

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA TARJETA  
PARA MEDIR Y ALMACENAR VELOCIDAD DEL  
TROLEBUS – QUITO CON SOFTWARE PARA  
DESCARGAR Y ANALIZAR DATOS EN UN PC**

**ERNESTO V MONTALVO  
WALTER E NUÑEZ**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO  
DE INGENIERO EN ELECTRONICA Y CONTROL**

**QUITO, MARZO 1998**

## **DEDICATORIA**

A mis padres cuyo esfuerzo, sacrificio y ejemplo supieron guiarme hacia la culminación de mi carrera en tan prestigiosa institución.

Vinicio.

## **AGRADECIMIENTO**

A todas la personas que en alguna forma colaboraron en la culminación de este trabajo, y de manera especial al Dr. Luis Corrales por su acertada direcciòn.

Vinicio.

## DEDICATORIA

A mis padres cuyo esfuerzo, sacrificio y ejemplo, los que supieron brindarme para la culminación de mi carrera profesional.

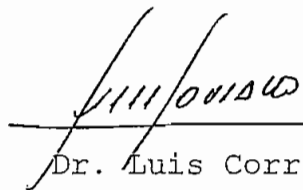
Walter.

## **AGRADECIMIENTO**

A todas la personas que han colaborado en alguna forma par la realización del presente trabajo, la culminación de este trabajo, y de manera especial al Dr. Luis Corrales por su acertada dirección.

Walter.

Certifico que el presente trabajo ha sido realizado en su totalidad por los Srs. Ernesto V. Montalvo Y Walter E. Nuñez

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Corrales', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Dr. Luis Corrales.

DIRECTOR DE TESIS

## INDICE

### **CAPITULO 1: GENERALIDADES**

INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes y justificación.....	1
1.1.1Objetivos.....	2
1.1.2 Sistemas de medición de velocidad implementados en el trolebús.....	3
1.1.2.1 Captación de revoluciones para control de caja de cambios automática ZF.....	4
1.1.2.2 Captación de revoluciones para control del motor de tracción eléctrico.....	4
1.1.2.3 Captación de revoluciones para el sistema de control de articulación y tacógrafo.....	4
1.2 Sistema eléctrico – electrónico del tacógrafo del trolebús.....	5
1.2.1 Sensores de proximidad.....	7
1.2.1.1 Características generales de los sensores de proximidad.....	8
1.2.1.2 Tipos de sensores de proximidad según su forma. ....	9
1.2.1.3 Distancias de operación de sensores de proximidad.....	10
1.2.1.4 Características eléctricas y modos de conexión de los sensores de proximidad.....	14

1.2.1.5 Características generales para la selección de los sensores de proximidad.....	16
1.3 Alternativa Propuesta.....	18
1.3.1 Sensores Inductivos.....	18
1.3.1.1 Descripción del funcionamiento de un sensor inductivo...	18

## **CAPITULO 2: DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL HARDWARE**

Objetivos.....	21
Fuente de polarización.....	23
2.1 Diseño y construcción del circuito acondicionador de señal para sensar la velocidad.....	24
2.1.1 Señal de velocidad.....	25
2.1.2 Acondicionamiento de la señal de velocidad.....	26
2.1.3 Central de lectura-escritura.....	28
2.2 Diseño y construcción del circuito para detectar el tipo de tracción del trolebús.....	31
2.3 Diseño y construcción de la interfaces para transmisión de datos hacia el PC.....	33



## **CAPITULO 3: DISEÑO DEL SOFTWARE**

3.1 Implementación del programa para lectura, almacenamiento y transmisión de datos en la tarjeta de adquisición.....	37
3.2 Implementación del programa de administración en el PC.....	41

## **CAPITULO 4: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS**

4.1 Pruebas del circuito de acondicionamiento para sensar velocidad.....	44
4.2 Pruebas del sistema de adquisición y administración de datos.....	49
4.3 Resultados obtenidos.....	51

## **CAPITULO 5: CONCLUSIONES**

Conclusiones.....	69
-------------------	----

BIBLIOGRAFIA.....	71
-------------------	----

## **ANEXOS**

Diagrama esquemático de la tarjeta de adquisición de datos.....	72
---	----

Diagrama PCB de la tarjeta de adquisición de datos, perfiles de componentes.....	73
--	----

Diagrama PCB de la tarjeta de adquisición de datos, vista superior.....74

Diagrama PCB de la tarjeta de adquisición de datos, vista inferior.....75

# ***CAPITULO 1***

## ***GENERALIDADES***

## **INTRODUCCIÓN**

El sistema integrado trolebús de la ciudad de Quito, es una nueva alternativa de transporte masivo para la ciudad que ha venido a mejorar las condiciones ambientales y de congestión vehicular que adolecía la ciudad hasta finales del año 1995, debido a la presencia de un gran número de unidades de transporte urbano en notables condiciones de deterioro.

La circulación de todos los trolebuses se la realiza por un carril exclusivo entre los terminales Norte y Sur. La exclusividad de la vía ha hecho posible la reducción del tiempo para atravesar la ciudad de norte a sur o viceversa que normalmente demoraba un bus convencional. Este tiempo es de aproximadamente 40 minutos, sin que esto implique que, las unidades del trolebús deban imprimir mayores velocidades de circulación que las estrictamente permitidas por ley.

### **1.1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION**

El sistema de trolebús debe cumplir con normativas de velocidad de circulación por razones de regulación vial y también por motivos de limitación del equipo.

Las limitantes impuestas por el equipo son:

La línea aérea de contacto que es la que proporciona la alimentación de corriente continua para el inversor que alimenta al motor de tracción y a un inversor de menor potencia para servicios auxiliares, tiene tramos en donde se debe reducir la velocidad como son: Agujas, Desvíos, Aisladores .

Los tomacorrientes que hacen el contacto con la línea de alimentación son susceptibles de desconectarse de la línea por exceso de velocidad (descarrilamiento).

Este tipo de incidentes han ocurrido con daños considerables tanto para la unidad descarrilada y la línea aérea de contacto, como daños en otras unidades próximas.

### **1.1.1.- OBJETIVOS**

La tesis propuesta tiene como fin permitir que quienes estén encargados de supervisar la operación del sistema del trolebús obtengan una base de datos de velocidad para cada unidad y en base a estos generen gráficos de velocidad versus tiempo (hora), y verificar condiciones de descarrilo. Además que se tenga una indicación del tipo de servicio presente sea en eléctrico o en diesel para esos intervalos de tiempo.

Estos gráficos permitirán tener un estricto control respecto a la circulación de la unidad durante el período de tiempo que sea requerido y este tiempo de supervisión deberá ser flexible y podrá ser variado según las necesidades.

El sistema de registro de velocidad funcionará continuamente sin importar si la unidad se encuentra en servicio eléctrico, servicio diesel o fuera de servicio.

Para cumplir con lo indicado, en la presente tesis se desarrolla un sistema electrónico que permite adquirir datos de velocidad y parámetros de operación como: tipo de tracción (eléctrico o diesel) y el registro de los descarrilamientos.

Estos datos se almacenarán en la memoria RAM de una tarjeta de adquisición de datos que se diseñará como parte de este trabajo. Un reloj en tiempo real permitirá relacionar los datos adquiridos con la hora de ocurrencia de los diferentes eventos; finalmente el módulo permitirá comunicarse con un computador personal utilizando el pórtilo serial, que es donde se descargará la información recopilada para su análisis con software diseñado para tal propósito.

El objetivo primordial es poder acoplar a los sistemas que ya se tienen implementados en el trolebús la tarjeta electrónica que permitirá realizar la adquisición y monitoreo de parámetros para su posterior análisis, deberá acoplarse totalmente al sistema de medición de velocidad implementado en el trolebús; sin que esto signifique, que no se estudiarán otras posibles alternativas que permitan medir este parámetro.

En lo que se refiere al software de apoyo, esta tesis tendrá por un lado un software a nivel de assembler para adquisición de datos y, por otro lado, un software para el PC que permitirá como ya se mencionó realizar la transferencia de datos, el monitoreo en tiempo real, el control del reloj de la tarjeta de adquisición de datos y el análisis de los mismos.

Por su extensión, este trabajo se lo realizará en forma conjunta:

Una persona se encargará del desarrollo del software en assembler para la tarjeta; el otro miembro del grupo tendrá a cargo desarrollar el software de administración para el PC, empleando el VISUAL BASIC como el lenguaje de desarrollo y, ambos, se introducirán en el diseño y construcción del hardware pertinente.

### **1.1.2.- SISTEMAS DE MEDICION DE VELOCIDAD IMPLEMENTADOS EN EL TROLEBUS.**

En el trolebús se encuentran implementados tres grupos de sistemas de medición de revoluciones. Los sistemas de medición mencionados proporcionan información de velocidad, la cual es necesaria en la regulación que hacen los diferentes sistemas de control.

Los grupos de medición de revoluciones mencionados son:

### **1.1.2.1.- Captación de revoluciones para control de caja de cambios automática ZF.**

Se miden revoluciones en los ejes de turbina del motor diesel y eje de salida desde la caja de cambios. Los rotores son dentados y se utilizan sensores inductivos. Estas mismas señales de revoluciones son utilizadas para el sistema de control del acelerador electrónico (EMR) para el motor diesel.

### **1.1.2.2.- Captación de revoluciones para control de tracción del motor eléctrico.**

Con este propósito se miden revoluciones en el eje de salida del motor eléctrico. El sensor es un tacogenerador y el acondicionamiento de la señal de salida está incluido en la circuitería de la sonda de velocidad. Además de las revoluciones proporciona información del sentido de giro.

### **1.1.2.3.- Captación de revoluciones para el sistema de control de articulación y tacógrafo.**

En este caso, se miden revoluciones en las salidas tanto del motor eléctrico como del motor diesel. La medición de la velocidad se la realiza con sensores inductivos que actúan según el servicio seleccionado. Se monitorea la velocidad en los dos servicios ya que el sistema de articulación funciona independientemente de si se desplaza la unidad con un tipo de tracción u otro.

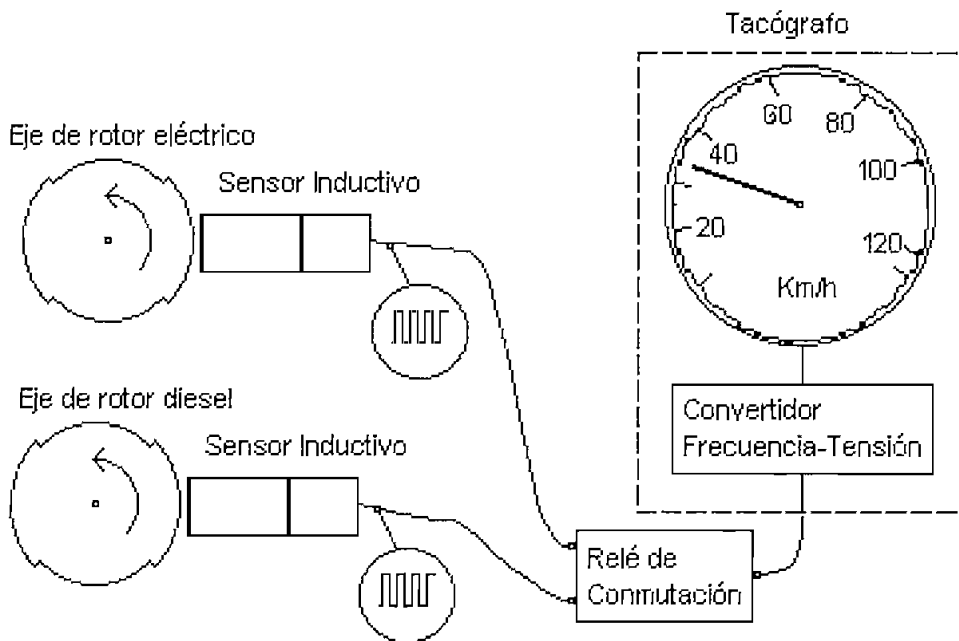
De los sistemas de medición mencionados el último es el apropiado para acoplar el sistema de adquisición de datos propuesto, debido a que funciona para los dos tipos de tracción y presta más facilidad de acceso para tomar las señales de velocidad desde un mismo punto sin necesidad de tener una circuitería externa para conmutar la señal hacia el sistema de adquisición de datos.

## 1.2.- SISTEMA ELECTRICO - ELECTRONICO DEL TACÓGRAFO DEL TROLEBUS.

La obtención de la señal de la velocidad es la base para el desarrollo del hardware y software que nos permitirá cumplir los objetivos hasta aquí mencionados.

Es por esto que se analizarán los sensores que permiten la obtención de una señal cuadrada de frecuencia variable según la variación de la velocidad.

El trolebús tiene un sistema de medición de velocidad y sentido de giro en base a sensores inductivos de proximidad, los que van montados en el eje de salida del motor diesel. Del mismo modo tiene otros dos sensores inductivos en el eje de transmisión eléctrico. La conmutación de las salidas de estos sensores se realiza por medio de relés auxiliares, tal como se indica en la Figura 1.1, que actúan dependiendo de la posición del acoplamiento a los ejes de transmisión.



**Figura 1.1**  
*Sistema de medición de velocidad del Trolebús para control en sistemas de Chasis Mercedes Benz*



El tacógrafo montado en el trolebús, además de indicar de velocidad instantánea, tiene un reloj horario, un registro de kilometraje total desplazado, y un registrador de velocidad para un período de 24 horas .

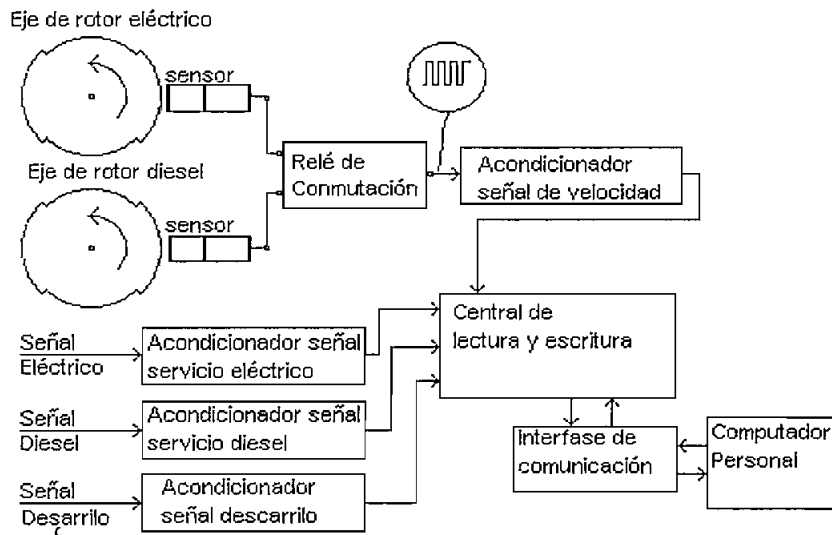
Para el registrador de velocidad es necesario un disco de cartón, que viene previamente rotulado con una división horaria y niveles que marcan el valor de velocidad en cada instante, sobre el cual se traza una curva continúa. En cuanto a la detección de la velocidad, esta se la determina en base a la generación de una señal de pulsos de frecuencia variable, la que varía directamente de acuerdo con las revoluciones registradas en el eje de salida.

Para la medición de la velocidad se dispone de rotores dentados, tanto a la salida del motor eléctrico como del motor diesel. Al girar el rotor, los dientes de éste se aproximan al sensor de modo que el estado de la señal de salida de este conmuta generando una señal de pulsos de frecuencia variable y que al final es proporcional con la velocidad del trolebús. Los sensores de proximidad se ubican tangencialmente a la dirección radial al eje. La distancia del sensor hasta la superficie tangencial de un diente de rotor es de aproximadamente 0.8 mm, lo que garantizará la detección de proximidad.

En el eje del motor eléctrico el rotor dentado contiene dos dientes equi espaciados de 90 ° de sección. Para el eje de salida, desde el motor diesel, existen cinco dientes en el rotor dentado; esto hace que se generen cinco pulsos por cada revolución.

La relación frecuencia - velocidad es la misma para la medición en servicio eléctrico o diesel a pesar de que los ejes de transmisión no giren a las mismas revoluciones para una misma velocidad; esto se debe al sistema variador de revoluciones que se tiene en el diferencial del vehículo.

El sensor inductivo de proximidad del sistema implementado es del tipo "corrientes de remolino" por lo que el rotor no necesita ser de material ferromagnético, sino únicamente metálico.



*Figura 1.2*  
*Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos de velocidad*

Además, el sensor inductivo es de forma cilíndrica con roscado externo que permite ajustar la distancia hasta el eje.

El conjunto devanado-sensor tiene incorporado el circuito acondicionador que permite tener una onda cuadrada a la salida del sensor.

Para visualizar la velocidad se utiliza un indicador analógico que toma la señal digital y la convierte en una analógica.

El sistema de adquisición de datos que se propone para el desarrollo de este trabajo se acoplaría a los sistemas integrados en el trolebús como se indica en la Figura 1.2.

### 1.2.1.-SENSORES DE PROXIMIDAD

De los sistemas de medición de velocidad implementados en el trolebus, el que se utilizará para acoplar al sistema de adquisición de datos a desarrollarse es el sistema medición de velocidad para el control del sistema articulación y tacógrafo; este sistema utiliza sensores de proximidad para la captación de la

velocidad. A continuación se indican algunas características generales en relación con este tipo de sensores.

Los sensores de proximidad tienen una salida binaria que indican la presencia de un objeto en un rango de distancia determinado.

Existen básicamente tres tipos de sensores de proximidad, de acuerdo al principio físico de funcionamiento; estos son: Sensores Inductivos; Sensores Capacitivos y Sensores Magnéticos.

#### **1.2.1.1.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SENSORES DE PROXIMIDAD.**

Existen varios criterios de selección de sensores de proximidad. Pero el principal factor de selección de un sensor es el material del objeto a ser sentido.

Si el objeto detectado es un metal el sensor apropiado es un sensor inductivo.

Si el objeto es un plástico, papel, polvo, gránulos ó algún fluido entonces el sensor adecuado es un sensor capacitivo. En el caso de que el objeto tenga algún tipo de generación magnética, entonces se podrá usar un sensor magnético.

Para una adecuada selección de sensores de proximidad se debe tomar en cuenta varias aspectos como son:

-Forma del sensor

-Distancia de operación

-Datos eléctricos y conexiones

-Especificaciones generales de los elementos sensores.

### 1.2.1.2.- TIPOS DE SENSORES DE PROXIMIDAD SEGUN SU FORMA.

Por la forma del sensor se tienen los siguientes tipos:

#### SENSORES TIPO CILINDRO.

La zona activa de estos sensores está delante de su superficie frontal apuntando en dirección axial. Este tipo de sensores tienen roscado y pueden ser fabricados de aceros inoxidable de alta dureza, latón, lámina de níquel revestimiento de teflón, semicristales como el Crastin y cristales como el Ryton.

El Crastin es un cristal resistente a deformación, abrasión, calor, frío y a medios en presencia de humedad, ácidos e hidrocarburos. El Ryton se usa para temperaturas superiores a los 150 ° C. Los elementos electrónicos son protegidos bajo una resina epóxica.

#### SENSORES CON SECCIONES TRANSVERSALES RECTANGULARES.

Este tipo de sensor tiene una base que es la que contiene los terminales de conexión. La base va unida a la superficie de montaje a través de tornillos. La cabeza del sensor puede orientarse en cinco direcciones diferentes; adelante, hacia arriba o abajo, a izquierda o derecha.

El sensor tiene dos partes: una inferior que contiene un compartimento de terminales y una superior que contiene el sensor y electrónica, encapsulados en resina moldeada al vacío. Este componente superior está hecho de PBT. El componente inferior puede ser hecho en PBT o metal fundido.

Un grupo de sensores rectangulares son llamados switches de superficie, los cuales tienen una superficie frontal amplia, en consecuencia un mayor rango de operación (aprox. 60 mm).

## SENSORES TIPO RANURA (slot)

Estos sensores tienen forma de U en donde se genera un campo magnético alternado entre las bobinas ubicadas una frente a la otra. Un efecto de interrupción se produce cuando un objeto ingresa a la región entre esas bobinas.

## SENSORES TIPO ANILLO.

Es un sensor en forma de anillo en el que se tiene un campo magnético alterno en su interior. La detección de proximidad se da cuando un objeto metálico ingresa en el interior del anillo.

Una de las características básicas en relación a los sensores de proximidad es lo referente a las distancias de operación.

### 1.2.1.3.- DISTANCIAS DE OPERACION DE SENSORES DE PROXIMIDAD.

Para sensores inductivos y capacitivos, la siguiente fórmula permite la determinación de una distancia aproximada de operación :

$$( 1.1 ) \quad S \leq D/2.$$

Donde **D** es el diámetro de la superficie sensible del sensor.

Existen parámetros que permiten evaluar la característica de operación de un sensor de proximidad en relación a distancias de operación.

**$S_n$  - Distancia nominal de operación.**- Es una distancia axial obtenida mediante la determinación de la distancia a la cual actúa un sensor en presencia de una placa la cual debe ser hecha de Acero ST 37 y tener la forma de un cuadrado cuyo lado deberá ser igual a la medida del diámetro interior del sensor. El espesor de la placa debe ser de 1 mm.

$S_r$  - Distancia real de operación.- Es la distancia de operación medida a condiciones de temperatura comprendidas en el rango de  $23 \pm 5$  °C y bajo condiciones de voltaje dentro del rango de operación especificado para su instalación.

Su valor oscila típicamente entre:  $0.9 S_n \leq S_r \leq 1.1 S_n$ .

$S_u$  - Distancia de operación útil.- Es la distancia de operación medida en condiciones de temperatura extremas indicadas por el fabricante. Esta varía aproximadamente entre los  $-25$  °C y  $70$  °C y con una fuente de voltaje que varíe entre el 85 % y 110 % del voltaje de operación especificado.

$S_a$  - Distancia de operación segura .- Es la distancia de operación que asegura la operación de detección de proximidad bajo las condiciones de operación especificadas.

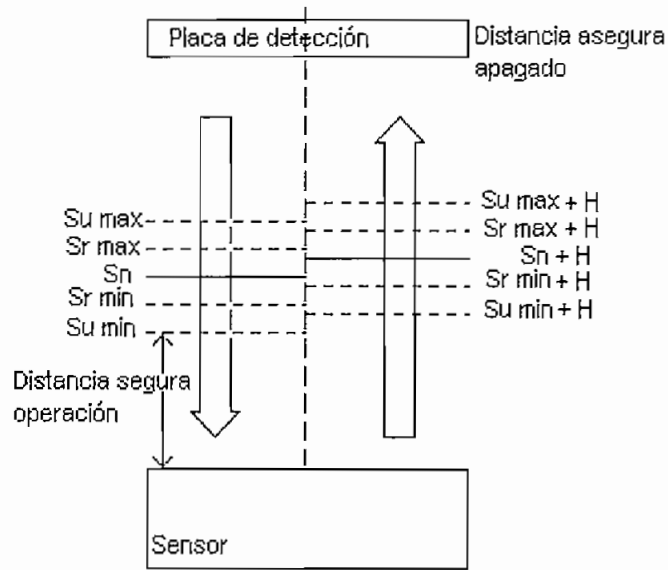
Esta varía en el intervalo :  $0 \leq S_a \leq 0.81 S_n$ .

$R$  - Precisión de repetición .- Es la variación de la distancia de operación real con una temperatura en el sensor de  $23 \pm 5$  °C. El voltaje aplicado debe variar entre  $\pm 5$  % del rango de voltaje de operación a una humedad relativa arbitraria.

$H$  - Recorrido diferencial.- Es la distancia entre los puntos de conmutación al acercar una placa hacia el sensor y posteriormente al alejarla. Para condiciones de temperatura ambiente de  $23^\circ\text{C} \pm 5$  °C y con un voltaje de alimentación fijo su valor es aproximadamente:

$$( 1.2 ) \quad H \leq 0.2 S_r .$$

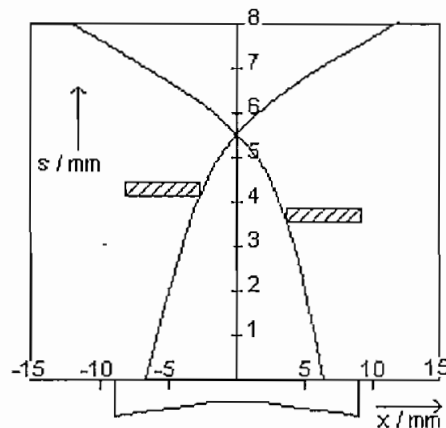
En la Figura 1.3 se muestra las distancias de operación de un sensor de proximidad.



