

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

Incorporada a la U.N.A.M.

5/
2ej

PREDICION DEL DESEMPEÑO EN ACELERACION
MAXIMA DE UN AUTOMOVIL AUTOMATICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

CARLOS JOSE MIRA HARFUCH



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. Descripción del tren motriz automático de un automóvil con tracción delantera.....	4
1.1 El motor de combustión interna.....	5
1.2 El convertidor de par.....	6
1.3 El transeje automático de 3 velocidades.....	9
1.4 Las flechas de transmisión y las juntas de velocidad constante.....	13
CAPITULO II. Predicción del desempeño.....	14
II.1 Factores que afectan al consumo de potencia.....	14
II.1.1 Resistencia a la rodadura.....	14
II.1.2 Resistencia por pendientes.....	17
II.1.3 Resistencia al aire o resistencia aerodinámica.....	18
II.1.4 Resistencia de inercia.....	19
II.1.5 Resistencia en el sistema de transmisión.....	21
II.1.6 Disminución de la potencia con la altitud.....	22
II.2 Predicción del desempeño del automóvil.....	23
II.2.1 Predicción del desempeño en estado estable.....	23
II.2.2 Predicción del desempeño en aceleración máxima.....	26
CAPITULO III Planteamiento del problema.....	31
III.1 Planteamiento del problema.....	31

CAPITULO IV Análisis y solución del problema.....	35
IV.1 Análisis del problema.....	35
IV.2 Solución del problema.....	35
IV.3 Resistencia al avance.....	35
IV.3.1 Resistencia a la rodadura.....	36
IV.3.2 Resistencia aerodinámica.....	36
IV.3.3 Resistencia por pendientes.....	37
IV.4 Fuerza propulsora.....	38
IV.5 Fuerza libre para aceleración.....	43
IV.6 Masa corregida.....	43
IV.7 Cálculo del desempeño en aceleración máxima.....	48
CAPITULO V Conclusiones.....	51
V.1 Análisis y comparación de resultados.....	51
V.2 Conclusiones.....	52
APENDICE A.....	54
APENDICE B.....	60
APENDICE C.....	69
APENDICE C-1.....	70
APENDICE C-2.....	71
APENDICE C-3.....	72
APENDICE C-4.....	73
APENDICE C-5.....	74
BIBLIOGRAFIA.....	75

INTRODUCCION.

Cuando un automóvil parte del reposo, con el acelerador totalmente oprimido, es posible registrar la velocidad instantánea del automóvil contra el tiempo transcurrido desde que este perdió la inmovilidad. Así mismo, se puede medir la distancia que recorre el automóvil contra el tiempo transcurrido desde el momento en que comenzó a moverse. A estas dos mediciones (velocidad-tiempo y distancia-tiempo), se les llama medición del desempeño en aceleración máxima.

Para conocer el desempeño en aceleración máxima de un automóvil automático, existen dos formas: La primera es realizando pruebas al automóvil y la segunda consiste en calcular teóricamente lo que el automóvil es capaz de hacer.

El segundo método, del cual trata este trabajo, es de particular importancia, sobre todo si el automóvil en cuestión está en la etapa de diseño.

En la mayoría de las ocasiones, al estructurar el tren motriz de un automóvil automático, pueden presentarse diferentes opciones en los siguientes componentes:

Motor.

Convertidor de par.

Caja de cambios automáticos.

Ruedas.

Ante estas variantes, es de muy alto costo realizar pruebas de campo con sus posibles combinaciones.

Es por esto, que tiene importancia el cálculo teórico del desempeño en aceleración máxima, ya que, sin realizar gastos para fabricar prototipos, se pueden experimentar posibles opciones escogiendo la que se apegue más a cumplir los requisitos del automóvil, beneficiándose la compañía diseñadora y armadora, así como el usuario del vehículo.

Este trabajo de tesis lo realizo, debido a que creo que es necesario poder conocer lo que un automóvil es capaz de hacer sin fabricar un prototipo; aunado a que el campo automotriz tiene una especial predilección de mi parte.

