



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Diseño de un Dispositivo para Medición de Patinaje en
Tractores Agrícolas utilizando un Controlador Lógico
Programable (PLC)

Por:

ALFREDO GONZÁLEZ CORREA

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

MARZO 2007



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Diseño de un Dispositivo para Medición de Patinaje en Tractores
Agrícolas utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC)

Por:

Alfredo González Correa

T E S I S

Que someta a la consideración del H. Jurado Examinador Como
Requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el comité de tesis

Asesor principal

Ing. Juan Arredondo Valdez

Sinodal

Sinodal

M.C. Héctor U. Serna Fernández **M.C. Ramiro Luna Montoya**

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

MARZO 2007

AGRADECI MI ENTOS

A DIOS, por haberme permitido concluir una meta más en esta vida y por que siempre me ilumino por el camino del bien y a ti mi Virgen de Guadalupe por haber cuidado de mi familia y por ser una morenita muy querida por los mexicanos.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por permitirme alojado en sus Aulas, Biblioteca, Centro de Cómputo e internado durante todo mi ciclo escolar. Orgullosamente BUITRE.

Al Departamento de Maquinaria Agrícola, por tenerme confianza como un alumno más de la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola.

Al Ing. Juan Arredondo Valdez por haber puesto en mí la confianza para realizar mi proyecto de tesis.

Al MC. Héctor Uriel Serna Fernández, como un excelente maestro y persona dentro o fuera del las aulas de clase, durante mi estudio y es un ejemplo a seguir.

Al MC. Ramiro Luna Montoya, por la confianza y por la asesoría profesional que me brindo durante mi vida de estudiante.

Al MC. Jesús R. Valenzuela García, Ing. Juan A. Guerrero, Ing. Tomas Gaytan, Ing. Elizabeth de la Peña, Ing. Rosendo González, por haberme brindado los conocimientos de la carrera y por tener que luchar como los hicieron ellos.

A mis paisanos y compañeros de cuarto por haberme aconsejado y apoyado en los momentos de tristeza ya que fueron unos grandes amigos a Lupita, Jesús Candelario, Eugenio, Willy, Arturo, Danilo, Marroquín.

A los compañeros de la Generación XCVIII de Mecánico Agrícola a Josué, Ricardo, Fabián, Manuel de Jesús, Efrén, Mario, Jimmy, Armando, Juan Carlos, Francisco Pablo, Nelson, Juan Francisco, Freddy, Guillermo, Salvador, Gerardin, Eduardo, Jonathan, Sergio, Luis Miguel, Erick, por haberme brindado toda su amistad en los momentos de lucha y esfuerzo durante cuatro años y medio que convivimos juntos.

A la familia Martínez a la Sra. Mary, Sr. José Luis, Susana, Tere, por demostrarme cariño durante mi estudio ya que son como una familia para mí, y que al estar le estaré agradecido por los consejos que me brindaron.

Argelia por ser una excelente compañera y amiga ya que me acompañó en el momento más importante para mí, la graduación.

A Janett, por ser una gran amiga que me brindó toda su amistad y cariño en los momentos de tristeza y que siempre me aconsejó hacer lo mejor para seguir luchando en esta vida.

A Oscar del Instituto Tecnológico de Saltillo, por apoyarme en la parte electrónica y por ser un amigo más.

DEDICATORIA

A las personas que más amo y quiero en la vida y con mucho orgullo les digo gracias y esto es para ustedes con mucho respeto y cariño, por haber terminado mis estudios profesionales.

A mis padres:

Enereida Correa Mendoza

Ángel González May

No tengo palabras para estar agradecido por todo aquellos que me brindaron en los momento que pase a su lado y que me permitieran seguir estudiando fuera de mi lugar de mi Estado, por aconsejarme y apoyarme con su cariño, amor y por ello les digo Papi y Mami no les falle he logrado mi objetivo como estudiante y gracias a ustedes por todo y ahora me toca a mi darles todo mi apoyo como lo hicieron conmigo. Gracias nuevamente.

A mis abuelos:

† Angelina May Damián

Miguel González Hernández

Por haberme cobijado durante mi niñez y ahora que he logrado mis objetivos les estoy muy agradecido ya que me han enseñado a trabajar, respetar a las personas, y gracias por brindarme su cariño como unos padres para mí y persuadirme para hacer las cosas bien y no decir nunca no puedo todo con esfuerzo se logra.

A mis hermanos:

Freddy

Miguel

Jesús

Yeraldin

Azucena

Por brindarme todo el apoyo que necesitaba para terminar mis estudios.

A mis tío/a Miguel, Adolfo, Primitivo, †Elodia, Ruperta, Nora, Beyanira, por apoyarme todo el tiempo que estuve estudiando y hasta ahora que he logrado mi meta. También por aconsejarme en aquellos momentos de tristeza.

A mis primos a: Esmeralda, Angelina, Miguelina, Alondra, Alejandro, por alegrarme la vida en los momentos de tristeza.

A mi novia Yazmid por estar conmigo en todo momento y por el apoyo, cariño, confianza, y amor que me brindó en el momento de estuve realizando mi tesis.

A mis amigos que confiaron en mí y que durante mis estudios estuvieron apoyándome siempre.

PENSAMIENTO

Yo soy un ingeniero Mecánico Agrícola, escogí mi carrera por vocación, sin vanidad estoy muy orgulloso de mi profesión. Asumiré la responsabilidad que su ejercicio me imponga.

Considero que el constante esfuerzo durante cinco años de lucha, sacrificio, esfuerzo y dedicación, exige de mi mayor rendimiento en la producción Agropecuaria. Yo acepto este reto que estoy deseoso de cumplir.

Seré celoso de la elevada reputación de mi profesión, actuare valientemente denunciare a todos aquellos que mediante actos sin escrúpulos han hecho de México un país muy pobre en el área de la Agronomía.

No titubearé en proteger los intereses y el buen nombre de cualquier Ingeniero Agrónomo que sepa que lo merece, a un Buitre de la Narro.

Seré cortés y generoso con el aquel que ha contratado mis servicios, patrón o cliente, le brindare la mejor de mis actuaciones y mi fidelidad. Solamente participare en empresas honestas.

Brindare mis conocimientos Agronómicos, instruiré a los miembros más jóvenes de mi profesión, observare conducta recta, tolerancia, respeto y devoción a la dignidad de mi Familia, Maestros, Compañeros de Generación, Amigos y Colegas.

SEAME CONCEDIDO REALIZAR FELIZMENTE MI IDEAL

*Alfredo González Correa
XCVIII Generación, 2000 – 2004.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Agradecimiento-----	ii
Dedicatoria -----	v
Pensamiento-----	vi
Índice de contenido -----	x
Índice de figuras -----	xi
Índice de tablas -----	xii
RESUMEN -----	xiv
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes -----	05
1.2 Justificación -----	06
1.3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS -----	08
1.3.1 Objetivo general -----	08
1.3.2 objetivo específico-----	08
1.4 Hipótesis-----	08
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Descripción de la rueda -----	09
2.2 Medición del Patinaje de las Ruedas-Manualmente -----	09
2.3 Patinaje-----	17
2.3.1 Velocidad -----	17
2.3.2 Pérdida de potencia-----	18
2.4 Condiciones de la prueba y equipo -----	18
2.4.1 Condiciones de la superficie-----	18
2.4.2 Ruedas y balastras-----	18
2.4.3 Barra de tiro-----	18
2.4.4 Carga de la barra de tiro-----	19
2.4.5 Consumo del combustible y temperatura-----	19

2.4.5.1 Ahorro de combustible como se consigue-----	19
2.4.6 Procedimiento de pruebas -----	19
2.4.7 Compactación por patinaje-----	20
2.5 Factores relacionados con la maquinaria agrícola en la compactación de Suelos -----	21
2.6 Ruedas -----	22
2.6.1 Constitución de las ruedas neumáticas -----	26
2.6.2 Estructura de la cubierta -----	26
2.6.3 Elemento de la cubierta -----	27
2.6.4 Dibujo de la cubierta -----	28
2.6.5 Cámara-----	30
2.7 Llanta -----	31
2.7.1 Dimensiones del un neumático -----	31
2.7.2 Tipos de neumáticos-----	32
2.7.3 Disco-----	33
2.7.4 Medidas de las ruedas -----	34
2.7.5 Nomenclatura-----	35
2.8 Cuidados a los neumáticos-----	38
2.8.1 Presión de inflado -----	39
2.9 Limpieza de los neumáticos-----	41
2.9.1 Evitar el patinamiento-----	41
2.9.2 Duración de los neumáticos agrícolas -----	43

2.10 Potencia en los tractores agrícolas-----	43
2.10.1 Potencia en la barra de tiro-----	43
2.10.2 La resistencia al rodamientos-----	45
2.10.3 Coeficiente de agarre para tractores-----	52
2.11 Resistencia del neumático agrícola-----	53
2.11.1 Peso trasero-----	53
2.11.2 Rueda trasera doble-----	55
2.11.3 Ventaje de la rueda trasera doble -----	56
2.11.4 Desventaja de un neumático trasero-----	56
2.11.5 Recomendaciones para lastrar un tractor -----	57

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del área de trabajo-----	58
3.2 Materiales-----	58
3.2.1 MicroLogix 1000 por comunicación RS232 -----	61
3.3 METODOLOGIA -----	61
3.3.1 Desarrollo de especificaciones-----	62
3.3.1.1 Necesidad del problema-----	62
3.3.2 Inspección física del medidor de patinaje -----	63
3.3.3 Análisis de los distintos circuitos que forman al medidor de patinaje -	64
3.3.4 Preparación del software para captura de datos -----	65
3.3.4.1 Programa de cálculos-----	65
3.3.4.2 Especificaciones de uso-----	67
3.3.5 Terminales de MicroLogix1000-----	68
3.3.6 Sensores inductivos de proximidad, carcasa de latón, rosca M18-----	68

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Prototipo del medidor de patinaje-----	69
4.2 Medidor de desplazamiento-----	69
4.3 Pruebas del dispositivo en el tractor 6810-----	70
4.4 Diseño y construcción del instrumento de medición de patinaje-----	71
4.5 Desarrollo del programa en PLC-----	72
4.6 Descripción del programa -----	73
4.7 Planteamiento del programa -----	73
4.8 Explicación del programa-----	74
4.9 Explicación del programa escalón por escalón-----	75
4.10 Resultados registrados por el sensor inductivo-----	79
4.11 Características y costos de los materiales propuestos -----	81

V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones -----	82
5.2 Recomendaciones-----	83

VI. Bibliografía consultada ----- 84

VII. Anexos ----- 87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Medición del Patinaje de las Ruedas-Manualmente-----	10
Figura 2.2 Medición de patinaje-----	17
Figura 2.3 Compactación por patinaje-----	20
Figura 2.4 Elementos que forman un neumático -----	23
Figura 2.5 Cubierta-----	27
Figura 2.6 Tipos de neumáticos-----	32
Figura 2.7 Componentes y medidas de las ruedas -----	34
Figura 2.8 Nomenclatura -----	35
Figura 2.9 Presión de inflado -----	39
Figura 3.1 Departamento de Maquinaria Agrícola-----	58
Figura 3.2 PLC (Allen-Bradley)-----	59
Figura 3.3 Cable 1761-DCL-PM02 -----	61
Figura 3.4 Circuito electrónico-----	63
Figura 3.5 Diagrama del proceso de diseño -----	64
Figura 3.6 Parámetro de RSLogix 500 -----	65
Figura 3.7 Despliegue del diagrama escalera-----	66
Figura 3.8 Procedimiento del programa-----	67
Figura 3.9 Terminales MicroLogix 1000-----	68
Figura 3.10 Sensor inductivo XS18MPA370-----	68
Figura 4.1 Componente del medidor de desplazamiento-----	69
Figura 4.2 Tractor New Holland 6810 -----	70
Figura 4.3 Materiales y equipo utilizado -----	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Patinaje de la rueda-----	11
Tabla 2.2 Especificaciones para neumáticos de ruedas motrices de tractor (Valores medios de varios fabricantes) -----	25
Tabla 2.3 Código de velocidad -----	33
Tabla 2.4 Código de presiones e inflados -----	35
Tabla 2.5 Relación entre el índice de carga y la capacidad de carga -----	37
Tabla 2.6 Promedio de tiro unitario para algunas maquinas agrícolas-----	44
Tabla 2.7 Factores típicos de resistencias al rodamiento -----	46
Tabla 2.8 Diferencia entre fuerzas de tiro y ruedas -----	50
Tabla 3.9 Fuerzas de tracción en las ruedas -----	51
Tabla 3.10 Coeficiente de agarre para tractor-----	52
Tabla 4.1 Característica y costo de los materiales -----	81

RESUMEN

En resumen, se puede decir que reducir del 10 al 15 % el consumo de combustible en la utilización del tractor agrícola está al alcance del usuario medio. Esto tiene importancia, ya que significa ahorrar cerca de 5 litros por hectárea en la labor de arado, pero también permite aumentar la capacidad de trabajo y disminuir el desgaste de los neumáticos al trabajar con un patinamiento de 15 a 20 % que de acuerdo a las distintas fuentes, (JOHN DEERE) se consideran como rango óptimo en operaciones de labranza de suelo.

En la actualidad en México se requieren un sistema de medición de patinaje en los tractores agrícolas, de alta precisión que nos permitan determinar el porcentaje de patinamiento de las ruedas motrices. Las maquinas agrícolas se han incrementado en tamaño, poder, rapidez y tecnología. La transmisión de las herramientas manuales a las de tracción animal y prácticamente, salvo pequeñas modificaciones, la evolución de la mecanización del agro se detuvo ahí hasta la edad media.

Este problema se encuentra involucrado en numerosas investigaciones realizadas a través de algunos años, sin embargo, no se optado por un método específico para determinar con exactitud el porcentaje de patinamiento en los tractores agrícolas, el cual se a generalizado para ser aplicado a todos lo tractores agrícolas que se vale de este recurso para llevar a cabo sus funciones.

Partiendo de este problema y con miras a su resolución nos enfocamos a diseñar un dispositivo medidor de patinaje capaz de prever números de vueltas de la rueda motriz, medidas rápidas y precisas, al realizar las pruebas en condiciones de laboratorio.

El diseño fue planteado conforme a una necesidad de parte del departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN, la cual fue fundamentado como: el Diseño de un Dispositivo para Medición de Patinaje en Tractores Agrícolas utilizando un Control Lógico Programable (PLC). El cual nos permite conocer la relación de desplazamiento suelo-rueda motriz debido al patinaje de las mismas.

La técnica agrícola tiene una importancia social y económica fundamental, ya que puede ser el medio para integrar la agricultura dentro del sistema económico moderno y para estimular el equilibrio social entre la ciudad y el campo.

El dispositivo propuesto, consta de un PLC Allen-Bradley 1000, una laptop, una caja con circuitos electrónicos que nos indica el inicio y final de la prueba en laboratorio, un disco montado a un motor eléctrico de 354 rpm la cual fue medida por un tacómetro, variando su velocidad angular con el variador de frecuencia el cual hace girar en el eje trasero derecho. Todo este mecanismo será montado al tractor New Holland 6810.

Los resultados de este trabajo incluyen materiales propuestos para su construcción, y programación del PLC MicroLogix 1000 que ayudara al manejo del dispositivo una vez construido.

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos agrícolas no solo constituyen el soporte y fuente de alimentación de las plantas de cultivos, sino que además son objeto de una serie de acciones por parte de los vehículos y maquinas agrícolas. Para su mejor utilización, los diseñadores y usuarios han de conocer las respuestas del suelo a todo tipo de operación mecánica en la que esté implicado.

La necesidad de conocer como las propiedades mecánicas de los suelos afectan el desempeño de la maquinaria agrícola, nos ha hecho prioritaria la idea de hacer un diseño de un instrumento capaz de medir el patinaje en la ruedas motrices de los tractores agrícolas, la cual esta relacionado directa o indirectamente con el rendimiento del equipo (implemento).

La mala utilización de los terrenos así como de los equipos mecánicos tiene una incidencia negativa en el crecimiento y desarrollo del cultivo, consumo de energía, facilidad de erosión, y otra serie de factores no menos importantes. Por esta razón se hace especial hincapié en los procesos de compactación, estado de consistencia, esfuerzo cortante, resistencia al deslizamiento metal-suelo, que a nuestro juicio están presente en todas las actividades donde se están aplicando un tractor y un apero o maquina agrícola.

La dinámica de tracción del tractor caracteriza su cualidad de tránsito sobre una superficie determinada. La humedad y la resistencia a la compresión y al desplazamiento del suelo limitan el desempeño del tractor en igual medida que sus posibilidades energéticas. La condición principal para su trabajo efectivo es la adherencia suficiente con el terreno, la cual depende del peso del tractor y de su distribución por ejes (tractores 4x2), de la estructura de los propulsores y de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Se diseñara un dispositivo para ser montado a la rueda motriz del tractor, el cual será de forma digitalizada y un sistema de adquisición de datos que al estar trabajando el tractor será capaz de medir y registrar señales obtenidas básicamente del número de vueltas de las ruedas motrices, lo que nos permitirá realizar un gran número de lecturas con gran facilidad y rapidez, además nos dará la seguridad y la precisión al momento de realizar las pruebas.

La amplia mecanización e intensificación de la producción constituye un camino fundamental para el desarrollo anterior de la agricultura, y la satisfacción de las necesidades crecientes del país en productos provenientes de las explotaciones agrícolas.

La intensificación de la producción agrícola, es decir, el aumento, de la cantidad de productos que se recogen por cada hectárea de suelo en explotación, con gastos mínimo de trabajo y de recursos, esta enlazada en parte considerable con la mecanización de la producción agrícola y con la implantación de una tecnología progresiva (de máquinas) en los diferentes cultivos.

La elección del neumático agrícola no esta exenta de un cierto nivel de conocimientos técnicos, que permitan conjuntar el tipo de suelo en el que se va a trabajar: el tractor a emplear y las labores que se pretenden realizar. A fin de cuentas el neumático es el punto de unión entre el tractor y el terreno, es decir, por medio del neumático se transmite toda la fuerza desarrollada por el tractor al terreno; una mala elección de este puede provocar una importante pérdida de potencia, de ahí la importancia de su elección.

Lo que se busca principalmente es conseguir una máxima adherencia con una mínima compactación del suelo, lo cual repercutirá en minimizar las pérdidas por deslizamiento, la reducción del consumo de combustible, y por consiguiente, que se alargue el tiempo de trabajo.

Con el crecimiento cuantitativo del parque de tractores y máquinas en la agricultura se producen notables cambios, pues se están utilizando tractores cada vez más potentes, y máquinas combinadas destinadas a trabajar a velocidades más altas con equipos e implementos que poseen un gran frente de labor en la agricultura.

En la medida que la agricultura pasa a ser cada vez más equipada y dotada de energía eléctrica, adquiere mayor importancia el uso racional del parque de tractores y maquinarias, es decir, la importancia de que la técnica existente se utilice de modo más económico y con alto rendimiento.

El desarrollo de la producción mecanizada a gran escala siempre ha requerido de amplios y profundos conocimientos para saber resolver con destreza diferentes problemas de utilización efectiva de tractores y maquinas agrícolas, que pueden surgir diariamente en el transcurso de la producción y de los trabajos preparativos.

En el curso sobre el uso racional del parque de tractores y maquinarias se estudia los métodos de empleo de las maquinas, los cuales garantizan la máxima productividad y rendimiento económico de su funcionamiento en las empresas agropecuarias.

La ciencia que trata sobre la utilización efectiva de las máquinas en la agricultura surgió como consecuencia de las necesidades de la práctica de grandes empresas mecanizadas. Esta se desarrolla y sigue desarrollándose por etapas consecutivas, a medida que crece el abastecimiento técnico, se perfeccionan los procesos tecnológicos, se generaliza la experiencia de producción, se acumulan y se utilizan los datos experimentales.

Una de las condiciones principales para el uso efectivo de la maquinaria agropecuaria resulta la preparación de especialistas de alta calificación. Por ello se debe conocer perfectamente las regularidades y los métodos económicos y de alto rendimiento de utilización de las máquinas, la tecnología progresiva y la organización de los trabajos agropecuarios mecanizados, la metodología de los cálculos indispensables para el empleo racional de los agregados de tractores y maquinarias, así como saber organizar y argumentar la elección de los medios de mecanización en las condiciones concretas de producción.

La resistencia del suelo a la penetración es la fuerza que este opone a un instrumento se prueba y su valor es un índice integrado a la compactación del suelo, el contenido de humedad, la textura del tipo de arcilla mineral, de la materia orgánica y de la estructura del suelo. Por lo anterior en su medición se deben considerar estas características ya que influyen específicamente en la rugosidad y el amarre del neumático.

El tractor produce patinaje en cualquier operación del campo. La distancia que un tractor se mueva en un número de revoluciones de la rueda motriz se reduce cuando las ruedas patinan. Sin embargo, la distancia recorrida por el tractor en un número dado de vueltas aumenta en algunos casos cuando el implemento montado empuja el tractor como en el caso del cultivador rotativo.

También es importante para una buena productividad comprobando que el peso del tractor sea correspondiente al peso del trabajo. En muchas ocasiones el lastre influye y consiste en medir la cantidad de avance en % de patinaje de las ruedas motrices en condiciones normales de campo, la reducción del avance debe de ser de 10 a 15 % para que el trabajo sea económico y eficiente.

La información digital se puede procesar, almacenar, comunicar y presentar con facilidad, en forma indestructible y sin errores. La existencia de dispositivos a bajo costo para el manejo de datos digitales permite numerosas oportunidades para la aplicación de técnicas digitales a la medición, la manipulación y el control de variables del mundo real, tales como voltajes, velocidades, presiones, flujos y temperaturas.

Los avances tecnológicos de hoy en día han alcanzado un nivel tal que, un agricultor puede tener rápido acceso a la información y a las herramientas para manejar y controlar sus operaciones mecanizadas en el sitio. Ahora ellos pueden diseñar, medir, evaluar y tratar con la variabilidad dentro del terreno, que se sabía que existía pero que no se podía manejar para su beneficio. La habilidad para manejar estas variaciones en la productividad dentro del terreno y maximizar la rentabilidad, reducir los desperdicios y minimizar el impacto al medio ambiente, son ya un objetivo del agricultor-empresario, especialmente de aquellos que poseen terrenos pequeños y aquellos que practican una agricultura mas sustentable.

1.1 ANTECEDENTES

Hasta principios de los años treinta, todos los tractores agrícolas estaban equipados con ruedas metálicas de garras que tenía una elevada capacidad de tracción, incluso en terrenos resbaladizos.

