$ and $\overline{\text{PD}}$ bits are set or cleared differently in different RESET situations (Section 6.7). These bits are used in software to determine the nature of the RESET.

FIGURE 6-4: SIMPLIFIED BLOCK DIAGRAM OF ON-CHIP RESET CIRCUIT

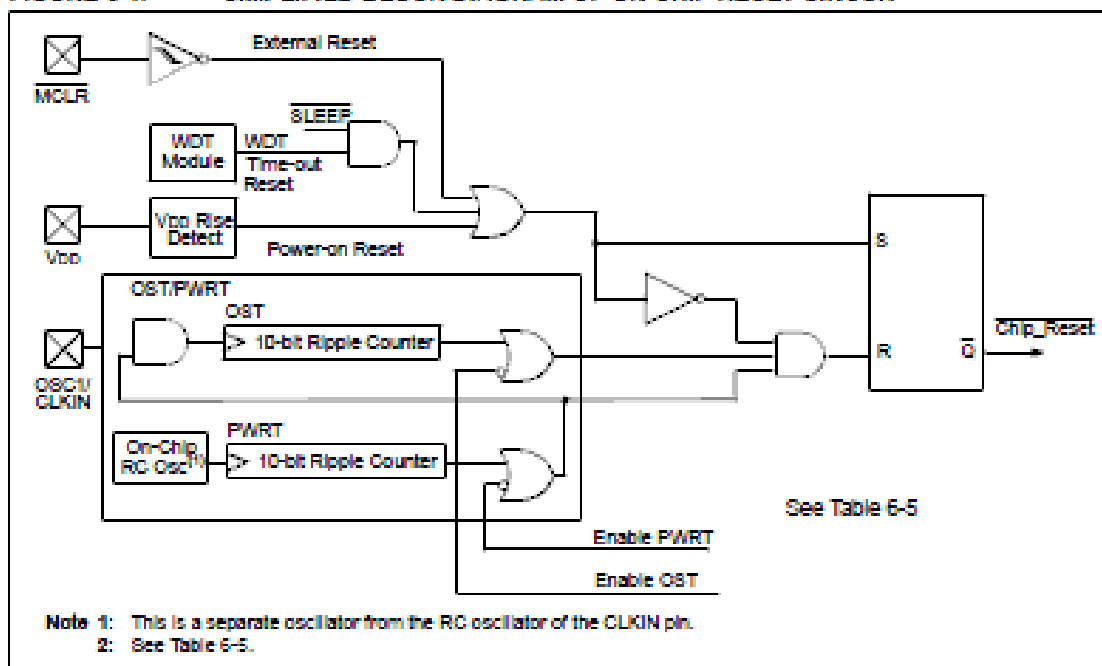


TABLE 6-3: RESET CONDITION FOR PROGRAM COUNTER AND THE STATUS REGISTER

Condition	Program Counter	STATUS Register
Power-on Reset	000h	0001 1xxx
$\overline{\text{MCLR}}$ during normal operation	000h	000u uuuu
$\overline{\text{MCLR}}$ during SLEEP	000h	0001 0uuu
WDT Reset (during normal operation)	000h	0000 1uuu
WDT Wake-up	PC + 1	uuu0 0uuu
Interrupt wake-up from SLEEP	PC + 1 ⁽¹⁾	uuu1 0uuu

Legend: u = unchanged, x = unknown

Note 1: When the wake-up is due to an interrupt and the GIE bit is set, the PC is loaded with the interrupt vector (0004h).

PIC16F84A

6.4 Power-on Reset (POR)

A Power-on Reset pulse is generated on-chip when V_{DD} rise is detected (in the range of 1.2V - 1.7V). To take advantage of the POR, just tie the $\overline{\text{MCLR}}$ pin directly (or through a resistor) to V_{DD} . This will eliminate external RC components usually needed to create Power-on Reset. A minimum rise time for V_{DD} must be met for this to operate properly. See Electrical Specifications for details.

When the device starts normal operation (exits the RESET condition), device operating parameters (voltage, frequency, temperature, etc.) must be met to ensure operation. If these conditions are not met, the device must be held in RESET until the operating conditions are met.

For additional information, refer to Application Note AN807, "Power-up Trouble Shooting."

The POR circuit does not produce an internal RESET when V_{DD} declines.

6.5 Power-up Timer (PWRT)

The Power-up Timer (PWRT) provides a fixed 72 ms nominal time-out (T_{PWRT}) from POR (Figures 6-6 through 6-9). The Power-up Timer operates on an internal RC oscillator. The chip is kept in RESET as long as the PWRT is active. The PWRT delay allows the V_{DD} to rise to an acceptable level (possible exception shown in Figure 6-9).

A configuration bit, $\overline{\text{PWRTE}}$, can enable/disable the PWRT. See Register 6-1 for the operation of the $\overline{\text{PWRTE}}$ bit for a particular device.

The power-up time delay T_{PWRT} will vary from chip to chip due to V_{DD} , temperature, and process variation. See DC parameters for details.

6.6 Oscillator Start-up Timer (OST)

The Oscillator Start-up Timer (OST) provides a 1024 oscillator cycle delay (from OSC1 input) after the PWRT delay ends (Figure 6-6, Figure 6-7, Figure 6-8 and Figure 6-9). This ensures the crystal oscillator or resonator has started and stabilized.

The OST time-out (T_{OST}) is invoked only for XT, LP and HS modes and only on Power-on Reset or wake-up from SLEEP.

When V_{DD} rises very slowly, it is possible that the T_{PWRT} time-out and T_{OST} time-out will expire before V_{DD} has reached its final value. In this case (Figure 6-9), an external Power-on Reset circuit may be necessary (Figure 6-5).

FIGURE 6-5: EXTERNAL POWER-ON RESET CIRCUIT (FOR SLOW V_{DD} POWER-UP)