El alcance de este trabajo se limita a predecir las características velocidad-tiempo y distancia-tiempo que un automóvil automático es capaz de hacer en aceleración máxima partiendo del reposo.

En el capítulo I se presenta como está formado el tren motriz de un automóvil automático de tracción delantera, y las características de operación más relevantes de sus componentes. Las descripciones contenidas en este capítulo, corresponden a las de un tipo de automóvil fabricado en serie actualmente.

En el capítulo II se analizan las distintas resistencias que se presentan cuando un automóvil esta en movimiento, así como las pérdidas de potencia a lo largo de su trayecto desde el motor hasta llegar a las ruedas; también se expone lo que son las curvas de fuerza-velocidad y potencia-velocidad, y se plantean las bases teóricas para obtener las características distancia-tiempo y velocidad-tiempo de un automóvil automático en aceleración máxima, partiendo del reposo.

En el capítulo III se plantea un caso práctico dándose los datos de operación y características de: motor, convertidor de par, transeje automático, ruedas y carrocería.

En el capítulo IV con base en la teoría del capítulo II y los datos del capítulo III, se analizan y se estipulan los pasos a seguir para llegar a los resultados buscados, y se procede al cálculo del desempeño del caso planteado, llegando a los resultados de distancia-tiempo, así como de velocidad-tiempo, característicos de este automóvil.

En el capítulo V se comparan los datos de distancia-tiempo y velocidad-tiempo obtenidas teóricamente con las

mediciones en pruebas de campo a un automóvil de las mismas características que las planteadas en el caso práctico; se analiza la comparación, concluyendo que en base a la similitud de los datos reales y estimados, es posible estimar teóricamente el desempeño en aceleración máxima, por lo menos, para vehículos similares al utilizado en este trabajo.

Para realizar los cálculos teóricos fue necesario el auxilio de una computadora. Los listados de los programas que fueron utilizados, todos en lenguaje "basic", están en el apéndice C.

En este trabajo se utiliza el Sistema de Unidades Internacional, aunque algunas de las formulas presentadas están en unidades del Sistema Ingles, por respeto a la bibliografía correspondiente.

Los datos proporcionados para los cálculos teóricos de esta tesis, así como las mediciones reales, corresponden a un automóvil de producción en serie, y son mencionadas sus características relacionadas con el presente trabajo, y cuyo nombre y fabricante no se citan por razones éticas.

CAPITULO 1.- DESCRIPCION DEL TREN MOTRIZ AUTOMATICO DE UN AUTOMOVIL CON TRACCION DELANTERA.

El automóvil de tracción delantera, como su nombre lo indica, utiliza las ruedas delanteras para transmitir fuerza al piso, y así obtener el movimiento. Es por esta razón que la disposición y la forma de los distintos elementos que componen el tren motriz es diferente a los tradicionalmente utilizados en automóviles con tracción en las ruedas traseras.

El tren motriz se agrupa en la porción delantera del automóvil (fig. 1).

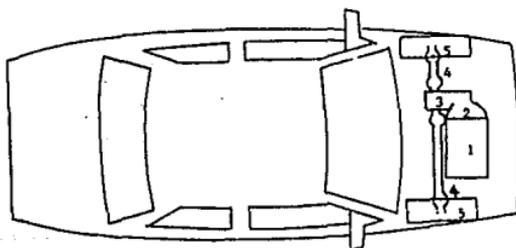


Figura 1. Disposición del tren motriz en un automóvil con tracción delantera

Este tren motriz está compuesto de los siguientes elementos:

Producción de potencia: 1- Motor de combustión interna

Transmisión de potencia: 2- Convertidor de par
3- Transeje

Distribución de potencia: 4- Flechas, y juntas de velocidad constante.

5- Ruedas

1. 1.- EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

La fuente de potencia, en la mayoría de los autos comerciales en la actualidad, es el motor de combustión interna de encendido por chispa o por presión. La función del motor es transformar mediante una reacción química llamada combustión, la energía proveniente del combustible convirtiéndola en energía mecánica. Este proceso se realiza con una eficiencia de alrededor del 30%, desperdiándose la energía restante en forma de calor. (Bibl. 1)

Este proceso se realiza dentro del motor mediante un pistón recíprocante dentro de una cámara de combustión (fig. 2).