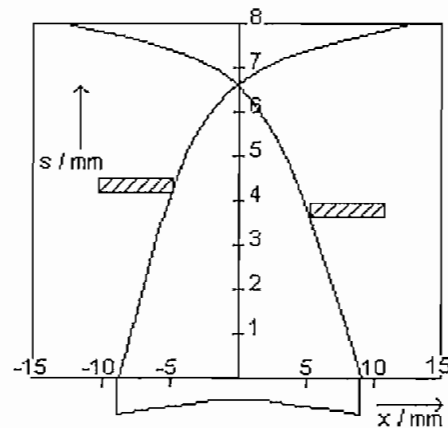
**Figura 1.3**  
*Distancias de operación de sensores inductivos.*

La proximidad axial se usa como criterio de determinación de distancias de operación. Sin embargo; si la placa de proximidad se la desplaza lateralmente dentro de la zona activa, entonces la distancia de operación varía dependiendo de la distancia al eje. Variando la posición del objeto a ser detectado se generan curvas características llamadas curvas de respuesta.

Las Figuras 1.4 y 1.5 corresponden a curvas de respuesta de sensores de proximidad inductivos y capacitivos respectivamente.



**Figura 1.4**  
*Curva característica de sensor inductivo*



**Figura 1.5**  
**Curva característica de sensor capacitivo**

Todas las características respecto a distancias de operación de los principales sensores de proximidad son afectadas si se considera el material del objeto que se detecta. Esta variación se describe con un factor de reducción. Para el caso de sensores inductivos el factor de reducción se determina con respecto al acero ST 37 y como característico del material su conductancia/permeabilidad. Para sensores capacitivos se considera su permitividad, y el material referencial a detectar es el agua.

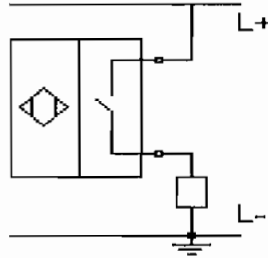
Con respecto a las formas de montaje de los sensores, existen dos modos: si la superficie de detección del sensor tiene el mismo nivel que la superficie de montaje se dice nivelado (flush) y el no-nivelado (non-flush) si la superficie del sensor sobrepasa el nivel de montaje. Con el montaje no-nivelado se logran mayores distancias de detección. Para referencia de modos de montaje el fabricante proporciona tablas de distancias de montaje sea nivelado o no nivelado, así como datos de distancias entre sensores para que no existan interferencias mutuas.

#### **1.2.1.4.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS Y MODOS DE CONEXION DE LOS SENSORES DE PROXIMIDAD.**

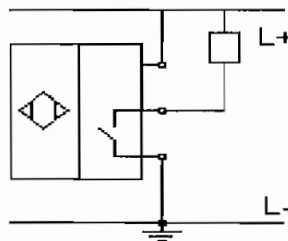
Se tienen sensores de proximidad tanto para corriente continua como para corriente alterna.



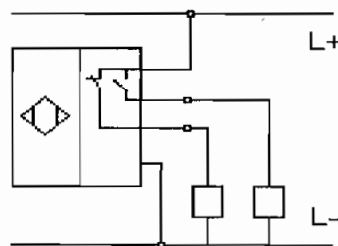
Los sensores de proximidad de corriente continua pueden ser de dos, tres o cuatro terminales, en la Figura 1.6, Figura 1.7 y Figura 1.8 se ilustran los modos de conectarlos. La mayoría de estos sensores toleran polarización inversa y tienen protecciones contra cortocircuito.



**Figura 1.6**  
*Sensor de dos terminales con salida tipo PNP. Normalmente Abierta.*



**Figura 1.7**  
*Sensor de tres terminales con salida tipo NPN. Normalmente Abierto*



**Figura 1.8**  
*Sensor de cuatro terminales con salidas PNP. Normalmente cerrada y abierta.*

Los sensores de proximidad están diseñados para que su salida opere en serie con la carga. En condiciones de apagado del interruptor electrónico por la carga circula una corriente mínima. Cuando el interruptor se conecta, una caída de voltaje relativamente pequeña se presenta sobre el interruptor electrónico.

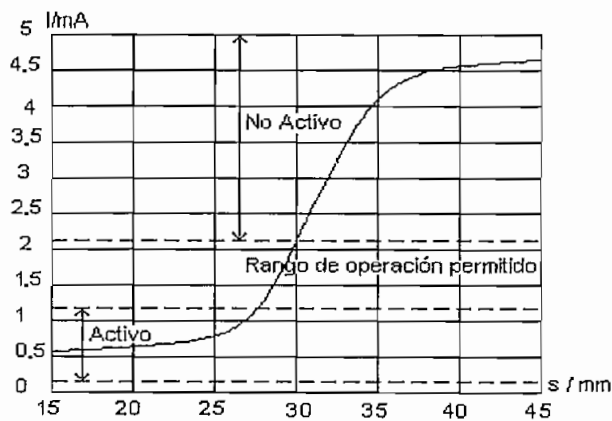
En los sensores de tres conexiones se tiene una conexión exclusiva para polarización y otra para la carga. En los sensores de cuatro conexiones se tiene dos salidas que pueden ser una normalmente abierta y una normalmente cerrada.

Los interruptores que disponen los sensores pueden ser tipo **npn** y se dice que el interruptor es negativo. Para el interruptor tipo **pnp** se dice que el interruptor es positivo.

Los sensores de proximidad de corriente alterna son de dos terminales y operan en serie con la carga. Al igual que en los de continua, se tiene variaciones de corriente en la carga al pasar de un estado a otro de operación. En estado de apagado se tiene una pequeña corriente de apagado.

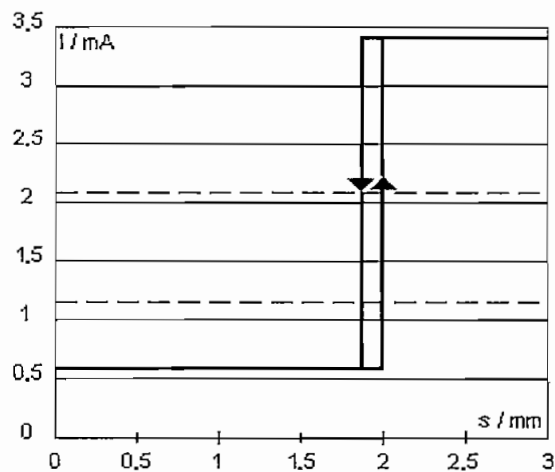
También existe un sensor tipo universal; es decir, opera con corriente continua o con corriente alterna. Estos son de dos terminales.

Para aplicaciones en áreas peligrosas se tiene un tipo de sensor llamado NAMUR, que se caracteriza por el manejo de corrientes y voltaje relativamente bajos respecto de los sensores mencionados anteriormente. En la Figura 1.9 se muestra la característica de corriente de un sensor tipo Namur.



**Figura 1.9**  
Característica sensor tipo NAMUR

Internamente están provistos de una circuitería que permiten obtener a la salida un comportamiento binario en corriente, respecto a la distancia; con un cierto grado de histéresis.



*Figura 1.10*  
*Característica binaria en corriente de un sensor tipo NAMUR.*

#### 1.2.1.5.- CARACTERISTICAS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE SENSORES DE PROXIMIDAD.

Basados en estos parámetros se puede seleccionar el tipo de sensor más apropiado dependiendo de una aplicación específica. En el caso de la detección del parámetro velocidad que se intenta medir, es importante tener en cuenta la frecuencia máxima de la señal a ser medida.

Las siguientes características indican las condiciones limitantes de funcionamiento del sensor, lo cual es propio de cada tipo de sensor; estos datos son proporcionados por el fabricante.

Corriente sin carga  $I_0$  .- Es la corriente requerida por el sensor sin carga o en vacío.

Corriente de operación  $I_L$  .- Es la máxima corriente demandada por la carga para funcionamiento continuo del sensor.

Corriente de Corto tiempo  $I_k$  .- Es la corriente que puede fluir por corto tiempo por el switch activado sin que se produzca un daño en el sensor.

Corriente en el apagado  $I_R$  .- Es la corriente que fluye en la carga con el switch apagado.

Voltaje de operación  $U_B$  .- Indica el voltaje máximo proporcionado por la fuente que asegura la operación del sensor. Comprende un rango de voltajes de operación. En el caso de sensores NAMUR este voltaje es fijo.

Caída de voltaje  $U_d$  .- Es el voltaje medido a través del sensor.

Rizado de voltaje .- Es el rizado de voltaje permisible sobre el voltaje de operación. Su valor máximo está en el orden del 10%.

Frecuencia de ciclos de operación .- Es el máximo número de conmutaciones desde el estado de activación al estado no activo en un segundo.

Interferencia de voltaje permisible .- Es el voltaje pico de corta duración que puede soportar el sensor sin que se produzca su destrucción.

Tiempo de retardo.- Es el tiempo que tarda el sensor en detectar la proximidad de un objeto desde el instante de conexión de la fuente.

Supresión de pulsos de encendido .- Algunos sensores están equipados con protección de señales erradas a la salida del sensor por un tiempo  $t_v$  en el proceso de conexión de la alimentación de voltaje.

Protección contra cortocircuitos .- La salida es bloqueada si se detecta una sobrecorriente y luego se desbloquea.

Este proceso es periódico si la sobrecorriente persiste.

Temperatura ambiente permisible .- Es el intervalo de temperatura al cual se tiene una operación normal del sensor. El rango de temperatura es de aproximadamente -25 °C a 70 °C. Sensores especiales pueden operar desde - 40°C hasta el rango de los 200°C.

### **1.3 ALTERNATIVA PROPUESTA**

De los sistemas diferentes de captación de revoluciones implementados en el trolebús, el sistema que utiliza el modulo del tacografo y articulación es el mas adecuado ya que utiliza sensores de proximidad inductivos, los mismos que se encuentran tanto en el eje de tracción eléctrico como el eje de servicio diesel.

Se propone utilizar esta señal para medir la velocidad, tomando en cuenta que el uso de esta señal en la tarjeta a desarrollarse no tiene que afectar a los eléctrico electrónico de la articulación y tacografo.

#### **1.3.1.- SENSORES INDUCTIVOS.- Características y aplicaciones.**

De los diferentes tipos de sensores de proximidad existentes, el de tipo inductivo es el más apropiado para la detección de velocidad de rotación de un eje. Con estos sensores se realiza una medición de velocidad por un método sin contacto. De los sensores indicados anteriormente el más apropiado es un sensor inductivo de forma cilíndrica.

##### **1.3.1.1 Descripción de funcionamiento de un sensor inductivo.**

En un sensor inductivo se produce el cambio del valor de autoinductancia como consecuencia del cambio de otra magnitud. Los cambios de la inductancia se pueden producir al desplazar un núcleo ferromagnético al interior del devanado o por cambios de flujo inducidos externamente sobre una bobina con un núcleo fijo.

En el caso de los sensores de proximidad inductivos se pueden tener sensores acoplados o sensores sin contacto según se utilice el núcleo permeable

magnético deslizante o una placa metálica que modifique la inductancia en la bobina del sensor.

La inductancia en el sensor puede estar formando un circuito resonante LC en donde la variación de la inductancia produce cambios en la frecuencia de salida.

La inductancia puede estar conformando un puente de impedancias cuya salida con alimentación de corriente alterna reflejará la variación de la inductancia. Un segundo devanado, llamado devanado de referencia o equilibrado, se conecta usualmente en un brazo adyacente del puente de impedancias. Este devanado mantiene su inductancia fija ya que no es modificada por los desplazamientos del elemento a sensar.

Los sensores inductivos sin contacto son los más usuales. Para que se produzca la variación de inductancia en proximidad de un objeto, es necesario que el objeto sea de un material diamagnético altamente conductor o un material paramagnético. La detección de un material ferromagnético de alta permeabilidad es más eficaz. Los rangos máximos de medida de este tipo de sensores está en el orden de 1.5 cm.

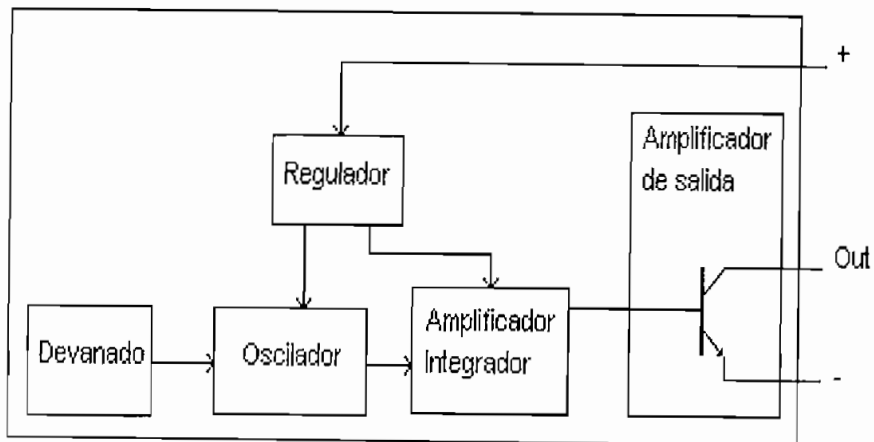
Estos sensores no son sensibles a la rapidez de cambio de flujo magnético acoplado (sensor electromagnético).

Los sensores de desplazamiento inductivo o sensor de proximidad inductivo utilizan el mismo principio físico de detección, con la diferencia que a la salida en el caso del sensor de desplazamiento se tiene una señal analógica y en el sensor de proximidad se tiene una salida digital. El tipo de salida depende de la electrónica integrada al transductor.

La presencia de un objeto metálico, no necesariamente férreo, en las proximidades del elemento sensor causa corrientes en remolino que a su vez provocan el cambio en la impedancia del devanado del sensor. El objeto metálico absorbe el campo electromagnético que se genera sobre el devanado sensor a consecuencia de las corrientes de eddy o de remolino generadas, lo

que se ve reflejado en el circuito oscilador con una reducción en su nivel. Si se trata de sensores de proximidad, esta variación de la señal de salida es amplificada y mediante un circuito de comparación o de disparo de Schmitt, se genera una señal digital, la misma que controla una salida transistorizada. En la Figura 1.11 se tiene el diagrama de bloques de la circuitería de un sensor inductivo de proximidad.

Con el uso de un sensor inductivo se obtienen una señal digital de frecuencia variable que es proporcional a la velocidad del eje. El material del eje es metálico sin necesidad de un material de características ferromagnéticas para su detección. Por estas características se ha decidido que el sistema de adquisición de datos se acoplará con estos sensores, que además se los tiene montados para captación de velocidad en el eje de servicio eléctrico y en el eje de servicio diesel.



**Figura 1.11**  
**Diagrama de bloques de sensor inductivo de proximidad de tipo de corrientes de remolino.**

# ***CAPITULO 2***

***DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
DEL HARDWARE.***



## OBJETIVOS.

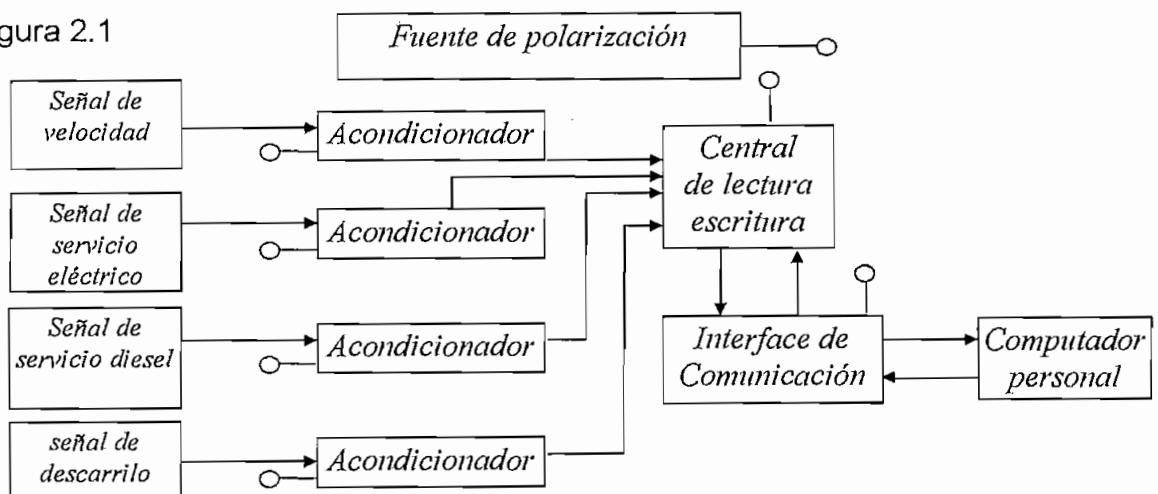
El objetivo de este capítulo es la descripción del diseño y construcción de una tarjeta electrónica que permita:

- Medir la velocidad.
- Detectar el tipo de tracción en que se encuentra el vehículo,
- Detectar los descarrilamientos .
- Almacenar estos datos en la tarjeta de adquisición .
- Transmitir los datos almacenados en la tarjeta hacia el PC.

En un capítulo posterior se encuentra el diseño e implementación del software para la tarjeta de adquisición de datos y el software en el PC , sin embargo esto no quiere decir que necesariamente primero se debe hacer el hardware y luego el software, las dos tareas fueron realizadas en forma paralela.

La tarjeta a implementarse debía ser capaz de procesar la información ya disponible en el vehículo como son: señales lógicas de tipo de tracción, de descarrilamiento y la señal de velocidad (onda cuadrada de frecuencia variable) enviada por el sensor inductivo que posee el trolebús.

Para cumplir con estos objetivos se partió del diagrama de bloques de la Figura 2.1



**Figura 2.1**  
*Diagrama de bloques principal*

Las señales de: velocidad, tracción diesel, tracción eléctrico y descarrilamiento son señales que se encuentran en el sistema eléctrico - electrónico del trolebús.

Las señales de tracción son señales que se conmutan de un selector de tres posiciones (Eléctrico - Cero - Diesel) de 0V DC a 24V DC; la señal de descarrilamiento es un señal cuadrada de 24V DC y 1 Hz de frecuencia, y la señal de velocidad es una señal cuadrada de 6.3 V DC y frecuencia variable entre 0 y 150 Hz (dependiendo de la velocidad).

Los circuitos acondicionadores aíslan eléctricamente las señales provenientes del vehículo con la tarjeta electrónica así como presentan impedancias altas de entrada a la tarjeta para evitar que el uso de estas señales afecte a los cerebros electrónicos del trolebús, y convierten los niveles de voltaje entregados por el vehículo a niveles TTL.

La central de lectura escritura se encarga de generar un reloj con fecha y hora reales, detectar el tipo de tracción del vehículo, detectar los descarrilamientos, leer el valor de la velocidad, almacenar estos datos en memoria RAM , y transmitirlos hacia el PC cuando este lo requiera.

La interface de comunicación convierte señales RS232 a señales TTL y viceversa.

La fuente de polarización provee valores de voltaje de +12V y -12V, para la interface de comunicación y los circuitos acondicionadores de señal, y un voltaje de +5V para los circuitos de lectura escritura de datos. La alimentación a la tarjeta es permanente para evitar que el reloj interno se desigale y los datos almacenados se pierdan, por esta razón la alimentación a la fuente de polarización se toma directamente de las baterías del vehículo.

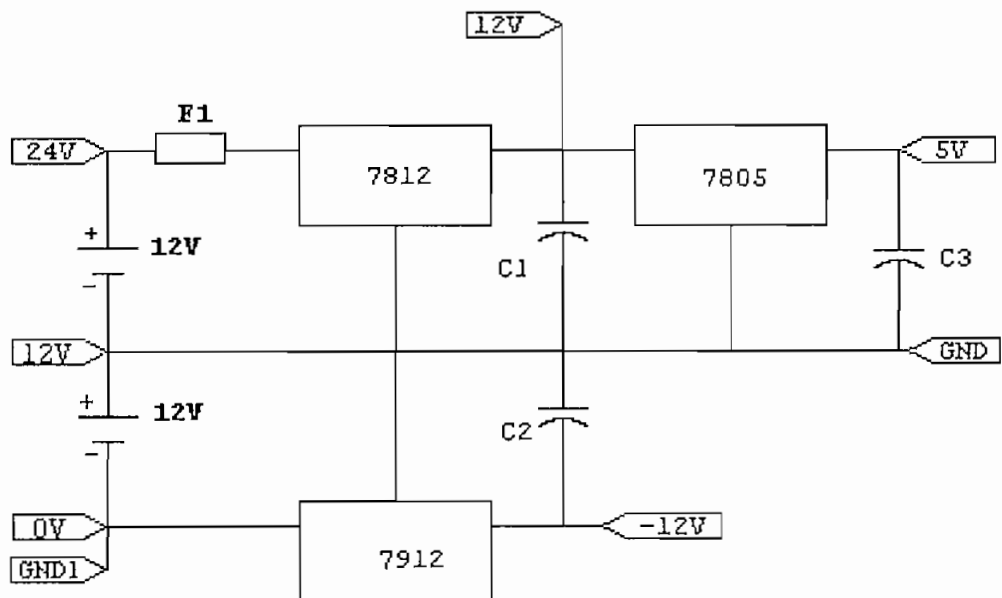
En esta fase del trabajo se emplearon varios circuitos cuyas configuraciones son bien conocidas y probadas y, por ende, sus funciones de transferencia. Por esta razón, no se realizaron deducciones de las mismas, y únicamente se procedió a su construcción con valores que se ajustan al presente trabajo y a probar su funcionamiento y desempeño.

## FUENTE DE POLARIZACIÓN.

El trolebús posee dos baterías de 12 V conectados en serie, se aprovecho estas baterías como fuente de alimentación para los circuitos desarrollados.

La tarjeta desarrollada utiliza 12V positivos y 12V negativos para la comunicación serial (RS232) con el PC y una fuente positiva de 5V para polarizar los circuitos acondicionadores y la central de lectura escritura.

La Figura 2.2 muestra el circuito para polarizar los distintos circuitos desarrollados en este capítulo.



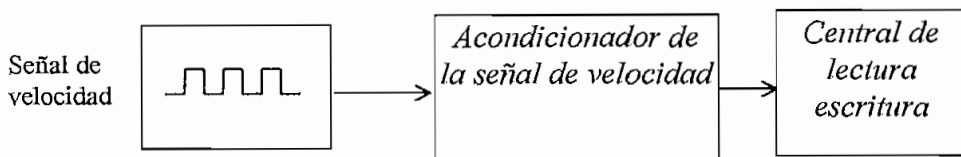
*Figura 2.2*  
*Diagrama esquemático fuente de polarización*

El nivel de voltaje de las baterías del vehículo varía entre 23 y 28 V, por este motivo se utilizó reguladores de voltaje de 12V (LM7812) y -12V (LM7912) para polarizar el circuito de comunicación, y un regulador de 5V (LM7805) para polarizar el circuito central.

Los condensadores C1 y C2 filtran el rizado de voltaje a la salida de los reguladores de ( integrados 7812 y 7912) 12V y -12V, el valor de estos condensadores es de 2200 uF y su voltaje máximo de polarización es 16 V. El voltaje de 5 V se consigue con el regulador de voltaje LM7805, su voltaje de entrada es la salida del regulador de 12V LM7812 . A la salida del regulador de 5V se conecta el capacitor C3 que tiene un valor de 2200 uF , para filtrar el rizado producido por los circuitos integrados utilizados en la tarjeta de adquisición de datos.

## 2.1.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO ACONDICIONADOR DE SEÑAL PARA SENSAR LA VELOCIDAD.

El diseño de este circuito se realizó en base al diagrama de bloques de la Figura 2.3. La señal que entrega el vehículo es una señal cuadrada de amplitud constante y frecuencia variable que depende de la velocidad del vehículo. En el acondicionador de esta señal se cambia la referencia de la señal de velocidad, por cuanto esta se encuentra referida al chasis del vehículo, mientras la nueva referencia son los 12V del punto común entre las dos baterías del vehículo. El siguiente bloque en el diagrama es el "cerebro" de la tarjeta de adquisición de datos.