En el año 1932 aparecieron en Estados Unidos ruedas neumáticas para los tractores agrícolas. A causa de su gran tamaño y resistencia, estos neumáticos podrían, en terrenos blandos, tener una presión baja; de este modo se conseguía una gran superficie de adherencia, con lo que la capacidad de tracción era análoga a la de las ruedas metálicas de garras, con la ventaja de poder ser utilizados para el transporte por carretera.

Las llantas empleadas hoy en día en la maquinaria agrícolas son del tipo de base hundida o medio-hundida, con tendencias hacia las de gran base medio-hundida, lo que proporciona una mejor estabilidad lateral y permite el empleo de neumáticos de mejor sección para soportar las cargas.

Un tractor con tracción en las cuatros ruedas, con ruedas delanteras menores, es simplemente un tractor estándar o un tractor para surcos con las ruedas delanteras impulsadas por una fuerza mecánica o hídrica. Este tipo de tractores se encuentra entre el estándar y el tractor con tracción en las cuatros ruedas de igual tamaño en precio y tracción.

Los tractores con tracción en las cuatro ruedas han sido desarrollados para ser capaces de producir mayor potencia en la barra de tiro. El tamaño del tractor con tracción en las cuatro ruedas varia en los Estados Unidos y Canadá desde 100 hasta mas de 300 kw en Europa los tractores pueden ser tan pequeños como de 15 kw y son especialmente utilizados en viñedos. Los tractores de tracción en las cuatro ruedas pueden ser dirigidos pivoteando el tractor en el centro o con ruedas directrices.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La finalidad de este trabajo es medir, el patinaje de las ruedas motrices de los tractores agrícolas, 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 de los tractores agrícolas, el cual nos proporcionara con el sistema digital, señales de información durante las pruebas y luego almacenarla para su posterior análisis.

En el Departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN, no contamos con una herramienta digital para medir el patinaje en las ruedas motrices de los tractores agrícolas: nos lleva a diseñar dicho equipo, para poder determinar los parámetros al momento de que se encuentre trabajando el tractor.

Este trabajo pretende ayudar a resolver los problemas que se presenta hoy en día con los diferentes equipos agrícolas, así como facilitar las investigaciones posteriores sobre el consumo de combustible, potencia, número de vuelta de las ruedas y el desgaste de las mismas, con esto nos permitiría realizar el diseño, y saber el rendimiento que tendrá las ruedas motrices al momento de patinar, asimismo poder economizar la inversión del un sistema y obtener un mayor beneficio y ganancia con el sistema.


Con el sistema de medición de este equipo de trabajo se desea equipar el laboratorio del Departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN y algún centro de investigación interesado en ésta prueba.


El proyecto será de gran ayuda al Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), para realizar las pruebas de evaluación de arados de discos, así como del departamento de maquinaria agrícola.

La norma del Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), menciona que se debe realizar las pruebas de patinaje con los diferentes implementos agrícolas como: arados, rastras, sembradoras y ver cual es el resultado que cada implemento presenta al momento de realizar las pruebas.







1.3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1.3.1 Objetivos generales


 Desarrollar el diseño de un dispositivo para medición de patinaje en las ruedas de los tractores agrícolas, utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC).

 Realizar un sistema que realice un monitoreo del nivel de patinaje con respecto a la llanta trasera o motriz.

1.3.2 Objetivos Específicos

-  Aportar información al Departamento de Maquinaria Agrícola.
-  Establecer la metodología para realizar el diseño de una técnica para medir patinaje.
-  Conocer el patinaje del tractor con diferentes implementos.
-  Conocer la programación básica del PLC.
-  Contribuir con las estadísticas de rendimiento del equipo y sus implementos.
-  Obtener una mayor eficiencia en la maquinaria agrícola.

1.4 Hipótesis

 Es posible la implementación de un sistema para automatizar la determinación del porcentaje de patinamiento en las ruedas motrices de los tractores agrícolas con diferentes implementos utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de la rueda

En la rueda se pueden distinguir dos partes bien diferenciadas: una metálica formada por el disco y la llanta, y otra formada por el neumático propiamente dicho, que consta de cubierta, y en algunos casos cámara.

El **disco** se puede considerar como la unión entre la transmisión y el neumático; va unido mediante tornillos al cubo o brida de la rueda (último elemento de la transmisión previo a la rueda). En la periferia del disco nos topamos con la **llanta**; se trata de un cilindro metálico, que por un lado se fija al disco y por el otro permite el anclaje del neumático, para facilitar la operación de montaje y desmontaje de la cubierta, la llanta tiene forma hundida en su parte central.

El suelo esta formado por partículas sólidas que entre si dejan unos espacios porosos, o huecos, capaces de retener agua y aire en proporciones variables. Esto nos lleva a considerar las tres fases: sólido, líquida y gaseosa.

2.2 Medición del patinaje de las ruedas-manualmente

El mal ajuste del patinaje de las llantas puede ocasionar problemas tales como desgaste prematuro de las llantas, baja eficiencia en la operación del tractor y fallas mecánicas en los componentes de los sistemas que están relacionados con la transmisión de potencia del tractor, ejemplo: diferencial, mandos finales, transmisión, etc. A continuación se proporciona el procedimiento recomendado para medir en forma manual el patinaje de las ruedas de un tractor:

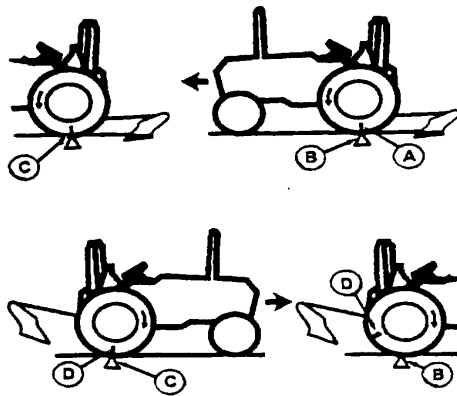


Figura 2. 1. Medición del patinaje de las ruedas-manualmente

1. Colocar una marca (A) fácil de observar en un neumático trasero (se recomienda hacer una marca con tiza).

2. Con el tractor en marcha y el implemento trabajando, marcar un punto de partida (B) en el terreno en el sitio en que la marca (A) de la llanta toca el suelo.

3. Marcar el suelo nuevamente en el punto en que la marca (A) da 10 revoluciones completas (C).

4. Con el implemento elevado, regresar en el sentido opuesto. En el segundo punto marcado en el suelo (C), volver a marcar el neumático (D) por segunda vez.

5. Mientras se conduce el Tractor por la misma trayectoria (con el accesorio levantado), contar el número de revoluciones necesario para alcanzar el punto inicial (B).

6. Usar el número de revoluciones del neumático en trayectoria de regreso y la "Tabla de patinaje de ruedas" para determinar el patinaje.

NOTA: El porcentaje ideal de patinaje es de 10-15% para tractores con tracción sencilla, y de 8-12% para los tractores equipados con mando en las ruedas delanteras.

7. Ajustar el lastre o la carga hasta obtener el patinaje correcto.

NOTA: La potencia disponible del motor se reduce considerable cuando el patinaje de las ruedas está por debajo del mínimo recomendado por:



Tabla 2.1 Patinaje de la rueda

TABLA DE PATINAJE DE RUEDAS		
Revoluciones de rueda sin carga (paso 5)	Estimación de % de patinaje	Acción que se recomienda
10	0	Retiro de lastre
9 1/2	5	Retiro de lastre
9	10	LASTRE CORRECTO
8 ½	15	LASTRE CORRECTO
8	20	Adición de lastre
7 1/2	25	Adición de lastre
7	30	Adición de lastre

Reed y Cools (1959), encontraron que la eficiencia de tracción de un T2R fue de un 56%, mientras que la de una propulsión en tándem fue de 66% cuando se tenía un 10 % de deslizamiento en un terreno arenoso.

Taylor (1974), hizo un estudio sobre el efecto del espaciamiento de las salientes en neumáticos de 11.0-38" (279-965 mm). El numero de salientes por lado en los cinco neumáticos probados fue de 20, 23, 26, 29 y 32, lo cual da un grado de inclinación (en milímetros) de 238, 207, 178, 164 y 148. Taylor encontró que cuando los neumáticos fueron probados en césped, el máximo jalón ocurrió cuando se utilizó el neumático de 23 salientes. Sobre otras condiciones de terreno probadas, el espaciamiento de las salientes tuvo poco efecto.

Dwyer y Pearson (1975), encontraron también que la tracción de las ruedas traseras (segundo paso) era mayor, especialmente en terreno suave. Dwyer encontró que la resistencia al rodamiento del segundo paso era menor que el primer pasó. El promedio de máxima potencia en la barra de tiro de un tractor T4R con ruedas de igual tamaño en todas las condiciones de campo, era 14% mayor que el de un tractor T2R. Un tractor T4R con ruedas de diferentes tamaño tuvo 7% mas potencia de barra de tiro que un tractor T2R.

Ellis (1977), ha simplificado el problema usando la potencia del tractor y la velocidad de operación como una base para la selección de la llanta adecuada. Se puede también escoger la adecuada combinación de neumáticos dobles. Nótese que el uso de neumáticos dobles no duplica la potencia que puede ser transmitida por los neumáticos.

Ellis (1977), menciona que un tractor puede ser utilizado en una variedad de cargas y combinaciones de terreno, los fabricantes tendrán varios tamaños, dibujos de piso y clases de capas disponibles para cada tractor. El mismo tractor tiene también diferentes tamaños de neumáticos traseros disponibles.

Stanley y Wolf (1986), mencionan que los transductores son dispositivos que transforman un tipo de variable física (fuerza, posición, temperatura, velocidad, caudal, etc.) en otra.

Woor y Burt (1987), define al esfuerzo de rodadura como la suma de los componentes horizontales de las tensiones normales al neumático. Los mismo autores, en un ensayo realizado en canales edafológicos con cubiertas 18.4 – 34” en suelos firmes y arados, utilizando cargas dinámicas de 10 y 20 kN y presiones de inflado de 110 y 140 kPa, demuestran que las presiones de inflado controla la magnitud de las componentes horizontales en el centro del área de contacto de la rueda / suelo y el peso dinámico en el borde del área de contacto.

Wismer y Luth (1973), Brixius (1987), Wong y Domier (1989) tratan de predecir la rodadura basándose en la resistencia a la penetración en el suelo de un cono de acero con un vértice de 30° y un área de base de 3.23 o 1.23 cm² (ASAE S 313.2); este sistema de medición es fácilmente repetible en campo, y permite lograr valores representativos de lote que se analiza. Wismer y Luth (1973) calcula un número de rueda basado en la utilización del índice de cono (IC), el ancho del neumático (b), el diámetro del neumático (d) y el peso adherente sobre la rueda (Qa).

$$C_n = (IC \cdot b \cdot d) / Q_a \dots\dots\dots Ec.2.1$$

Esta formula fue generada empleando un parámetro obtenido por el número de movilidad de Freitag (1965) y propone la siguiente expresión para el calculo de el coeficiente de resistencia a la rodadura.

$$K = (1.2/C_n) + 0.04 \dots\dots\dots Ec.2.2$$

Para el caso que el suelo a transitar fuera excesivamente deformable sugieren no utilizar el valor de resistencia a la penetración antes del tráfico. Sino que aconsejan hacerlo con el valor de índice de cono dentro de la huella después del pasaje del tractor, coincidiendo en este consejo con Mc Allister (1983) y GEE Glough et. Del producto entre (K), coeficiente de rodadura y el peso adherente en el eje trasero del tractor (Qa), se obtiene el esfuerzo de rodadura a la resistencia a la rodadura (RR).

Wong Y Dossier (1989), propone utilizar la ecuación de Wismer y Luth (1973) para calcular el (Cn) cuando al tractor lleva cubiertas duales en el eje trasero y el suelo, de 0 – 150 mm de profundidad. Posee un índice de cono promedio superior a 1113 kPa (suelo firme). Los mismos autores realizan una modificación de esta ecuación cuando el suelo en cambio, posee un índice de cono promedio inferior a 446 kPa (suelo blando) considerando el ancho, como la sumatoria de las dos quedando entonces el valor numérico de la rueda como:

$$C_n = (C_l \times 2b \times d) / Q_a \dots\dots\dots Ec.2.3$$

Para situaciones de capacidad portante intermedia > 446 kPa propone extraer el valor de ancho equivalente (b) obtenido de una relación entre (Cl) suelo firme y blando y dos constantes, que fueron determinadas por una recta de regresión de esta manera incorporan el concepto de ancho equivalente para duales en función de la capacidades portante del suelo.

McAllister (1983), condujo un ensayo en el que demostró que el coeficiente de rodadura varia con el diámetro, la carga, el rodado y tipo de neumático, la humedad del suelo y la presión de inflado. En este trabajo el autor consigue predecir el coeficiente de rodadura a partir del Número de Movilidad de Turnage y obtiene la siguiente formula de predicción:

$$K = (0.322/M) + 0.054 \dots\dots\dots Ec.2.4$$

Draghi (1989) y Botta (1997), coinciden en que la ecuación de predicción del esfuerzo de rodadura de un tractor agrícola que más se ajustó en trabajos predictivos similares fue la de McAllister, lo fundamentan es el hecho de que éste obtuvo su modelo a partir de situación de ruedas remolcadas.

Ortiz – Cañavate (1989), enuncia que la mala utilización del terreno de labor así como de los equipos mecánicos tiene una incidencia negativa en el crecimiento y desarrollo del cultivo, consumo de energía, facilidad de erosión y otra serie de factores no menos importantes.

Cuando a su suelo lo sometemos a una carga externa, esta se reparte en el interior de su masa originado una serie de tensiones que pueden producir o no su deformación y rotura, Ortiz- Cañavate (1989).

Voorhees (1989), dice que la compactación del suelo en condiciones de campo es comúnmente causada por la labranza y el tráfico de ruedas, pudiendo reducir sustancialmente el rendimiento de los cultivos.

Según Raper & Erbach (1990), para un suelo dado, la distribución de la compactación en el perfil es función de la carga aplicada, la presión ejercida por el rodado, el estado de humedad y la intensidad de tránsito recibida.

Smith & Dickson (1990), informaron que la compactación superficial se produce por la presión en la zona de contacto rueda-suelo, pero la subsuperficial es producida por el peso total del equipo.

Moo (1999), señala que los transductores (sensores) son elementos de transformación de una variable física correspondiente a un fenómeno, a una señal eléctrica que describe ese comportamiento y su desempeño se debe a los elementos de captura, estos solo trabajan con señales eléctricas.

Al respecto la empresa **John Deere (2000)**, dice que se debe tener en cuenta que es preferible tener una compactación (inevitable), uniformemente distribuida en el lote, a tener pocas huellas muy profundas.

Mojica (2000), describe que un transductor (sensor) es un dispositivo que ha sido diseñado para reacciones ante un estímulo físico y proporcionar una salida que puede ser un desplazamiento o por lo regular un voltaje, que posteriormente puede ser comparado o analizado dependiendo de los requerimientos del sistema donde se utiliza.

Un **PLC** (Controlador Lógico Programable) en sí es una máquina electrónica la cual es capaz de controlar máquinas e incluso procesos a través de entradas y salidas. Las entradas y las salidas pueden ser tanto analógicas como digitales.

El **PLC** (Controlador Lógico Programable) apareció con el propósito de eliminar el enorme costo que significaba el reemplazo de un sistema de control basado en relés (relays) a finales de los años 60.

La empresa Bedford Associates (Bedford, MA) propuso un sistema al que llamó Modular Digital Controller o MODICON a una empresa fabricante de autos en los Estados Unidos. El MODICON 084 fue el primer PLC producido comercialmente.

Por esos tiempos los microprocesadores no eran tan rápidos y sólo podían compararse a PLCs pequeños. Con el avance en el desarrollo de los microprocesadores (más veloces), cada vez PLC más grandes se basan en ellos.

La habilidad de comunicación entre ellos apareció aproximadamente en el año 1973. El primer sistema que lo hacía fue el Modbus de Modicon. Los PLC podían incluso estar alejados de la maquinaria que controlaban, pero la falta de estandarización debido al constante cambio en la tecnología hizo que esta comunicación se tornara difícil.

En los años 80 se intentó estandarizar la comunicación entre PLCs con el protocolo de de automatización de manufactura de la General Motors (MAP). En esos tiempos el tamaño del PLC se redujo, su programación se realizaba mediante computadoras personales (PC) en vez de terminales dedicadas sólo a ese propósito.

En los años 90 se introdujeron nuevos protocolos y se mejoraron algunos anteriores. El último estándar (IEC 1131-3) ha intentado combinar los lenguajes de programación de los PLC en un solo estándar internacional. Ahora se tiene PLCs que se programan en función de diagrama de bloques, listas de instrucciones, lenguaje C, etc. al mismo tiempo. También se ha dado el caso en que computadoras personales (PC) han reemplazado a PLCs. La compañía original que diseñó el primer PLC (MODICON) ahora crea sistemas de control basados en PC.

En la actualidad estamos habituados a compartir nuestra vida con unas máquinas, llamadas ordenadores. El autómata (también llamado PLC o Dispositivo lógico Programable) podemos definirlo como un ordenador especializado en la automatización de procesos ya sean estos industriales, domésticos, militares.

2.3 PATINAJE

La distancia que un tractor avanza en un número dado de revoluciones de rueda motriz disminuye con el patinaje de las ruedas.

Este se puede medir en la polea (toma de fuerza) y en las ruedas, estas determinaciones se realizan por la importancia que tiene en lo referente al aprovechamiento de esfuerzos y en lo negativo de su presencia, dado el malgasto de combustible, neumáticos y horas de trabajo.

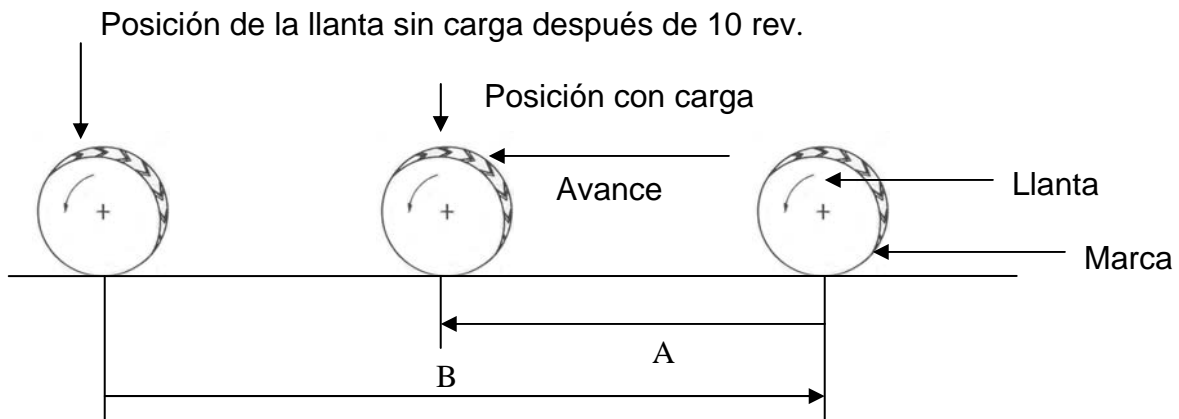


Figura. 2.2 Medición de patinaje

Fuente: RNAM, 1983.

$$\text{Porcentaje de patinaje} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \dots \dots \dots \text{Ec.2.5}$$

2.3.1 Velocidad

La velocidad de avance puede ser calculada midiendo el tiempo durante el cual el tractor cargado avanza la distancia medida durante las pruebas de patinaje.

2.3.2 Pérdida de potencia

Hay dos razones por las cuales un tractor pierde potencia bajo una creciente carga en la barra de tiro. Con marchas bajas es debido al excesivo patinaje y con muchas altas es debido a que la velocidad del motor decrece a un nivel menor.

2.4 Condiciones de la prueba y equipo

2.4.1 Condiciones de la superficie

Las pruebas de la barra de tiro pueden ser llevadas a cabo sobre gran velocidad de superficie de acuerdo al uso del tractor. Estas superficies pueden ser: pasto, rastrojo o terrones cultivados. El sitio seleccionado para la prueba deberá estar nivelado y con superficie plana. Una descripción del terreno debe ser incluida en el reporte junto con las medidas del esfuerzo cortante y el tipo de cobertura de la superficie.

2.4.2 Ruedas y balastras

Este tipo de rueda para el tractor deberá ser seleccionado de las especificadas para el tipo de tractor por el fabricante. Las llantas deberán estar en condiciones nuevas. Las balastras pueden ser agregadas al tractor si se encuentran comercialmente disponible y le puede poner agua a las llantas del tractor. Las balastras y la presión de las llantas del tractor debe estar de acuerdo las recomendaciones de los fabricantes.

2.4.3 Barra de tiro

La altura de la barra de tiro puede ser ajustada dentro de su rango pero debe permanecer en la posición seleccionada durante la prueba. La altura puede ser seleccionada en tal forma que la dirección del tractor pueda ser siempre controlada y PH nunca deberá exceder 0.8 WZ.

Donde: **P** : Máxima fuerza de tiro de la barra.
 H : Altura estática de la línea de fuerza.
 W : Peso estático de las llantas delanteras en el terreno.
 Z : Distancia entre ejes.

2.4.4 Carga de la barra de tiro

Para los propósitos de la prueba, la carga aplicada a la barra de tiro deberá ser controlada y cubrir el rango total de fuerza del tractor bajo pruebas.

Un método conveniente es el usar otro tractor de motor y peso semejante, adaptado con un enganche delantero ajustable para remolcarlo. Con similar relación de engranaje al tractor que esta siendo probado, el uso del control del gobernador permitirá variar las cargas a ser aplicadas.

2.4.5 Consumo del combustible y temperatura

Los medios pueden proveerse para medir el consumo de combustible como en las pruebas de potencia de los motores. La cantidad de combustible utilizado se medirá durante el tiempo registrado en que la prueba es realizada. Así mismo, las temperaturas: ambiente, del combustible y del motor deberán registrarse.

2.4.5.1 Ahorro de combustible como se puede consigue

- Régimen motor y relación cambio 10 – 20 %.
- Mantenimiento del motor 5 – 10 %.
- Lastrado (< mantenimiento) 5 %.
- Neumático y bloqueo diferencial 5 – 10 %.
- Mantenimiento del apero 5 – 10 %.
- Adaptación del apero.
- Neumático doble tracción y bloqueo diferencial 5 – 10 %.

2.4.6 Procedimiento de pruebas

Con el tractor totalmente equipado, deberán ser hechas mediciones para determinar el peso sobre las ruedas, y la distancia entre ejes y el ajuste de la barra de tiro. Después de arrancar el tractor y con el control del gobernador colocado en su máxima velocidad, la revisión deberán hacerse para asegurarse que la máxima velocidad del motor sin carga corresponde con las recomendaciones del fabricante. Las pruebas son hechas para cada marcha con el gobernador en su posición máxima y variando la carga en la barra de tiro de tal modo que permite dibujar las curvas de rendimiento.