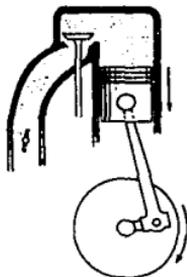


Figura 2. Corte de un cilindro de motor de combustión interna, a pistón.

Esta transformación de energía se realiza cumpliendo el llamado ciclo Otto en los motores encendidos por chispa (fig. 3). Mientras que en los motores encendidos por presión, esta transformación se realiza cumpliendo el llamado ciclo Diesel (fig. 4).

Como producto utilizable de esta transformación de energía, se obtiene el movimiento rotatorio del cigüeñal; sin embargo, esta rotación no es tan continua como aparenta (fig. 5). Por lo que para obtener mayor continuidad, se utilizan arreglos de varios cilindros, mismo que contribuye

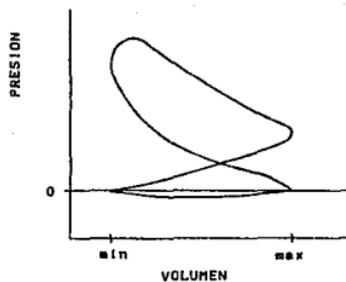


Figura 3. Ciclo Otto real. (Bibl. 1)

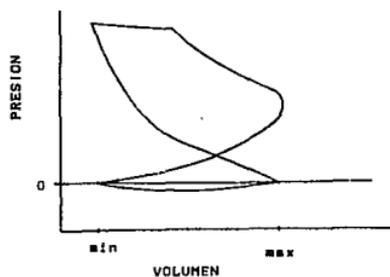


Figura 4. Ciclo diesel real. (Bibl. 1)

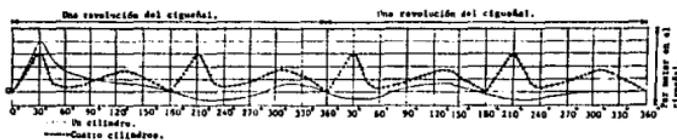


Figura 5. Par contra 2 revoluciones de cigueñal en un motor de encendido por chispa. (Bibl. 6)

a aumentar la potencia producida. Así mismo se utilizan volantes de inercia, para mantener más constante la velocidad angular instantánea del cigüeñal.

Hay dos formas adoptadas en la práctica para cuantificar la capacidad que tiene un motor para suministrar energía, es decir, para realizar un trabajo. Una de éstas es la curva de par máximo contra revoluciones por minuto del cigüeñal, así como la curva de potencia máxima contra revoluciones por minuto del cigüeñal (fig. 6).

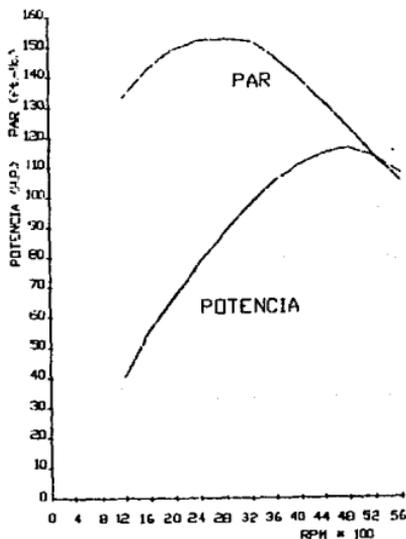


Figura 6. Par y potencia máxima contra R.P.M. de un motor de combustión interna.

El par y la potencia están relacionados por la siguiente expresión:

$$\text{Potencia} = \text{Par} \times W \text{ (velocidad angular)}$$

1. 2.- EL CONVERTIDOR DE PAR.

El convertidor de Par, es un elemento de conducción y transformación de fuerza, que recibe la potencia generada en el motor y la transmite al transeje automático (Bibl. 4). La estructura de este elemento se puede apreciar en la fig. 7.