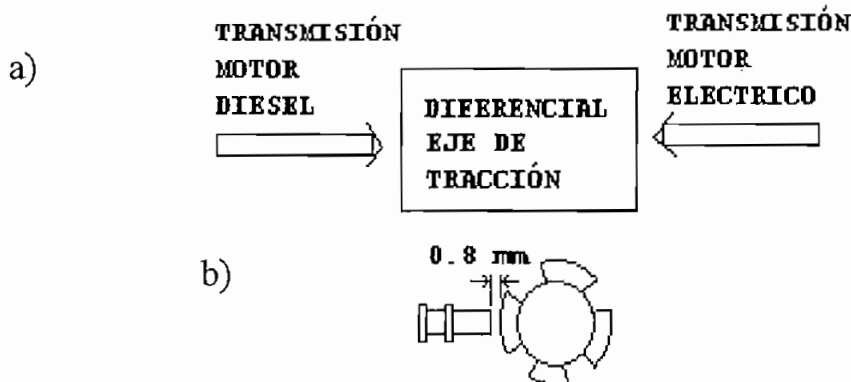


**Figura 2.3**  
*Diagrama de bloques acondicionamiento de la señal de velocidad.*

### 2.1.1 SEÑAL DE VELOCIDAD.

Como ya se indicó esta señal es entregada por un sensor inductivo acoplado en el eje eléctrico o en el eje de diesel, según la tracción a la que se encuentre el vehículo. Cada uno de estos sensores actúa independientemente y únicamente uno a la vez.

El sensor se encuentra a 0.8 mm de una rueda dentada que posee cada eje (ver Figura 2.4). El sensor detecta la proximidad y la señal que proporciona es una forma de onda cuadrada de amplitud constante de 6.3V referida al chasis del vehículo y frecuencia variable (entre 0 y 152.6 Hz ) dependiendo de la velocidad a que se desplaza el trolebús (0 y 70 Km/h). Esta señal permite leer la velocidad del vehículo utilizando un tacógrafo analógico (velocímetro de pluma) y es una variable que ingresa al cerebro electrónico de la articulación del vehículo. Cualquier variación en la señal enviada por el sensor del tacógrafo se traduce como una avería en el cerebro que controla la articulación del vehículo trolebús el mismo que vigila y dirige el movimiento del vagón del trolebús, mediante la medición de parámetros como la velocidad, dirección, ángulo de pandeo, presiones de aceite y otros..



*Figura 2.4*  
 Diagrama de bloques a) Tipo de tracción del trolebús, b) Sensor del tacografo.

El acondicionamiento de esta señal se hizo primeramente utilizando un optotransistor (Figura 2.6) para cambiar la referencia de la señal y convertirla a nivel TTL; sin embargo, el uso de esta señal afecto al cerebro de la

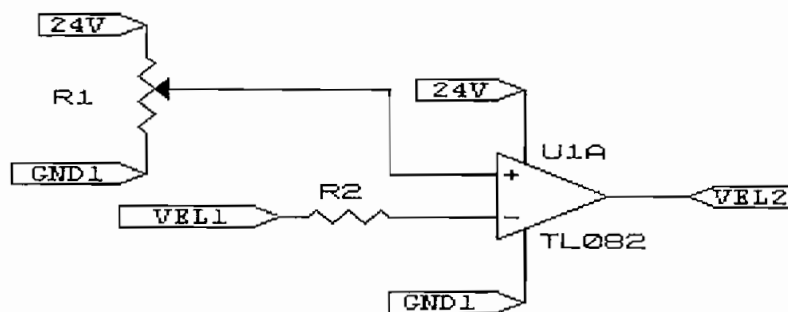
articulación del vehículo. Por esta razón, primero se acondicionó la señal proporcionada por el sensor del tacógrafo, haciendo que presente una alta impedancia de entrada, para que la utilización de esta señal en la tarjeta de adquisición de datos no afecte el normal funcionamiento del trolebús sin importar el tipo de tracción en el que se encuentre seleccionado.

### 2.1.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE VELOCIDAD.

El objetivo de acondicionar la señal de velocidad es evitar que la utilización de la señal entregada por el sensor de proximidad a la tarjeta de adquisición de datos no influya en el normal funcionamiento del trolebús y cambiar la referencia de esta señal a la referencia del circuito central.

Este circuito se basa en un amplificador operacional de alta impedancia de entrada el TL082, un integrado construido con fets.

La configuración del amplificador operacional es la de un comparador inversor, el circuito se polariza con 24V (ver Figura 2.5) que proporcionan las dos baterías del trolebús con referencia al chasis (0V).



*Figura 2.5*  
*Diagrama esquemático acoplamiento de la señal de velocidad.*

El potenciómetro R1 trabaja como un divisor de tensión y proporciona el voltaje de comparación del inversor, un voltaje menor que la amplitud de la

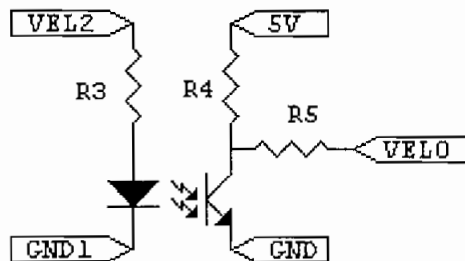
señal proporcionada por el sensor del tacógrafo. El valor del potenciómetro es escogió de 20K y la resistencia R2 se calculó de acuerdo a la ecuación 2.1.

Se escogió 0.5 mA por cuanto este valor de corriente fue suficiente para operar la entrada del operacional sin afectar la señal que entra al cerebro electrónico de la articulación.

$$R2 = \frac{6V}{0.5mA} = 12K\Omega \quad (2.1)$$

Una vez acoplada la señal se procedió a cambiar de referencia la señal de velocidad, puesto que como ya se mencionó esta tiene como referencia al voltaje del chasis del vehículo, mientras que el circuito ha desarrollarse tendrá como referencia los 12V de una de las baterías del vehículo.

Para cambiar la referencia se utilizó opto acopladores cuya configuración se muestra en la Figura 2.6.



*Figura 2.6*

*Diagrama esquemático circuito aislador y convertidor a valores TTL.*

Los valores de R3, R4 y R5 se calculan con los datos del fabricante del opto acoplador, el NTE 3083, cuyas características son.

$I_d \text{ max} = 60 \text{ mA}$  ,  $V_d \text{ dir} = 1.5 \text{ V}$

$I_c \text{ max} = 100 \text{ mA}$  ,  $V_{ce} = 30 \text{ V}$ .

Por lo tanto:

$$R3 \geq \frac{V - V_d}{I_{dmax}} = \frac{24 - 1.5}{60 \times 10^{-3}} = 375 \Omega \quad (2.2)$$

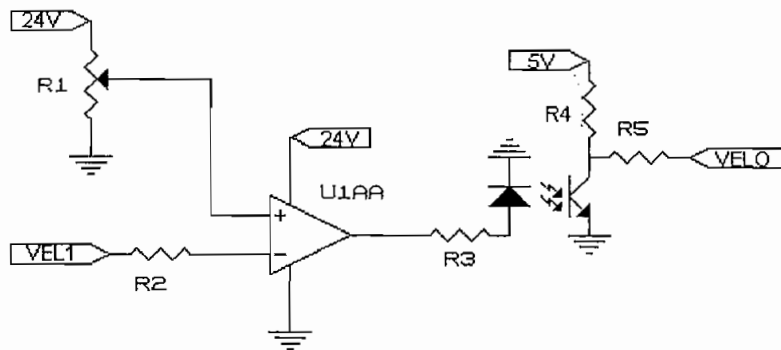
Se escogió el valor de R3 en 680Ω puesto que el valor dado por la Ecuación 2.2 es el valor mínimo de resistencia, para que no se destruya el opto acoplador.

Para el calculo de R4 y R5 se consideró el mínimo valor de la resistencia dada la máxima corriente que soporta el transistor del opto - acoplador, y los pines del microprocesador 8751, cuyo valor es 800 uA.

$$R4 + R5 \geq \frac{5V}{800 \mu A} = 6250 \Omega \quad (2.3)$$

Se tomó R4 con un valor de 5.6K y R5 igual a 2K.

La Figura 2.6 muestra el diagrama esquemático completo de la etapa de acondicionamiento y acoplamiento de la señal de velocidad.

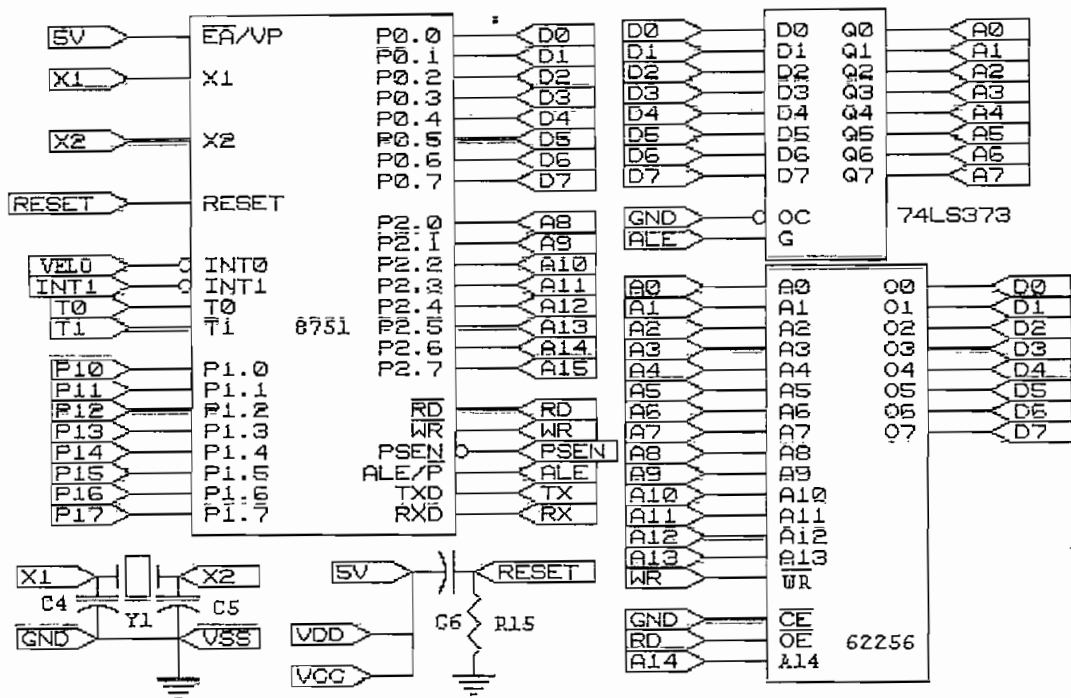


**Figura 2.7**  
*Diagrama esquemático de acondicionamiento y acoplamiento de la señal de velocidad.*

### 2.1.3 CENTRAL DE LECTURA ESCRITURA.

Las funciones de este circuito son: proporcionar un reloj interno en tiempo real, leer, detectar los datos de interés y guardarlos en memoria. Luego poder enviarlos hacia un PC.





**Figura 2.8**  
**Diagrama esquemático circuito de detección y almacenamiento de datos.**

Este circuito se implementó con un microprocesador 8751H, el mismo que posee una memoria EPROM para programa de 4 Kbytes y 128 bytes de RAM para procesamiento de datos, un bus de datos de 8 BITS, puede direccionar hasta 64 Kbytes de memoria externa, un pórtilo de entrada salida de 8 bits y un pórtilo serial de entrada salida para comunicaciones.

Para almacenar los datos se utilizó el integrado 62256, que es una memoria RAM de 32 K por 8 bits.

La configuración del microprocesador 8751H con memoria RAM externa recomendada por el fabricante se muestra en la Figura 2.8.

El cristal Y1 utilizado oscila a 7.3728 Mhz. C4 y C5 son capacitores para filtrar alta frecuencia, su valor típico es de 30 pF. R15 y C6 forman parte del reset del microprocesador, sus valores típicos son 10K $\Omega$  y 10  $\mu$ F respectivamente.

Para poder detectar la velocidad en el microprocesador se genera una base de tiempo mediante la cuál la interrupción cero del microprocesador cuenta el número de flancos negativos que se producen en el pin 12 del microprocesador (INT0).

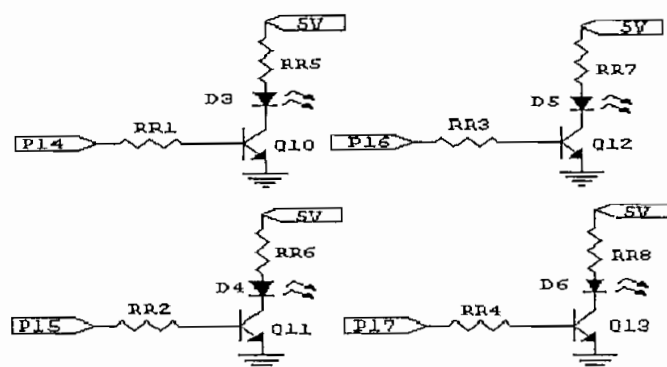
La detección del tipo de tracción y el descarrilamiento se lo realiza en los pines 13 (señal INT1) y 14 (señal T0) y 15 (señal T1) del 8751 respectivamente, mediante la lectura del estado lógico en estos pines.

También se incluye dentro de este circuito el control de leds, indicadores de señal que permiten visualizar el normal funcionamiento del modulo.

La Figura 2.9 Muestra el diagrama esquemático de cómo se controla el encendido y apagado de los leds indicadores.

El led D3 (verde) se enciende y apaga a una frecuencia de 1 Hz, esto permite a simple vista observar el correcto funcionamiento del módulo.

El led D4 (verde) se enciende cuando el selector de tipo de tracción se encuentra en tracción eléctrica.



**Figura 2.9**

*Diagrama esquemático de encendido y apagado de leds indicadores*

El led D5 (rojo) se enciende cuando el módulo detecta descarrilamiento.

El led D6 (rojo) se enciende cuando el selector de tipo de tracción se encuentra en tracción diesel.

Los valores de RR5, RR6, RR7 y RR8 se calculan con la Ecuación 2.4, tomando como base la corriente máxima que soportan los leds, el valor de esta corriente es 60 mA.

$$RR5 = \frac{5V}{30mA} = 166.6\Omega \quad (2.4)$$

Se escogen los valores de estas resistencias en 200  $\Omega$ .

La corriente que consume cada led se calcula con la Ecuación 2.5

$$I_c = \frac{5V}{200\Omega} = 25mA \quad (2.5)$$

Los valores de RR1, RR2, RR3, y RR4 se calculan con la Ecuación 2.6, tomando como base la corriente que circula por el colector de los transistores y el valor de típico de ganancia de corriente de estos.

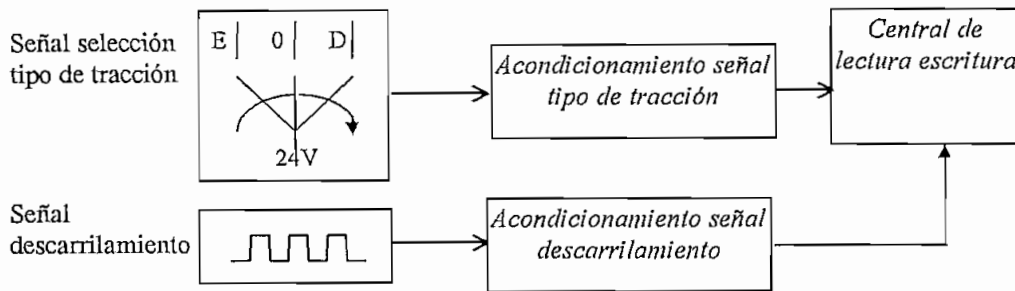
Q10, Q11, Q12 y Q13 son transistores de señal BC547 cuya corriente máxima de colector es 600 mA y su hfe típico es 240.

$$RR1 = \frac{\frac{5V}{25mA}}{\frac{1}{240}} = 4800\Omega \quad (2.6)$$

Se escoge el valor de estas resistencias en 47K $\Omega$ .

## 2.2.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO PARA DETECTAR EL TIPO DE TRACCIÓN DEL TROLEBÚS.

El diseño del circuito se lo hizo sobre la base del diagrama de bloques de la Figura 2.10.



**Figura 2.10**

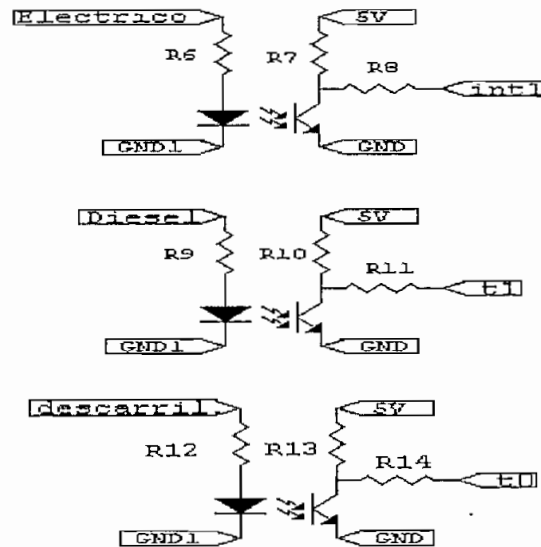
**Diagrama de bloques, detección del tipo de tracción y almacenamiento de datos**

El tipo de tracción del trolebús se selecciona en el vehículo con un selector de tres posiciones ubicado en el panel eléctrico del vehículo. La posición E selecciona tracción eléctrica, la posición 0 apaga el vehículo, y la selección D selecciona tracción con motor diesel. Las conexiones del selector del tipo de tracción se utilizaron para detectar el tipo de tracción.

La señal de descarrilamiento es enviada por un sensor inductivo en los tomacorrientes del trolebús. Esta señal llega al panel eléctrico y activa una alarma sonora y visual; esta señal se utilizó para detectar los descarrilamientos.

Las tres señales anteriores se encuentran referidas al chasis del vehículo, y sus valores lógico son 24V y 0V, para poder utilizarlos en la central de lectura escritura se cambio la referencia de estas señales a la misma referencia del circuito central , y se convirtió los niveles de voltaje de 24V a niveles TTL (5V), la Figura 2.11 muestra los circuitos que cambian la referencia y los niveles de voltaje.

Los valores de R6, R9 Y R12 son iguales, se calculan con el valor de la amplitud de voltaje de las señales de tipo de tracción y descarrilamiento que es 24V DC, y la corriente máxima del diodo del opto - acoplador.



**Figura 2.11**

*Diagrama esquemático acondicionamiento de señales del tipo de tracción y descarrilo.*

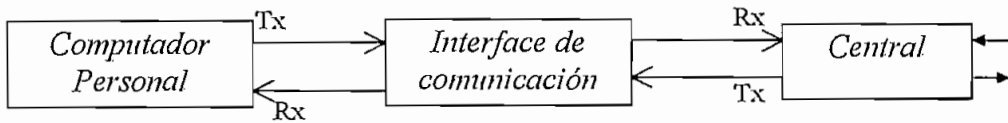
$$R6 > \frac{24V}{60 \times 10^{-3}} = 400\Omega \quad (2.7)$$

El símbolo de mayor que en la ecuación 2.7 es para que la corriente que circula por el diodo del opto - acoplador sea menor a la corriente máxima especificada por el fabricante, y de esta forma aumentar la vida útil del circuito integrado, el valor  $R6 = R9 = R12$  se escogió de 1K.

Los valores de  $R7$ ,  $R10$ , Y  $R13$  son iguales a  $R4$  (5.6K), y los valores de  $R8$ ,  $R11$  Y  $R14$  son iguales a  $R5$  (2K). Las consideraciones para el cálculo de estos valores son las mismas consideradas con las ecuaciones 2.2 y 2.3 respectivamente, por que son etapas idénticas a la implementada con la señal de velocidad.

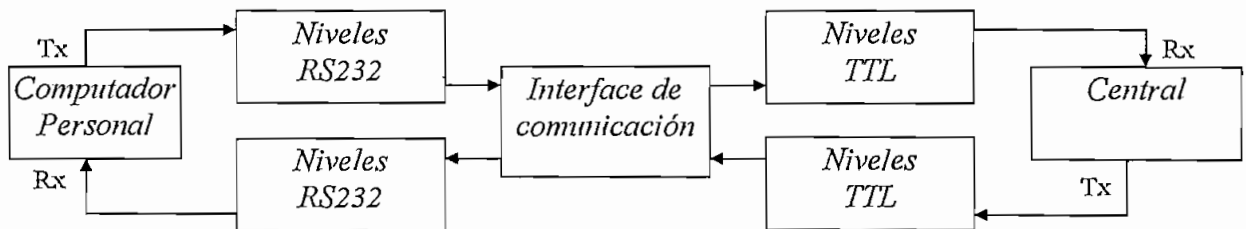
### **2.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFACE PARA TRANSMISIÓN DE DATOS HACIA EL PC.**

El diagrama mostrado en la Figura 2.12 ilustra la tarea que realiza esta interface, permite dos caminos: uno de salida desde el PC hacia la etapa de control, y otro de entrada desde la etapa de control hacia el PC.



**Figura 2.12**  
**Diagrama de bloques, interface de comunicación, control.**

La Figura 2.13 muestra la conversión que realiza la tarjeta de comunicación, y en base a esto se realizó el diseño de la interface de comunicación, la misma que se encarga de convertir valores de voltaje TTL a valores RS232 y viceversa.

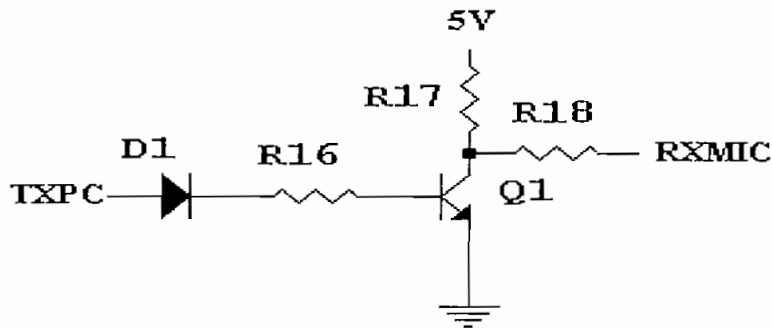


**Figura 2.13**  
**Diagrama de bloques, interface de comunicación.**

No está por demás indicar que el computador, al comunicarse serialmente usa el protocolo RS232, es decir niveles lógicos de 12 y -12 V, además una lógica invertida. Por este motivo es necesario que la interface de comunicación permita convertir los valores RS232 a niveles TTL y viceversa.

Esta conversión es fácil de realizar si se utiliza el integrado MAX232, sin embargo, este es difícil de conseguir en el mercado local. Debido a esto se propone en la Figura 2.14 una etapa implementada con el transistor Q1 (2N3904), que permite transformar niveles RS232 a TTL. El diodo D1 (1N4148) que se encuentra en la base del mismo evita el paso de niveles negativos de voltaje (5V a la salida del transistor en RXMIC); cuando se tienen voltajes positivos, estos saturan al transistor y ponen un cero lógico a la salida (RXMIC) del mismo.

EL valor de R17 y R18 se calcula de igual manera que la etapa de acoplamiento con el opto acoplador, es decir utilizando las ecuaciones 2.2 y 2.3 respectivamente. De allí el valor de R17 resultó  $5.6K\Omega$ , y R18 igual a  $2K$ .



*Figura 2.14*

*Diagrama esquemático, convierte niveles RS232 a niveles TTL.*

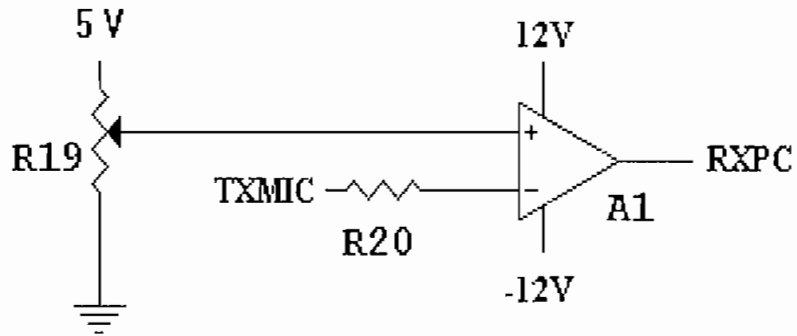
R16 se calcula considerando la corriente para saturar el transistor BC547 utilizado en este circuito, el valor de la corriente de saturación es  $800\ \mu A$ , en consecuencia:

$$R16 \leq \frac{12V}{800\mu A} = 15K\Omega \quad (2.8)$$

Se toma el valor de R16 igual a  $12K$ .

La Figura 2.15 propone un circuito que permite convertir niveles de voltaje TTL a niveles RS232, se trata del amplificador operacional A1 (LM324), configurado como comparador inversor con histeresis, de tal forma que cuando se pone un voltaje positivo de  $5V$  (1 lógico TTL) en la entrada del circuito, la salida de este se pone en  $-12V$  (0 lógico RS232), y cuando se aplica cero voltios (0 lógico TTL) a la entrada del circuito, la salida de este se pone en  $12V$  (1 lógico RS232).