Para cada punto de la curva, cuando la carga en la barra de tiro se ha estabilizado, por cada 10 revoluciones de las ruedas motrices. La potencia y el patinaje pueden entonces calcularse. Mediciones del consumo de combustible en las más altas velocidades ayudaran para establecer las máximas potencias que se han alcanzado.

2.4.7 Compactación por patinaje

El patinaje sucede cuando el neumático gira en velocidad mayor que la velocidad del tractor, lo cual, de una manera general, resulta en pérdida de tractor en la barra. El patinaje excesivo provoca deficiencia de deformarse en la barra de tiro y aumenta el consumo de combustible. Además, contribuye a la compactación del suelo. Cuando los neumáticos patinan su movimiento crea, presión dañando la estructura del suelo.



Figura 2.3 Compactación por patinaje

2.5 Factores relacionados con la maquinaria agrícola en la compactación del suelo.

Existen factores que se deben considerar tanto para la selección como para la operación de la maquinaria agrícola con el fin de prevenir la compactación (agroinformación 2000). Estos se mencionan a continuación:

- **Peso de la maquinaria agrícola:** a mayor peso de la maquinaria, mayor posibilidad de compactar el suelo y mayor profundidad puede alcanzar la compactación.

- **Distribución del peso de la maquinaria:** si el peso de la maquinaria no es uniforme, por ejemplo mayor peso en ruedas traseras, la presión ejercida por éstas sobre el suelo será mayor.

- **Ancho de los neumáticos:** si el peso de la maquinaria se distribuye en un área mayor (neumáticos más anchos), la presión sobre el suelo será menor que en el caso de usar neumáticos más angostos.

Presión de inflado de los neumáticos: mientras más inflados estén los neumáticos, menor es el área del neumático que entra en contacto con el suelo y mayor es la presión sobre éste. Por lo tanto, se recomienda hacer las labores con presiones bajas de inflado.

- **Patinaje de las ruedas:** en la medida que estos fenómenos se produzcan, el esfuerzo producido sobre el suelo es mayor. Se sugiere realizar el trabajo evitando el patinaje y zapateo de los neumáticos.

- **Velocidad de trabajo:** cuando la presión sobre el suelo es mantenida por un mayor tiempo el fenómeno de compactación tiene una mayor posibilidad de producirse, por lo que sería adecuado realizar las labores a una velocidad lo más alta posible.

Número de pasadas de la maquinaria: a mayor número de pasadas, mayor es la compactación que se produce en el suelo.

- Profundidad de trabajo del implemento de laboreo de suelos: el extremo inferior de cualquier implemento de laboreo de suelos va a ejercer un esfuerzo vertical sobre el suelo, por lo que la mantención de una misma profundidad de laboreo va a producir la compactación del suelo bajo esta profundidad (pie de arado), por lo que es recomendable variar la profundidad de las labores.

2.6 RUEDAS

Con cualquier tipo de llanta se deben cambiar las ruedas de un lado del tractor al lado opuesto. Si se invierten las ruedas y se las deja en el mismo lado los rebordes de los neumáticos quedan apuntando en dirección opuesta a la debida. Esto puede dañar la superficie de los neumáticos, especialmente si se remolcan cargas pesadas.

De este modo, las ruedas neumáticas de los “tractores agrícolas” tenían una superficie adherente de rodaje cuya fuerza de tracción, en suelos no demasiado mojados, correspondía aproximadamente a la de las ruedas de garra, aun cuando su resistencia a la rodadura disminuyo considerablemente. Como las ruedas neumáticas permitieron marchas tanto sobre el terreno de labor como por los caminos, se inicio con ellas un rápido desarrollo en el cual fueron incluidos todos los vehículos de transporte y maquinarias agrícolas.

Hasta el año 1933 los tractores agrícolas estuvieron equipados con ruedas de garras. Estas proporcionaban ciertamente una elevada fuerza de tracción, incluso en terrenos resbaladizos, pero no permitían la marcha por los caminos sin peligro para estos y para el vehículo, de tal manera que al tractor le quedo reservado exclusivamente el trabajo en cierta labor. Por lo tanto, solo pudieron emplearse en las grandes explotaciones, en las cuales la potencia mas pequeña era de unos 25 PSI.

Las ruedas de los tractores están hechas de hierro colado o acero. La mayoría de las ruedas traseras tienen discos de hierro colado y mazas con llantas de acero, aunque algunos tractores tienen ruedas totalmente de acero. La mayoría de las delanteras son de acero pero algunas están hechas con ruedas internas de fierros internas de hierro colado y llantas externas de acero.

El neumático está sujeto en la llanta metálica, que a su vez está sujeta al disco de la rueda y consta de la cubierta y la cámara. Esta última es de paredes delgadas de goma y tiene forma tórica; su misión es contener el aire a presión estando conectada con el exterior mediante una válvula. Rodeando a la cámara está situada la cubierta más resistente, la cual consta de los elementos siguientes (figura 2.4).

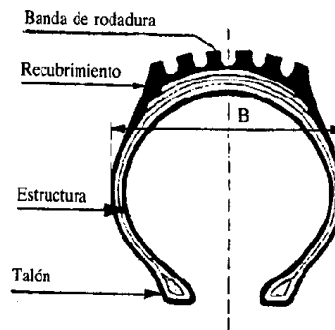


Figura 2.4 Elemento que forman un neumático

Estructura, compuesta por una serie de capas resistentes y flexibles al mismo tiempo, de tejidos de cuerdas o hilos metálicos llamadas “lonas” y que es la encargada de soportar la carga. El número de lonas o capas (en inglés “Ply Rating” o PR) varía normalmente de 2 a 10”.

- Recubrimiento, que protege la estructura mediante una envoltura de caucho vulcanizado duro.
- Banda de rodadura, formada por los nervios o perfiles exteriores, con objeto de reducir el resbalamiento.
- Talones o pestañas, que son los extremos rígidos del neumático para asegurar su unión con la llanta.

Las dimensiones de un neumáticos vienen dadas por la anchura nominal B y el diámetro de la llanta D, en pulgadas (1" = 25.4 mm) en la forma B-D, B es el ancho aproximado, medido cuando el neumático esta montado en una llanta ancha o normal. Antiguamente se expresaban con dos cifras sin decimales (ejemplo: 11-36"), por corresponder a llantas normales, pero actualmente se expresa el valor B para llantas con una cifra decimal, es decir para el mismo neumático anterior: 12,4/36". Los fabricantes suministran tablas donde se expresan las dimensiones, el número de lonas ("Ply Rating") y la capacidad de carga del neumático para distintas presiones tabla 2.2.

Actualmente la construcción de cubiertas normales (estructuras con hilos diagonales) o *radiales* (hilos radiales) no sigue la misma pauta que antiguamente por lo que el numero "PR" indica su mayor o menor capacidad de soportar presiones elevadas y la capacidad de carga.

La capacidad de carga de un neumático es el peso que puede soportar para una presión dada y un límite de velocidad establecido. Depende fundamentalmente de su resistencia, dada sobre todo por el numero "PR", y el volumen de aire que encierra, por lo que aumenta mas con el ancho del neumático que con su diámetro exterior.

**Tabla 2.2 Especificaciones para neumáticos de ruedas motrices de tractor
(valores medios de varios fabricantes)**

Denominación del Neumático (Pulg)	PR ("PI y Rating")	Dimensiones en mm.				Capacidad de carga de los neumáticos (N) para una velocidad máxima de 30 km/h a distintas presiones.		
		Anchura		Radio (1)	Radio (2)	0,8 bar	1 bar	1,5 bar
		Sin carga	Con carga	Radio (3)	índice			
8,3 – 28	4 – 6	210	538	515	523	10.300	12.900	
8,3 – 32	4 – 6	210	595	550	565	10.000	11.000	13.500
9,5 – 32	4 – 6	242	619	578	595	13.800	17.700	
9,5 – 36	4 – 6	242	670	628	645	14.500	18.500	
11,2 – 28	4 – 6	284	595	542	565	16.000	20.000	
12,4 – 28	4 – 6	315	627	577	590	20.000	24.000	
12,4 – 32	4 – 6	315	676	631	645	21.000	25.000	
12,4 – 36	6	315	723	674	695	21.500	27.000	
14,9 – 30	6	378	687	655	660	27.000	34.500	
18,4 – 30	8	467	756	685	725	35.000	39.500	50.000

Los tractores de ruedas actuales van provistos de ruedas con neumáticos. Una rueda de neumáticos esta constituida por: el armazón, a su vez constituido por un disco va también sujeta con tornillos de llanta de acero estampado; el conjunto neumático va montado sobre la llanta y esta constituido por una cámara en forma de anillo hueco, cuya misión es amortizar las irregularidades de la rodadura mediante las propiedades que para ello ofrece el aire encerrado herméticamente a moderada presión. Como esta cámara es de paredes muy delgadas y no tiene ninguna resistente y que a su vez asegura la adherencia de la rueda con el suelo. Aunque estas cubiertas tienen ciertas misiones comunes, otras son diferentes y depende de que estén situadas en las ruedas directrices o en las ruedas motrices, por lo que las cubiertas de ambos tipos presentan grandes diferencias en cuanto a tamaño, constitución y forma de banda de rodaje.

2.6.1 Constitución de las ruedas neumáticas

Las ruedas neumáticas generalmente están constituidas por una cubierta, una cámara (siempre que la cubierta no sea del tipo de las “sin cámara”, autotaponable) y de una llanta con disco o con radios. La cámara encierra el aire utilizado como elemento amortiguador y la cubierta protege a la cámara de daños exteriores y transmite las fuerzas al suelo, mientras que la llanta sirve para la unión y transmisión de fuerzas y momentos entre los neumáticos y el vehículo. A lo largo del tiempo, la constitución de los neumáticos, la forma de sus bandas de rodadura y la calidad de la goma o caucho se fueron mejorando, variando también la forma de las llantas. En los tractores agrícolas se utilizan actualmente neumáticos de ruedas motrices para “llantas anchas”, ya que con ellas, a causa de sus pequeños talones, es más fácil el montaje y los neumáticos son menos recargados por las fuerzas laterales que cuando se emplean las “llantas de base hundida”, que eran corrientes antiguamente (57). Neumáticos para llantas de base hundida de ruedas motrices, solamente se encuentran hoy en determinadas medidas para el repuesto de modelos viejos.

2.6.2 Estructura de la cubierta

La cubierta está constituida por una carcasa embebida y recubierta por caucho. La carcasa está formada por la superposición de telas que van de “talón a talón” (véase figura 2.5), rodeando los “aros” metálicos que hay en el interior de estos. Estas telas, normalmente denominadas lonas, son de un tejido cuyas fibras tienen gran consistencia y son altamente resistentes a la flexión. Según la dirección que siguen las fibras de las telas en relación con los aros metálicos, la cubierta se denomina “diagonal o convencional” cuando las fibras son oblicuas a los aros, y “radial” cuando las fibras son perpendiculares a los aros. En la figura 2.5 se ve una cubierta “diagonal”.

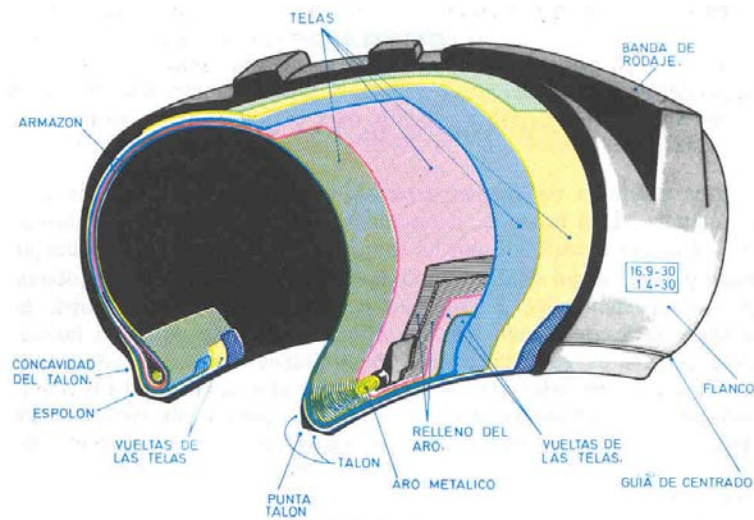


Figura 2.5 Cubierta

Las telas van unidas unas a otras por medio de caucho y envuelven al aro metálico terminando en una vuelta-solapa. Sobre este hay, además, unas telas de relleno (figura 2.5) para dar solidez al talón.

En la parte correspondiente a la banda de rodaje la carcasa lleva unas telas suplementarias para aumentar su consistencia.

Sobre la parte exterior de la carcasa se aplica una capa de caucho que constituye los “flancos” en las partes laterales, y la “banda de rodaje” en la parte periférica, llevando esta última unos altibajos que, en su conjunto dan lugar al “dibujo” de la cubierta.

2.6.3 Elementos de la cubierta

La cubierta consta de los siguientes elementos:

- **Estructura**, formada por una serie de capas y flexibles al mismo tiempo, de tejidos que en un principio fueron de algodón y que actualmente son de hilos metálicos llamados lonas, la resistencia de dichas capas viene expresado por el “Ply Rating” o PR y da una idea de las cargas que puede soportar el neumático; suele variar entre 2 y 10.

- **Recubrimiento**, se encarga de proteger a la estructura por medio de una envoltura de caucho vulcanizado duro.

- **Banda de rodadura**, se trata de la zona de contacto entre el neumático y el terreno, en ella se encuentran los nervios, garras o talones encargados de evitar el deslizamiento, la forma de dichos talones es fundamental. Si las garras se encontrasen de forma paralela al eje de la rueda, esta obtendría la mayor tracción posible, pero al cabo de unas pocas vueltas el espacio entre garras se llenaría de tierra y empezarían a patinar las ruedas. El otro extremo es el caso de las garras en posición perpendicular al eje de la rueda; la tierra sería evacuada inmediatamente, pero la capacidad de tracción del neumático sería extremadamente baja. Por todo ello se ha llegado a una solución de compromiso, situando las garras entre ambas posiciones, es decir formando aproximadamente 45° con el eje de la rueda, si bien existen variaciones de una marca a otra.

- **Talones o pestañas**, son los encargados de fijar el neumático a la llanta. También sirven de principio y fin para la fijación de las lonas, para lo cual tienen en su interior un alambre que les da rigidez.

2.6.4 Dibujo de la cubierta

Los dibujos que llevan las cubiertas son muy diferentes, según los trabajos que estas vayan a realizar.

Cuando se trata de cubiertas para ruedas directrices el dibujo esta constituido por unos resaltes longitudinales de una cierta profundidad, con el fin de asegurar en todo momento la dirección que queremos que siga el tractor, sobre todo, en los virajes.

Cuando se trata de ruedas motrices, los resaltes van dispuestos en formar de una V que no llegan a unir sus ramas por el vértice y con este situado en la parte central de la banda de rodaje. Cuando se monta la cubierta en la rueda, debe hacerse de forma que la cuña que marca la V este dirigida en el sentido en que gira la rueda, lo que le da a esta una mayor adherencia al suelo, pues los resaltes así dispuestos tienden a expulsar la tierra movida hacia la parte exterior de la cubierta manteniéndose limpias las canales entre los resaltes. Si se montaran las cubiertas en la posición contraria, los resaltes tenderían a meter la tierra hacia el centro de la cubierta, llenando las canales antes dichas con más facilidad y comportándose entonces la rueda como si fuese lisa, pues se anula el efecto de agarre de su dibujo.

El “dibujo” influye mucho en la duración de los neumáticos, por lo que al elegirlo es preciso tener en cuenta que nos interesa de su desgaste sea lo menor posible, lo cual exige una superficie de rodamiento relativamente cerrada. Los neumáticos delanteros están provisto de costillas a su alrededor con objeto de mejorar la deriva lateral. Estas costillas pueden ser a veces interrumpidas. Cuando existe tracción delantera, su dibujo semeja al de las ruedas motrices traseras.

El desgaste de las superficies de rodamiento aumenta cuando la presión interna no es la correcta, cuando los neumáticos mas carga de la debida y cuando las ruedas no tienen la inclinación adecuada. Un desgaste de forma de dientes nos indica que la carga ha sido demasiado grande o que la presión ha sido demasiado pequeña. Ambas circunstancias influyen desfavorablemente, como también una presión excesiva, especialmente en viaje largos por caminos.

Dándose cuenta a tiempo de los desperfectos, pueden estos ser corregidos con poco gasto. Para ello, los neumáticos deben ser examinados exteriormente en periodos cortos de tiempo e interiormente una vez al año, desmontándose de las llantas para comprobar posibles roturas. Para evitar que los neumáticos se estropeen no deben descansar largo tiempo sobre aceite, charcos de grasa o de purín. La duración de los neumáticos de tractor agrícola varía de 6 a 10 años, según las condiciones de trabajo. Generalmente al cabo de 4 a 5 años están desgastados que es preciso recaucharlos. La duración, después de esta renovación de la banda de rodadura, es de 2 a 4 años.

2.6.5 Cámara

La cámara es un tubo tórico cerrado de caucho flexible y de baja porosidad, con el fin de mantener confinado el aire a presión en su interior. Como se ha indicado previamente la cámara puede o no existir. Unida a ésta se encuentra la válvula de inflado. Por último y rodeando a la cámara se encuentra la cubierta, debido a su importancia, en el siguiente punto se describen sus componentes.

Como ya se ha dicho, la cámara debe mantener el aire cerrado herméticamente, a una cierta presión, en el interior de la cubierta, con el fin de que esta tenga un efecto amortiguador y de que se adapte, por su plástica flexibilidad, a las protuberancias del terreno.

Está constituida por una capa fina de goma fabricada en forma de anillo hueco. En un punto de ella va situada la válvula que permite la entrada o salida de aire al interior de la cámara. Dentro de la válvula va enroscada la pieza de cierre de la cámara denominada “obús”

2.7 LLANTA

Su misión es sustentar y dar apoyo al conjunto del neumático (cubierta y cámara). Es una pieza de acero estampado en cuyas partes mas externas presenta unos resaltes llamados “pestañas” dentro de los cuales se alojan los talones de la cubierta. Por su parte interna, y soldadas a ella, van unas piezas llamadas “orejas” mediante las cuales y por medio de tornillos se sujeta al disco.

La llanta, en un punto, tiene un orificio por el cual pasa la válvula de la cámara.

2.7.1 Dimensiones de un neumático

Vienen dadas por la **anchura nominal B** y el **diámetro de la llanta D**, expresados en pulgadas (1"=2,54 cm), en la forma B-D. Los fabricantes aportan tablas donde se expresan distintas características:

- Denominación del neumático: B-D
- PR
- Radio sin carga: se trata del radio del neumático hinchado y sin soportar carga.
- Radio con carga: es el que se obtiene al soportar el neumático su capacidad de carga a la presión de 0,8 bar.
- Radio índice: se trata de un valor normalizado utilizado para distintos cálculos.
- Capacidad de carga en función de distintas velocidades máximas y presiones de inflado: se trata del peso que puede soportar para una presión dada y un peso establecido (Tabla 2.2).

2.7.2 Tipos de neumáticos

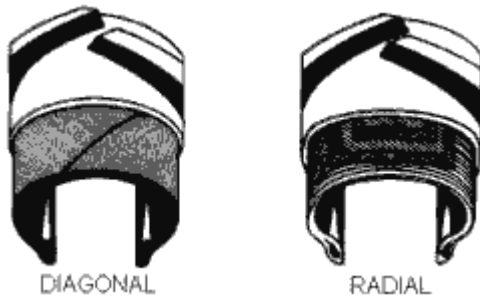


Figura 2.6 Tipos de neumáticos

Existen dos tipos de neumáticos para tractores agrícolas, en función de la disposición de las lonas de la estructura, a saber:

- **Diagonales** o convencionales, formados por capas con hilos orientados entre 40 y 45° con respecto al plano medio del neumático. Este tipo de cubierta presenta igual resistencia en toda la banda de apoyo, teniendo una relación altura/anchura de balón superior al 85 %. Presentan una menor superficie de apoyo y sus presiones de inflado se sitúan por encima de 0,7 – 0,8 bar.

- **Radiales** o de bajo perfil, constituidos por capas con hilos de acero dispuestos perpendicularmente al plano del neumático tendidos de un talón a otro. Se da una relación altura/anchura de balón de entre el 65 y el 75 %.

También provoca que la banda de rodadura quede totalmente rígida con una gran flexibilidad en los flancos, debido a esta característica, la resistencia al avance es menor en este tipo de neumáticos, así como la compactación inducida en el terreno.

Existen algunos neumáticos como los serie 70 de Pirelli que presentan una relación altura/anchura de balón especialmente baja, consiguiéndose una mayor superficie de contacto, lo cual provoca un aumento de la adherencia y una menor compactación del suelo.

Tabla 2.3 Código de velocidades

CODIGOS DE VELOCIDAD (km/h y mph)														
Códigos de velocidad	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B	C	D	E	F	G
km/h	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	65	70	80	90
mph	3	6	9	12	16	19	22	25	31	37	40	43	50	56

Tabla 5.- Variación porcentual de la capacidad de carga de un neumático en función de la velocidad de utilización (porcentaje de la carga indicada por el índice correspondiente)

Velocidad (km/h)	Símbolo de categoría de velocidad			
	A2	A6(+)	A8(+)	D(+)
5	-	+70	+70	+70
10	0	+40	+50	+50
15	-6	+30	+34	+34
20	-11	+20	+23	+23
25	-16	+7	+11	+18.5
30	-20	0	+7	+15
35	-24	-10	+3	+12
40		-10	0	+9.5
45			-4	+7
50			-9	+5
55				+3
60				+1.5
65				0
70				-9

(+) Cuando los neumáticos se utilizan en el campo transmitiendo elevados pares de fuerza de manera sostenida, se recomienda utilizar los valores de 30 km/h.

2.7.3 Disco

La misión del disco es unir la llanta de la rueda al plato del eje de giro.

Es una pieza de acero con una cierta conicidad o concavidad en el caso de las ruedas motrices, que en su parte periférica lleva unos orificios donde se sujeta la llanta, y en su parte central lleva otros orificios donde, por medio de tornillos, se sujeta el disco al plato del eje.

2.7.4 Medidas de la rueda

En los flancos de las ruedas van marcadas las medidas de las mismas.

Estas medidas son tres: las que se refieren a las dimensiones de la cubierta, las que se refieren a las dimensiones de la llanta, y la que se refiere a la carga que puede soportar la cubierta.