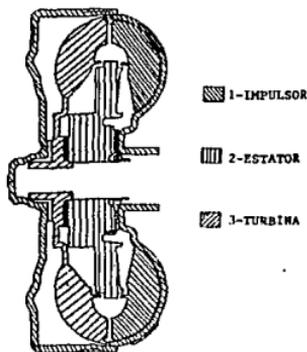


Figura 7. Estructura de un convertidor de Par.
1.- Alabes Impulsadores. 2.- Estator. 3.- Alabes impulsados. (Bibl. 4)

Este elemento consta de un conjunto de álabes impulsadores que comunican movimiento al fluido con el que está cargado el convertidor. Este fluido es el medio de conducción de potencia, y la dirección de su flujo es modificada por el estator. Este fluido choca contra el conjunto de álabes impulsados, mismo que comunica el movimiento a la flecha de entrada del transeje automático.

Según la geometría de los álabes y del estator, el convertidor de par es capaz de aumentar el Par de entrada un poco más de dos veces (Bibl. 4). Los convertidores de par cumplen con las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \text{Potencia de entrada} \times \text{Eficiencia} &= \text{Potencia de salida} \\ \text{Par de ent.} \times W \text{ ent.} \times \text{Eficiencia} &= \text{Par de sal.} \times W \text{ sal.} \end{aligned}$$

Las curvas características de operación de un convertidor de par convencional se aprecia en la fig. 8.

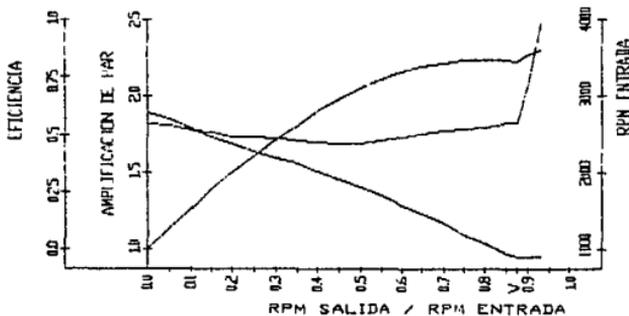


Figura 8. Curvas características de un convertidor de par hidrodinámico. (Bibl. 4)

Hay que notar que existe un rango desde que R.P.M. sal. / R.P.M. ent. = 0 hasta R.P.M. sal. / R.P.M. ent. = V en que el convertidor funciona como tal, sin embargo al excederse comienza a funcionar como un cople hidrodinámico, el cual cumple con las siguientes igualdades:

Par entrada = Par salida

Potencia entrada > Potencia salida

Par entrada x W entrada > Par salida x W salida

La energía no desaparece, sino que es transformada en calor.

1. 3.- EL TRANSEJE AUTOMÁTICO DE 3 VELOCIDADES.

El transeje automático es la conjunción de dos partes: la primera es una caja de reducción con cambios automáticos

de relación. La segunda es un diferencial para la distribución de la potencia. Estas dos partes se encuentran ubicadas en el mismo cuerpo (carcasa), e interactúan para el funcionamiento del transeje (fig. 9.).

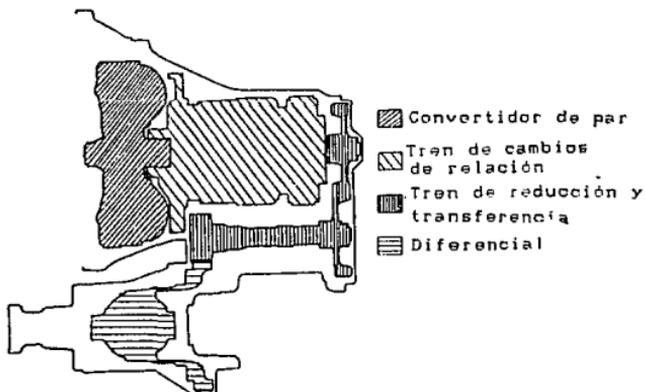


Figura 9. Corte esquemático de un transeje automático. (Bibl. 8)

El transeje para realizar los cambios de relación requiere de un sistema de control automático. Para que se realice la toma de decisión de la relación a aplicar, es necesario que el sistema de control tenga información o datos de entrada. Estos son: Posición de la palanca selectora, posición del acelerador, y la velocidad del vehículo:

1- Posición de la palanca selectora en la cabina del automóvil, teniendo esta las siguientes opciones:

P= "Parking" o estacionamiento.