Los valores de R19 y R20 se calculan de la misma forma que la etapa de acoplamiento (Figura 2.4) de señal del sensor de velocidad, con la ecuación 2.1.



*Figura 2.15*  
*Diagrama esquemático, convierte niveles TTL , a niveles RS232.*

El potenciómetro R19 es de 20K, el valor de R20 se fijó en 12K.

La construcción de la tarjeta de adquisición de datos se la generó en base al circuito esquemático del anexo 1. El anexo 2 muestra el diagrama generado con el paquete computacional Tango, en este se muestra los perfiles de los elementos así como la parte frontal y posterior de la tarjeta.



# ***CAPITULO 3***

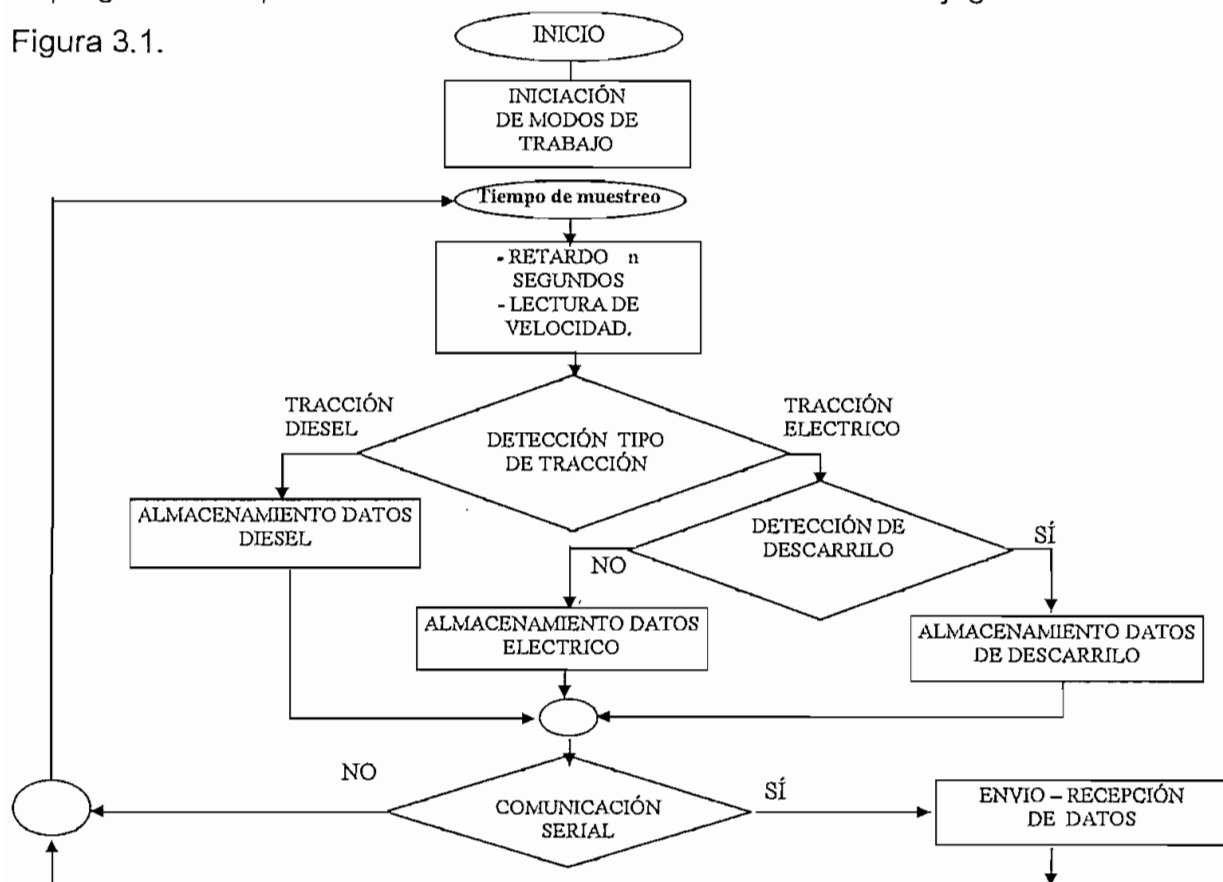
***DISEÑO DEL SOFTWARE.***

El objetivo de este capítulo es describir los pasos seguidos para el desarrollo del software para el microprocesador que permite medir la velocidad del trolebús, detectar el tipo de tracción del trolebús, detectar descarrilamientos, generar un reloj con fecha y hora en tiempo real, y guardar estos datos en la memoria RAM.

También los pasos para el desarrollo del software de administración para el PC que sea compatible con el software y hardware de la tarjeta de adquisición de datos, que permita la comunicación entre el módulo y el PC para descargar los datos adquiridos y procesarlos.

### 3.1 IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA PARA LECTURA ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE DATOS EN LA TARJETA DE ADQUISICIÓN.

El programa a implementarse se lo realizó sobre la base del flujograma de la Figura 3.1.



**Figura 3.1**  
*Flujograma del programa en la tarjeta de adquisición de datos*

La Figura 3.1 muestra el diagrama de flujo del programa implementado en la tarjeta de adquisición de datos, el programa se desarrolló en lenguaje ASSEMBLER debido a que va incorporado en la memoria interna del microprocesador.

La memoria RAM externa se ha dividido en 6 sectores, en los cuales se guardan los datos dependiendo del tipo de tracción, y descarrilamiento.

El mapa de memoria se describe a continuación en la Figura 3.2.

000	INICIO MEMORIA DE DATOS
030	FINAL MEMORIA DE DATOS
031	INICIO INTERVALOS ELECTRICICO
1500	FINAL INTERVALOS ELECTRICICO
1501	INICIO INTERVALOS DIESEL
3000	FINAL INTERVALOS DIESEL
3001	INICIO VELOCIDAD TRACCIÓN E.
27000	FINAL VELOCIDAD TRACCIÓN E.
27001	INICIO VELOCIDAD TRACCIÓN D.
32000	FINAL VELOCIDAD TRACCIÓN D.
32001	INICIO DESCARRILO
32760	FINAL DESCARRILO

*Figura 3.2*  
*Mapa de memoria RAM externa.*

El área de datos (área de direcciones más baja) consta de 30 localidades, en las cuales se almacenan los valores actuales del reloj y las direcciones de memoria RAM externa (DPH y DPL) que se van actualizando a medida que los valores medidos de velocidad se van guardando, además en esta área de memoria se encuentran los valores del reloj interno implementado en el módulo con la finalidad de evitar que un RESET al modulo borre los datos del puntero de datos y la hora actual del módulo.

El área para almacenar datos de tracción en eléctrico se encuentra dividido en dos partes la primera de 1470 en las cuales se van almacenando la fecha y hora inicial del intervalo (6 direcciones), el numero de muestras del intervalo (2 registros), y la fecha y hora final del intervalo (6 direcciones), se prevé registrar

100 intervalos de tracción eléctrica, cabe indicar que el número de intervalos escogido es mayor que el normal de operación, esto se debe a que podría darse problemas en la operación de los trolebuses debido a paros o huelgas en la vía exclusiva del trolebús.

La otra parte de la memoria destinada a tracción eléctrica contiene los datos de velocidad medidos durante cada intervalo, el tamaño de esta área es de 24000 direcciones (24000 datos de velocidad).

El área de memoria destinada a tracción diesel similarmente al área de tracción eléctrica se dividió en dos partes, la primera contiene los datos de fecha y hora inicial del intervalo diesel, el número de muestras del intervalo, y la fecha y hora final del intervalo diesel, la otra parte de memoria esta destinada a guardar los datos de velocidad medidos, el tamaño de cada parte de la memoria son de 1500 y 5000 respectivamente, el tamaño del área destinada a los datos de velocidad se escogió tomando en cuenta que en general un trolebús recorre aproximadamente en tracción diesel el 10% del total recorrido, el sobre dimensionamiento en esta cantidad se debe a que pueden darse problemas en la operación por razones explicadas anteriormente.

El área destinada a los datos de descarrilamientos es de 760 direcciones, cada dato de descarrilo incluye fecha, hora del descarrilamiento y la velocidad a la cual se produjo (7 direcciones), es decir en total se podrían almacenar aproximadamente datos de 100 descarrilamientos.

A continuación se realiza una descripción de las acciones que realizará el microprocesador de acuerdo al flujograma de la Figura 3.1

#### INICIO

Iniciación de direcciones que marcan el inicio del programa principal

vectorización de las interrupciones del microprocesador que se utilizaran en el programa.

FIN DE INICIO

#### INICIACIÓN DE MODOS DE TRABAJO.

Carga de valores para la comunicación serial.

Iniciación de los modos de trabajo de los timers.

Iniciación del reloj interno.

Iniciación de los valores por defecto de tiempo de muestreo y número de trolebús.

Iniciación de direcciones base del mapa de memoria

FIN DE INICIACIÓN

#### TIEMPO DE MUESTREO.

Lectura del tiempo de muestreo guardado en memoria RAM externa.

#### RETARDO n SEGUNDOS - LECTURA DE VELOCIDAD.

Genera base tiempo igual a un segundo.

Retardo de tiempo igual al tiempo de muestreo.

Habilita Interrupción cero.

Incrementa de registros que llevan la fecha y hora en el microprocesador.

Almacena los valores actuales de reloj en RAM externa.

Almacena del valor medido de velocidad en RAM externa.

Enciende led y apaga led indicador.

#### DETECCIÓN DEL TIPO DE TRACCIÓN.

Detecta de tipo de tracción.

##### TRACCIÓN DIESEL

Inicializa DPTR para tracción diesel.

##### ALMACENAMIENTO DATOS DIESEL.

Lee último dato de velocidad.

Guarda dato de velocidad en la dirección que apunta el DPTR.

Incremento del DPTR.

Compara si no hay sobrepaso del área de memoria para tracción diesel.

Si Hay sobrepaso, inicializa el DPTR con el valor base de la dirección de área de datos de tracción diesel.

##### TRACCIÓN ELÉCTRICA.

Verifica si no existe descarrilamiento.

##### DETECCIÓN DESCARRILAMIENTO.

Inicializa DPTR para descarrilo.

Enciende led indicador de descarrilo

##### ALMACENAMIENTO DATOS DESCARRILO.

Lee último dato de velocidad.

Guarda dato de velocidad en RAM externa.

Incrementa DPTR.

Revisa si no sobrepasa memoria de datos de descarrilo

Lee fecha y hora.  
Guarda fecha y hora de descarrilo.

#### ALMACENAMIENTO DATOS ELECTRICICO.

Inicializa DPTR para tracción eléctrico.  
Lee último dato de velocidad.  
Guarda dato de velocidad.  
Incrementa DPTR.  
Revisa si no sobrepaso área de tracción eléctrica.

#### RETORNO.

Revisa estado lógico del bit de inicio de la comunicación serial.  
Si hay bit de comunicación, llama a la subrutina de comunicación serial.

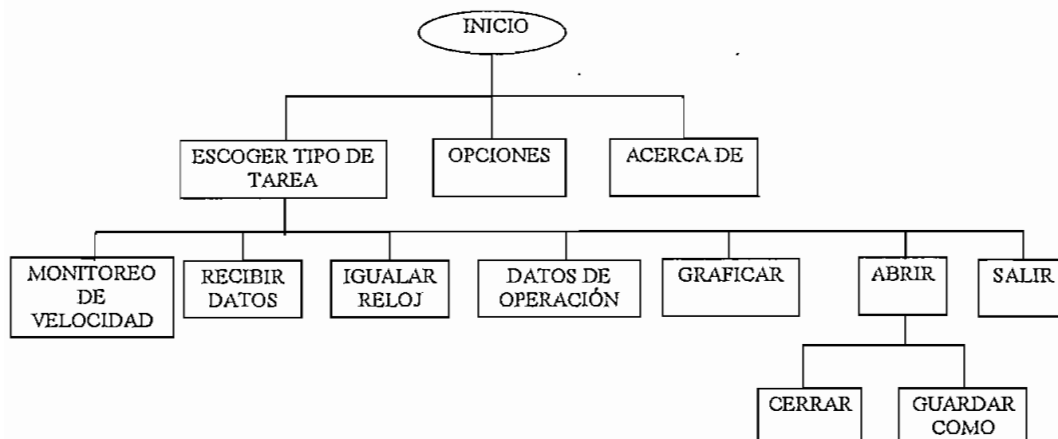
#### COMUNICACIÓN SERIAL.

Lee buffer de comunicación serial.  
Realiza la tarea que ordena el PC

### 3.2 IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN EN EL PC.

En esta parte se realizó la implementación del programa de administración en el PC, el mismo que es compatible con el software implementado en la tarjeta de adquisición, la función de este es poder recibir los datos obtenidos por la tarjeta y almacenarlos en el disco duro, realizar el monitoreo en tiempo real de la velocidad del trolebús (en línea), facilitar el cambio de datos de operación como son el número del trolebús, y el tiempo de muestreo, así como permitir verificar la fecha y hora en la tarjeta y cambiarla de ser necesario.

El diseño del software se realizo sobre la base del flujograma de la Figura 3.3



**Figura 3.3**  
*Flujograma del programa de administración en el PC*

La comunicación entre el PC y la tarjeta de adquisición de datos se la realiza utilizando un cable serial, el pórtilo serial que se utiliza de PC es el COM1, a una velocidad de comunicación de 2400 BAUDIOS:

Se utilizan 3 líneas para la comunicación serial con dos conectores DB9 hembras, los pines usados son el pin2 ( Rx), pin 3 (TX) y el pin5 (Gnd), los pines 2 y 3 se encuentran cruzados entre los conectores, de tal forma que el TX de PC coincida con el RX del módulo y viceversa.

A continuación se realiza una explicación del diagrama de flujo de la Figura 3.3.

#### INICIO.

Presenta la pantalla principal del programa.

FIN DE TAREA

#### ESCOGER TIPO DE TAREA.

Despliega un barra de submenús de tareas a realizar.

FIN DE TAREA

#### MONITOREO DE VELOCIDAD.

Despliega una nueva pantalla.

Permite comunicarse en línea con el módulo.

Recibe datos del módulo y los muestra en pantalla.

FIN DE TAREA

#### RECIBIR DATOS.

Muestra pantalla de recibir datos

Permite comunicarse con el modulo

Creara archivos de datos en los que guarda los datos almacenados en la memoria del módulo.

FIN DE TAREA

#### IGUALAR RELOJ.

Muestra pantalla de igualar reloj.

Permite comunicarse con el módulo e igualar el reloj interno del modulo.

FIN DE TAREA

#### DATOS DE OPERACIÓN.

Muestra pantalla de datos de operación

Permite comunicarse con el módulo y cambiar los datos con los que se encuentra operando.

FIN DE TAREA

**GRAFICAR.**

Muestra la pantalla de gráfico.

Permite abrir los archivos de datos.

Interpreta los datos contenidos en estos archivos

Muestra gráficamente la velocidad en función del tiempo.

**FIN DE TAREA**

**DESCARRILO.**

Muestra la pantalla de descarrilo

Abre el archivo que contiene datos de descarrilo y despliega los datos contenidos en el.

**FIN DE TAREA**

**ABRIR.**

Abre una caja de dialogo propia de WINDOWS para escoger el archivo de datos recibido.

Si se escoge algún archivo permitirá visualizarlo en una caja de texto.

**FIN DE TAREA**

**SALIR**

Finaliza el programa.

**CERRAR.**

Permite cerrar el archivo abierto.

**FIN DE TAREA**

**GUARDAR COMO.**

Permite abrir una caja de dialogo propia de WINDOWS, para cambiar de nombre el archivo de datos que se encuentra abierto.

**FIN DE TAREA**

**OPCIONES.**

Despliega una barra de herramientas que comandan la selección de las tareas a realizar.

**FIN DE TAREA**

**ACERCA DE.**

Despliega una caja de dialogo que muestra información acerca del programa.

**FIN DE TAREA**

En el anexo 3 A se encuentra el listado del programa desarrollado en assembler y que se encuentra cargado en la tarjeta de adquisición de datos.

En el anexo 3B se encuentra el listado de los comandos de Visual Basic que se encuentran en los diferentes botones y formas del programa de administración de datos desarrollado para ser usado en un PC.



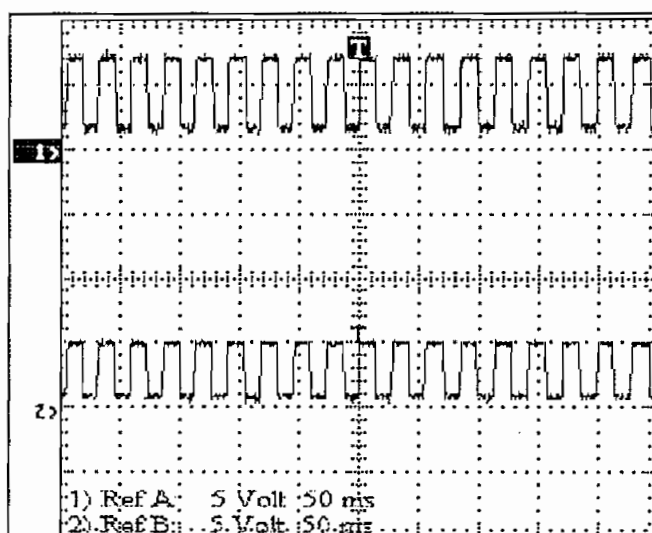
# ***CAPITULO 4***

***PRUEBAS DE  
FUNCIONAMIENTO Y  
RESULTADOS***

En este capítulo se realizaron una serie de pruebas en el módulo de adquisición de datos. Con el software de administración de datos, y entre el módulo y el programa de administración, los datos recopilados se contrastaron con el disco de velocidad del tacógrafo.

#### 4.1.- PRUEBAS DEL CIRCUITO ACONDICIONADOR PARA SENSAR VELOCIDAD.

Las pruebas realizadas en este circuito tenían como propósito observar las formas de onda a la entrada del módulo. Y la señal ya acondicionada (que llega a la interrupción del microprocesador). Las dos señales obtenidas con un osciloscopio se muestran en la Figura 4.1.



*Figura 4.1*

*El canal 1 corresponde a la forma de onda de la señal de velocidad proporcionada por el sensor inductivo.  
El canal 2 corresponde a la forma de onda señal de velocidad acondicionada.*

La forma de onda del canal 1 representa los pulsos proporcionados por el sensor inductivo del tacógrafo acoplado en el eje eléctrico o diesel según el tipo de tracción que se encuentre seleccionado en el vehículo. Como se puede observar la amplitud de esta es de 6.3 V.

La forma de onda de voltaje del canal 2 representa la forma de onda acondicionada por dos etapas: la primera, la de acoplamiento, presenta alta impedancia de entrada para evitar interferencia en el sistema electrónico de la articulación del trolebús; la segunda, es el cambio de nivel de voltaje a un nivel TTL y cambio de referencia eléctrica.

En la Figura 4.2 se encuentran listados los datos obtenidos por el osciloscopio de cada una de las referencias como son frecuencia y amplitud de cada una.

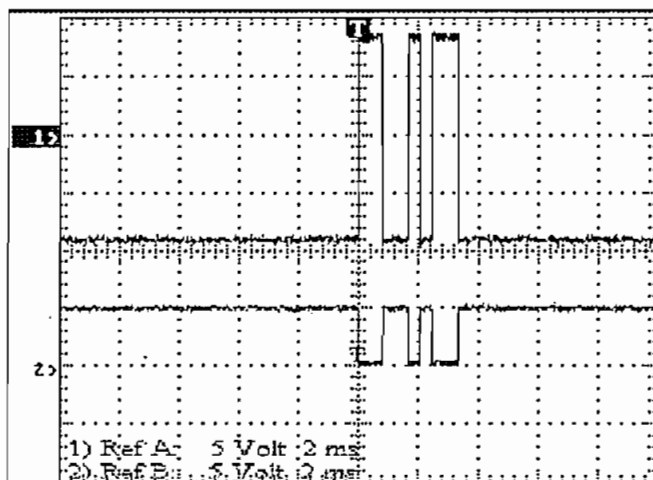
	Ref A	Ref B
<b>Measure Mode</b>	Histogram	Histogram
Period	26.8 ms	26.8 ms
Frequency	37.3 Hz	37.3 Hz
Pos. Pulse Width	14.3 ms	13.8 ms
Neg. Pulse Width	12.5 ms	13 ms
Rise Time	837 us	535 us
Fall Time	514 us	168 us
Pos. Duty Cycle	53.37%	51.40%
Neg. Duty Cycle	46.63%	48.60%
Pos. Overshoot	7.14%	4.76%
Neg. Overshoot	7.14%	9.52%
Peak to Peak	6.3 V	4.8 V
Amplitude	5.6 V	4.2 V

1	<input checked="" type="checkbox"/>	5 Volt	50 ms	Ref A
2	<input checked="" type="checkbox"/>	5 Volt	50 ms	Ref B

*Figura 4.2*  
*Datos obtenidos por el osciloscopio referentes a las formas de onda de la Figura 4.1.*

En la Figura 4.3 se encuentran las formas de onda obtenidas mediante un osciloscopio de las señales de comunicación serial entre el PC y el módulo, el canal 1 muestra la señal TX del PC y el canal 2 la señal Rx que le llega al microprocesador de esa misma señal, como se puede observar la primera corresponde a valores RS232, y la segunda a valores TTL, la Figura 4.4 muestra el listado de los datos de amplitud de las señales, estos datos son los medidos por el osciloscopio.



*Figura 4.3*

*El canal 1 corresponde a la forma de onda de la señal TX del PC  
El canal 2 corresponde a la forma de onda de la señal RX que  
recibe el microprocesador.*

	Ref A	Ref B
Measure Mode	Histogram	Min/Max
Period	1.66 ms	1.66 ms
Frequency	602 Hz	601 Hz
Pos. Pulse Width	829 us	831 us
Neg. Pulse Width	832 us	833 us
Rise Time	6.95 us	6.91 us
Fall Time	12.4 us	9.5 us
Pos. Duty Cycle	49.91%	49.96%
Neg. Duty Cycle	50.09%	50.04%
Pos. Overshoot	1.14%	0.00%
Neg. Overshoot	3.41%	0.00%
Peak to Peak	18.4 V	5.4 V
Amplitude	17.6 V	5.4 V

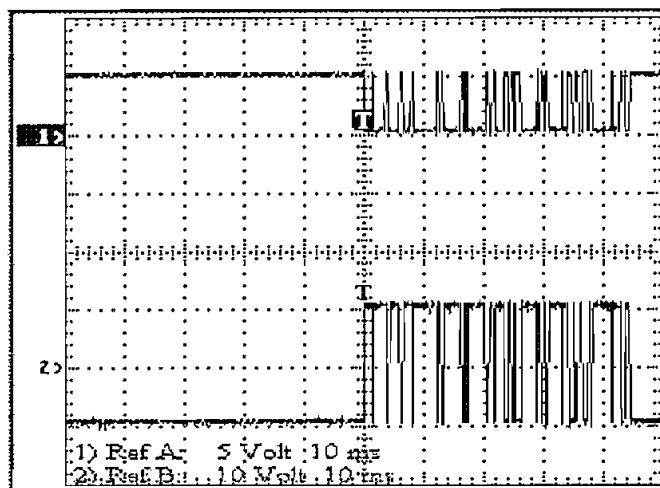
  

1	<input checked="" type="checkbox"/>	5 Volt	2 ms	Ref A
2	<input checked="" type="checkbox"/>	5 Volt	2 ms	Ref B

*Figura 4.4*

*Datos obtenidos por el osciloscopio referentes a las formas de onda de la Figura 4.3.*

En la Figura 4.5 se encuentran las formas de onda obtenidas mediante un osciloscopio de las señales de comunicación serial entre el PC y el módulo, el canal 1 muestra la señal TX del microprocesador y el canal 2 la señal Rx que le llega al PC, como se puede observar la primera corresponde a valores TTL, y la segunda a valores RS232, la Figura 4.6 muestra el listado de los datos de amplitud de las señales, estos datos son los medidos por el osciloscopio.