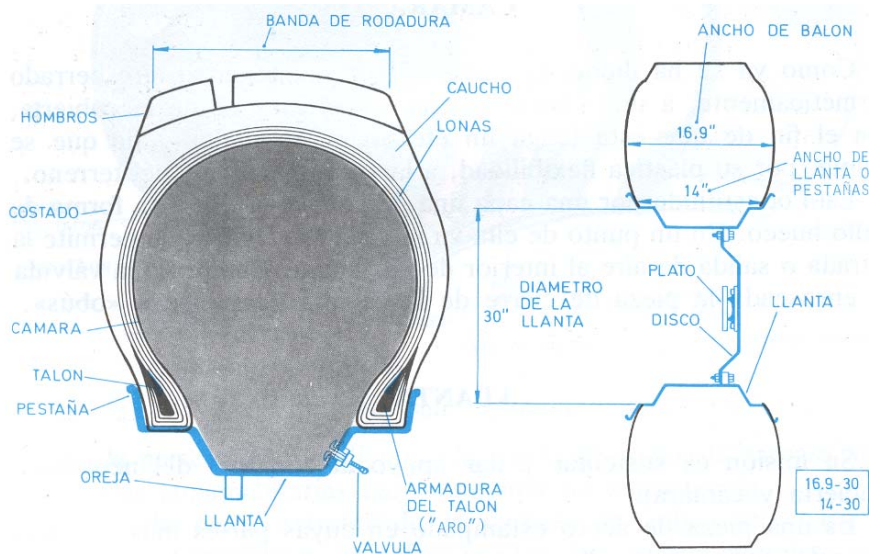


Figura 2.7 Componentes y medidas de una rueda.

Por ejemplo (fig. 2.7, esquema de la derecha), una cubierta que lleve los siguientes números:

16.9" - 30"/14" - 30"

Nos indica que la cubierta tiene un "ancho de balón" de 16,9 pulgadas y un diámetro de talones de 30 pulgadas; esa cubierta se monta en una llanta que tiene una "anchura de pestañas" de 14 pulgadas y un diámetros de 30 pulgadas (1 pulgadas = 25,4 mm).

Hay que tener en cuenta que en una misma llanta se pueden montar cubiertas con diferentes anchos de balón, si bien el diámetro de talones debe ser igual en todas ellas.

La carga que puede soportar la cubierta dependerá de su constitución, en cuanto al número de telas y al material de estas, y de la presión de inflado de la rueda.

En las ruedas aparece un número, generalmente 6 u 8 y algunas veces 10, seguido de las iniciales PR o bien de las palabras "Ply Ranking" que es el que indica la carga que puede soportar la cubierta.

Se dice normalmente que una cubierta tiene 6, 8 o 10 telas (lonas) lo cual no es correcto. Hay que tener en cuenta que, inicialmente, las telas de las cubiertas eran de fibra de algodón que tenía una resistencia definida y perfectamente conocida, y entonces si coincidía el número PR con el número de telas. Hoy en día se emplean fibras artificiales que realmente lleva la cubierta, puesto que ésta será indefectiblemente menor. Se conserva, sin embargo, este número PR y, actualmente, indica que la cubierta tiene la misma resistencia que si estuviera constituida por ese número de telas de algodón, y no indica el número de telas de los materiales distintos al algodón, que en realidad tiene la cubierta.

2.7.5 Nomenclatura

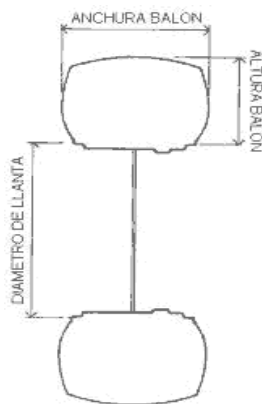


Figura. 2.8 Nomenclatura

Tabla 2.4 Códigos de presiones e inflados

TABLA 1	
Código de presiones	Presiones de inflado
*	≈ 1,6
**	≈ 2,4
***	≈ 3,2

Anteriormente en el apartado dimensiones de un neumático se ha indicado la forma más usual de designar a éste; a continuación se analizan todos los elementos que caracterizan un neumático de acuerdo con las normas internacionales.

- **Anchura nominal (B):** es la anchura entre flancos del neumático inflado sin apoyar, en pulgadas.

- **Diámetro de la llanta (D):** es la distancia entre los resaltes de la llanta donde van apoyados los talones del neumático, en pulgadas.

- **Radio sin carga (R):** es la mitad de la distancia entre los extremos del balón cuando el neumático está inflado y no cargado.

- **Radio con carga (R'):** es la distancia entre el centro del disco y el extremo del balón cuando el neumático está inflado y cargado.

- **Relación de forma:** como ya se ha indicado, es la relación entre la altura y la anchura del balón, en función de esta característica se puede establecer la siguiente clasificación: normal o estándar (relación de forma $\approx 100\%$), base ancha o de bajo perfil (75 – 85 %), base extra ancha (60 –70 %).

- **Características dimensionales:** además de la forma de designación B-D en pulgadas pueden utilizarse otras formas diferentes, veamos las con unos ejemplos:

- 16.9 R 34.6 PR: 16.9, anchura de balón en pulgadas; R, radial; 34, diámetro de la llanta en pulgadas; 6 PR, índice de resistencia, por lo general aparece solo en los neumáticos diagonales, en los radiales se suele usar el índice de carga.

- 520/70 R 38 (20.8/70 R 38) * 150 A8: 520, anchura de balón en mm; 70, relación de forma; R, radial; 38, diámetro de la llanta en pulgadas; (20.8/70 R 38), forma antigua de designación; *, presión de funcionamiento (Tabla 2.4); 150, índice de carga que representa la capacidad de carga (Tabla 2.5), sustituye al índice de resistencia PR; A8, código de velocidad: velocidad máxima recomendada para el neumático en relación con la carga que soporta (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Relación entre el índice de carga y la capacidad de carga

índice	Kg	índice	kg	índice	kg	índice	kg	índice	kg
60	250	86	530	112	1120	138	2350	164	5000
61	257	87	545	113	1150	139	2430	165	5150
62	262	88	560	114	1180	140	2500	166	5300
63	725	89	580	115	1215	141	2575	167	5450
64	260	90	600	116	1250	142	2650	168	5600
65	290	91	615	117	1285	143	2725	169	5800
66	300	92	630	118	1320	144	2800	170	6000
67	307	93	650	119	1360	145	2900	171	6150
68	315	94	670	120	1400	146	3000	172	6300
69	325	95	690	121	1450	147	3075	173	6500
70	335	96	710	122	1500	148	3150	174	6700
71	345	97	730	123	1550	149	3250	175	6900
72	365	98	750	124	1600	150	3350	176	7100
73	365	99	775	125	1650	151	3450	177	7300
74	375	100	800	126	1700	152	3550	178	7500
75	387	101	825	127	1750	153	3650	179	7750
76	400	102	650	128	1800	154	3750	180	8000
77	412	103	675	129	1850	155	3850	181	8250
78	425	104	900	130	1900	156	4000	182	8500
79	437	105	945	131	1950	157	4125	183	8750
80	450	106	950	132	2000	158	4250	184	9000
81	462	107	975	133	2060	159	4325	185	9250
82	475	108	1000	134	2120	200	4500	186	9500
83	487	109	1030	135	2180	201	4625	187	9750
84	500	110	1060	136	2240	202	4750	188	10000
85	515	111	1090	137	2300	203	4875	189	10300

MICHELIN 710/75 R 34 X M28 168 A8 165 B Tubeless Radial ⇒: MICHELIN, marca del fabricante; 710, anchura del balón en mm; 75, relación de forma; R, radial; 34, diámetro de la llanta en pulgadas; X, Radial Michelin X ®; M 28, tipo de estructura; 168 A8, índice de capacidad de carga para una velocidad A8; 165 B, índice de capacidad de carga para una velocidad B; Tubeless, neumático sin cámara; Radial, tipo estructura; ⇒, sentido correcto de la rotación del neumático.

Pirelli TM 800 600/65 R 38 157 A8 154 B Tubeless ⇒: Pirrelli, nombre del productor; TM 800, nombre de la banda de rodaje; 600, ancho de balón en mm; 65, relación de forma; R, radial; 38, diámetro de la llanta en pulgadas; 157 A8, índice de capacidad de carga para una velocidad A8; 154 B, índice de capacidad de carga para una velocidad B; Tubeless, neumático sin cámara; ⇒, la flecha indica el sentido de rotación del neumático con el vehículo en condiciones normales de marcha.

La nomenclatura de los neumáticos se hace por lo general indicado aproximadamente el ancho de los mismos y el diámetro de la llanta. Las medidas suelen expresarse en pulgadas inglesas, habiéndose adherido la industria alemana a las normas internacionales. A veces las medidas de los neumáticos de los remolques agrícolas se expresan en mm. Los neumáticos de tractores agrícolas para llantas anchas se denominan con dos cifras sin decimales, por ejemplo, 10-28. Por el contrario, los de llanta de base hundida se relacionan con dos cifras decimales, como por ejemplo, 6,00- 16. Los neumáticos americanos ya mencionados para llantas extraanchas se conocen por que solo llevan una cifra decimal, así: 12,4/11-36. En ellos, el número que viene detrás de la barra indica el ancho aproximado del neumático para llanta ancha normal. Además del tamaño, en determinados tipos de neumáticos se añaden algunas letras. Así, por ejemplo, en Alemania, AS indica neumáticos para ruedas motrices de tractores agrícolas y neumáticos para ruedas delanteras de los mismos.

2.8 CUIDADOS A LOS NEUMÁTICOS

Para el buen funcionamiento y mayor duración de los neumáticos hay que tener una cuenta una serie de cuidados de los que, los mas fundamentales son: presión de inflado, tenerlos limpios de sustancias extrañas y evitar los patinamientos de las ruedas.

2.8.1 Presión de inflado

La presión a que deben ir inflados los neumáticos es uno de los puntos importantes que acabamos de citar, pero por desgracia, generalmente, es poco tenido en cuenta por la mayoría de los tractoristas que atribuyen el excesivo desgaste de los neumáticos o su rotura, a una mala calidad de los mismos.

Vamos a analizar que sucede cuando los neumáticos llevan mucha o poca presión.

Cuando las ruedas llevan **MUCHA PRESIÓN** se produce:

- Una pérdida de tracción, o sea, que las ruedas patinan con más facilidad perdiendo fuerza el tractor.
- Al patinar la cubierta sobre el suelo, que es una superficie rugosa y dura, se desgasta la banda de rodaje excesivamente ya que al estar demasiado hinchado el área de contacto del neumático sobre el terreno varía de forma y extensión, y las presiones de apoyo se concentran de la línea media de la banda de rodaje, la cual por lo tanto, se desgasta mucho más rápidamente.
- El tractor se hunde más en el terreno, facilitando, por tanto, el quedarse atascado.
- El tractor consume más combustible para realizar el mismo trabajo como consecuencia de la pérdida de tracción.

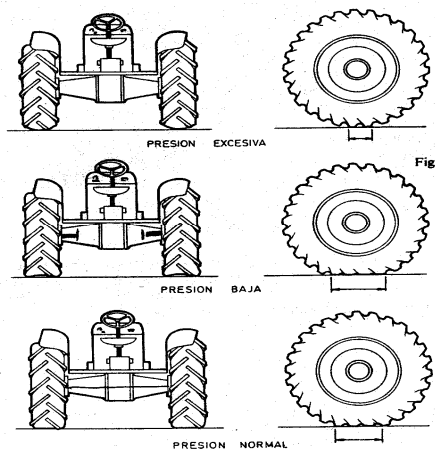


Figura 2.9 Presión de los neumáticos

Por el contrario, cuando una rueda lleva **POCA PRESIÓN** pueden ocurrir estas cosas:

- Que llanta y neumático no están solidarios entre si y que, por tanto, puedan girar deslizándose uno sobre el otro, arrancándose de cuajo la válvula de la cámara.
- Que se rompan las telas por fatiga, debido a la excesiva flexión a que están sometidas.
- Que se produzca un desgaste irregular de la banda de rodaje ya que, al contrario que en el caso de mucha presión, las presiones de apoyo se concentran a los lados de la banda de rodaje, que, por lo tanto, se desgastan más rápidamente perjudicando la duración de toda la cubierta.
- Disminuye el radio de rodadura y, por consiguiente, disminuye también la velocidad de avance.
- Hay más facilidad para que se produzcan cortes por las piedras en los flancos de las cubiertas.

Por lo siguiente, los neumáticos no deben llevar ni poca ni muchas presión. La presión que deben llevar nos la marca el fabricante del tractor en el << Manual de instrucciones >>, según el tipo de neumáticos y en general oscila entre $0,8 \text{ kg/cm}^2$ y $1,5 \text{ kg/cm}^2$ y $2,5 \text{ kg/cm}^2$ para las ruedas directrices.

Hay que tener en cuenta que la presión de las ruedas motrices de un tractor no puede ser la misma cuando esta durante una temporada trabajando en el campo, que cuando durante otra temporada se dedica al transporte por caminos y carreteras.

Cuando se esta trabajando en el campo la presión de las ruedas motrices suele oscilar entre $0,8$ y $1,1 \text{ kg/cm}^2$, que, como vemos, es mas baja dentro de los limites que hemos marcado. De esta forma se aumenta la base de apoyo del neumático sobre el suelo, consiguiendo un mejor agarre y evitando, en lo posible, el patinamiento.

Por el contrario, cuando se hagan trabajos por los caminos o carreteras, la presión debe ser cercana a $1,5 \text{ kg/cm}^2$, ya que en este suelo no va a haber patinamiento y si las ruedas van con poca presión se somete a las cubiertas a una fatiga extra por flexión excesiva, debido a la mayor velocidad a que se circula por las carreteras.

La presión se mide con un manómetro apropiado, y deberá hacerse siempre cuando las ruedas estén frías, ya que en caliente el aire se dilata y nos dará una presión más alta de la que en realidad tendrán cuando no estén calientes.

2.9 Limpieza de los neumáticos

Los neumáticos deben lavarse exteriormente con frecuencia, sobre todo, cuando el tractor esta trabajando con productos químicos (abonos, herbicidas, etc.) ya que estos atacan a la goma secándola y cuarteándola.

También daña notablemente a los neumáticos el estar en contacto con grasa, aceites o gas-oil, ya que estas sustancias son disolventes del caucho y descomponen las cubiertas.

2.9.1 Evitar el patinamiento

El patinamiento es una de las cosas que más acortan la vida de los neumáticos, y por tanto, deben evitarse.

Así, pasar de un patinamiento del 10% al 25% significa perder un 15% del trabajo, consumiendo el mismo combustible y tardando más tiempo en finalizar la labor.

Para reducir el patinamiento se recomienda:

- Sustituir a tiempo los neumáticos desgastados.
- Lastrar especialmente el tractor para labores que precisan fuerte tracción.

- Utilizar la presión de inflado de los neumáticos recomendada para trabajar en campo.

- Evitar el empleo de aperos que necesitan demasiada tracción para el tamaño del tractor disponible.

El mejor resultado se consigue cuando las pérdidas por rodadura y por patinamiento son bastante similares, lo que se detecta observando la huella de las ruedas motrices, de manera que una huella totalmente borrosa es indicadora del alto patinamiento, por lo que es necesario lastrar el tractor si se quiere mantener el esfuerzo de tracción que el apero necesita, mientras que una huella muy marcada indica que el tractor utiliza un lastre excesivo para el esfuerzo de tracción que realiza.

La experiencia pone de manifiesto que en las condiciones habituales de trabajo de los tractores agrícolas, las pérdidas por rodadura y deslizamiento son casi unos 10 % mayores de las que deberían producirse con el tractor bien lastrado, aumentando el consumo de combustibles en la misma proporción.

Para tratar de evitarlos se realizan varias prácticas. Unas de ellas es colocar grandes pesos sobre la plataforma del tractor para que al obligar a las ruedas a hincarse más fuertemente contra el suelo, agarren mejor; otra es colocar contrapesos en las llantas de las ruedas motrices; y otra, por último, efectuar el hidroyado de las ruedas con agua en el interior de los neumáticos motrices.

De estas prácticas las dos primeras no son muy aconsejables ya que supone para el tractor arrastrar un peso muerto cargado sobre su eje trasero, desgastando los cojinetes por el sobrepeso y dañando también las telas de las cubiertas por exceso de flexión.

2.9.2 Duración de los neumáticos agrícolas

Hay muchos factores que influyen en la duración de los neumáticos de los tractores y maquinas agrícolas, tales como (1) tipo de utilización,(2) sistema de laboreo, (3) desgaste por rozamiento, (4) cortes y desconchados, (5) pinchados inadecuada, (8) horas de empleo al año, y (9) cuidados.

Hay muchos tipos de neumáticos para tractores, adecuados para distintas situaciones. Los neumáticos varían en contracción y diseño de la superficie.

No hay reglas “universales” para usar o no usar neumáticos dobles. Cada situación particular debe examinarse para determinar la conveniencia de su uso. Debe consultarse al distribuidor del tractor antes de instalar neumáticos dobles, para asegurarse de que los componentes del tren de transmisión pueden soportar el esfuerzo adicional.

2.10 Potencia en los tractores agrícolas

En un tractor se diferencian 4 tipos de potencias:

2.10.1 Potencia en la barra de Tiro

Es la potencia que el tractor desarrolla en las llantas motrices o carriles para moverse a sí mismo y al implemento o carga acoplado al tractor ya que éste requiere un Tiro (fuerza paralela a la dirección de desplazamiento del implemento).

Esta fuerza de tiro es igual a la suma de las resistencias del suelo y del cultivo y la resistencia al rodamiento del implemento.

$$\therefore \text{Tiro (lb)} = F (\text{suelo})(\text{lb}) + F (\text{cultivo})(\text{lb}) + F (\text{R.r}) (\text{lb})$$

La resistencia del suelo y el cultivo es la fuerza paralela a la dirección del movimiento, resultante del contacto entre el suelo y el cultivo y la componente del trabajo del implemento.

$\therefore F(\text{suelo}) + F(\text{cultivo}) = (\text{Tiro Unitario}) * (\text{Tamaño de la máquina ó Valor de rendimiento})$

ó $F(\text{suelo}) + (\text{cultivo}) (\text{lb}) = (\text{Tiro Unitario}) (\text{lb/pié}) * (\text{Ancho de la máquina}) (\text{pié})$

Tabla 2.6 Promedio de tiro unitario para algunas maquinas agrícolas

Implementos	Tipos de suelos	Peso del suelo	Área
Arados	Suelos Livianos	0.21-0.42 Kg/cm	Sección ó área
	Suelos Medianos	0.35-0.63 Kg/cm	Sección ó área
	Suelos Pesados	0.56-0.98 Kg/cm	Sección ó área
Rastrillos	Un cuerpo	79-149 Kg/m	ancho
	Tandem 4 cuerpos	149-268 Kg/m	ancho
	Offset 2 cuerpos	298-372 Kg/m	ancho
	Cuatro cuerpos	298-372 Kg/m	ancho
	pesado		
	Dientes rígidos	29-89 Kg/m	ancho
	Dientes flexibles	112-220 Kg/m	ancho
Sembradoras	Surcos	45-82	por tolva
	Granos (chorro)	45-119 Kg/m	ancho
Cultivadoras	Surcos	12-24 Kg/macho * cm de profundidad	
	Rotatoria	15-27 Kg/macho * cm de profundidad	
Cosechadoras	Guadañadora	1.1-2.2 HP/m * ancho	
	Combinada Automotriz	6-10 HP/m*ancho	
	Combinada (T de f.)	6-15 HP/m*ancho	
	Cosechadora de Maíz	6-16 HP (T de f/Surco)	

2.10.2 La resistencia al rodamiento.

Es la fuerza paralela a la dirección del movimiento requerida para transportar un implemento del movimiento requerido para transportar un implemento sobre el suelo. Esta fuerza llega a ser apreciable cuando se usan implementos pesados en suelos blandos o sueltos.

En otras palabras es la fuerza que opone el terreno al giro de las ruedas. El vehículo no se moverá mientras no se venga esta fuerza.

Muchos factores determinan la resistencia al rodamiento. Los más importantes son:

- Fricción interna.
- Flexión en los neumáticos.
- Penetración en el suelo.
- Peso sobre las ruedas.
- Presión y diseño de los neumáticos.

Sobre esta base se ha preparado una fórmula para encontrar la resistencia al rodamiento en los vehículos con ruedas:

$$\text{Resistencia al Rodamiento (RR)} = \text{Peso sobre las ruedas} * \text{Factor RR}$$

Dado que las condiciones del terreno pueden variar infinitamente, existirá un número infinito de posibles Factores de Resistencia al Rodamiento. No obstante en la práctica sólo se consideran 5 factores principales para efectos de cálculo. Se pueden determinar factores intermedios mediante interpolación y cierta experiencia.

Tabla 2.7 Factores típicos de resistencia al rodamiento (R.R)

Tipo de Camino	Sistema Métrico	Sistema Inglés
Duro y parejo (pavimento de hormigón o bituminoso que no cede bajo el peso)	20 Kg/Ton	40 lb/Ton
Firme (Grava) algo ondulado y que cede un poco bajo la carga	32.5 Kg/Ton	65 lb/Ton
Nieve: Compacta	25 Kg/Ton	50 lb/Ton
Suelta	45 Kg/Ton	90 lb/Ton
De arcilla dura con surcos, que cede bastante bajo el peso. Se separa muy poco y no se ruega. La penetración máx. de los neumáticos es de 2-3cm	50 Kg/ton	100 lb/Ton
De tierra sin estabilizar, surcado y que cede mucho bajo el peso; los neumáticos se hunden de 10 a 15 cm.	75 Kg/ton	150 lb/Ton
Tierra blanda, fangosa y con surcos o arena	100-200 Kg/Ton	200-400 lb/Ton

Ejemplo: Cuál es la resistencia al rodamiento de un vehículo que pesa 1.800 Kg y marcha por una superficie dura y pareja, tal como una calle pavimentada?

$$\text{R.R} = \text{Peso sobre las ruedas} * \text{Factor R.R}$$

$$\text{R.R} = 1.8 \text{ Ton} * 20 \text{ Kg/Ton} = \mathbf{36 \text{ Kg}}$$

Pero, si la carretera es fangosa ó de tierra blanda y con surcos:

$$\text{R.R} = 1.8 \text{ Ton} * 75 \text{ Kg/Ton} = \mathbf{135 \text{ Kg}}$$

Cuando se trata de tractores de ruedas, la resistencia al rodamiento afecta al tractor y a la máquina remolcada, ya que ambas marchan sobre ruedas. Por lo tanto, para calcular la resistencia al rodamiento de cualquier combinación de tractor de ruedas y aforo remolcado, deben considerarse ambos pesos, así:

Peso sobre las ruedas = Peso del tractor + Peso remolcado + Carga

$R.R = \text{Peso sobre las ruedas} * \text{Factor R.R}$

Ejemplo: Cuál es la resistencia al rodamiento de un tractor cuyo peso es 1.800 Kg y tira un remolque de peso 1.000 Kg cargado con material cuyo peso es 500 Kg. Se asume un terreno de arena seca.