R= Reversa.

N= Neutral.

D= Directa

2= Segunda.

1= Primera.

2- Posición o ángulo del acelerador. Esta posición es conocida a través de una señal mecánica por un cable conectado del cuerpo del acelerador al cuerpo de válvulas del transeje.

3- Velocidad del vehículo. Esta se conoce por medio de una señal de presión hidráulica, que proviene del gobernador, el cual funciona por fuerza centrífuga y está montado en la flecha que alimenta de potencia a la corona del diferencial. El gobernador recibe fluido hidráulico a una presión constante, y permite el paso de este a una presión proporcional a la velocidad de giro que tiene.

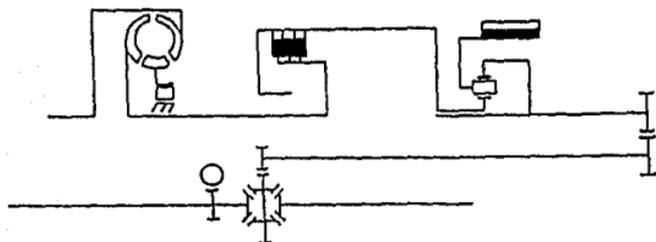
El accionamiento de los distintos elementos que provocan la marcha y el cambio de relación en el transeje automático, se realiza mediante señales hidráulicas, mismas que son controladas por lo que se denomina el cuerpo de válvulas, que es el que en base a la información ya mencionada, toma las decisiones, y emite señales hidráulicas para accionar los distintos elementos de la transmisión.

Las especificaciones o características de un transeje automático de la misma familia son las dos siguientes:

1- Relación final.- Esta es la relación de reducción con el tren de cambios en la última velocidad; en este caso 3a.

2- Los puntos o velocidades de cambio.- Estos están dados por la calibración que tiene el sistema de control, y son: Cambios a aceleración mínima de 1a. a 2a. y de 2a. a 3a. Cambios a aceleración máxima de 1a. a 2a. y de 2a. a 3a. Máxima velocidad para el cambio a la velocidad anterior con aceleración máxima de 3a. a 2a. y de 2a. a 1a.

Para poder tener tres relaciones hacia adelante y una en reversa, el transeje utiliza dos sistemas de engranes planetarios, mismos que tienen distintas combinaciones para el flujo de potencia según sea la relación de que se trate. La selección del flujo de potencia, la lleva a cabo el cuerpo de válvulas que mediante señales hidráulicas, acciona los elementos necesarios. En la fig. 10. se aprecian esquemáticamente los flujos de potencia dentro del transeje.



Reversa.

Figura 10. Flujos de potencia en un transeje automático 3 velocidades. (Bibl. 8)

1. 4.- LAS FLECHAS DE TRANSMISION, Y LAS JUNTAS DE VELOCIDAD CONSTANTE.

Las flechas de transmisión son los elementos de conducción de potencia del diferencial a las masas de las ruedas delanteras. Sin embargo, durante la marcha del automóvil existen movimientos de la suspensión y por ende un movimiento relativo entre las líneas de centros del diferencial y la masa de la rueda, y existiendo la necesidad de transmitir la potencia del diferencial a las ruedas sin oscilaciones en velocidad angular, aún con las ruedas giradas por el sistema de dirección, se utiliza la junta de velocidad constante, misma que también absorbe ciertos cambios longitudinales.

CAPITULO II.- PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO.

Después de la selección que el diseñador realice referente a las características del tren motriz de un automóvil, existen dos formas de conocer lo que éste es capaz de realizar en cuanto a sus características de funcionamiento a velocidad constante y en aceleración máxima. La primera de ellas es construir un automóvil con las características diseñadas y evaluarlo. La segunda forma, mucho más barata y rápida, es calcular el desempeño a partir de las características especificadas, involucrando las características del automóvil que también influyan en el desempeño.