*Figura 4.5*

*El canal 1 corresponde a la forma de onda de la señal TX del microprocesador.*

*El canal 2 corresponde a la forma de onda de la señal RX que recibe el PC.*

	Ref A	Ref B
Measure Mode	Histogram	Histogram
Period	1.64 ms	1.64 ms
Frequency	609 Hz	610 Hz
Pos. Pulse Width	401 us	1.24 ms
Neg. Pulse Width	1.24 ms	402 us
Rise Time	30.7 us	32 us
Fall Time	30.7 us	31.4 us
Pos. Duty Cycle	24.45%	75.51%
Neg. Duty Cycle	75.55%	24.49%
Pos. Overshoot	8.33%	2.00%
Neg. Overshoot	8.33%	6.00%
Peak to Peak	5.6 V	21.6 V
Amplitude	4.8 V	20 V

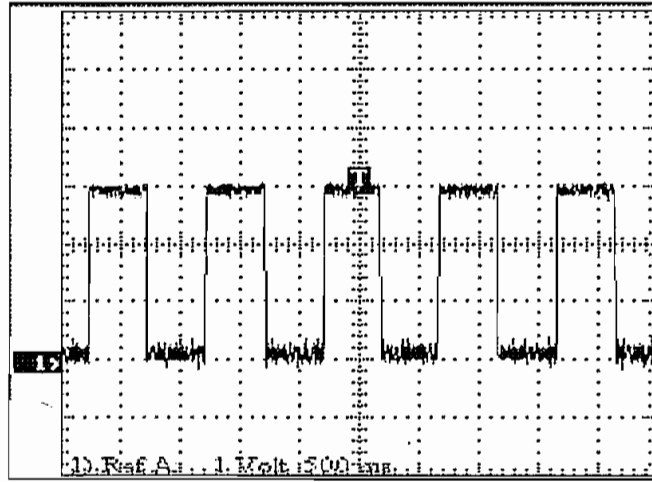
1	<input checked="" type="checkbox"/>	5 Volt	10 ms	Ref A
2	<input checked="" type="checkbox"/>	10 Volt	10 ms	Ref B

*Figura 4.6*

*Datos obtenidos por el osciloscopio referentes a las formas de onda de la Figura 4.5.*

Esto prueba que las señales de transmisión del PC llegan al microprocesador sin ninguna distorsión y las señales de transmisión del microprocesador llegan al PC de la misma forma.

La forma de onda de la Figura 4.7 corresponde al pin5 del microprocesador, (P14 con referencia a la Figura 2.8), con este pin se controla el encendido y apagado del led indicador de correcto funcionamiento, este led como se puede observar oscila a la frecuencia de 1 Hz y es la base de tiempo que incrementa el reloj implementado por software en el microprocesador, los datos de frecuencia y período medidos por el osciloscopio de esta forma de onda se pueden observar en la Figura 4.8.



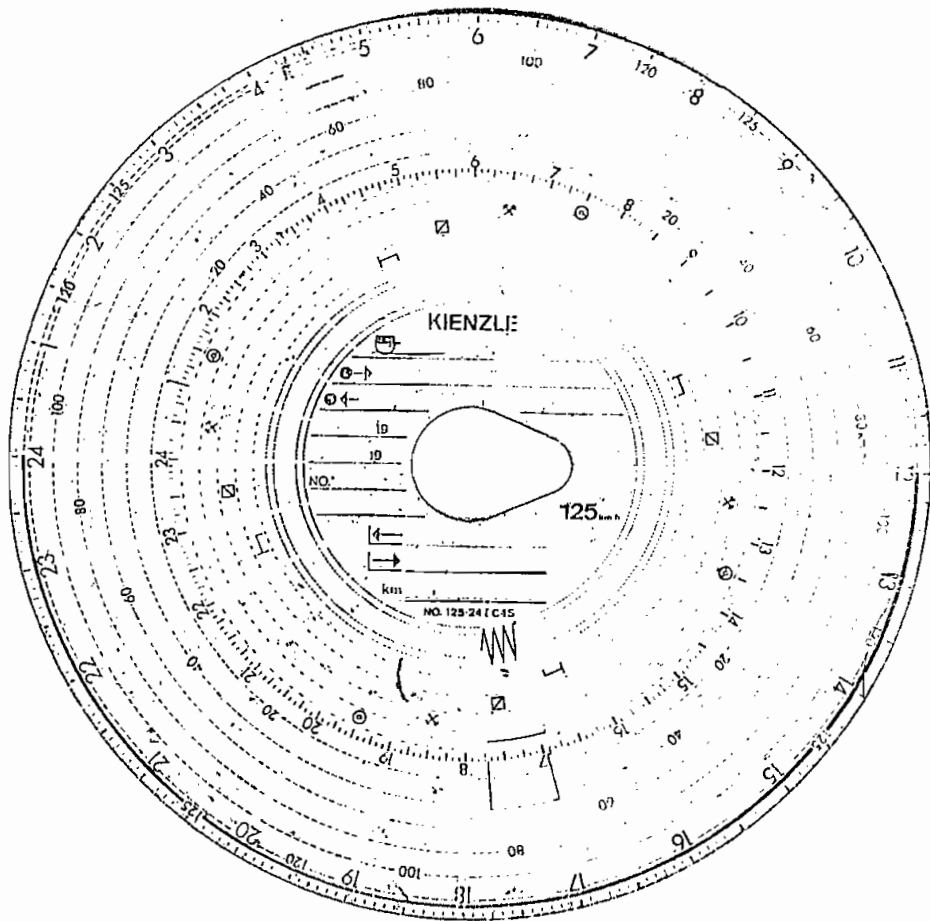
*Figura 4.7*  
*Forma de onda de pin5 del microprocesador, base de tiempo implementado por software.*

500	Ref A
Measure Mode	Histogram
Period	1000 ms
Frequency	1.000 Hz
Pos. Pulse Width	500 ms
Neg. Pulse Width	500 ms
Rise Time	1.58 ms
Fall Time	1.5 ms
Pos. Duty Cycle	50.00%
Neg. Duty Cycle	50.00%
Pos. Overshoot	4.17%
Neg. Overshoot	8.33%
Peak to Peak	3.24 V
Amplitude	2.88 V

*Figura 4.8*  
*Datos obtenidos por el osciloscopio referentes a la forma de onda de la Figura 4.7.*

Una prueba adicional realizada con este circuito fue un monitoreo utilizando el módulo de chequeo de averías del sistema electrónico de la articulación del trolebús para verificar que la adquisición del datos de velocidad no afecta en ninguna forma al sistema electrónico de la articulación del trolebús.

#### 4.2.- PRUEBAS DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE DATOS.

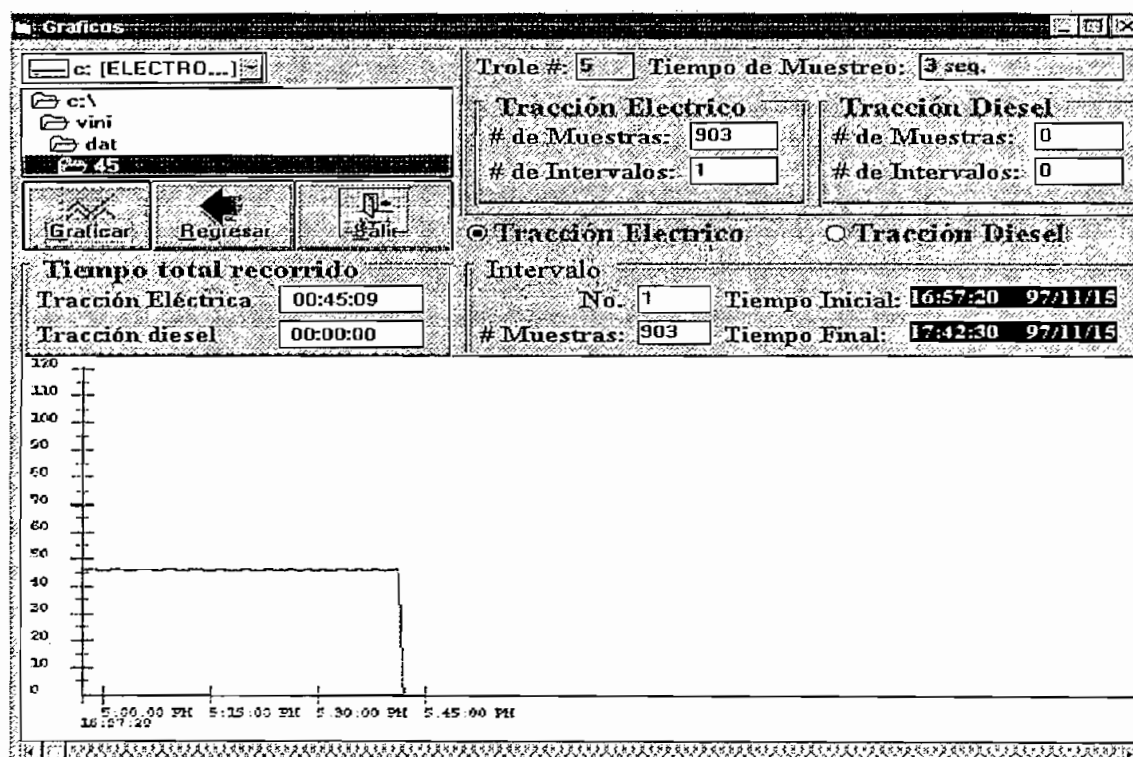


*Figura 4.9*  
*Disco de velocidad del registrador del tacógrafo, prueba en línea*

Para probar el correcto funcionamiento del módulo de adquisición de datos se realizó un monitoreo simultáneo entre las velocidades que marca el tacógrafo del vehículo y las velocidades enviadas por el módulo hacia el PC.

Para contrastar los resultados adquiridos por el módulo se utilizó un disco de velocidad que va en el registrador del tacógrafo del trolebús (Figura 4.9), durante un tiempo de aproximado de 45 minutos manteniendo al trolebús a una velocidad constante aproximada de 45 km/h, esta prueba se la realizó con el trolebús embancado en el taller, y en tracción eléctrica.

La Figura 4.10 muestra el gráfico generado en el programa de administración utilizando los datos adquiridos por la tarjeta y enviados al PC por medio de interface RS232 durante el mismo intervalo de tiempo en el disco.



*Figura 4.10*

*Gráfico generado por el programa de administración de datos para contrastar con el disco de velocidad de la Figura 4.9*

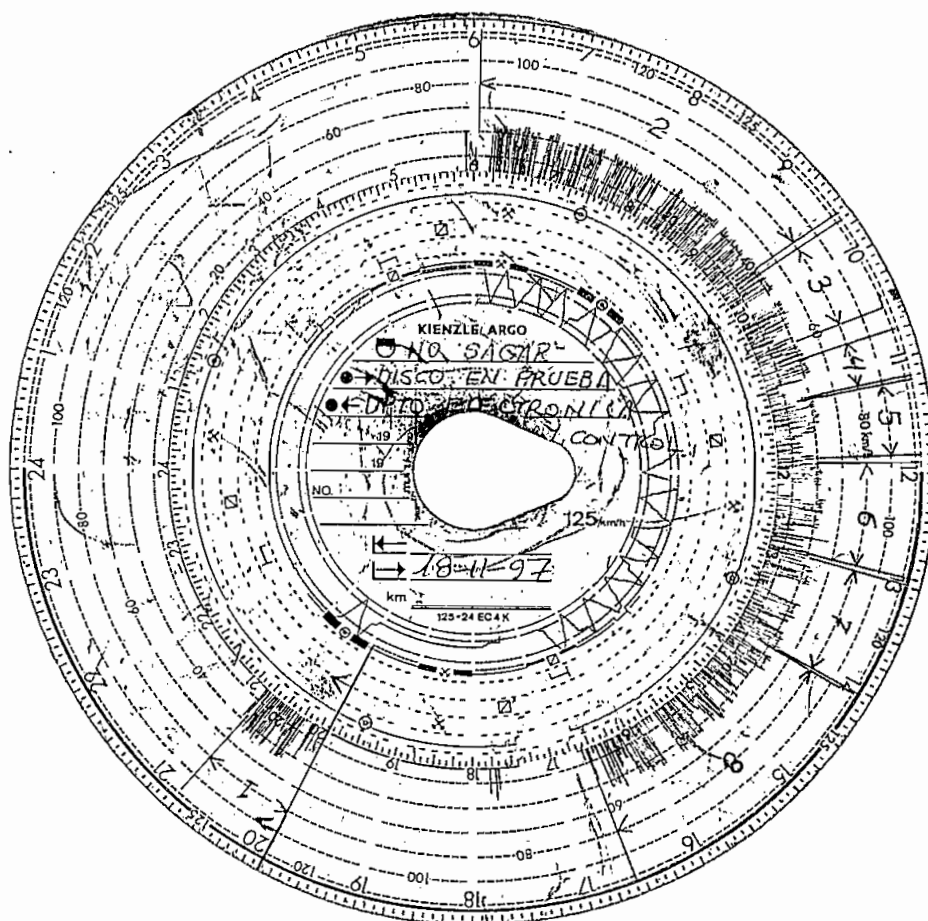
Como se puede observar en la Figura 4.10 y la Figura 4.9 el espectro de valores obtenidos por la tarjeta de adquisición de datos es cuantitativamente idéntico al gráfico obtenido en el disco de prueba correspondiente a los intervalos de tiempo mostrados. Esta prueba indica la confiabilidad del sistema



diseñado y por lo mismo se procedió a realizar pruebas más reales, es decir, con el vehículo trabajando normalmente.

#### 4.3.- RESULTADOS OBTENIDOS.

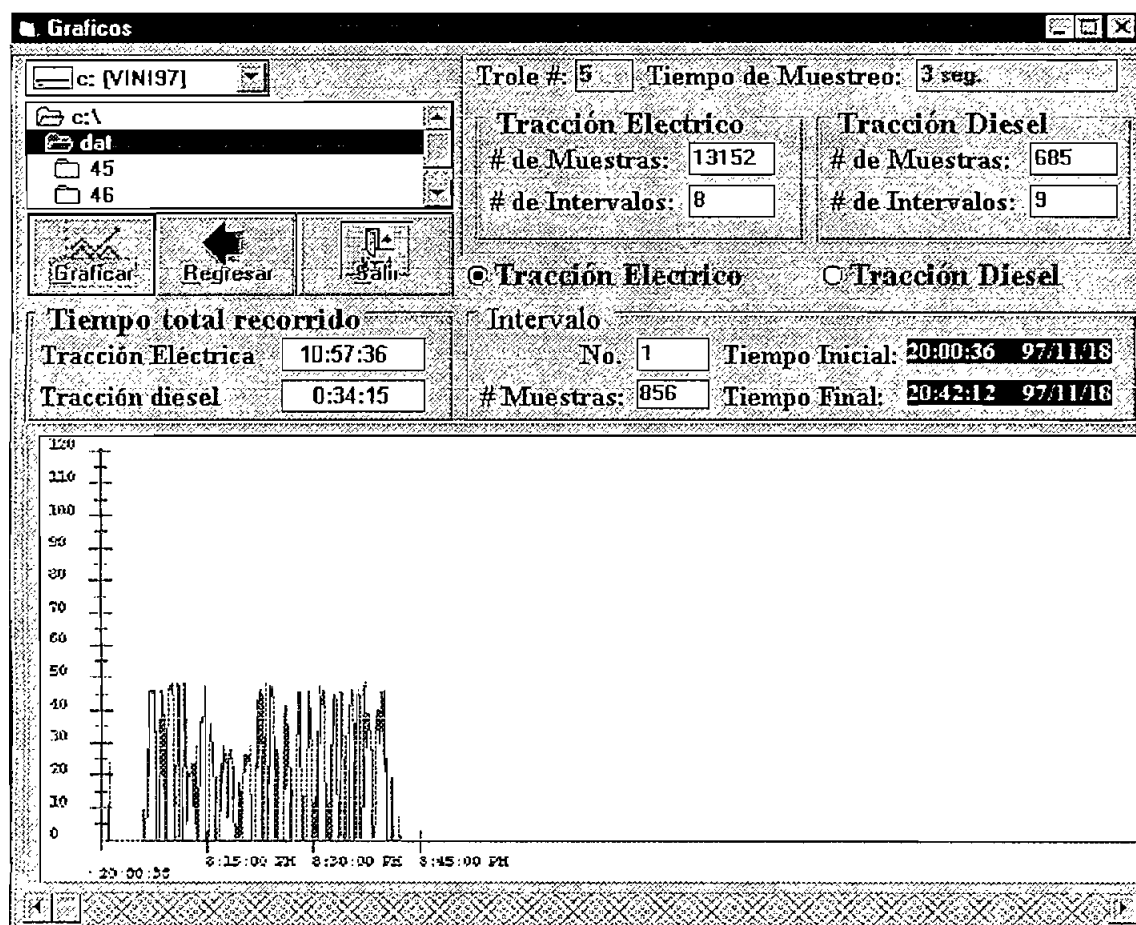
Una vez terminadas las pruebas de chequeo del sistema se procedió a realizar la adquisición de datos en una unidad durante las 24 Horas del día (un día de operación). La Figura 4.11 muestra el disco de velocidad obtenido durante ese día de operación.



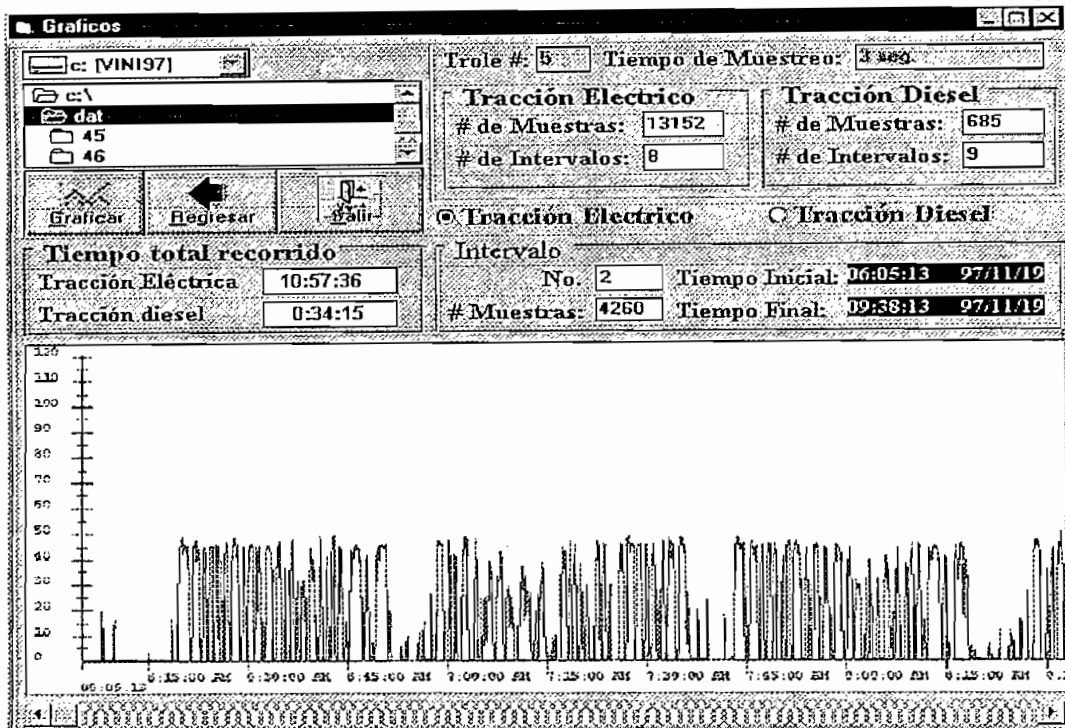
*Figura 4.11*  
Disco de velocidad del registrador del tacógrafo, adquisición de datos 18/11/97 al 19/11/97

A continuación se muestran los gráficos generados por el programa de administración de datos implementado en el PC de acuerdo a los intervalos de servicio.

Los gráficos desde la Figura 4.12 hasta la Figura 4.21 muestran los resultados generados por el programa de administración de datos, en base a los datos adquiridos por el módulo durante el período indicado, y corresponden a los intervalos de tracción eléctrica, estos gráficos se pueden contrastar con el disco de la Figura 4.9, tanto en la escala de tiempo como en su forma espectral en la cual se han marcado para una mejor observación.



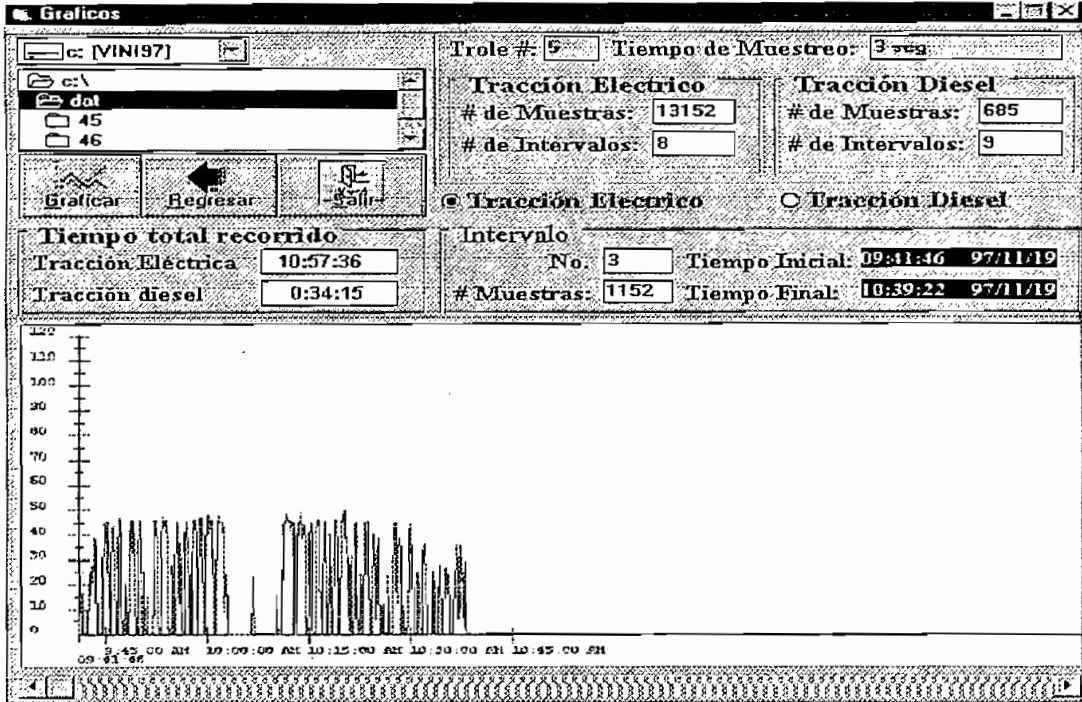
*Figura 4.12*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción eléctrica 01*



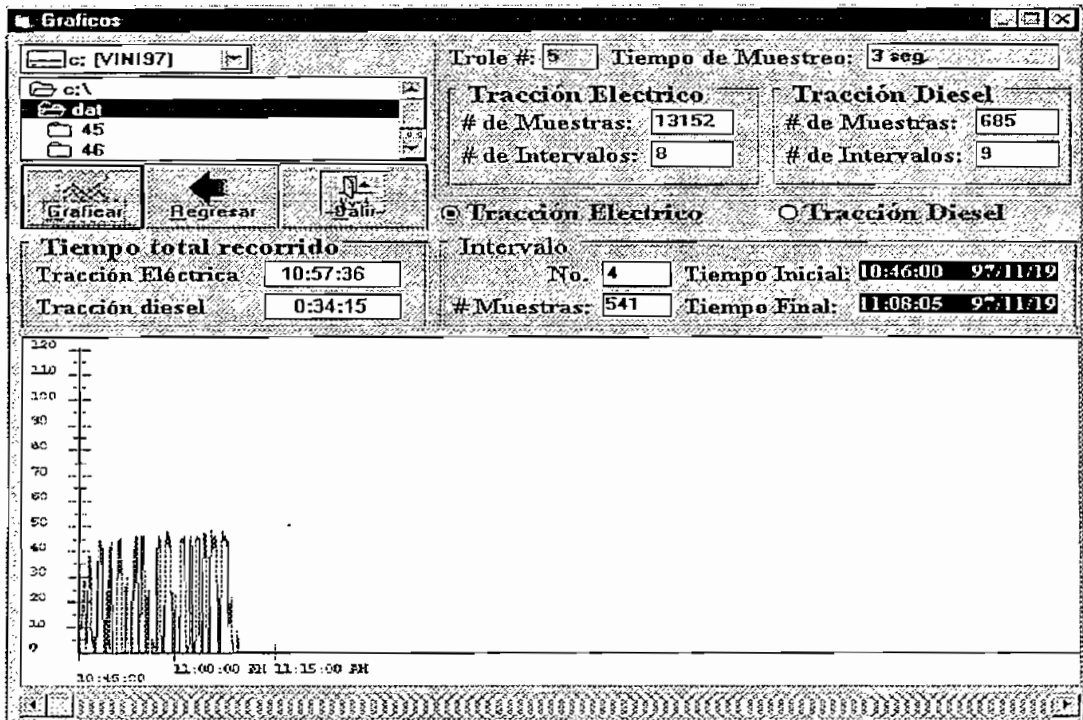
*Figura 4.13*  
 Gráfico generado en el programa de administración de datos para  
 contrastar con disco de la Figura 4.11  
 Intervalo de tracción eléctrica 02



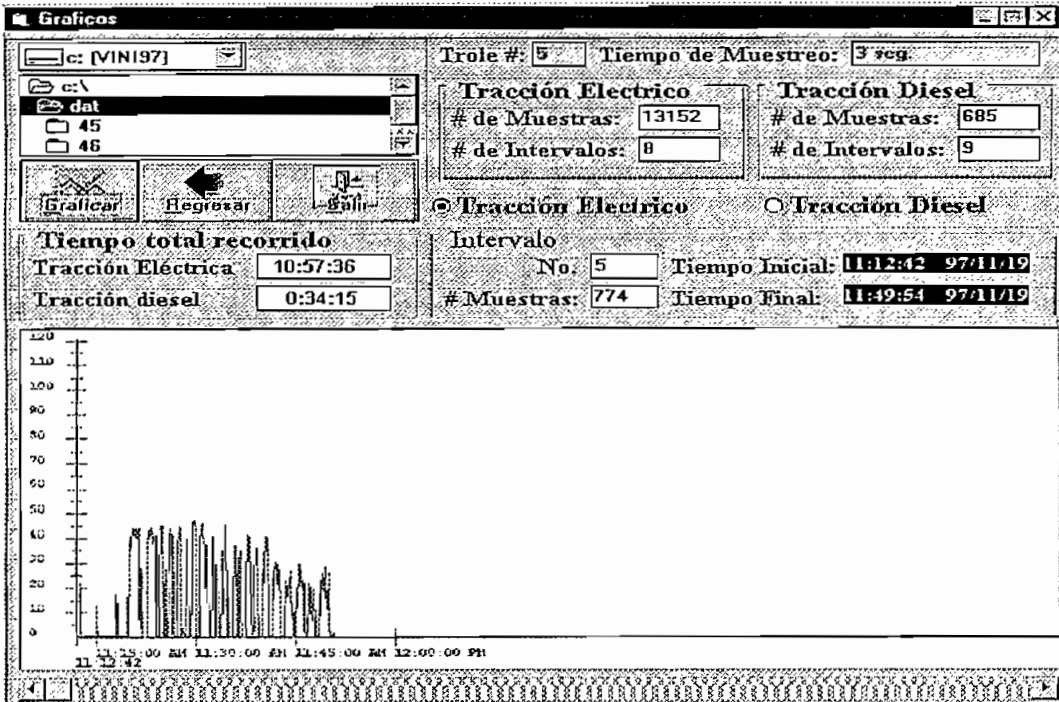
*Figura 4.14*  
 Gráfico generado en el programa de administración de datos para  
 contrastar con disco de la Figura 4.11  
 Intervalo de tracción eléctrica 02 (continuación).