$R.R = (1.8 \text{ Ton} + 1.0 \text{ Ton} + 0.5 \text{ Ton}) * 150 \text{ Kg/ton}$

$R.R = 3.3 \text{ Ton} * 150 \text{ Kg/Ton}$

$R.R = \mathbf{495 \text{ Kg}}$

Otro factor que determina la resistencia al rodamiento y que determina la potencia requerida en la barra de tiro del tractor es la “Resistencia en las Pendientes”.

Esta es una fuerza de gravedad que debe vencerse cuando se marcha cuesta arriba. Actúa sobre el peso total de cualquier vehículo, ya sea de ruedas o de carriles.

O sea que:

Terreno plano Resistencia Total = Resistencia al Rodamiento

$$RT = R.R$$

Cuesta arriba Resistencia Total = Resistencia al Rodamiento +
Resistencia de la pendiente

$$RT = R.R + RP$$

Cuesta abajo Resistencia Total = Resistencia al Rodamiento -
Ayuda de la pendiente

$$RT = RR - AP$$

Donde:

$$RP \text{ ó } AP = (\text{Peso Total}) * 10 \text{ Kg/Ton} * \% \text{ inclinación}$$

Ejemplo: Un remolque de peso 600 Kg y cargado con 300 Kg es tirado por un tractor de llantas que pesa 1.800 Kg. Debe transportarse esa carga por un terreno de grava emparejada cuya pendiente es del 5%.

Cuál es la resistencia total ?

$$R_T = (600 \text{ Kg} + 300 \text{ Kg} + 1.800 \text{ Kg}) * 10 \text{Kg/Ton} * 5$$

$$R_T = 2.7 \text{ Ton} * 10 \text{ Kg/Ton} * 5$$

$$R_T = \mathbf{135 \text{ Kg}}$$

Como es evidente si la pendiente fuera hacia abajo, se requiere una fuerza de frenado de 135 Kg para contrarrestar dicho factor.

Debe tenerse en cuenta que los tractores de oruga ó carriles no presentan resistencia al rodamiento, ya que ellas llevan consigo sus propios caminos de acero, siempre parejos y firmes. Por lo tanto, no existen problemas de penetración de las ruedas, ni hay neumáticos que se flexionen. Solamente habría que considerar la fricción interna en el tren de fuerza y ésta, desde el punto de vista práctico, se puede despreciar.

$$RR \text{ Tractor oruga} = 0$$

En conclusión:

$$\text{Tiro Total} = (\text{Tiro Unitario} * \text{Tamaño de la máquina}) + (\text{Peso Total Máquina} * \text{Factor RR}) = (\pm R_p \text{ ó } A_p)$$

Estas combinaciones abarcan desde la de mínima velocidad y máxima tracción, hasta la de máxima velocidad y mínima tracción.

Los datos correspondientes a cada máquina, tanto de orugas como de llantas neumáticas, se indican en las especificaciones del fabricante.

Ejemplo:

Tabla 2.8 Diferencias entre fuerza de tiro y ruedas

Tractores de Carriles				Tractores de Ruedas			
		Fuerza en la barra de Tiro, Kg				Fuerza en las ruedas propulsadas, kg	
Velocidad	Km/h	Nominal	Máxima	Velocidad	Km/h	Nominal	Max
1 ^a	2.4	20.000	23.700	5 ^a	36.4	1980	2520

La diferencia entre “Fuerza en la barra de Tiro” y “Fuerza en las ruedas propulsadas” es sólo convencional, pues ambas se miden en Kg de tracción. La primera es fácil medirla mediante un dinamómetro, por ejemplo. En cambio, la segunda es muy difícil evaluarla, aunque si puede calcularse.

También se puede decir lo mismo de lo que es “Fuerza Nominal” y “Fuerza Máxima”:

La “**Fuerza Nominal**” es la tracción que ejerce el tractor cuando el motor ejerce su potencia nominal, a la velocidad especificada.

La “**Fuerza Máxima**” es el resultado del aumento del par motor bajo la carga, pero se obtiene a expensas de la disminución de la velocidad de marcha.

Con base en lo anterior, podemos concluir que para determinar la velocidad a la que un tractor puede tirar una carga se tiene que comparar el Tiro Total NECESARIO ($F_{\text{suelo}} + F_{\text{cultivo}} + F_{\text{resist. al Rodamiento}} \pm R_p \text{ o } A_p$) con la tracción a Tiro DISPONIBLE (según especificaciones) y luego elegir la combinación adecuada de engranajes en la caja de velocidades para seleccionar la velocidad. Como es natural se debe elegir la combinación que permita la velocidad más alta posible en relación con el tipo de trabajo:

Ejemplo:

El Tiro Total NECESARIO de un tractor para realizar un determinado trabajo es de 4540 kg. Si dicho tractor posee las combinaciones de tracción y velocidad que se indican a continuación cuál será la velocidad más adecuada?

Tabla 2.9 Fuerzas de tracción en las ruedas

Velocidad	Km/h	Fuerzas de Tracción en las ruedas	
		Nominal Kg	Máxima Kg
1 ^a	4.2	17.550	22.270
2 ^a	8.0	9.070	11.520
3 ^a	13.0	5.530	7.020
4 ^a	22.2	3.260	4.140
5 ^a	36.4	1.980	2.520

Debe ponerse en 3^a velocidad, pues la tracción nominal en las ruedas es **5.530 kg**.

Si el Tiro Total fuera de 5.530 Kg, por ejemplo, se debe elegir la 2^a velocidad, pues debe considerarse siempre la Tracción Nominal, ya que en esta forma queda disponible la reserva de potencia a la capacidad de tiro máxima, con el fin de salvar obstáculos en el terreno.

Pero la potencia DISPONIBLE en el tractor tiene algunas restricciones para poder saber cuál es la verdadera potencia UTILIZABLE, como son:

Tracción Efectiva o Agarre. Es la capacidad que tienen las ruedas o carriles para aferrarse a la superficie del suelo.

Altitud. Al aumentar, disminuye la presión atmosférica y baja la potencia de aspiración natural. Como es natural, se reduce la fuerza de tracción.

Uno de los factores más importantes que determinan la fuerza de tracción es el peso de la máquina misma.

2.10.3 Coeficientes de agarre para tractores

Tabla 2.10 Coeficiente de agarre para tractores

Tipo de Suelo	Neumáticos	Oruga
Hormigón	0.90	0.45
Arcilla y manga seca	0.55	0.90
Arcilla y manga mojada	0.45	0.70
Arena Seca	0.20	0.30
Arena Mojada	0.40	0.50
Cantera	0.65	0.55
Camino de grava suelta	0.36	0.50
Nieve compacta	0.20	0.25
Hielo	0.55	0.90
Tierra firme	0.55	0.90
Tierra suelta	0.45	0.60
Carbón Amontonado	0.45	0.60

Ningún tractor es capaz de ejercer una fuerza de tracción superior a su peso. En general, lo que determina la fuerza de tracción es el peso sobre las ruedas propulsadas. Por ejemplo, si en un automóvil corriente las ruedas propulsadas soportan el 40% del peso, sólo puede ejercer una fuerza de tracción equivalente al 40% de su peso total.

Para evaluar el factor de agarre correspondiente a las diversas características o condiciones del suelo, se han formulado los “Coeficientes de tracción efectiva o de agarre” que constituyen los porcentajes del peso sobre las ruedas propulsadas. Tratándose de neumáticos, el coeficiente de agarre en hielo es 0-12. Esto significa que la tracción en Kg de una máquina con neumáticos es el 12% del peso sobre las ruedas propulsadas.

$$\therefore \text{Potencia UTILIZABLE} = \text{Potencia DISPONIBLE} * (1-g)$$

Hay sin embargo, otro factor que afecta la potencia disponible:

La Altitud: Los motores turboalimentados mantienen toda su potencia a mayor altitud que los motores de aspiración natural. Consultar manuales de operación.

Cuando se trate de motores de aspiración natural y no se tiene información específica, se puede considerar una pérdida del 3% por cada 300m (1% en 100m) a partir de los 1.000m de altura.

2.11 Duración de los neumáticos agrícolas

Hay muchos factores que influyen en la duración de los neumáticos de los tractores y maquinas agrícolas, tales como (1) tipo de utilización,(2) sistema de laboreo, (3) desgaste por rozamiento, (4) cortes y desconchados, (5) pinchados inadecuada, (8) horas de empleo al año, y (9) cuidados. Hay muchos tipos de neumáticos para tractores, adecuados para distintas situaciones. Los neumáticos varían en contracción y diseño de la superficie.

2.11.1 Peso trasero

El peso efectivo sobre las ruedas traseras determina cuanto puede tirar el tractor en los engranajes bajos. La tracción en la barra de tiro es de 50 a 70 por ciento del peso efectivo sobre las ruedas, según el tipo de superficie sobre la que trabaje el tractor.

El peso efectivo es el peso total del tractor básico, el peso de las ruedas, el flujo de las ruedas y la transferencia de peso por implementos montados sobre el enganche.

Generalmente hay poco control de la superficie del terreno, de modo que hay que controlar el **patinamiento** agregando peso.

Los tractores varían considerablemente respecto al peso básico en proporción a la potencia del tractor. Los tractores de alta razón de potencia a peso necesitan más peso adicional que los que tienen un peso básico mayor. En la mayoría de los casos los tractores de alta razón de potencia a peso dependen de la transferencia de peso resultante de la acción del enganche, para lograr parte del peso efectivo sobre las ruedas.

El peso puede agregarse como hierro o como líquido. Ambas formas son igualmente efectivas. En muchos casos se necesitan ambas. El llenado de los neumáticos con líquido – una mezcla de agua y cloruro de calcio para evitar la congelación – es una tarea que debe realizar el distribuidor de tractores o una estación de servicio para neumáticos.

Las ruedas traseras se suelen llenar de 75 a 95 por ciento. Aunque con 95 por ciento son más pesadas, tienen menos capacidades amortiguadoras porque queda muy poco espacio de aire. Con 75 por ciento de fluido se obtiene mejor tracción y se mantiene la suavidad de la marcha.

El llenado de los neumáticos con líquido no ocupa espacio adicional en el tractor. Sin embargo, debido al equipo espacial de llenado que se necesita se lo suele considerar parte permanente del tractor y no se lo vacía cuando se usa el tractor para tareas de tracción liviana.

Se usan frecuentemente, además de lastre líquido, contrapesos de hierro colado para las ruedas. Esta porción del peso puede colocarse o retirarse de acuerdo a las necesidades de tracción.

Los métodos para montar los contrapesos en las ruedas varían de un fabricante a otro. Algunos fabricantes usan un gran número de contrapesos relativamente livianos, mientras que otros usan unos pocos contrapesos más pesados.

La comodidad en la instalación y remoción de los contrapesos varía mucho también. Por ejemplo, un solo hombre puede instalar en forma relativamente fácil contrapesos de hasta 100 libras (45 kg), si hay una cavidad o protuberancia en el contrapeso anterior para soportar el siguiente, o si se pueden mantener rígidos los pernos de fijación mientras se desliza en su lugar el contrapeso siguiente.

Pero si los contrapesos deben sostenerse en su lugar exacto mientras se insertan los pernos y se aprietan las tuercas, se necesitan dos hombres para la tarea.

2.11.2 Ruedas traseras doble

Al aumentar la potencia de los tractores agrícolas aumentan también los problemas de tracción. La compactación del suelo es también un problema importante con los tractores más grandes. El uso de ruedas traseras dobles es una forma de superar estas dificultades.

Los neumáticos “dobles” son un medio para aumentar la capacidad de transporte. Permiten aplicar más peso para la tracción o reducen la compactación del suelo al distribuir el peso del tractor sobre una superficie mayor.

2.11.3 Ventajas de los neumáticos traseros doble

Algunos de las ventajas de los neumáticos dobles son:

1. Los neumáticos dobles junto con el lastre agregado producen más extenso contacto con el suelo. Esto reduce el patinamiento, aumentar la velocidad sobre el terreno y puede disminuir el gasto de combustible.
2. Se mejora la estabilidad del tractor con el mayor contacto con el suelo y el mayor ancho de trocha.

Se disminuye la fatiga del operador al suavizar la marcha.

1. Se aumenta la flotación.
2. Los tractores con neumáticos dobles tienen mayor potencial para uso en todas las estaciones. Los neumáticos dobles ayudan a desarrollar la mayor potencia necesaria para la preparación del terreno y mas tarde el tractor puede usarse con neumáticos simples para el cultivo de hileras, recolección de heno, cosecha de forraje y muchas otras tareas.

2.11.4 Desventajas de los neumáticos traseros dobles

Algunas de las desventajas de los neumáticos dobles son:

1. Los ejes, cojinetes y trenes de transmisión de algunos tractores pueden resultar sobrecargados por las ruedas dobles, lo que produce daños serios (y costosos) al tractor.
2. Si la carga en la barra de tiro es relativamente liviana no hay ventaja verdadera en el uso de neumáticos dobles, salvo la reducción de la compactación del suelo.
3. Pueden hacer más difíciles los virajes y en virajes cerrados el esfuerzo extremo puede desgarrar los tacos de los neumáticos.
4. En las situaciones en que se requieren neumáticos dobles solo durante un corto intervalo del año, los beneficios pueden no compensar el gasto incurrido.

No hay reglas “universales” para usar o no usar neumáticos dobles. Cada situación particular debe examinarse para determinar la conveniencia de su uso. Debe consultarse al distribuidor del tractor antes de instalar neumáticos dobles, para asegurarse de que los componentes del tren de transmisión pueden soportar el esfuerzo adicional.

2.11.5 Recomendaciones para lastrar un tractor

- Masa en vacío.
- Lastre complementario.
- Transferencias inducidas por los aperos.

Como se ha dicho anteriormente, los tractores de ruedas solamente aprovechan un 60 por 100 de la potencia del motor, perdiéndose el resto en patinamiento.

Ahora bien, si se aumenta el peso del tractor la presión que ejercen las ruedas sobre el terreno es mayor, disminuyendo, por tanto, el patinamiento y consiguiéndose un mayor aprovechamiento de la potencia del motor.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de trabajo.

Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, que se encuentra ubicado en la exhacienda de Buenavista, localizada a 7 km al sur de Saltillo, Coahuila, México, teniendo las siguientes coordenadas geográficas: 100° 59' 57" de longitud oeste, 25° 23' 42" de latitud norte y una altitud de 1743 msnm.



Figura 3.1 Departamento de Maquinaria Agrícola

3.2 Materiales

El presente trabajo se realizó con los siguientes Materiales y Herramientas:

Tractor New Holland 6810

PLC (Control Lógico Programable) Allen-Bradley 1000.

Sensor inductivo serie XS 1M18PA370

Computadora con 512 Mb en memoria RAM, procesador Pentium 4

Paquete de AutoCAD 2004

Cable 1761-DCL-PM02

Lámparas piloto de 12 volts

Acrílico 7-1/4" de diámetro y de 3mm de espesor

Resistencias de 1 kΩ

Un PLC o Controlador Lógico Programable, por sus siglas en inglés “Programmable Logic Controller”, es en sí un dispositivo electrónico el cual es capaz de controlar máquinas y procesos a través de señales de entradas y salidas. Las entradas y las salidas pueden ser tanto analógicas como digitales.

➤ Una marca que es líder en el mercado es Allen-Bradley, usada para implementar sistemas de control con **PLC's** la cual cuenta con una familias de controladores lógicos programables, tales como:

- ✓ Familia MicroLogix 1000
- ✓ Familia SLC 500
- ✓ Familia PLC-5

La familia **MicroLogix 1000** son los controladores programables más pequeños y económicos. Pueden ser utilizados en 5 configuraciones eléctricas y diversas opciones de **E/S**.

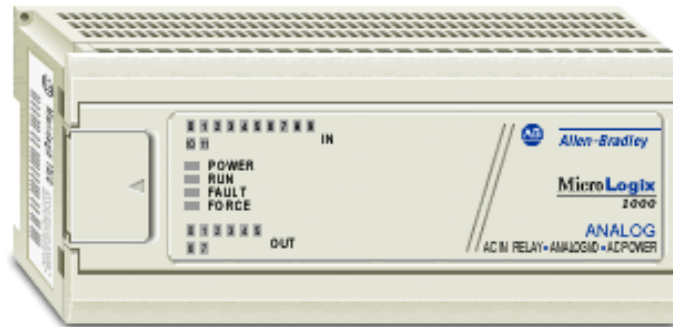


Figura 3.2 PLC (Allen-Bradley)

Los controladores MicroLogix 1000 cuentan con un puerto de comunicación RS-232C que es configurable para protocolo DF1 para conexión directa a un dispositivo programador o interfase del operador.

Pueden ser programados estos controladores con el software Micrologix 1000 A.I. Series, PLC 500 A.I. RSLogix 500 utilizando Ladder Logic, o el programador MicroLogix Hand-Held utilizando lista de instrucciones mejoradas.

Las principales características de estos controladores son:

- Dos tamaños de E/S (16 o 32 E/S)
- Tamaño compacto, le permite al controlador ser ubicado en espacio reducidos.
- Canal de comunicación RS-232, permite conectar directamente el controlador a tu dispositivo de programación MODEM telefónico
- Comunicación DH-485 vía un conector AIC+ (1761-NET-AIC), permitiendo que se enlace con procesadores SLC u otros MicroLogix, interfase de operador, o dispositivos de programación en una red DH-485.
- Diversas configuraciones eléctricas:
 - Entrada 24V DC y salida tipo relay con una fuente de alimentación de 120/240V AC.
 - Entrada 120V AC y salida tipo relay con una fuente de alimentación de 120/240V AC.
 - Entrada 24V DC y salida tipo relay con una fuente de alimentación de 24V DC.
 - Entrada de 24V dc y FET de 24V dc y salida tipo relay con una fuente de alimentación de 24V dc.
 - Entrada de 120V AC y salida tipo relay y triacs con una fuente de alimentación de 120/240V AC.

3.2.1 MicroLogix 1000 por comunicación RS232.

Para conectar el PLC a la PC hay que utilizar el cable 1761-CBL-PM02, como se muestra en la figura 3.3

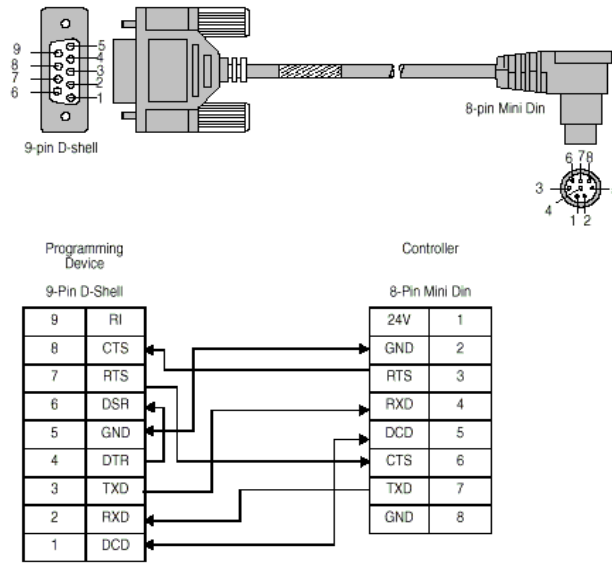


Figura 3.3 Cable 1761-DCL-PM02

3.3 METODOLOGÍA

Diseño conceptual en ingeniería se puede definir como aquel que representa la totalidad del objeto del proyecto. Es de decir, representa la suma de todos los subsistemas que integran el sistema completo, todas las partes que configuran nuestro producto. Para un sistema de medición de Patinaje en los Tractores del Departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN, como el proceso de aplicar las diversas técnicas y los principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización.

El objetivo último en el diseño del sistema de medición es escoger los materiales y procesos de manufactura apropiados, de manera que el aparato resultante se comporte sin fallas y lleve a cabo la función pretendida.

Diseño mecánico. Es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica: maquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. En su mayor parte el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, la ciencia de los materiales y la ciencia mecánica aplicada.

Diseño de ingeniería mecánica. Incluye el diseño mecánico, es decir, el estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica incluso las ciencias térmicas y los fluidos.

El proceso de diseño es una especie de mapa que nos guía desde la concepción de una idea hasta la obtención del producto final de manera que se pueden ir tomando las mejores decisiones a través de todo el proceso de diseño a fin de obtener un producto de alta calidad que seas desarrollado rápida y económicamente.

3.3.1 DESARROLLO DE ESPECIFICACIONES

3.3.1.1 Necesidad del Problema

Antes de diseñar un producto se debe empezar por establecer cual es la necesidad de desarrollar este.

Para el diseño correcto, es necesario fijar y acordar unos criterios de selección previos. Estos criterios deberían establecerse en función de las especificaciones, ya que estas son las encargadas de definir el tipo de producto que se desea diseñar.

El haber valorado las especificaciones nos puede servir de gran ayuda para la realización de la evaluación y selección de las ideas, teniendo en cuenta la funcionalidad, capacidad de carga, peso, volumen del producto final.

El problema que se nos plantea es como seleccionar de manera adecuada entre las distintas propuestas de diseño, para ello vamos a realizar un análisis de viabilidad del producto desde diferentes puntos de vista:

- Viabilidad comercial: consiste en analizar si existe un mercado para ese producto, es decir, si existe un grupo de consumidores que adquiriría el producto dadas sus características.

- Viabilidad económica: se realiza un análisis coste-beneficio que permite estimar si ese producto proporcionará un margen adecuado, mediante la comparación del coste de producción de un determinado lote con el beneficio proporcionaría de venderse a un determinado precio. Dicho precio debe fijarse teniendo en cuenta las leyes que rigen el mercado del producto en cuestión. Es posible utilizar el precio como elemento estratégico, pero eso incide en el margen obtenido, y puede hacer inviable el producto.

- Viabilidad técnica: es necesario comprobar que la empresa cuenta con la capacidad técnica y tecnológica adecuada para la fabricación en serie del producto, o que puede hacer frente a la subcontratación de aquellos elementos que no puede fabricar.

3.3.2 Inspección física del medidor de patinaje

Para el desarrollo de este trabajo fue necesario verificar las condiciones en que se encontraba el prototipo medidor de patinaje, para que en base a su estado se realice las adecuaciones que se consideren importantes.