El cálculo del desempeño se utiliza para poder saber con aproximación lo que el automóvil real es capaz de hacer, así como darle al diseñador, de una manera rápida y barata, en comparación con la fabricación de un prototipo, los puntos de comparación para realizar una selección final entre varias opciones posibles.

II.1.- FACTORES QUE AFECTAN AL CONSUMO DE POTENCIA.

La potencia generada por el motor, al ser utilizada en el movimiento del automóvil, sufre mermas por distintas causas. Como los factores más importantes que afectan al consumo de potencia están: la resistencia a la rodadura, la resistencia presentada por pendientes, la resistencia al aire, la inercia del automóvil y de sus partes móviles, la resistencia por fricción de las partes móviles, así como el cambio de la potencia del motor causada por la presión atmosférica y la temperatura del aire (Bibl. 3). Estos factores son estudiados más adelante.

II.1.1.- RESISTENCIA A LA RODADURA.

La resistencia a la rodadura, se presenta bajo

cualquier condición de movimiento del vehículo, ya que sólo basta que giren las ruedas en contacto con el pavimento para que se presente. Esta resistencia se debe principalmente al esfuerzo requerido para la deformación de la llanta al girar, al trabajo realizado por la llanta para penetrar la superficie de rodamiento, al trabajo realizado para vencer la fricción contra el pavimento al girar el neumático, la fricción del aire al circular dentro del neumático, así como el efecto de ventilador que hace la rueda con el aire que la circunda (Bibl. 3).

La resistencia a la rodadura está dada por la relación

$$1- \quad R_r = f P \cos \theta \quad (\text{Bibl. 3})$$

Donde : R_r es la resistencia a la rodadura (lbs.).

f es el coeficiente de resistencia a la rodadura (adimensional).

P es el peso del automóvil (lbs.)

θ es el ángulo de inclinación de la superficie de rodamiento.

El coeficiente de resistencia a la rodadura f es obtenido con mucha aproximación en superficies de concreto para automóviles típicos con la siguiente relación:

$$2- \quad f = f_0 + 3.24 f_s (V/100)^{2.5} \quad (\text{Bibl. 3})$$

Donde : V es la velocidad (M.P.H.)

f_0 y f_s son coeficientes adimensionales,

obtenidos experimentalmente, y pueden ser tomados de la figura 11 (pag. 16).

Hay que considerar que para asfalto, el coeficiente f de resistencia a la rodadura aumenta alrededor de un 20%, y más para otras superficies (Bibl. 3), esto se puede apreciar en la figura 12 (pag 16).

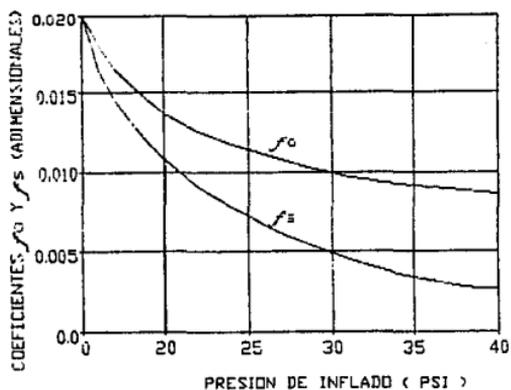


Figura 11. Gráfica coeficientes f_o y f_s contra la presión de inflado de los neumáticos (Bibl. 3).

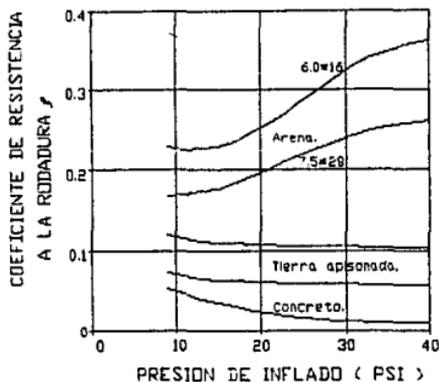


Figura 12. Coeficiente de resistencia a la rodadura f contra la Presión de inflado de los neumáticos (Bibl. 3)

11.1.2.- RESISTENCIA POR PENDIENTES.