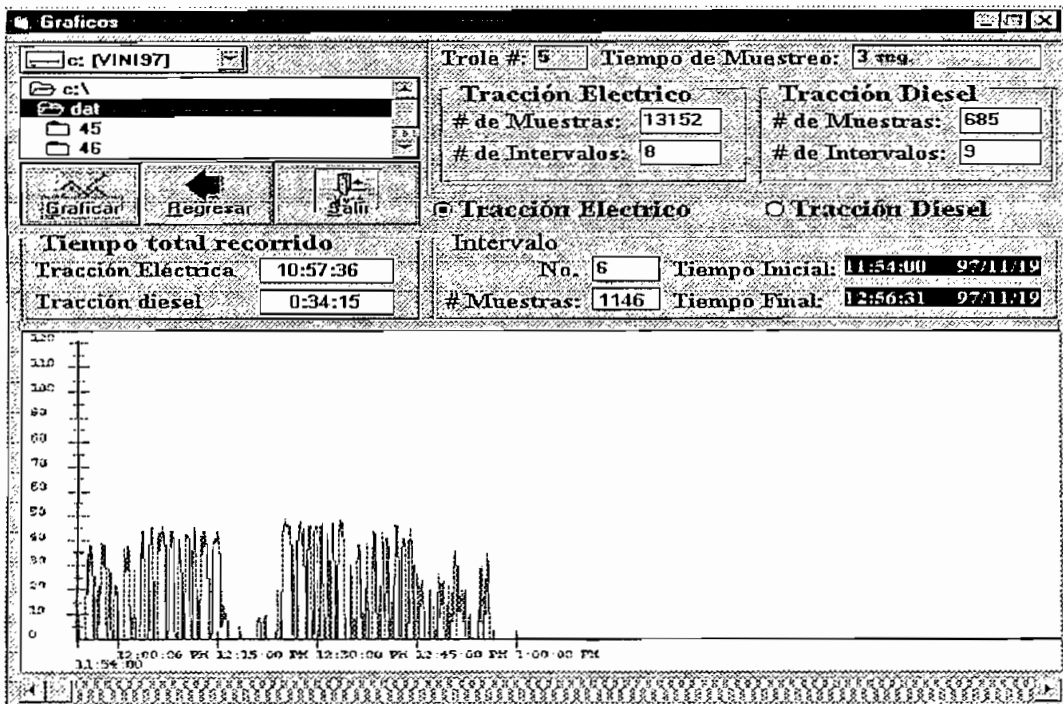
*Figura 4.15*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción eléctrica 03*



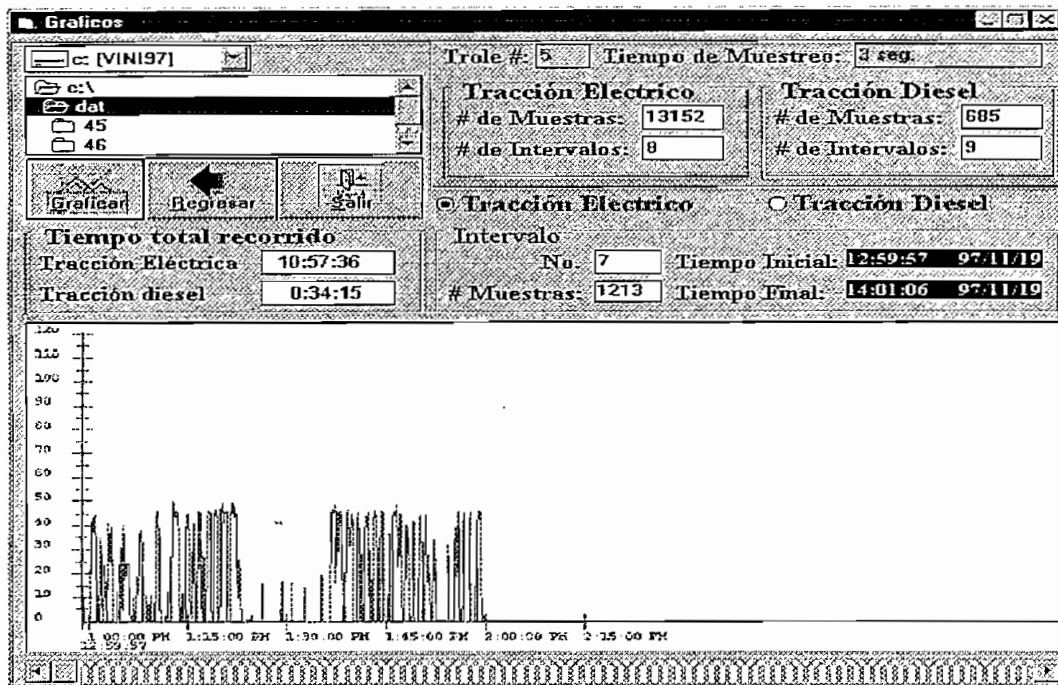
*Figura 4.16*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción eléctrica 04*



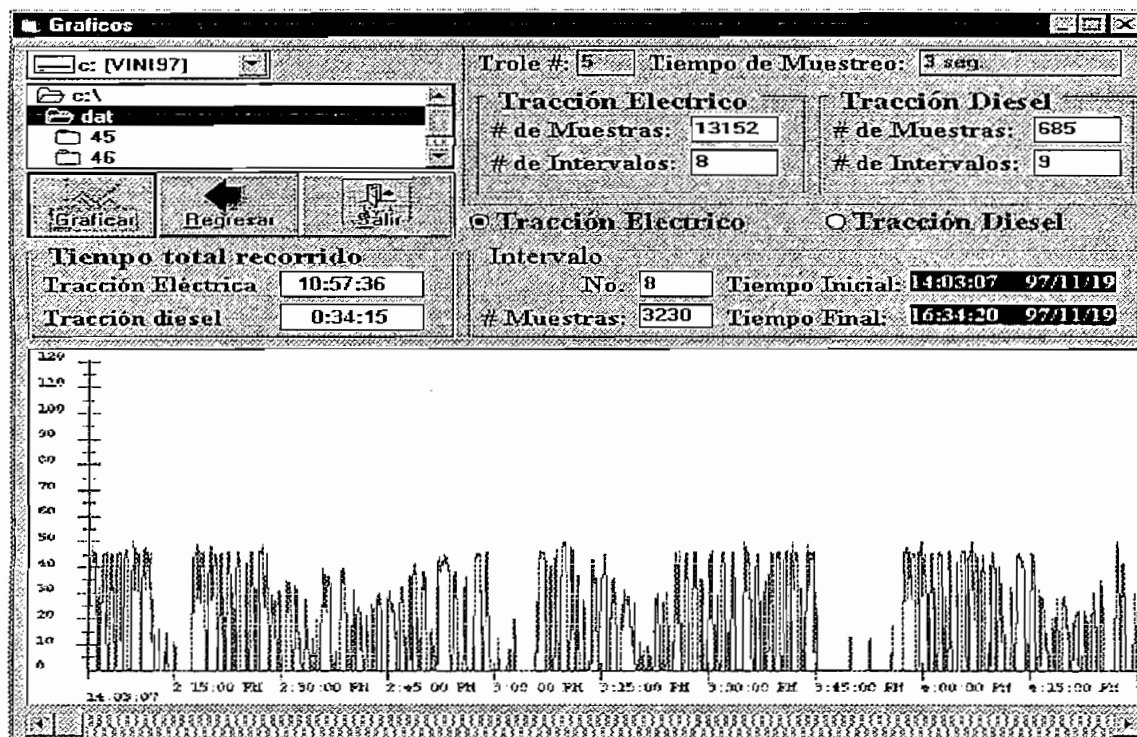
*Figura 4.17*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción eléctrico 05*



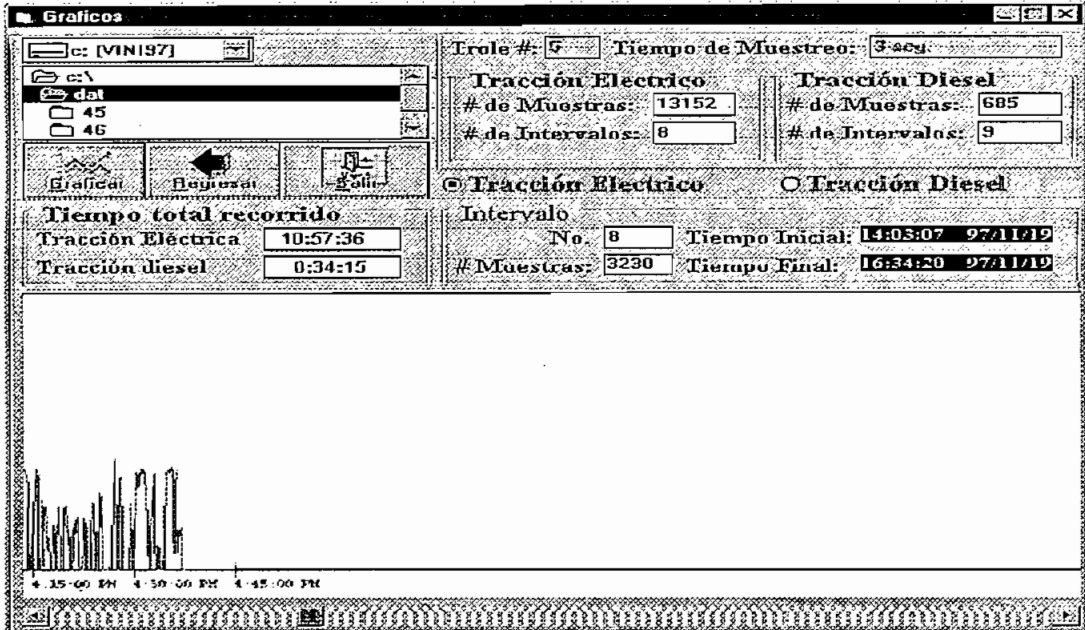
*Figura 4.18*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción eléctrico 06*



*Figura 4.19*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción eléctrica 07*

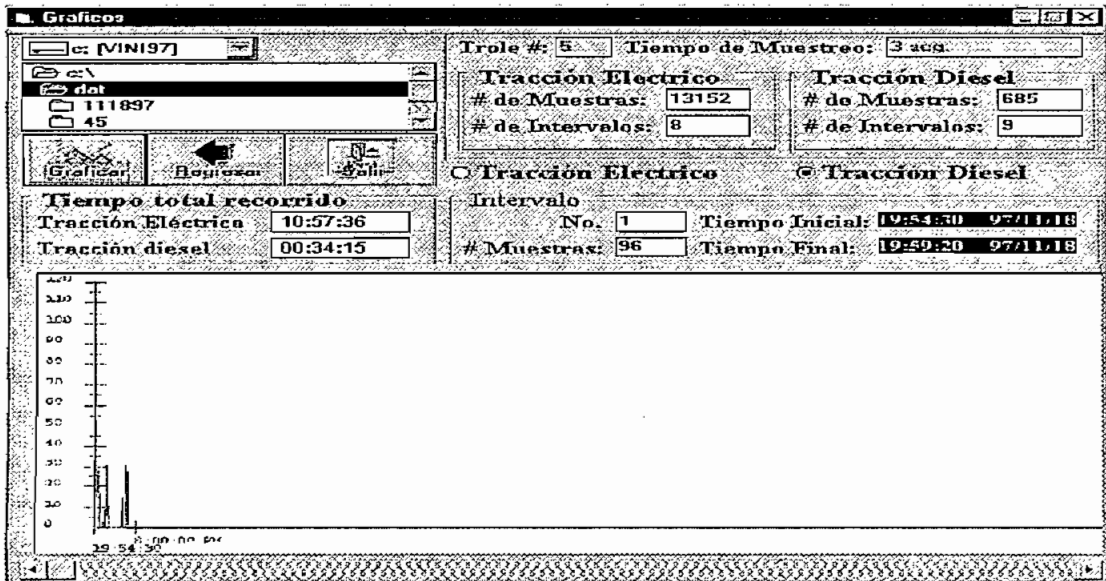


*Figura 4.20*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción eléctrica 08.*

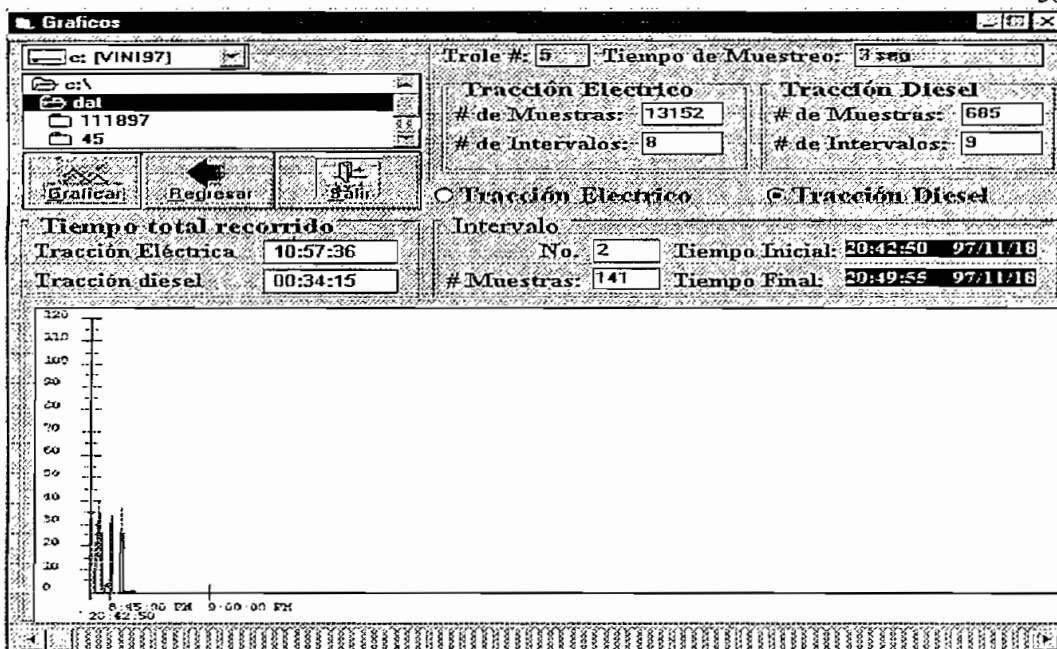


*Figura 4.21*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción eléctrico 08 (continuación).*

A continuación se muestran los gráficos generados por el programa de administración y corresponden a los intervalos de tracción diesel.

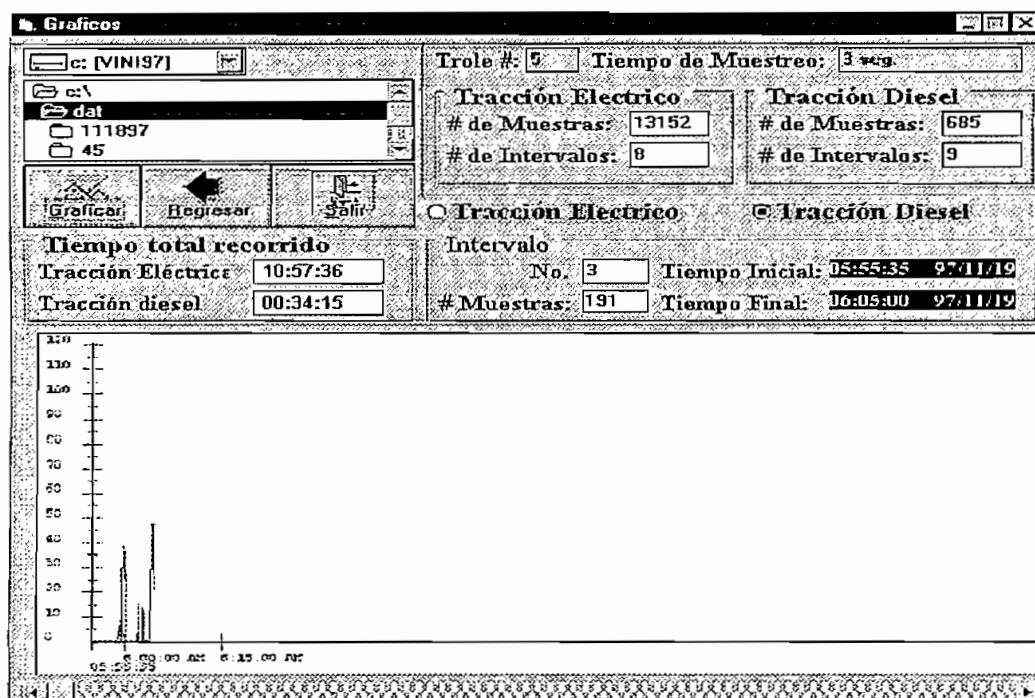


*Figura 4.22*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción diesel 01.*



*Figura 4.23*

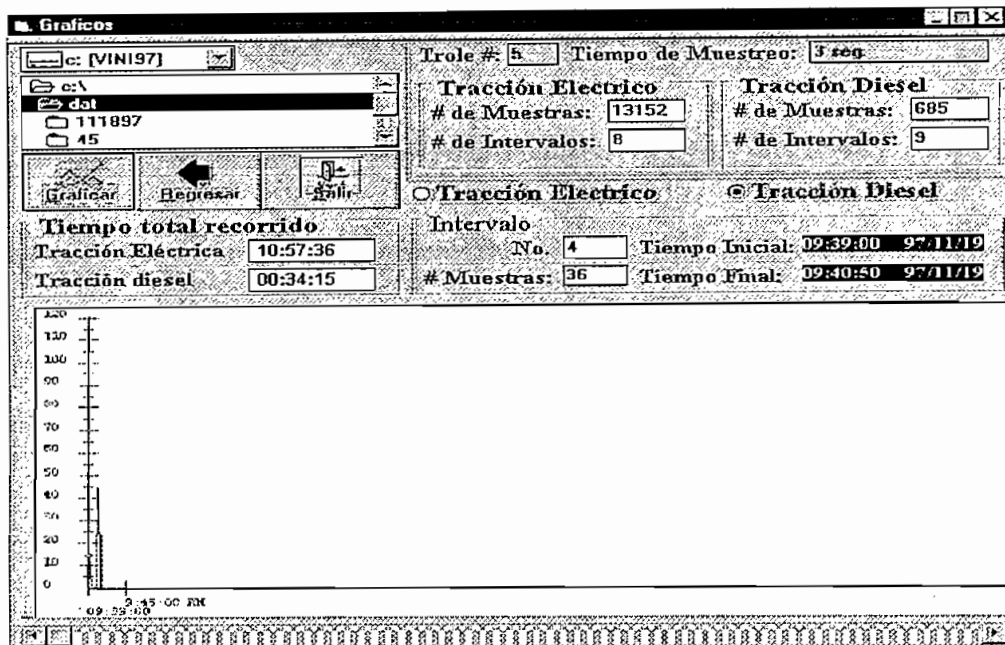
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para contrastar con disco de la Figura 4.11 Intervalo de tracción diesel 02 .*



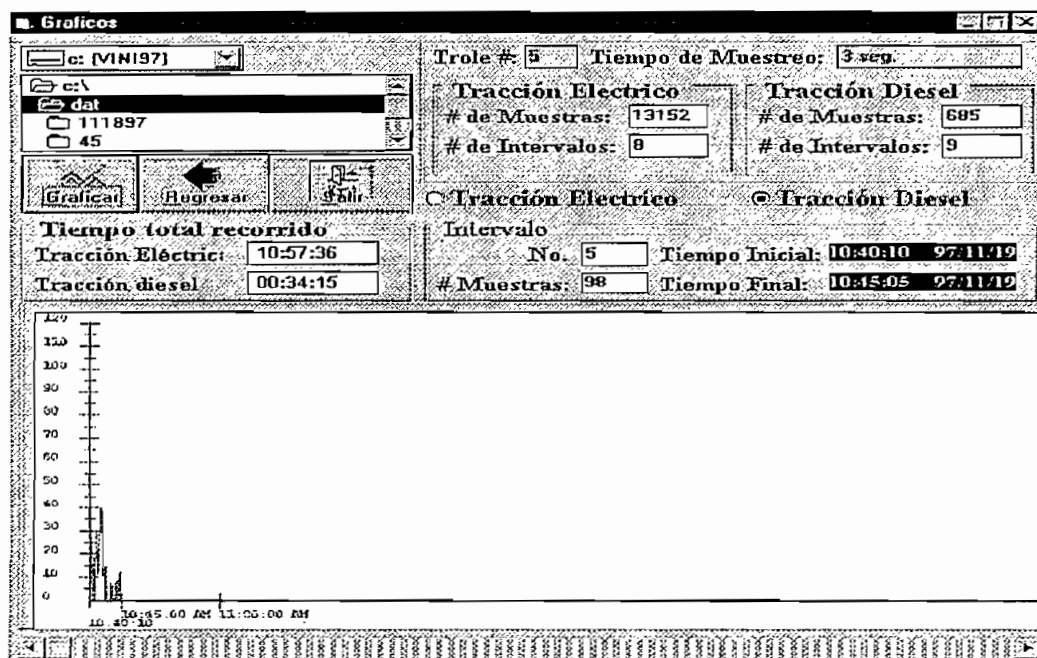
*Figura 4.24*

*Gráfico generado en el programa de administración de datos para contrastar con disco de la Figura 4.11 Intervalo de tracción diesel 03.*