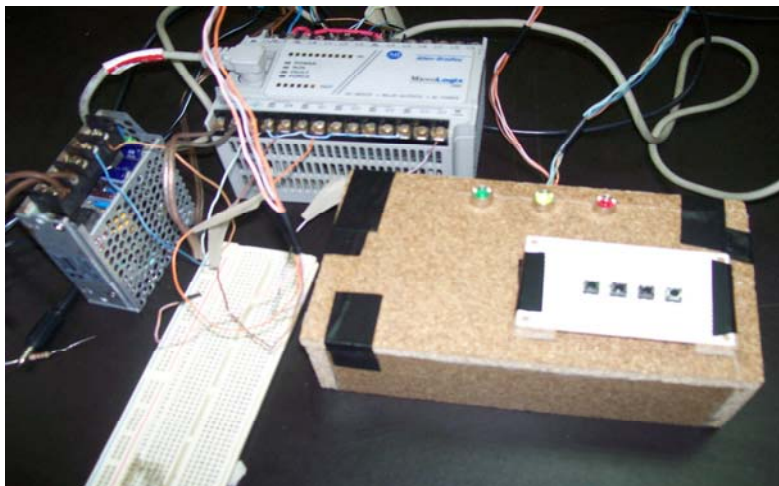


Figura 3.4 Circuito electrónico

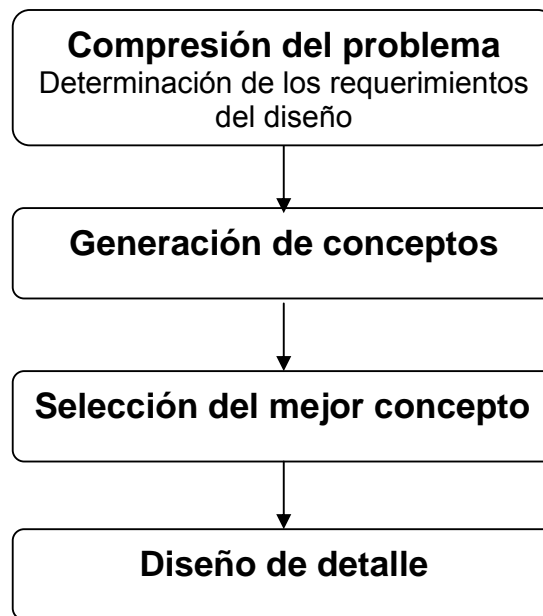
3.3.3 Análisis de los distintos circuitos que forman al medidor de patinaje.

Por tal motivo surge la necesidad de investigar la información básica necesaria para comprender el funcionamiento de los circuitos y poder llevar a cabo los diseños necesarios. Este aparato es un diseño montado al tractor en condiciones adecuadas donde éste tendrá un sensor inductivo.

La fuente de alimentación utilizada en el diseño del medidor de patinaje es regulada por los elementos electrónicos identificados. Cuando un regulador de voltaje se conecta a un circuito rectificador, el resultado es una fuente de alimentación regulada.

Se construyó una barra porta-sensor que es la parte de mayor importancia, pues finalmente va colocado a un lado de la cabina del tractor, junto a la flecha del eje del neumático, para que registre las señales de los pulsos enviados a través de los virlos del mismo.

El proceso de diseño se desarrollará mediante el diagrama que se da a continuación:



3.5 Diagrama del proceso de diseño

3.3.4 Preparación del software para captura de datos.

Se utilizó software de MicroLogix 1000 para capturar los datos que se obtuvieron durante la prueba en laboratorio de Mecánica del departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN.

Se establecieron criterios para el diseño medición de patinaje en las ruedas motrices.

- El número de vuelta de la rueda motriz.
- Consumo de combustible.
- Debe existir una uniformidad del patinamiento en porcentaje en laboratorio que en campo.

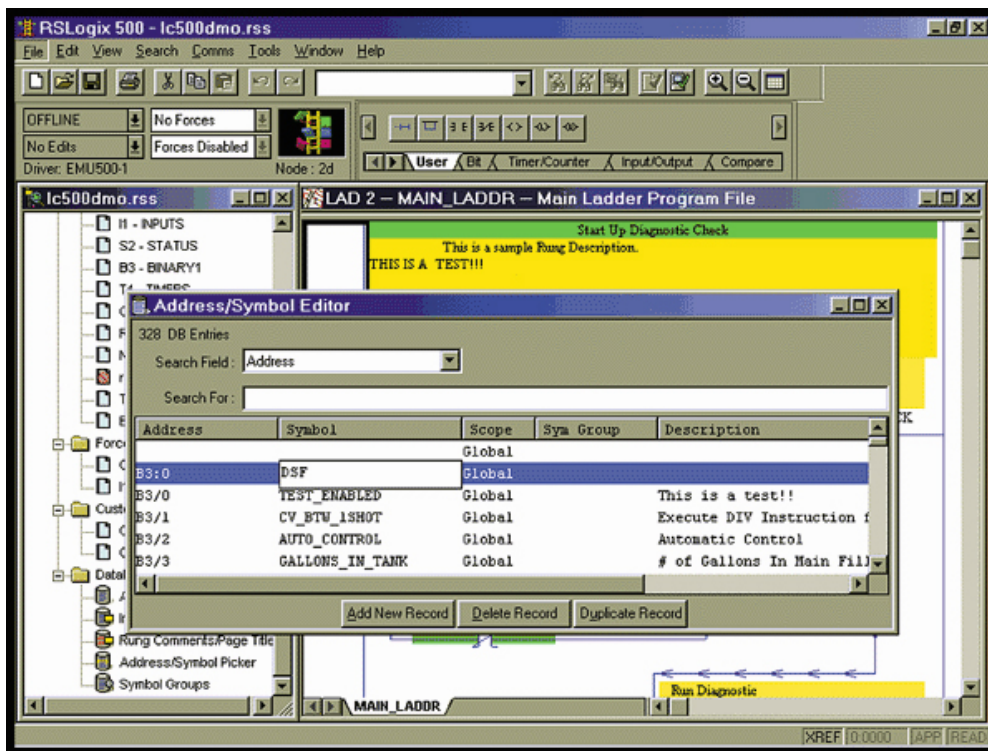


Figura 3.6 Parámetro de RSLogix 1000

3.3.4.1 Programa de cálculos

El procedimiento que se siguió para realizar este programa está especificado en el anexo D.

Este programa se realizo con la finalidad de agilizar los cálculos en campo del diseño de medición de patinamiento en las ruedas motrices de los tractores agrícolas. Ya que existen algunas variables que actúan en la labor. Por ejemplo, desgaste del neumático, perdida de potencia, consumo de combustibles, velocidad de avance del tractor, profundidad de trabajo.

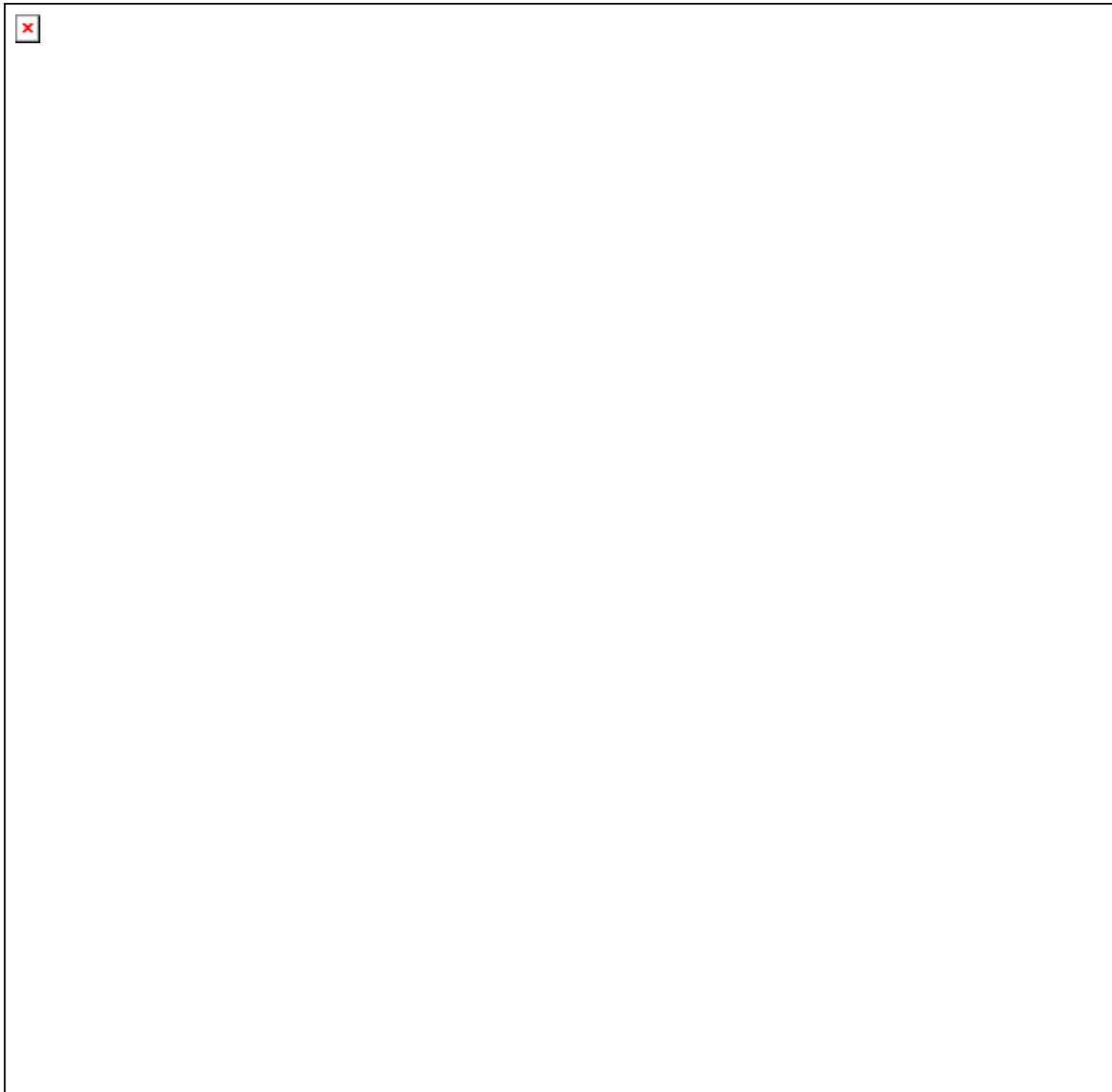


Figura 3.7 Despliegue del Diagrama escalera

3.3.4.2 Especificaciones de uso

Las variables que se pueden modificar son:

1. Numero de vueltas de la rueda motriz
2. Velocidades de la rueda motriz
3. Carga en vació
4. Carga con implementos

Al cambiar estas variables con los botones automáticamente nos registra las de más variables.

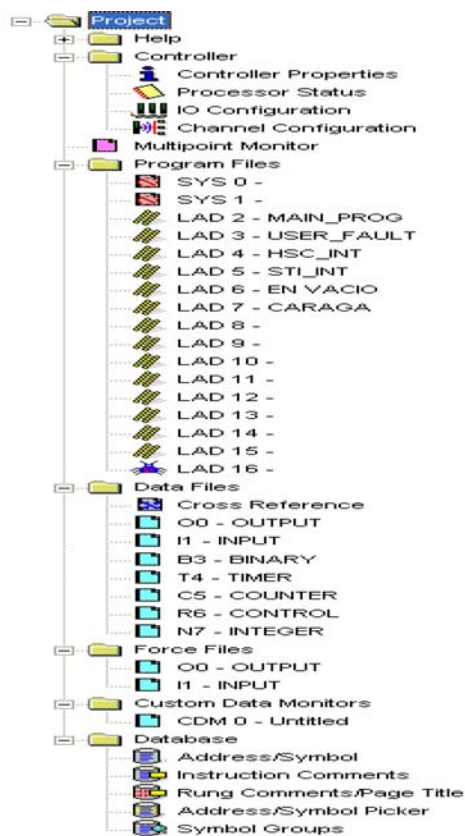


Figura 3.8 Procedimiento del diagrama

3.3.5 Terminales de MicroLogix 1000

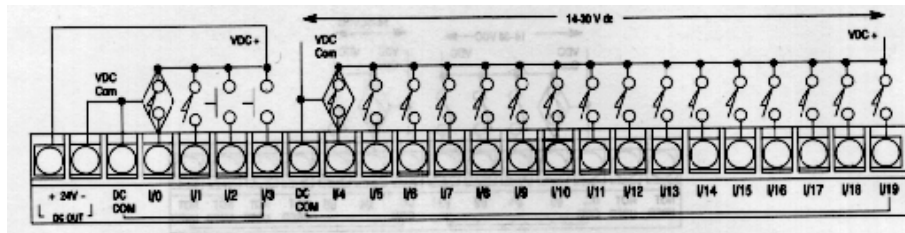


Figura 3.9 Terminales MicroLogix 10000

3.3.6 Sensores inductivos de proximidad, carcasa de latón, rosca M18

Sensor, proximidad, inductivo, montaje enrasado, XS1M18PA370. Existe una gama de sensores inductivos que detectan la presencia de metales, para uso en numerosas aplicaciones, incluyendo recuento de lotes, interruptores de límite y sistemas de alarma. Los detectores incluyen amplificadores integrados que proporcionan una salida de on-off, y detectan metales ferrosos y no ferrosos.



Figura 3.10 Sensor inductivo XS1M18PA370

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Prototipo del medidor de patinaje

La primera etapa comprende la propuesta de un dispositivo de medición de patinaje en las ruedas motrices, lo cual se encuentra descrito en la sección anterior.

4.2 Medidor de desplazamiento

El medidor de patinaje fue diseñado para determinar el porcentaje de patinamiento en las ruedas motrices de los tractores agrícolas, llevando éste un sensor inductivo, el cual mediante pulsos, a través de los 8 birlos del neumático nos dará los pulsos necesario para el registro en el PLC, el cual fue adaptado al tractor New Holland 6810 del departamento de maquinaria agrícola de la UAAAN.

En la figura 4.1 se observa la manera del montaje seleccionado para la colocación del sensor.

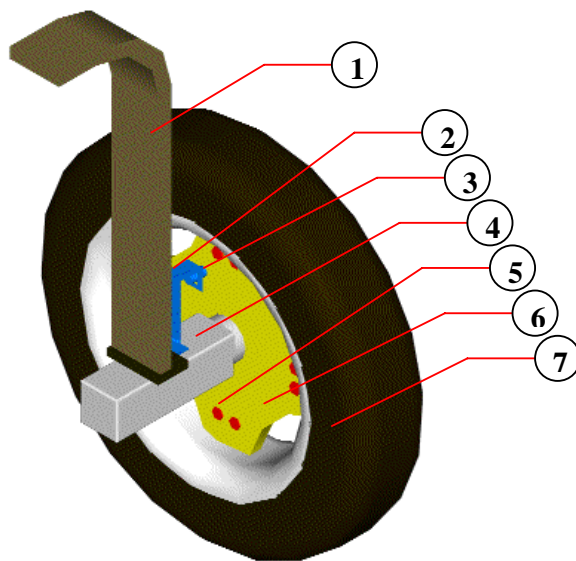


Figura 4.1 Componentes del medidor de desplazamiento

1. Diseño de la estructura de acero ½”.
2. Placa sujetadora del sensor.
3. Sensor.
4. Eje.
5. Pernos o virlos.
6. Rin.
7. Neumático.

4.3 Pruebas del dispositivo en el tractor 6810.

La prueba consiste en que el instrumento de medición de patinaje es acoplado a la base del arco de la cabina en donde se encuentra el eje que da lugar al movimiento del neumático, el cual es montado al tractor (New Holland 6810), y en la parte superior de la guarda se encuentra un PLC, el cual es alimentado por la corriente del tractor, enviando una señal de pulso al sensor inductivo y éste a su vez mandará de retorno la información del número de pulsos registrados por el numero de vueltas que dará la rueda motriz.

Se realiza varias repeticiones de 10 revoluciones utilizando el tractor 6810, una vez que se encuentre terminado el diseño y la construcción del mismo, la cual realizamos en los terrenos de la UAAAN.



Figura 4.2 Tractor New Holland 6810

Usando para esto el sistema de adquisición de datos descrito en la metodología, Almacenando 8 pulsos por número de vueltas (en diez vueltas), de la rueda motriz, haciendo en total 80 pulsos en un determinado tiempo.

Los datos que se obtendrán en el campo son almacenados por el controlador lógico programable y de ahí son llevados a una PC con el software para calcular los resultados obtenidos.

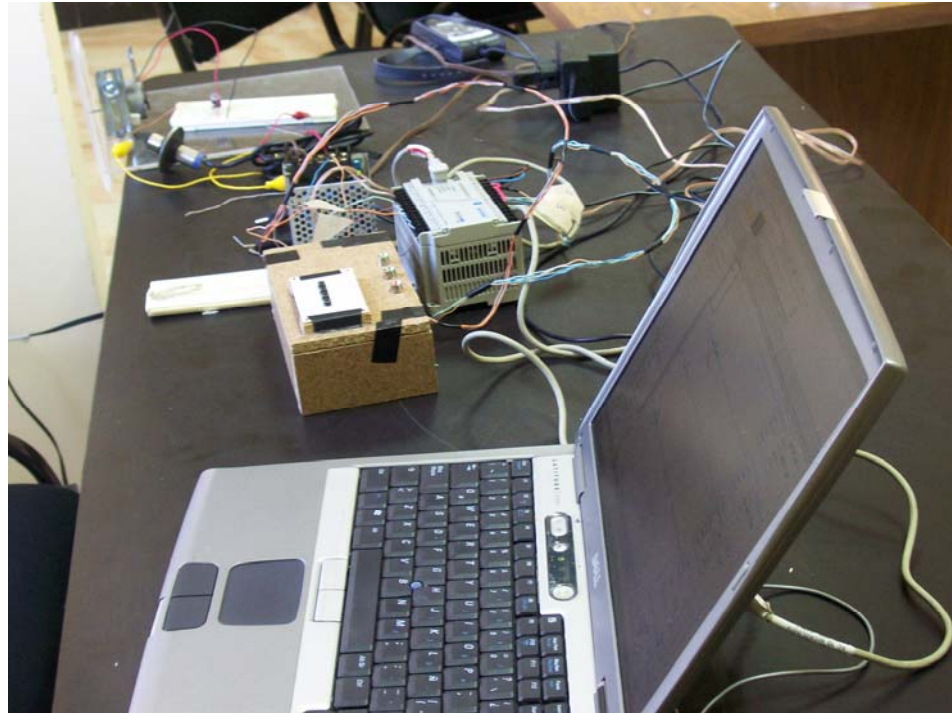


Figura 4.3 Materiales y equipo utilizados

4.4 Diseño y construcción del instrumento de medición de patinaje

Se realizó el diseño mediante el paquete de AutoCAD 2004 y la construcción del diseño se realizó en el laboratorio de Mecánica del departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN. El diseño y el sensor inductivo acoplado al sistema nos permiten medir el número de revoluciones de la rueda motriz.

La capacidad de tracción de un tractor agrícola es una sumatoria de factores entre los cuales el neumático juega un rol fundamental.

La correcta selección de los neumáticos, la presión de inflado y la carga que se les adicione, permitirán optimizar la tracción para la marcha elegida.

El tipo de suelo a trabajar y el estado del mismo (humedad y compactación), será el que determine la combinación ideal de factores para maximizar el rendimiento del neumático agrícola reduciendo el consumo de combustible, pérdida de potencia y el desgaste del neumático.

El neumático agrícola tiene una función primordial de optimizar todos los factores de diseño del tractor al maximizar la fricción.

4.5 Desarrollo del programa en el PLC

El programa del PLC, esta en formato escalera (Ladder). Este tipo de formato de programación es más fácil de entender ya que se maneja mediante símbolos.

El programa se divide en tres bloques a saber:

1 Main (principal). Es la parte fundamental del programa, es decir, es como el cerebro del programa ya que controla y manda a ejecutar las acciones a tomar ya predeterminadas tales como prender o apagar lámparas piloto del tablero, abrir o cerrar electroválvulas, habilitar el monitoreo de la velocidad.

2 Vacío (GO). Es la parte del programa en el cual se encarga de registrar los tiempos y pulsos equivalentes en pruebas de patinaje del tractor sin implementos. En esta subrutina del programa se guardan los registros en una tabla de valores (N7.10-N7.15), para su posterior uso en la tabla estadística.

3 Carga (GO BACH). Es la parte del programa la cual se encarga de registrar los tiempos y pulsos en pruebas de patinaje del tractor con implementos. En esta subrutina del programa se guardan los registros en otra tabla de valores (N7.20-N7.25) con los mismos fines estadísticos.

4.6 Descripción del programa

El programa comienza cuando se oprime el botón de espacio que se encuentra en el tablero de control, a partir de ese momento el PLC estará montado a la polvera y registrara la velocidad con el encoder, si la velocidad es a 7 km/hr el PLC empieza a registrar los pulsos y los tiempos hasta llegar a un tiempo predeterminado el cual equivale a un distancia determinada para realizar las pruebas.

Si la velocidad de trabajo varía, el PLC tiene una tolerancia de 6 a 7 km/hr, para realizar la prueba, si ésta es menor al rango, se cancela la operación y se tendrá que reiniciar el proceso.

Después de que se saturen las capacidades de las tablas N7 (ya determinadas para cada etapa de las pruebas), se prenderá una lámpara piloto, la cual indica que se tienen que vaciar las tablas a la PC.

4.7 Planteamiento del programa

La llanta del tractor es de un perímetro de 1.68 m, por lo tanto si la llanta da una vuelta por segundo habría un desarrollo de velocidad de 4.5m/s, haciendo la conversión, equivale a 16.2 km/h.

4.8 Explicación del programa

Input:

I: 0/0 → On. Con esta entrada se habilita el programa para que corra la prueba (Botón 1).

I: 0/1 → Off. Con esta se deshabilita (Botón 2).

I: 0/2 → Seleccionados (Select)(Botón 3).

I: 0/3 → Entrada del sensor (Input Sensor). Es la entrada por la cual el sensor inicia el conteo de los pulsos a registrar (Sensor Inductivo).

Para abortar o para poner en reset, se tienen que presionar los botones “Off” (Botón 2) y el “On” (Botón 1) al mismo tiempo por razones de seguridad.

Output:

O: 0/0 → Corriendo programa (Rum Test). Indica que la prueba se esta realizando (Lámpara piloto).

O: 0/1 → Abortar (abort). Indica que la prueba ha sido abortada (Lámpara piloto).