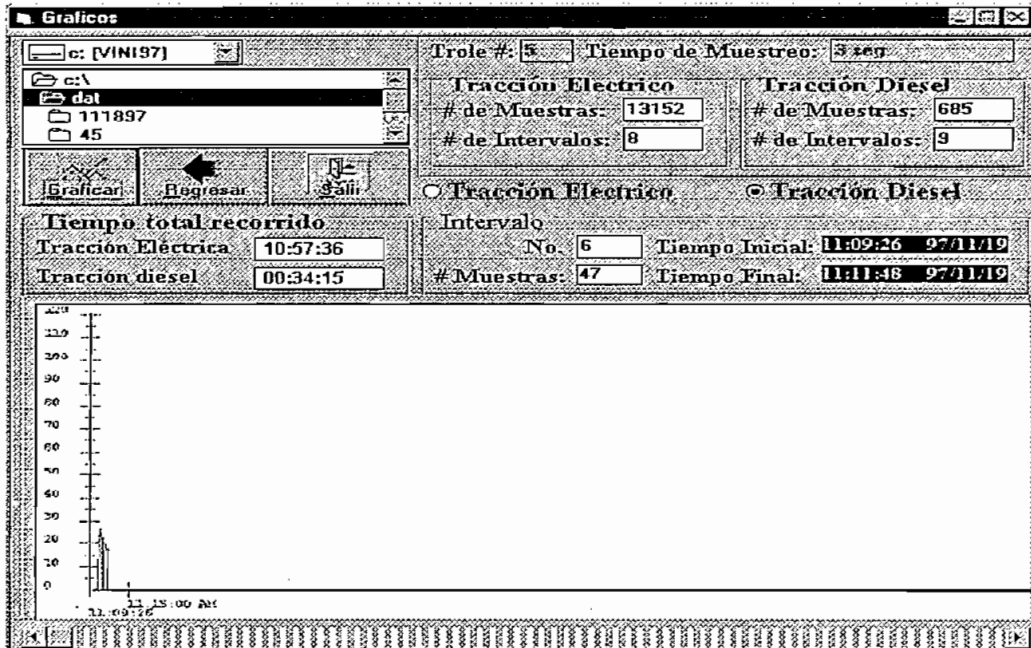




*Figura 4.25*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción diesel 04.*

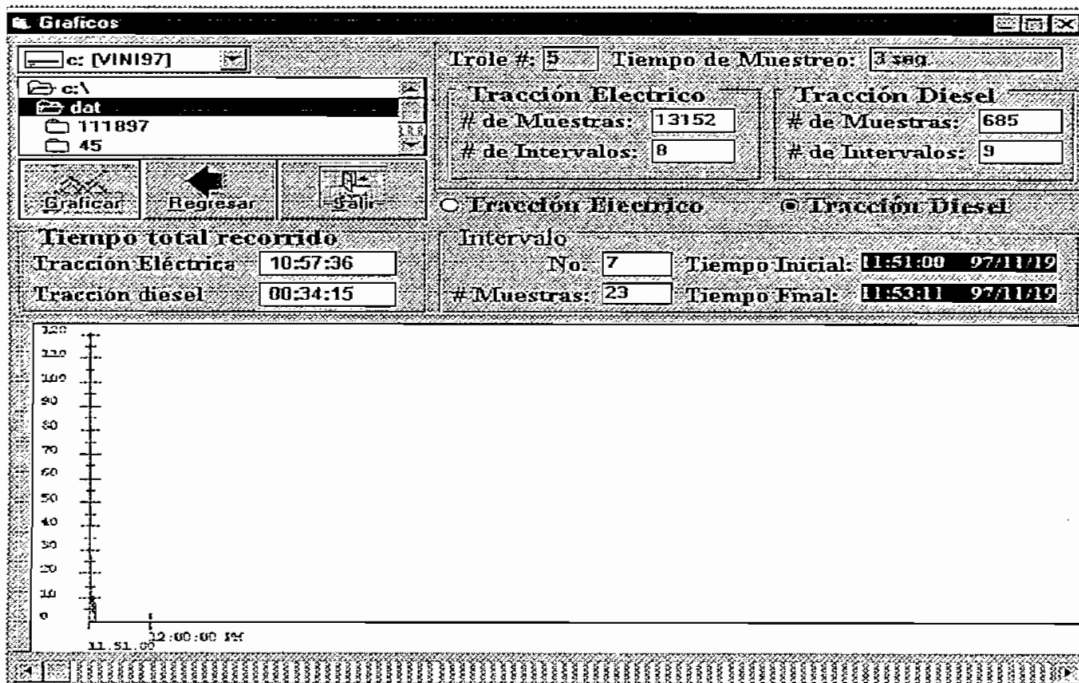


*Figura 4.26*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.11*  
*Intervalo de tracción diesel 05.*



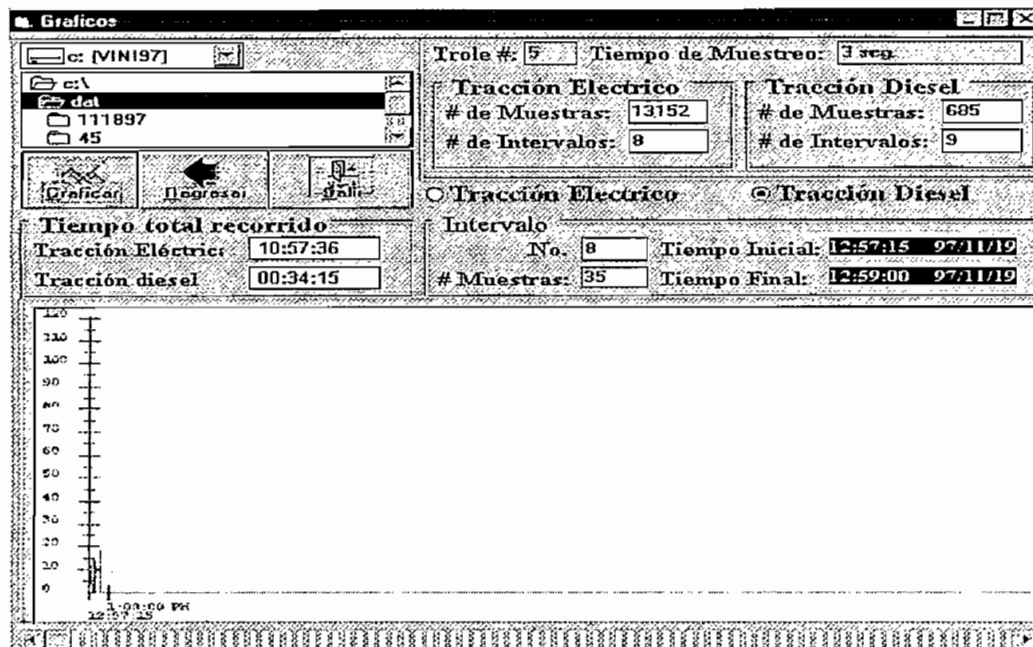
*Figura 4.27*

*Gráfico generado en el programa de administración de datos para contrastar con disco de la Figura 4.11 Intervalo de tracción diesel 06.*

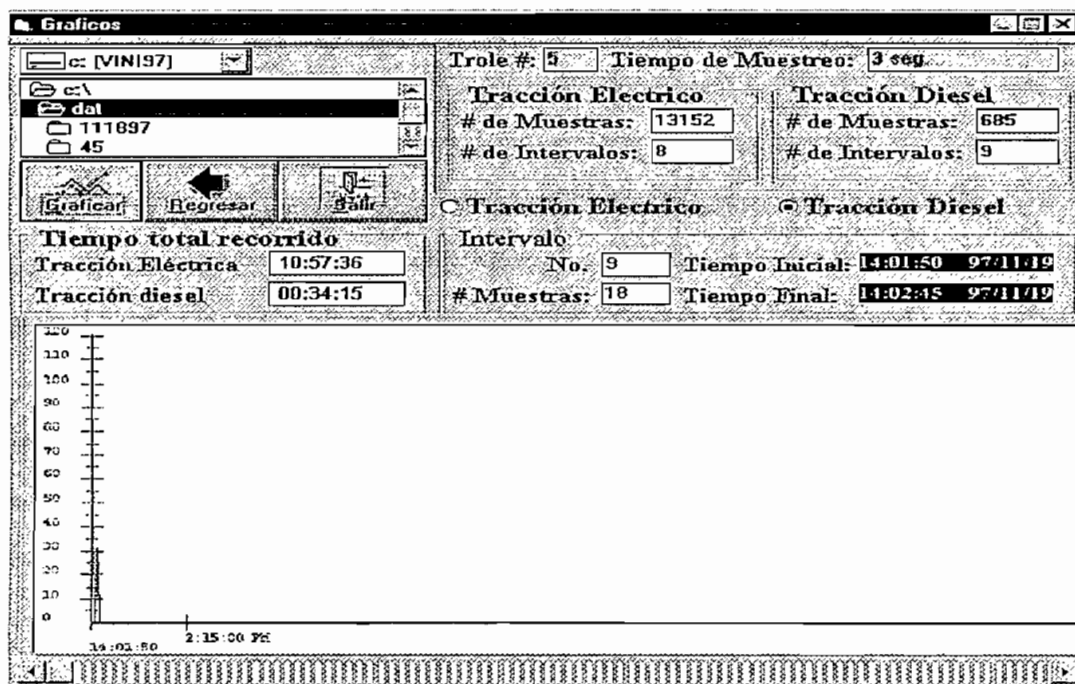


*Figura 4.28*

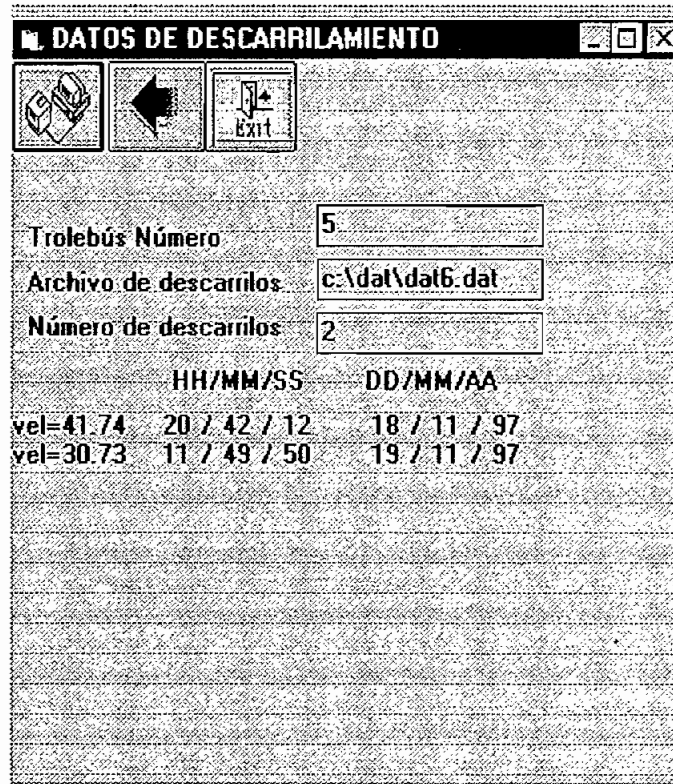
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para contrastar con disco de la Figura 4.11 Intervalo de tracción diesel 07.*



*Figura 4.29*  
 Gráfico generado en el programa de administración de datos para  
 contrastar con disco de la Figura 4.11  
 Intervalo de tracción diesel 08.



*Figura 4.30*  
 Gráfico generado en el programa de administración de datos para  
 contrastar con disco de la Figura 4.11  
 Intervalo de tracción diesel 09.



	HH/MM/SS	DD/MM/AA
vel=41.74	20 / 42 / 12	18 / 11 / 97
vel=30.73	11 / 49 / 50	19 / 11 / 97

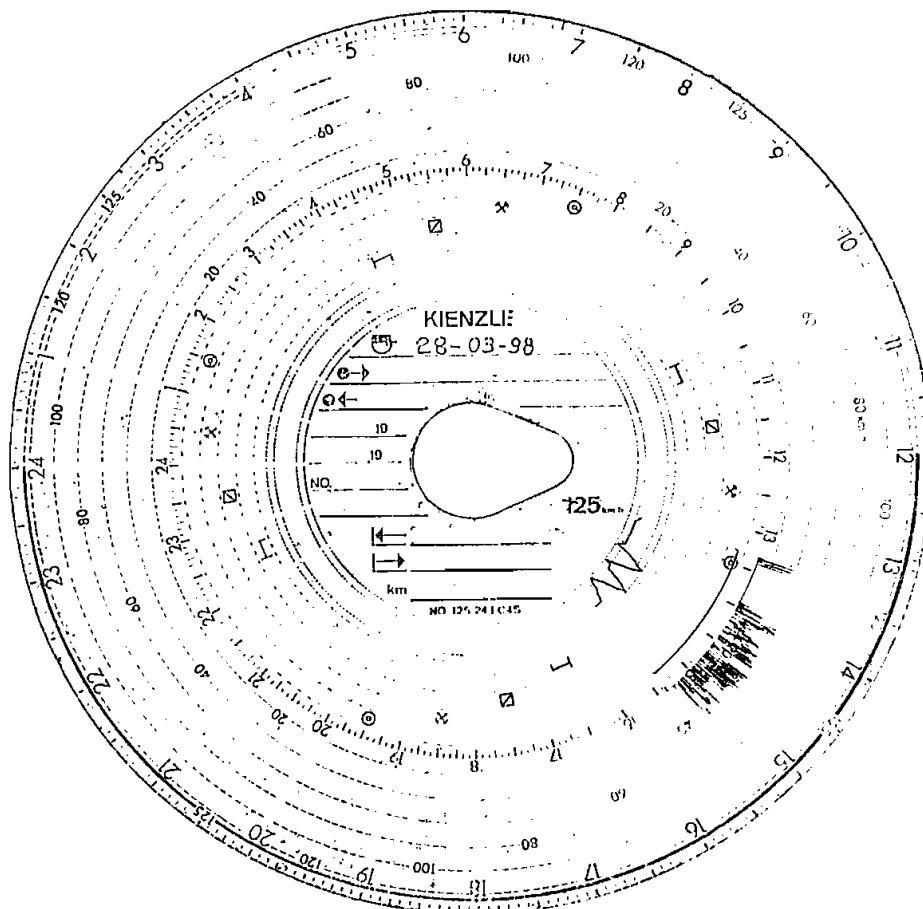
*Figura 4.31*  
*Datos de descarrilamiento.*

La Figura 4.31 muestra los datos de descarrilo registrados durante el periodo de prueba obtenidos entre el 18 y 19 de noviembre de 1997, son dos descarrilamientos ocurridos el primero a 41.7 Km/h y el segundo a 30.7 Km/h.

Los datos de descarrilamientos se muestran con el formato indicado Velocidad, hora y fecha de ocurrencia.

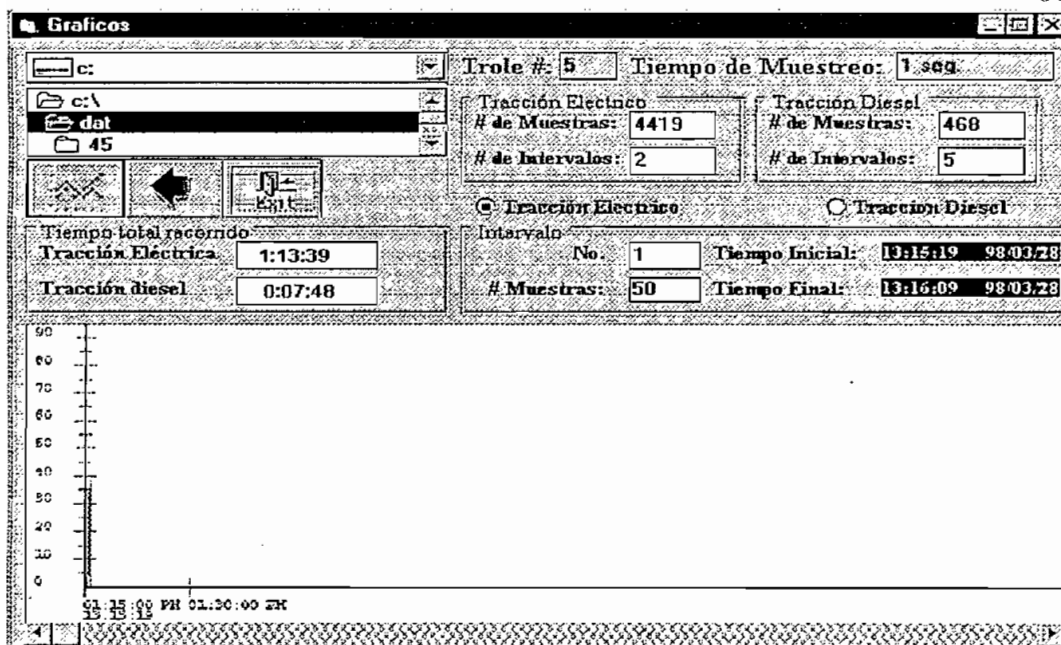
Esta es una herramienta muy importante para la fiscalización del Trole y que no se tenía con el anterior sistema, por cuanto el vehículo no dispone de un dispositivo que detecte los descarrilamientos y los registre.

Una prueba adicional realizada con fecha 28 de marzo de 1998 confirma el correcto funcionamiento del módulo, el disco de velocidad de la Figura 4.32 muestra el gráfico generado por el tacógrafo del vehículo en esta fecha.

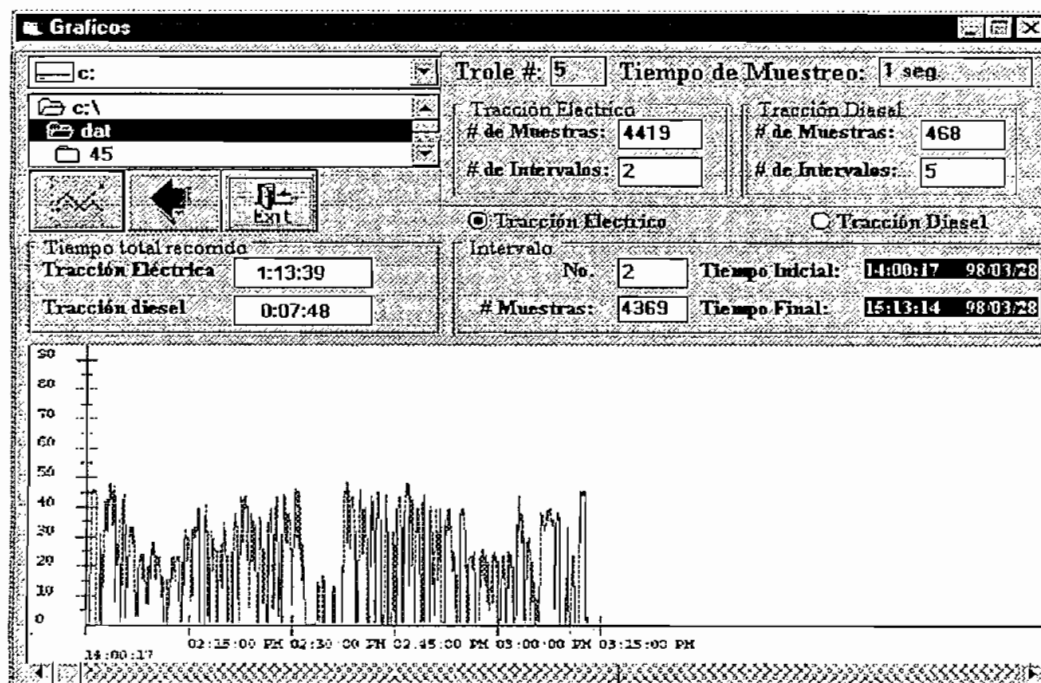


*Figura 4.32*  
*Disco de velocidad del registrador del tacógrafo*

A continuación se muestran los gráficos generados por el programa de administración de datos en el PC, los gráficos son dibujados con los datos adquiridos por el módulo en el mismo intervalo de tiempo del disco de la Figura 4.32 y se pueden comparar tanto en el tiempo como espectralmente.

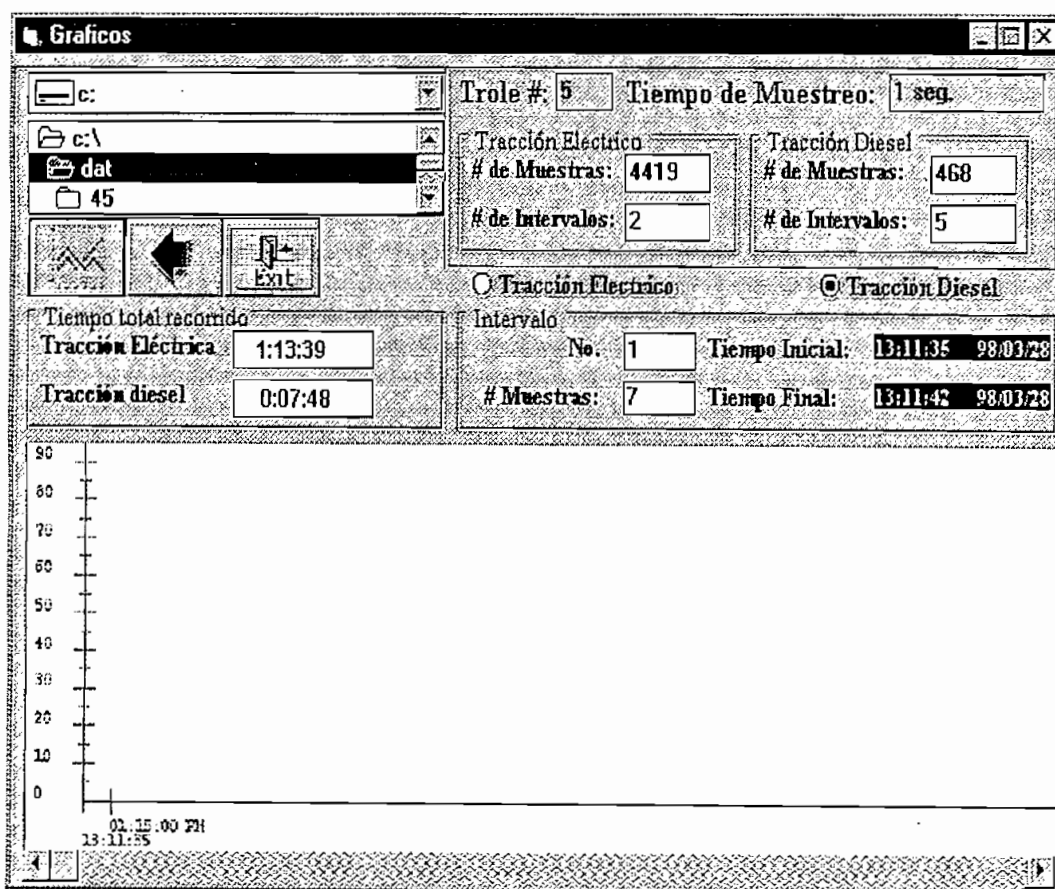


*Figura 4.33*  
Gráfico generado en el programa de administración de datos para  
contrastar con disco de la Figura 4.32  
Intervalo de tracción eléctrica 01.

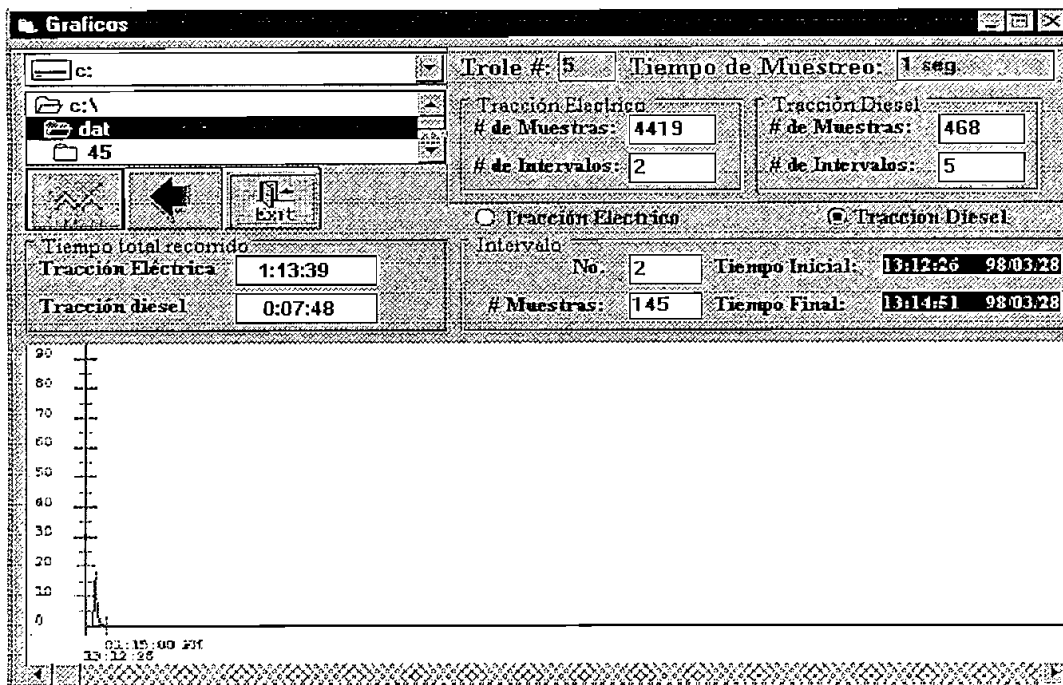


*Figura 4.34*  
Gráfico generado en el programa de administración de datos para  
contrastar con disco de la Figura 4.32  
Intervalo de tracción eléctrica 02.

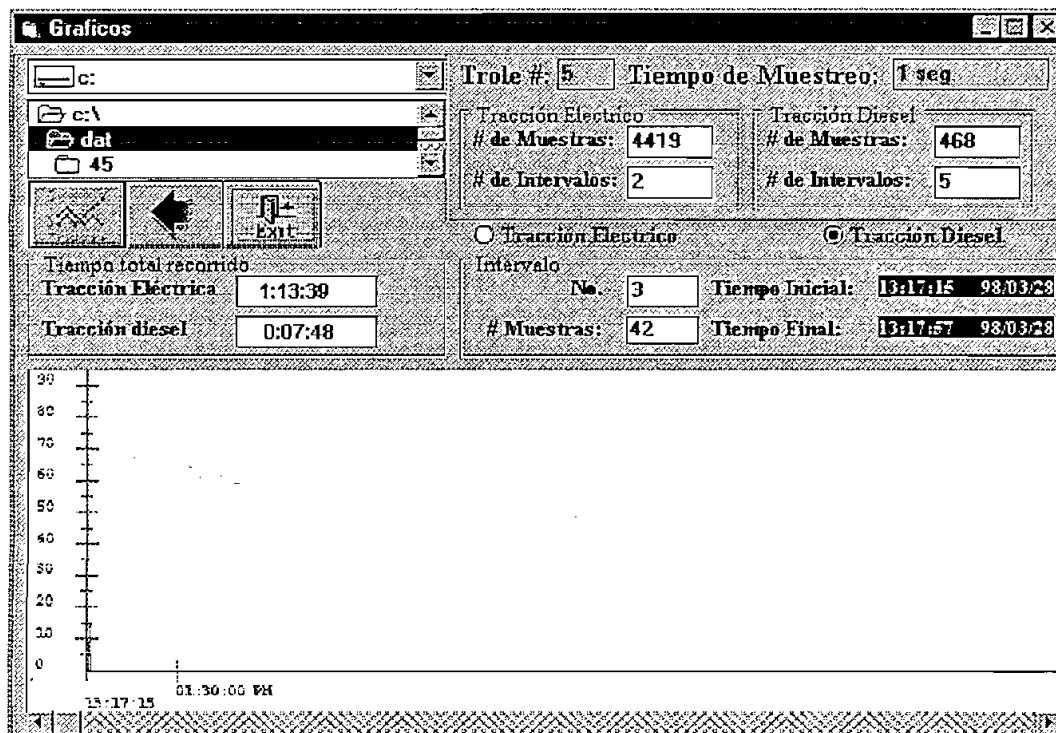
Las Figuras 4.33 y 4.34 corresponden a gráficos de intervalos de tracción eléctrico del vehículo trolebús adquiridos por el módulo de adquisición de datos en el mismo intervalo de tiempo que el disco de velocidad de la Figura 4.32; como se puede ver en comparación esta Figura los gráficos coinciden tanto en el intervalo de tiempo como en su forma espectral, lo que permite concluir que la tarjeta de adquisición de datos funciona correctamente.



*Figura 4.35*  
 Gráfico generado en el programa de administración de datos para  
 contrastar con disco de la Figura 4.32  
 Intervalo de tracción diesel 01.



*Figura 4.36*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.32*  
*Intervalo de tracción diesel 02.*



*Figura 4.37*  
*Gráfico generado en el programa de administración de datos para*  
*contrastar con disco de la Figura 4.32*  
*Intervalo de tracción diesel 03.*



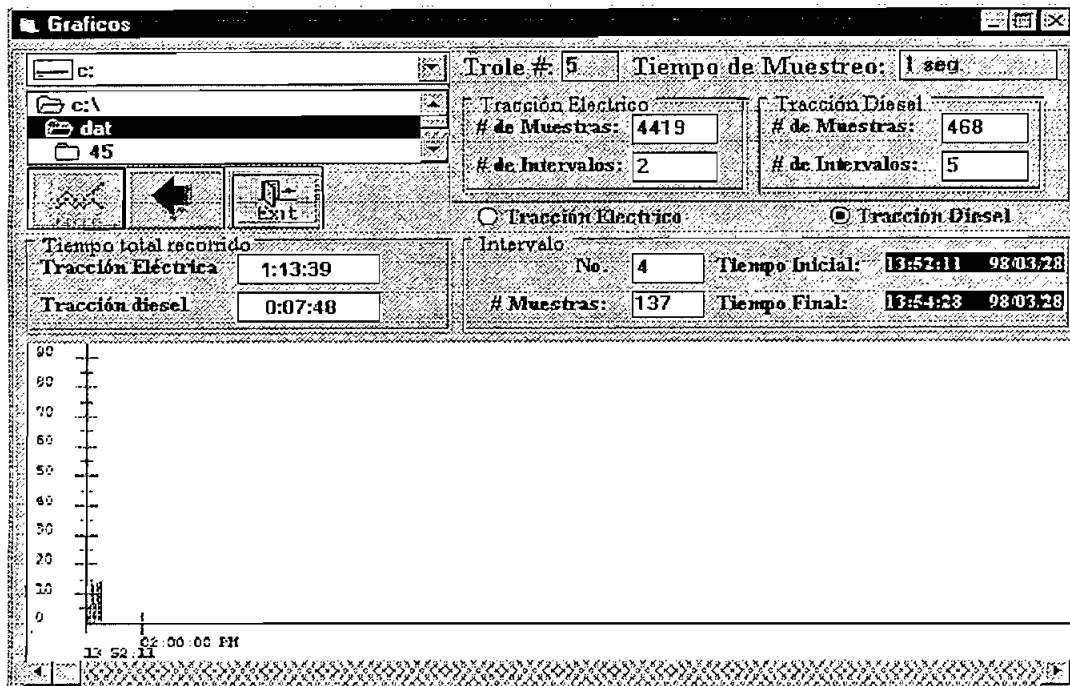


Figura 4.38

Gráfico generado en el programa de administración de datos para contrastar con disco de la Figura 4.32  
Intervalo de tracción diesel 04.

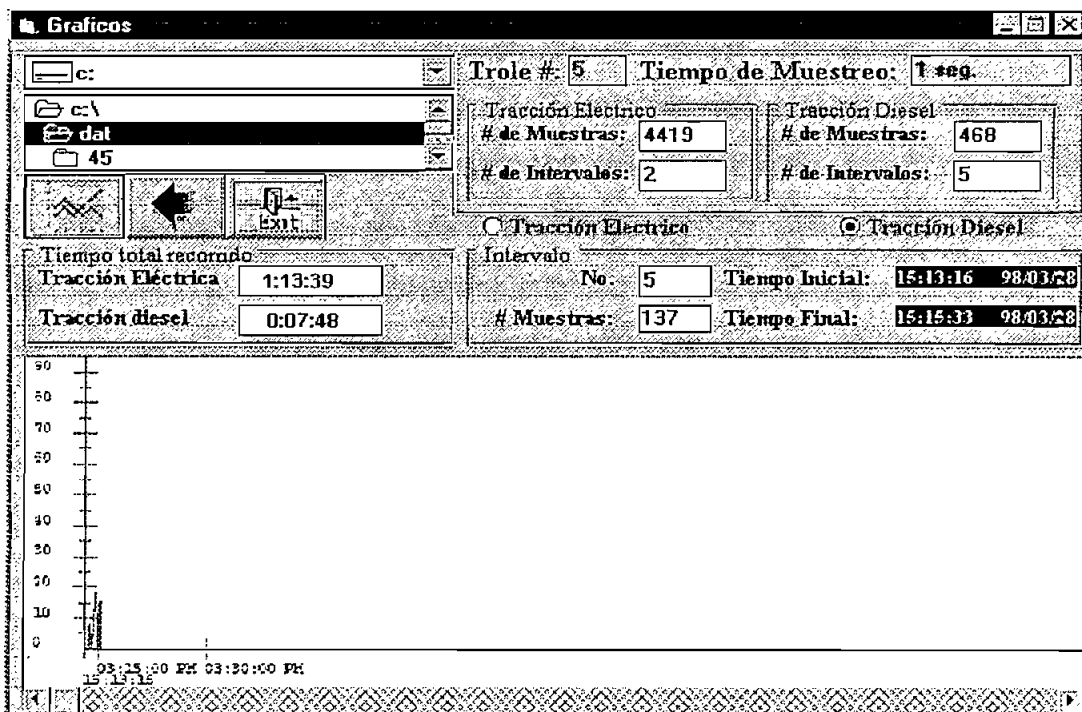


Figura 4.39

Gráfico generado en el programa de administración de datos para contrastar con disco de la Figura 4.32

De los resultados mostrados anteriormente, realizados en el mes de noviembre de 1997 como en los posteriores del mes de marzo de 1998, se observa la concordancia en los resultados obtenidos en el disco del registrador de velocidad del trolebús y los obtenidos mediante el sistema de adquisición de datos desarrollado en el presente trabajo.

Los gráficos precedentes proporcionan una visualización de la variación de la velocidad durante diferentes períodos de servicio de la unidad, los que sustituyen a los adquiridos por el equipo original del vehículo que sirve únicamente para 24 horas de registro por disco de velocidad; cabe indicar que con el sistema desarrollado se tiene la posibilidad de obtener información de los descarrilamientos, este dato es muy importante ya que el trolebús inicialmente no cuenta con un dispositivo que guarde esta información, que es bastante útil para fiscalizar los daños ocurridos en la línea aérea de contacto y los tomacorrientes del trolebús.

# ***CAPITULO 5***

## ***CONCLUSIONES***

- Como se puede observar en el capítulo de pruebas de funcionamiento y resultados, los gráficos obtenidos a partir de los archivos generados por el programa de administración de datos y el módulo de adquisición de datos, el patrón que muestran los discos de velocidad grabados en el tacógrafo disponible en el trolebús y colocados en los mismos intervalos de tiempo de la adquisición de datos mantienen igual forma, tanto en espectro como en la escala de tiempo. De esto se puede concluir que los datos adquiridos son válidos.
- El módulo desarrollado permite realizar la fiscalización de velocidades y datos de descarrilamientos, sin afectar al sistema eléctrico-electrónico incorporado en el vehículo, por esto se puede concluir que este objetivo perseguido en este tema de tesis ha sido alcanzado.
- De los resultados obtenidos durante un día en la unidad número 05 de la flota de trolebuses se pudo detectar dos descarrilamientos que, a propósito, no fueron reportados por el conductor de esta unidad. Las velocidades registradas al momento de los descarrilamientos fueron de 41.7 y 30.7 Km/h respectivamente. Esto quiere decir que el sistema puede ser empleado también para fiscalizar los descarrilamientos.
- La velocidad de comunicación entre el PC y el módulo es de 2400 baudios, esta velocidad no se pudo incrementar, debido a que la baja velocidad de procesamiento del Visual Basic no lo permite. A mayores velocidades de comunicación se pierde la sincronización en la transmisión y recepción de datos.
- Un problema que se presentó en la primera prueba del módulo en el vehículo fue que este interfería con el sistema electrónico de la articulación, debido a que la impedancia de entrada era muy baja. Este problema se corrigió utilizando una etapa de acoplamiento con un amplificador operacional construido con Fet's. Y cumplir así con uno de los objetivos del trabajo de no interferir con el sistema original del vehículo.

- La señal enviada por el sensor del tacógrafo es una señal de amplitud constante y frecuencia variable, la velocidad es inversamente proporcional a la frecuencia. La constante de proporcionalidad es 2.18, por este motivo el módulo para obtener la velocidad realiza la medición de la frecuencia enviada por el sensor.
- Los rangos de frecuencia que puede medir el módulo está entre 0 y 250 Hz, lo que da un rango de velocidad entre 0 y 114.67 Km/h, cuyos rangos son suficientes para cubrir las velocidades mínima y máxima a las que el trolebús se desplaza ya sea en tracción eléctrica o tracción diesel.
- El módulo tiene un error en la medición de la frecuencia de 1 Hz, lo que se traduce en un error de lectura de la velocidad de 0.458 Km/h, este error equivalente a un 1.06 % de la velocidad promedio típica del trolebús (43 Km/h) se puede considerar no muy significativo y por lo mismo aceptable.
- Se han realizado varias pruebas de las cuales en el capítulo 4 se muestran, una a velocidad aproximadamente constante lo que permite visualizar la relación de magnitudes de velocidad de los dos sistemas contrastados, otra prueba en un día normal de operación la que permitió comparar espectros de la velocidad en varios intervalos de tiempo, y una prueba final durante una vuelta al circuito completo. De todas estas pruebas se puede concluir que la tarjeta de adquisición proporciona datos válidos; con lo que los objetivos perseguidos en este trabajo han sido alcanzados.

**BIBLIOGRAFIA.**

- 1.- **CREUS Antonio**, "Instrumentación Industrial", Marcombo, 1985.
- 2.- **CONSINDINE Doublas**, "Process Instruments and Controls Handbook", McGraw Hill, 1974
- 3.- **TOBEY Gene**, "Operational Amplifiers, Desing and Aplications", McGraw Hill, 1971.
- 4.- **CAUGHLIN Robert**, "Operational amplifiers and linear Integrated Circuits", Prentice Hall, 1982.
- 5.- **GONZALES Adolfo**, "Introducción a los Microcontroladores", McGraw Hill, 1992.
- 6.- **CEBALLOS Javier**, "Visual Basic, Aplicaciones para Windows".
- 7.- **BENTLEY John**, "Sistemas de medición principios y aplicaciones".
- 8.- **NORTON Harry**, "Sensores y Analizadores".

**MANUALES**

TTL DATA BOOK.

LINEAR DATA BOOK, NATIONAL SEMICONDUCTORS CORPORATION.

ECG SEMICONDUCTOR.

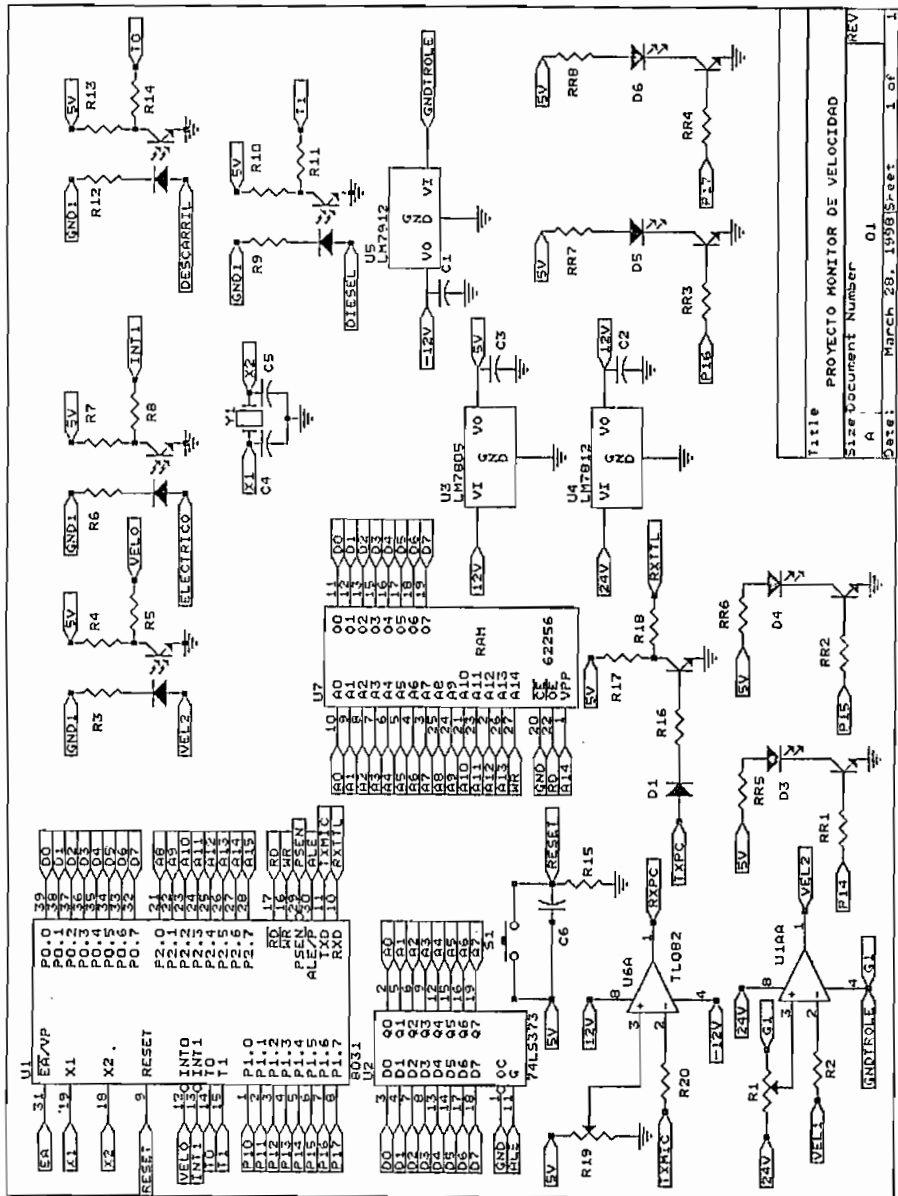
***ANEXOS***

# ***ANEXO 1***

***DIAGRAMA ESQUEMATICO***



DIAGRAMA ESQUEMATICO DESARROLLADO EN ORCAD.

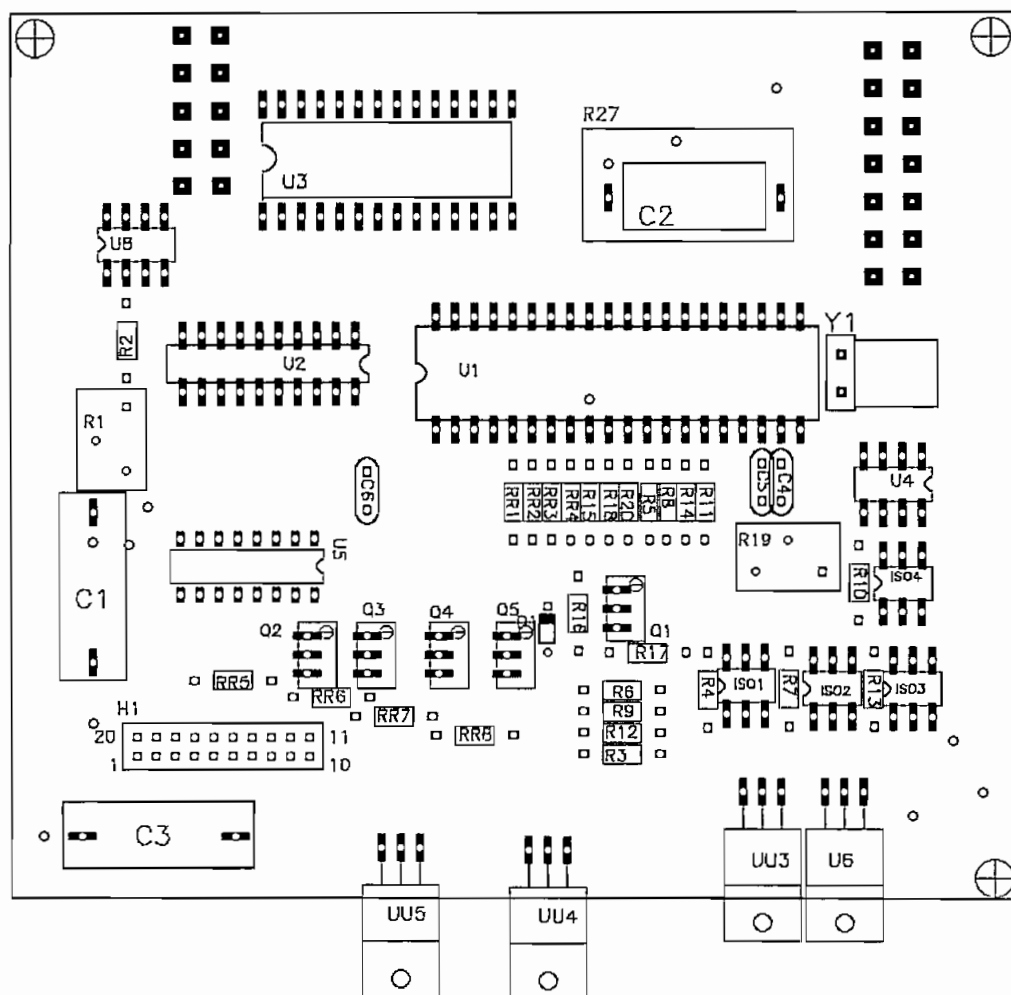


Title	PROYECTO MONITOR DE VELOCIDAD	REV
Size	Document Number	A
Date	March 28, 1998	Sheet 1 of 1

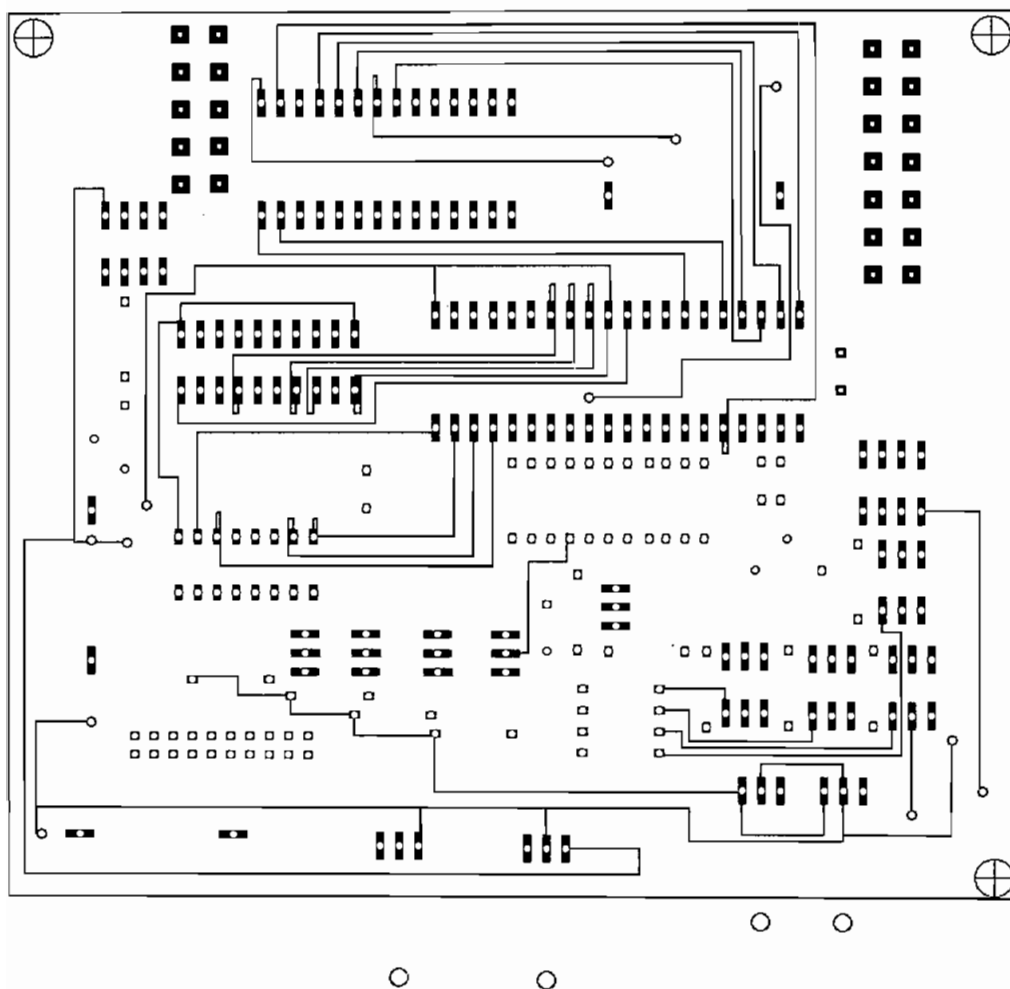
# ***ANEXO 2***

***DIAGRAMAS PCB  
DESARROLLADOS EN TANGO***

## DIAGRAMA PCB PERFILES DE COMPONENTES



## DIAGRAMA PCB LADO SUPERIOR



## DIAGRAMA PCB LADO INFERIOR