O: 0/2 → Electro válvula. Esta salida es para activar la electroválvula.

O: 0/3 → Sub”GO”. Indica que la prueba “IDA” ha terminado (Lámpara piloto).

O: 0/4 → Sub “GO BACK”. Indica que la prueba “Regreso” ha terminado (Lámpara piloto).

O: 0/5 → Espera (Stand by). Indica que la prueba esta en espera, a lo cual la lámpara piloto estará parpadeando (Lámpara piloto).

El programa inicia cuando el tractor cuanta con una velocidad de 7 km/h, se presiona el botón 3 (Select), para seleccionar cual tipo de prueba se va a realizar, si “IDA” (GO) o “Regreso” (GO BACK). Después se oprime el botón 1 (On), para iniciar la prueba.

La prueba tiene una duración de 16.6 segundos, después de éste tiempo se pone en “espera” (Standby), se tiene que presionar nuevamente el botón 3 (Select), para seleccionar la nueva prueba. Si se han realizado las dos pruebas “IDA” (GO) o “regreso” (GO BACK), entonces se tendrá que extraer la información de la tablas (N7:10 – N7:25). Ya cuando se haya hecho lo anterior, se tiene que poner en reset el programa.

4.9 Explicación del problema escalón por escalón

Escalera 2 “Main_Prog”

Escalón 000. Si se cumple que el acumulador es mayor que 2, esta I: 0/0 o la bobina B3:0/0, no está la entrada I: 0/1 y no está B3:0/2:

1. se activa la bobina B3:0/0

Escalón 001. Si no esta activada la bobina B3:0/0, se realizarán:

1. Reset de R6:1
2. Reset de R6:2
3. Reset del timer T4:5
4. Unlanch de la salida O:0/2
5. Que parpadee la salida O:0/5
6. Unlanch O:0/0

Escalón 002. Si la bobina B3:0/0 está:

1. Se activa el timer T4:0

Escalón 003. Si está la bobina B3:0/0 y la entrada I:0/3

1. El controlador, empieza a contar los pulsos.

Escalón 004. Si se cumple la igualdad de el acumulador de T4:0, es igual a 1:

1. Se moverá el valor del regulador de C5:0 A N7:100

Escalón 005. Si está la bobina B3:0/0 y se cumple que N7:100 es mayor o igual que N7:104 (que es una constante de valor 3):

1. Se pone en Lach la bobina B3:0/1.
2. Se pone en Lach la salida O:0/0.

Escalón 006. Si esta la bobina B3:0/0 y se cumple la condición de N7:100 es menor que N7:104:

1. Se pone un Unlach B3:0/1
2. Se pone en Unlach O:0/0

Escalón 007. Si esta la bobina activada B3:0/1

1. El timer T4:5 empieza a contar.
2. Se pone en Lach la salida O:0/2

Escalón 008. Si en T4:5 llego al preset:

1. se pone en Unlach la salida O:0/2.

Escalón 009. Si el acumulador de T4:0, es igual a 1.

1. Se mueve 0 al acumulador de T4:0
2. Se mueve 0 al acumulador de C5:0

Escalón 010. Si esta la entrada I:0/2

1. El C5:3 se incrementa 1.

Escalón 011. Si C5:3 llego a su preset:

1. Se mueve 0 al acumulador de C5:3

Escalón 012. Si está la B3:0/0, se cumple la igualdad de que el acumulador de C5:3 es igual a 1 y no ha llegado al Preset R6:1.

1. Se va a la subrutina "GO" U6

Escalón 013. Si está la B3:0/0, se cumple la igualdad de que el acumulador de C5:3 es igual a 2 y no ha llegado al Preset R6:2.

1. Se va a la subrutina "GO BACK" U7.

Escalón 014. Si está O:0/3 y no está B3:0/1

1. Se activa el timer T4:6
2. Se pone en Lach O:0/2

Escalón 015. Si llega al preset T4:6

1. Se pone en Unlach O:0/2

Escalón 016. Si esta O: 04

1. Se activa T4:7.
2. Se pone en Lach O: 0/2

Escalón 017. Si llega al preset T4:7

1. Se pone en Unlach O:0/2

Escalón 018. Si está O: 03/ y O: 0/4

1. Se pone en Lach B3:0/2

Escalón 019. Si esta I: 0/1 y O:0/4

1. Se pone en Unlach O:0/3
2. Se activa la salida O:0/1
3. Se pone en Unlach O:0/5
4. Se pone en Unlach O:0/2
5. Se pone en reset C5:3
6. Se pone en Unlach B3:0/2
7. Se pone en Unlach B3:0/1
8. Se pone en Unlach B3:0/0
9. Se pone en Unlach O:0/4
10. Se pone en ceros la tabla N7:10 a N7:20

Escalón 020. Fin (End).

ESCALERA 6 “GO”

Escalón 000. Si esta B3:0/1

1. Se activa T4:1

Escalón 001. Si esta B3:0/1 y I: 0/3

1. Se incrementa 1 C5:1

Escalón 002. Si llega al preset T4:1

1. Se activa SQL

Escalón 003. Se llega al preset T4:1

1. Se mueve 0 al acumulador de C5:1
2. Se pone en reset T4:1

Escalón 004. Si R6:1 ha llegado al preset

1. Se mueve 0 al acumulador de C5:1
2. Se pone en Lach O:0/3
3. Se pone en Unlach B3:0/1
4. Se pone en Unlach B3:0/0

Escalón 005. Fin (End)

Escalera 7 “GO BACK”

Escalón 000. Si esta B3:0/1

1. Se activa T4:2

Escalón 001. Si esta B3:0/1 y I:0/3

1. Se incrementa 1 C5:2

Escalón 002. Si llega al preset T4:2

1. Se activa SQL.

Escalón 003. Si llega al preset T4:1

1. Se mueve 0 al acumulador de C5:2
2. Se pone en reset T4:2

Escalón 004. Si R6:2 ha llegado al preset

1. Se mueve 0 al acumulador de C5:2
2. Se pone el Lach O:0/4
3. Se pone en Unlach B3:0/1
4. Se pone en Unlach B3:0/0

Escalón 005. Fin (End).

4.10 Resultados registrado por el sensor inductivo

Considerando los pulsos obtenidos en la Tabla del Programa Data File N7.

Primera prueba

N10	64	63	66	68	68
N20	59	57	51	57	56
Distancia recorrida en m		Ida	41.67	Regreso	37.11

Segunda prueba

N10	66	62	62	66	68
N20	55	58	58	60	61
Distancia recorrida en m		Ida	40.87	Regreso	38.66

Tercera prueba

N10	62	62	64	66	67
N20	57	58	57	61	61
Distancia recorrida en m		Ida	41.21	Regreso	39.68

Con la formula de de la revista técnica agropecuaria de la UACH en el 2005, obtuvimos de pulsos registrado y las distancias en el programa del PLC.

Formula:

$$\delta = \left(1 - \frac{dc}{dv}\right)(100)\%$$

Donde:

δ : Grado de patinaje expresado en %.

dv : Distancia, en metros, que recorre el tractor en 10 vueltas de la rueda motriz, avanzando el tractor en la velocidad más lenta (1ª) y con el motor totalmente desacelerado, en una superficie dura.

dc : Distancia en metros, que recorre el tractor en diez vueltas de la rueda motriz, avanzando el tractor en la velocidad seleccionada para el trabajo de campo, trabajando con el implemento y con el acelerador completamente abierto.

$$\delta = \left(1 - \frac{41.67}{37.11}\right)(100)\%$$

$$\delta = (1 - 1.1228)(100)\%$$

$$\delta = 12.28\%$$

$$\delta = \left(1 - \frac{40.87}{38.66}\right)(100)\%$$

$$\delta = (1 - 1.0571)(100)\%$$

$$\delta = 5.71\%$$

$$\delta = \left(1 - \frac{71.21}{37.68}\right)(100)\%$$

$$\delta = (1 - 1.0383)(100)\%$$

$$\delta = 3.83\%$$

4.11 Características y costos de los materiales propuestos.

Tabla 4.1 Características y costos de los materiales.

Material	Cantidad	Características	Costo Unitario	Costo Total
Estructura de acero comercial	1	$\frac{1}{8} \times \frac{1}{8}$ " acero comercial	\$35.00	\$ 35.00
Ángulo	1	2 x 2 "	\$25.00	\$ 25.00
Control lógico programable (PLC)	1	Allen-Bradley 1000	\$5078.30	\$ 5078.30
Sensor inductivo	1	Telemecanique XS1M18PA370	\$ 350.30	\$ 350.00
Tornillos	2	$\frac{3}{4} \times 1 \frac{1}{2}$ "	\$15.00	\$ 15.00
Acrílico	1	$7 \frac{1}{4}$ " de diámetro	\$50.00	\$50.00
Mano de obra		—	\$1500.00	\$ 1500.00
Resistencias	12	1 k Ω	\$1.00	\$12.00
Total			\$6714.30	\$ 7065.30

En la tabla se muestran los elementos que fueron utilizados para el diseño del medidor de patinaje.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En esta primera etapa, que comprende la parte del diseño conceptual se obtuvo el diseño del medidor de patinaje en las ruedas motrices de los tractores agrícolas.
- Se diseñó una placa que cuenta con las dimensiones adecuadas en la cual va montado el sensor inductivo, y las partes del PLC a la polvera del tractor.
- Es necesario recabar más información sobre la pérdida de patinaje en las ruedas motrices ya que sería una forma de instrumentar el equipo y así comparar las dos formas: manualmente o por medio del medidor.
- Para medir el desplazamiento se propone los sensores inductivos, son los más apropiados, ya que nos proporcionan una alta resolución en su desempeño.
- Para alcanzar la sensibilidad que se requiere para el desplazamiento, se recomienda realizar algunas modificaciones a la promagración (Allen-Bradley 1000), para lograr el registro de pulsos que nosotros queramos en cada vuelta proporcionada por las ruedas motrices.
- Se probó el diseño de medición de patinaje con PLC (Allen-Bradley 1000) para dar una estabilidad más precisa en la señal de pulsos registrada por el sensor. Teniendo un rango de error mínimo en un número de 10 revoluciones de la rueda motriz, respetando siempre el tiempo inicial y el final.
- Proponer un sistema eficiente y de calidad con las características novedosas y que pueda ser de gran utilidad al Departamento de Maquinaria Agrícola de la (UAAAN) y algún centro de investigación.

5.2 Recomendaciones

- La única alternativa con futuro es la de ahorrar, consumiendo menos y buscando alternativas en las energías renovables.
- Se recomienda realizar una recopilación de datos en campo y así poder retomar las anotaciones realizadas durante la fase de las propuestas del diseño, puesto que al establecerlas es fácil que nos formemos algunas ideas de cómo lograr el porcentaje de patinaje.
- De cualquier forma, las propuesta que surjan tras la primera etapa, deben definir claramente las partes que llevaría a la evaluación. Se deben definir las posibles propuestas que se incorporen, las funciones que realiza, su apariencia general y posibles soluciones a aquellas características técnicas novedosas.
- Se recomienda realizar pruebas en campo con el diseño de medición de patinaje en esta investigación para verificar los datos obtenidos.
- Se recomienda una fuente de alimentación de 12 V o 24 V para el sensor inductivo con la finalidad de obtener lecturas confiables.

VI. LITERATURA CITADA

1. Berlijin Johan D. Tractores Agrícolas. Editorial Trillas. Primera Edición, 1982.
2. Cañavate, Ortiz, J. Y Hernández, J. C. Técnica de la Mecanización Agrícola, 3ª Edición, Editorial Mundi-Prensa, Año, 1989.
3. Candelon P. Las Maquinas Agrícolas, Ediciones Mundi-Prensa. Año 1971.
4. Stone Archine A. Y Harold E. Maquinaria Agrícola. Editorial Continental S.A. Año 1976.
5. Cañavate, Ortiz, J. Las Maquinas Agrícolas y sus Aplicaciones. 5ª Edición. Editorial Mundi-Prensa. Año, 1995.
6. Donnel Hunt. Maquinaria Agrícola. Séptima Edición, Editorial Limusa. Año 1986.
7. González Valdés, R; Tzucurov, A. Explotación Del Parque De Maquinaria / R. González Valdés Y A. Tzucurov. La Habana: Enpes - Mes, 1986. 497
8. Jonh B. Lijedahl Y Paul K. Turnquist. Tractores y sus Unidades de Potencia. Editorial Limusa. Primera Edición, 1984.
9. Jróvostov, S.N. Explotación del Parque de Máquinas y Tractores / S.N. Jróvostov. Editorial Mir, 1977.
10. Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la Evaluación Tecnológica – Explotativa. Vig. Marzo 1986.
11. Mckibbern, E. G.. Y J.B. Davidson. “Effort of Inflation Pressure on the Rolling Resistance of Pneumatic Implement Tires.” Agr. Ensr., Vol. 21, Enero 1940.

12. Memoria Xiv Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. En la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"
13. Nc 34 – 38:85 Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología Para la Evaluación Económica. Vig. Abril 1986.
14. Tractores John Deere. Fundamentos De Funcionamiento De Maquinaria. Copyright 1974, 1981.
15. Tesis De Maestría Por Alejandro I. Luna Maldonado. UAAAN. Abril 2004.
16. Mott L. Robert. Diseño De Elementos De Maquinas. Editorial Prentice Hall. Segunda Edición 1992.

CONSULTA CITADAS

1. http://agsci.oregonstate.edu/research/FST_manual/4-1.htm
2. <http://curza.uncoma.edu.ar/informacion/Apunte%20de%20maquinarias%20con%20fotos.pdf>
3. http://manuals.deere.com/omview/OMPY0153_63/PY_OMPY0141_114_63_10_JAN96_1.htm
4. http://manuals.deere.com/omview/OMRE172065_63/OMRE172065_63.htm
5. http://manuals.deere.com/omview/OMRE172065_63/OUO6070_000059_63_12OCT00_1.htm
6. <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/2/art183-188.pdf>
7. http://www.deere.com.ar/es_AR/ag/homepage/consejo/cs021_TractorDT.html
8. http://www.deere.com/es_MX/ag/homepage/tips/patinaje_ruedas.html

9. www.deere.com/es_MX/ag/homepage/tips/doble_traccion.html - 19k
10. <http://www.e-campo.com/sections/news/print.php/uuid.806337F2-7A30-40BB-99086107F5016E1B/>
11. <http://www.unlu.edu.ar/~maqagro/Tract982.pdf>
12. www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0628105-100401//05Jcb05de16.pdf
13. http://www.challengerag.com/agco/Challenger/ChallengerMX/Manual_challenger_espanhol.pdf
14. www2.antonio carraro.it/ppgg_tractores+de+dimensiones+compactas - 14k
15. www2.antonio carraro.it/ppgg_tractores+de+dimensiones+compactas - 14k
16. <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1761-td001-es-p.pdf>
17. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/reatequi_gh/cap3.pdf
18. http://www.infoplcn.net/Ejemplos/Ejem_Allen_Bradley/Ejem_AllenBradley_Conf_COM/Ejem_AllenBradley_Configurar_Micrologix1000_Com.htm
19. http://www.unicrom.com/art_historia_PLC.asp
20. <http://www.terralia.com/revista17/pagina22.htm>
21. www.gencat.net/darp/c/camp/cma/doc/dem0206.pdf
22. www.amidata.es/componentes-electronicos-es/12726-cilindrico-roscado-precableado-y-con-clavijas-din-interr... - 127k
23. www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/design/rslogix5-500/ - 5k-

ANEXOS

ANEXO A

Calculo de potencia en campo. Para conocer la potencia que requirió una labor, basta conocer el consumo de combustible total por hora (l h-1), y aplicar la formula que se obtuvo en laboratorio para este fin.

Potencia perdida por patinaje. Es la relación que existe entre la potencia y el promedio de patinaje determinado en campo. Para lo cual utilizamos la siguiente ecuación.

$$Pp = \left[\frac{\text{potenciaTDF} * PPC}{100} \right]$$

Donde: Pp = potencia perdida por patinaje (hp)

PPC = promedio de patinaje en campo.

Potencia perdida por la resistencia al rodamiento. El porcentaje de resistencia al rodamiento (PRR) es la relación que existe de la potencia con el coeficiente de resistencia al rodamiento.

$$PRR = \text{Potencia TDF} * CRR$$

Donde: PRR= potencia por la resistencia al rodamiento (hp).

CRR= coeficiente de resistencia al rodamiento

Coeficiente de resistencia al rodamiento. Para conocer este coeficiente, se debe de conocer el diámetro de la llanta trasera y así estimar este parámetro con la grafica propuesta por (Inns y Kilgour, 1978).

Porcentaje de resistencia al rodamiento. La ecuación para este parámetro es la siguiente:

$$PRR = (Potencia) * (CRR)$$

Donde: PRR = potencia perdida por la resistencia al rodamiento (hp).

CRR = coeficiente de resistencia la rodamiento.

Potencia neta para la labor: la potencia neta se obtiene mediante la siguiente formula:

$$PN = (P - Pp - PRR)$$

En la determinación del patinaje del eje motriz se utilizó la expresión siguiente de la revista Ciencia Técnicas Agronómicas de la UACH:

$$\delta = \left(1 - \frac{dc}{dv}\right) (100)\%$$

Donde:

δ : Grado de patinaje expresado en %.

dv : Distancia, en metros, que recorre el tractor en 10 vueltas de la rueda motriz, avanzando el tractor en la velocidad más lenta (1ª) y con el motor totalmente desacelerado, en una superficie dura.

dc : Distancia en metros, que recorre el tractor en diez vueltas de la rueda motriz, avanzando el tractor en la velocidad seleccionada para el trabajo de campo, trabajando con el implemento y con el acelerador completamente abierto.

Tabla 7.1 Recomendaciones de patinaje
Recomendaciones de patinaje - Franja de operación

0 a 1%	Debe retirar el lastre.
2 a 3 %	Mayor vida útil de las orugas. Mayor reserva de tracción disponible para la dirección. El lastre puede retirarse para mejorar la eficiencia de tracción.
4 a 6 %	Mejor eficiencia de tracción. Vida útil normal de la oruga
7 a 8 %	Desgaste acelerado de la oruga. Menor eficiencia de tracción para la dirección
9 a 10%	Debe agregar lastre o reducir la exigencia al tractor.

Tabla 7.2 Porcentaje de patinajes

PORCENTAJE DE PATINAJE		
Distancia de Patinaje (C)	Porcentaje de patinaje	Acciones recomendadas
0m (0 pul)	0	Debe retirar pesos
0,25m (10 pul)	1	Debe retirar pesos
0,53m (21 pul)	2	Para reducir la compactación, puede retirar pesos. Además, este procedimiento aumentará el rendimiento del tractor
0,79m (31 pul)	3	Para reducir la compactación, puede retirar pesos. Además, este procedimiento aumentará el rendimiento del tractor
1,07m (42 pul)	4	No será necesario aumentar el número de pesos
1,32m (52 pul)	5	No será necesario aumentar el número de pesos
1,60m (63 pul)	6	No será necesario aumentar el número de pesos
1,85m (73 pul)	7	Puede agregar pesos para aumentar la vida útil de la oruga
2,1m (84 pul)	8	Puede agregar pesos para aumentar la vida útil de la oruga
2,39m (94 pul)	9	O se aumenta el número de pesos o se reduce la carga del tractor
2,67m (105 pul)	10	O se aumenta el número de pesos o se reduce la carga del tractor

Tablas 7.3 Conversiones de unidades

Tablas de conversión de unidades

LARGO						
	cm	m	km	in	ft	mi
1 centímetro (cm)	1	0,01	0,00001	0,3937	0,0328	0,000006214
1 metro (m)	100	1	0,001	39,3	3,281	0,0006214
1 kilómetro (km)	100000	1000	1	39370	3281	0,6214
1 pulgada (in)	2,54	0,0254	0,0000254	1	0,08333	0,00001578
1 pie (ft)	30,48	0,3048	3,048	12	1	0,0001894
1 milla (mi)	160900	1609	1,609	63360	5280	1

VOLUMEN					
	m ³	cm ³	l	ft ³	in ³
1 metro cúbico (m ³)	1	1000000	1000	35,31	61020
1 centímetro cúbico (cm ³)	0,000001	1	0,001	0,00003531	0,06102
1 litro (l)	0,001	1000	1	0,03531	61,02
1 pie cúbico (ft ³)	0,02832	28320	28,32	1	1728
1 pulgada cúbica (in ³)	0,00001639	16,39	0,01639	0,0005787	1

PRESIÓN					
	atm	PSI (lbf/in ²)	kgf/cm ²	Bar	Pascal (Pa)
atm 1	1	14,6959	1,033	1,01325	101325
PSI (lbf/in ²)	0,0680	1	0,07031	0,06895	6894,8
kgf/cm ²	0,96778	14,2234	1	0,98	98066,5
Bar	0,9869	14,5	1,02	1	10000
Pascal (Pa)	0,000009869	0,0001450377	0,00001019716	0,00001	1

ANEXO B

7.1 Predicción de la tracción por análisis dimensionales

Desarrollo de la ecuación. El análisis dimensional se usa para simplificar las ecuaciones de predicción para el sistema multivariable. Las variables consideradas en las siguientes ecuaciones de predicción se presentan en la tabla 7.4.

Tabla 7.4 Modelo de parámetro suelo-rueda

Parámetro	Símbolo	Dimensiones
Terreno:		
Índice de cono	C_I	FL^{-2}
Rueda:		
Anchura de sección de neumático	b	L
Diámetro total de neumático	d	L
Radio de balanceo del neumático	r	L
Sistema:		
Carga	W	F
Fuerza de remolque	TF	F
Jalón	H	F
Fuerza tractiva total	F	F
Deslizamiento	S	_____

7.3 Tamaños de barras en ángulos de lados iguales

Tabla. 7.5 Dimensiones y propiedades para diseño

Designación y tamaño nominal	Espesor	Peso Por pie	Área	Eje X - X		Eje Y - Y		Eje Z- Z	Radio del chaflán R	Ubicación de la siderurgica que lo fabrica
				I	Z	r	x o y			
Pulg.	Pulg.	lb.	Pulg ²	Pulg ⁴	Pulg ³	Pulg.	Pulg.	Pulg.	Pulg.	
L 2¹/₂x2¹/₂	³ / ₈	5.9	1.73	0.984	0.566	0.753	0.762	0.487	³ / ₁₃	†
	⁵ / ₁₆	5.0	1.46	0.849	0.482	0.761	0.740	0.489		
	¹ / ₄	4.1	1.19	0.703	0.394	0.769	0.717	0.491		
	¹ / ₁₆	3.07	0.902	0.547	0.303	0.778	0.694	0.495		
L 2x2	³ / ₈	4.7	1.36	0.479	0.351	0.594	0.636	0.389	³ / ₁₃	†
	⁵ / ₁₆	3.92	1.15	0.416	0.300	0.601	0.614	0.390		
	¹ / ₄	3.19	0.938	0.348	0.247	0.609	0.592	0.391		
	.205	2.65	0.778	0.294	0.207	0.615	0.575	0.393		
³ / ₁₆	2.44	0.715	0.272	0.190	0.617	0.569	0.394			
L 1³/₄ x 1³/₄	¹ / ₄	2.77	0.813	0.227	0.186	0.529	0.529	0.341	³ / ₁₃	†
	³ / ₁₆	2.12	0.621	0.179	0.144	0.537	0.506	0.343		
L 1¹/₂ x 1¹/₂	¹ / ₄	2.34	0.688	0.139	0.134	0.449	0.466	0.292	³ / ₁₃	†
	³ / ₁₆	1.80	0.527	0.110	0.104	0.457	0.444	0.293		
L 1¹/₄ x 1¹/₄	¹ / ₄	1.92	0.563	0.077	0.091	0.369	0.403	0.243	³ / ₁₃	†
	³ / ₁₆	1.48	0.434	0.061	0.071	0.377	0.381	0.244		

† Fabricado en Fiarles, Pensilvania.

Fuente: Structural Steel Shapes (Pittsburg, Pa: U.S. Steel Corporation, 1982.

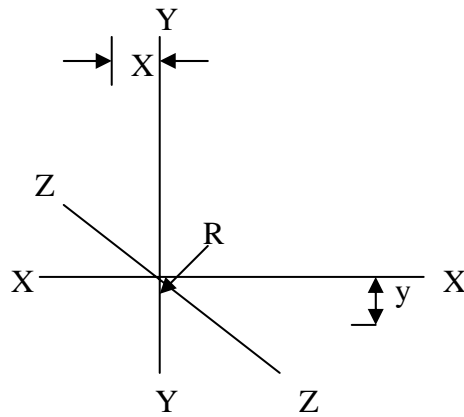


Figura 7.1 Ángulos de lasos iguales

ANEXO C

7.2 Cargas en las llantas de los tractores agrícolas, factores de torque y presiones de inflado – SAE j 709d*

7.2.1 Propósito

Estos estándares SAE establecen cargas, valores de tiros tangenciales y relaciones de presión de inflado para tamaño de neumáticos de capas, usados corrientes en tractores agrícolas.

7.2.2 Principios generales

Todas las cargas de neumáticos de tractor agrícola mostradas en la tabla 7.6 están factores de conversión hayan sido finalizados.

La carga individual máxima para su clasificación respectiva de capas, mostrada en la tabla 7.6 para el respectivo tamaño de neumático.

7.2.3 Definiciones

Carga máxima carga axial sobre cada mitad del mitad del eje y dividiendo entre el número de neumáticos de esa mitad.

Neumáticos de ruedas impulsora de tractor agrícola utilizado de campo – neumáticos usados individualmente valores de neumáticos de carga vertical y tiro tangencial (italianos) para selección de neumáticos, lbs.

Tabla 7.6 Cargas en las llantas de los tractores agrícolas, factores de torque y presiones de inflado – sae j 709d*

Designación	Tamaño de neumáticos				limites de neumáticos a varias presiones de inflado en frío lb/pulg ²					
	12	14	16	18	20	22	24	26		
8.3 – 24	970 910	1060 1000	1150 1080	1230 1160	1310 1230	1380(4) 1300				
9.5 – 16	910 780	1000 860	1080 930	1160 1000	1230(4) 1060					
9.5 – 24	1210 1110	1330 1220	1430 1320	1540 1420	1630(4) 1500					
11.2 – 24	1470 1320	1610 1450	1740 2570	1860(4) 1670						
12.4 – 16	1350 1120	1480 1230	1590 1320	1710 1420	1820 1510	1920 1590	2020(6) 1680	2120 1760	2390@32(8) 1980@32	
12.4 – 24	1760 1570	1920 1710	2080(4) 1850	2230 1980	2370 2110	2510 2230	2640(6) 2350			
12.4 – 28	1880 1710	2050 1870	2220(4) 2020							
13.6 – 24		2270(4) 1970								
13.6 – 28	^a 2210 ^a 1970	2420(4) 2150								
13.6 – 38		2810(4) 2640	3030 2850	3250 3060	3460 320	3660(6) 3440				
14.9 – 24	^a 2470 ^a 2120	2700 2320	2920 2510	3130 2690	3330(6) 2860	3520 3030	3710 3190	3880(8) 3340		
14.9 – 26		2790 2430	3020 2630	3240 2820	3440(6) 2990					
14.9 – 28		2890 2540	3120 2750	3340 2940	3560(6) 3130	3960 3480	3960 3460	4140(8) 3640		
14.9 – 30		2980 2650	3220 2870	3450 3070	3670(6) 3270					
15.5 – 38		3160 2970	3410 3210	3660 3440	3890(6) 3660	4110 3860	4330 4070	4550(8) 4270		
16.9 – 24	^a 3000 ^a 2520	^a 3280 ^a 2760	3550 2980	3800(6) 3190	4040 3390	4270 3590	4500(8) 3780	4710 3960	4920@28(10) 4130@28	
16.9 – 26	^a 3100 ^a 2670	^a 3390 ^a 2920	3660 3150	3920(6) 3370						
16.9 – 28			3780 3290	4050(6) 3520	4310 3750	4560 3970	4800(8) 4180			

16.9 – 30			3900 3430	4180(6) 3680					
16.9 – 34			4150 3740	4440(6) 4000					
16.9 – 38			4390 3990	4700(6) 4280	5000 4550	5290 4810	5560(8) 5060		
18.4 – 16.1	^a 2370 ^a 1870	^a 2600 ^a 2050	2810(6) 2220	3010 2380	3200(8) 2530				
18.4 – 24			4240 3520	4550 3780	4840(8) 4020				
18.4 – 26	^a 3710 ^a 3150	^a 4060 ^a 3450	4380(6) 3720	4700 4000	5000(8) 4250	5280 4490	5560 4730	5830(10) 4960	6580@32(12) 5590
18.4 – 28			4530(6) 3900	4850 4170	5160(8) 4440	5460 4700	5740 4940	6020(10) 5180	6790@32(12) 5840
18.4 – 30			4670(6) 4060	5010 4360	5330(8) 4640	5630 4900	5920 5150	6210(10) 5400	
18.4 – 34			4960(6) 4410	5320 4730	5660(8) 5030	5980 5320	6290 5600	6590(10) 5870	
18.4 – 38			5250(6) 4730	5630 5070	5980(8) 5380	6330 5700	6660 5990	6980(10) 6280	
20.8 – 34			5560(6) 4840	6440(8) 5600					
20.8 – 38			6360 5660	6820(8) 6070	7250 6450	7670(10) 6830			
23.1 – 26	^a 5310 ^a 4350	^a 5810 ^a 4760	6280(8) 5150	6730 5520	7160(10) 5870				
23.1 – 30			6690(8) 5620						
23.1 – 34			7110(8) 6110						
24.5 – 35	^a 6450 ^a 5420	^a 7060 ^a 5930	7640 6420	8180 6870	8700(10) 7310				

FUENTE. Reimpreso con permiso, "Copyright © Society of Automovite Engineers, Inc., 1978, todos los derecho reservados". ^a Las cargas a estas presiones de inflado son de tipo R- 3 cuando se utiliza en servicio agrícola solamente.

NOTAS:

1. Las figuras en el paréntesis señalan clasificaciones de capa las cuales la carga y válvulas de tiro son máximas.
2. Para servicio de transporte y operaciones que no requieran alto torque mantenido, los siguientes limites de carga a varias velocidades se aplican sin cambios en la presión de inflado.

MAX. Velocidad % de aumento a las cargas en la tabla superior

10 mph 20%

15 mph 10%

20 mph El mismo que en la tabla superior.

3. Las clasificaciones para neumáticos en la pareja (dobles) deben reducirse por un factor de 0.88. Ver SAE j709 completo para clasificaciones mas precisas.

ANEXO D

La parte más importante del proyecto es la programación en el software del PLC.

Anexos E

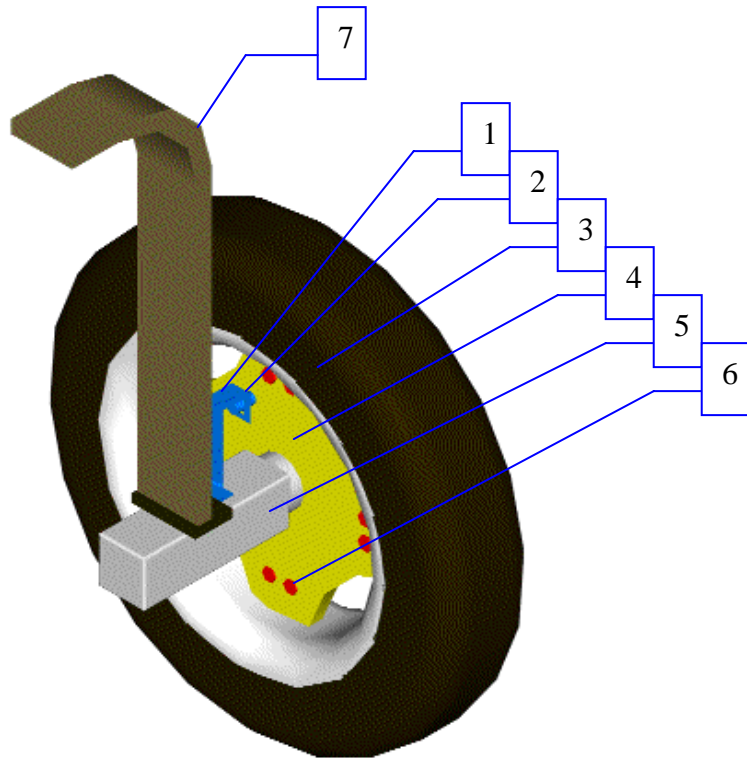


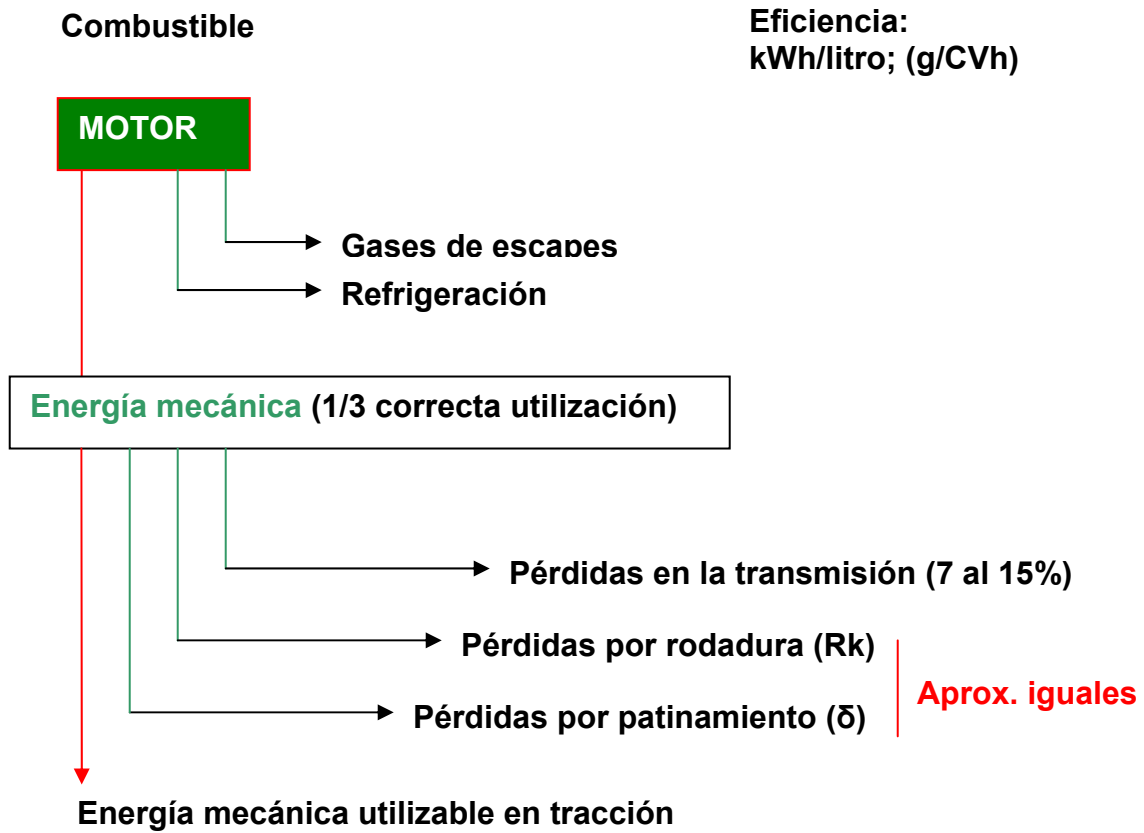
Figura 7.5 Diseño del neumático y sus partes

Tabla 7.2 Diseño del neumático y sus partes

1	Diseño de la estructura de acero ½"
2	Sensor
3	Neumático
4	Rin
5	Eje
6	Pernos o virlos
7	Aro

Anexo F

7.3 Diagramas de pérdidas

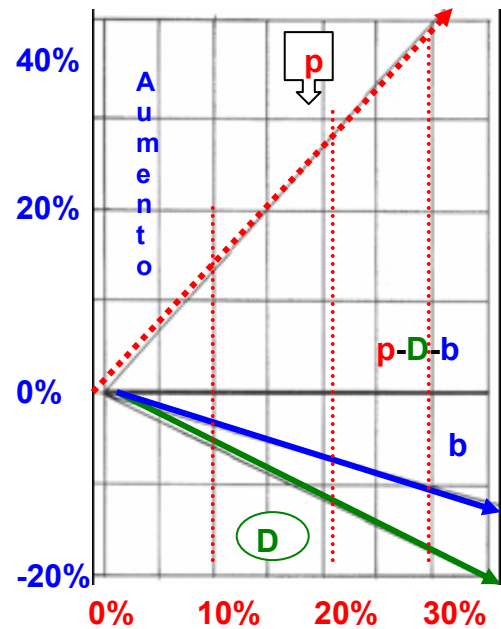
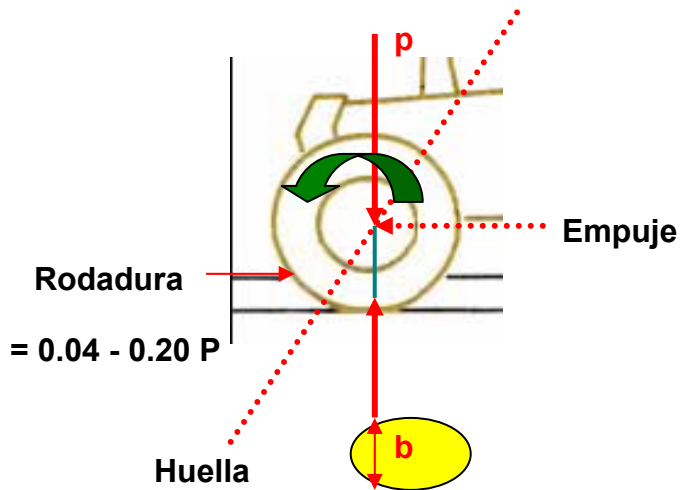


7.4 Punto de apoyo en el suelo (variación a la resistencia de rodadura)

Rueda conducida

Diámetro: D

Anchura: b

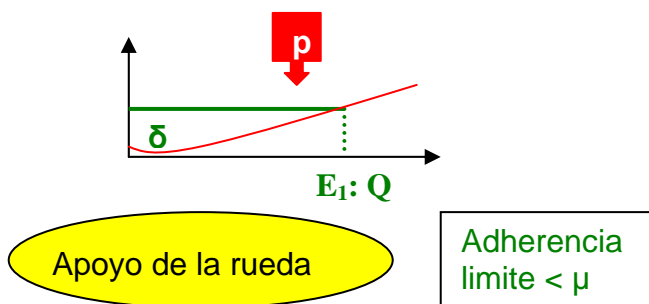


7.5 La rueda motriz

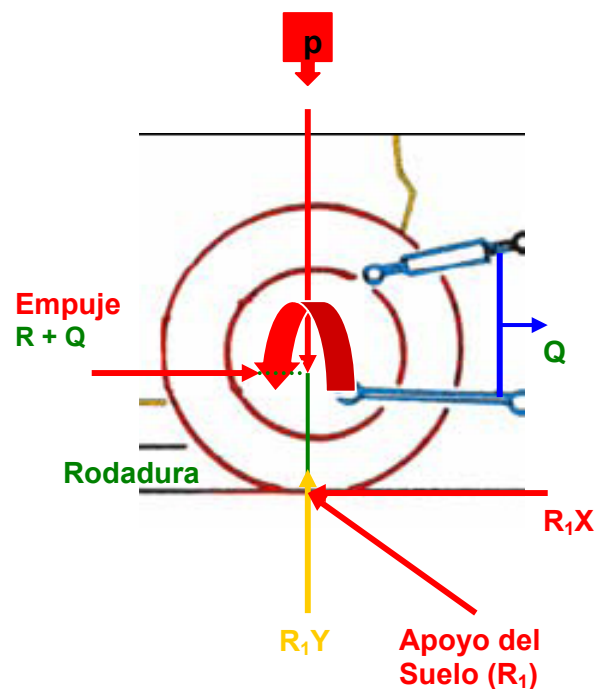
Patinamiento: pérdida de camino.

Depende:

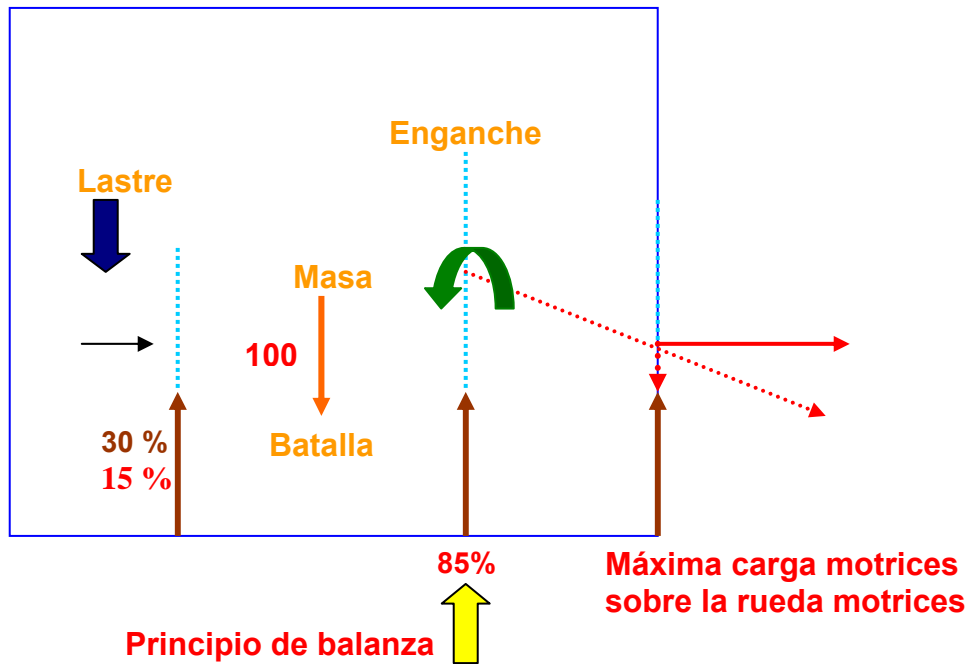
- De la carga dinámica
- Del empuje
- Del tipo de suelo



Empuje = Carga vertical x adherencia



7.6 Carga dinámica sobre el eje trasero



7.7 Adherencia rueda - suelo

Tabla 7.7 Valores de coeficiente de adherencia para diferentes suelos

Naturaleza y estado del suelo	Índice de cono (CI) KPA	Coefficiente de adherencia
Rastrojo seco	1200	0.60
Tierra labrada seca	900	0.57
Tierra labrada húmeda	450	0.52
Suelo suelto	250	0.48

7.8 Patinamiento recomendado

Tabla 7.8 Factores que permiten calcular la potencia tracción que se puede conseguir en un tractor agrícola, a partir de la potencia medida en la toma de fuerza.

Tipo de tractor	Pavimento	Suelo firme	Suelo labrado	Suelo blando
Simple tracción (2RM)	0.87	0.72	0.67	0.55
Dobles tracción, con ruedas desiguales (2RM + TDM)	0.87	0.77	0.73	0.65
Doble tracción, con ruedas iguales (4RM)	0.87	0.78	0.75	0.70
Cadenas	0.88	0.82	0.85	0.78

Tabla 7.9 Patinamiento recomendado

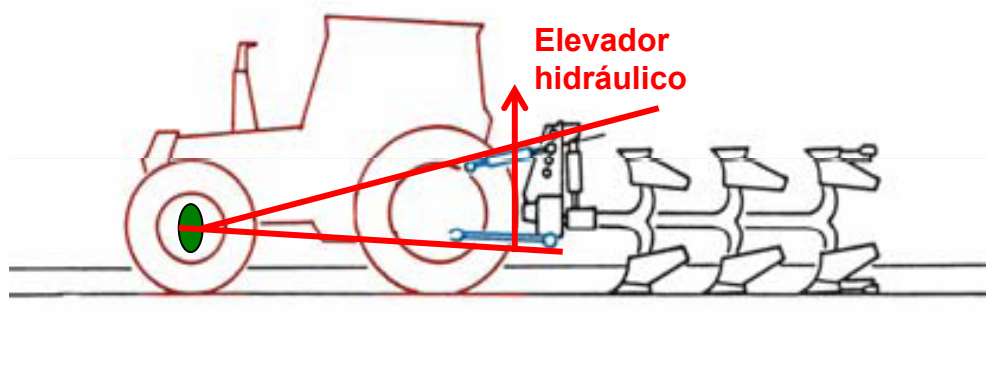
Tipo de suelo	Patinamiento óptimo (%)	Eficiencia en tracción
Firme	4 - 8	0.93
	8 - 10	0.78
	11 - 13	0.64
Blando	14 - 16	0.52

7.9 Masa en cada eje en porcentaje sobre la masa de referencia del tractor (sin aperos).

Tabla 7.10 porcentaje sobre la masa del tractor sin aperos.

Tipos de tractor	Ruedas delanteras	Ruedas traseras
Simple tracción	30 %	100 %
Doble tracción (ruedas desiguales)	50 %	80 %
Doble tracción (ruedas iguales)	70 %	60 %

7.10 Enganche apropiado



Mantener carga sobre el eje delantero