Cuando un automóvil circula en una superficie horizontal, la resultante del peso del mismo es perpendicular a la horizontal y no tiene más incidencia en la resistencia al movimiento del automóvil que el efecto en la resistencia a la rodadura.

Cuando el automóvil circula por una pendiente, existe una descomposición del peso del mismo fig. 13.

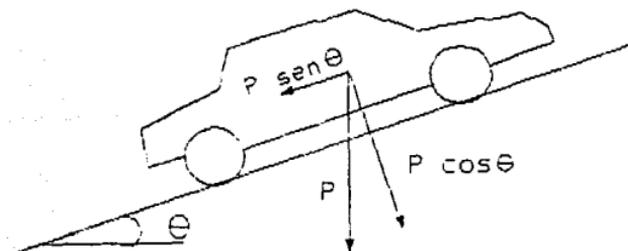


Figura 13. Descomposición del peso del automóvil en una pendiente.

La fuerza $P \text{ sen} \theta$ actúa en oposición al avance del automóvil al subir una pendiente, aunque ayuda al movimiento al bajar (Bibl. 3). La resistencia por la pendiente está dada por la siguiente relación.

$$3- \quad R_p = P \text{ sen } \theta \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_p es la resistencia (lbs.).

P es el peso del automóvil (lbs.).

θ es el ángulo de inclinación de la superficie de rodamiento.

11.1.3. - RESISTENCIA AL AIRE O RESISTENCIA AERODINAMICA.

Quando un cuerpo se mueve a través del aire este presenta una oposición al movimiento del cuerpo, la cual es el resultado de las tres siguientes causas :

1.- Penetración aerodinámica del cuerpo. Esta depende de la geometría del automóvil (Bibl. 3).

2.- Fricción del aire sobre la superficie del automóvil. Esto puede representar hasta el 10% del coeficiente aerodinámico (Bibl. 3).

3.- El flujo de aire a través del automóvil con fines de enfriamiento o ventilación. Esto varía según la localización y geometría de los canales de aire (Bibl. 3).

Estos tres puntos se engloban en el coeficiente aerodinámico c_a , mismo que es hallado experimentalmente.

La oposición al avance está dada por la relación:

$$4- \quad R_a = c_a \rho A v r^2 / 2 g \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_a es la resistencia (lbs.).

c_a es el coeficiente aerodinámico o de penetración (adimensional).

A es el área proyectada del cuerpo en la dirección de su movimiento (pie²).

$v r$ es la velocidad relativa del cuerpo respecto al aire (pie/seg.).

ρ es la densidad del aire y queda establecida con la relación 5:

$$5- \quad \rho = 1.32 p / (460 + t) \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: p es la presión atmosférica (pulg. Hg).
 t es la temperatura atmosférica ($^{\circ}$ F).

Para condiciones atmosféricas normales de 60° F y 29.92 pulg de Hg (15° C y 760 mm de Hg), R_a queda dada por:

$$6- \quad R_a = 0.26 \text{ ca } A (V_r/10)^2 \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE V_r es la velocidad relativa del cuerpo respecto al aire (M.P.H.).

Como R_a es directamente proporcional a la densidad del aire y ésta a su vez es directamente proporcional a la presión atmosférica, la variación de R_a es directamente proporcional a la presión atmosférica.

11.1.4.- RESISTENCIA DE INERCIA.

"Todo cuerpo continúa en su estado de reposo, o de movimiento uniforme y rectilíneo, a menos que sea impelido a cambiar dicho estado por fuerzas ejercidas sobre él" (Bibl. 2). Así mismo; "el cambio de la cantidad de movimiento es proporcional a la fuerza aplicada y tiene lugar en la dirección de la fuerza. La cantidad de movimiento es proporcional conjuntamente a la masa y a la velocidad" (Bibl. 2). De estas leyes (1a. y 2a. leyes de Newton), se obtiene la relación:

$$7- \quad F = m a$$

DONDE: F es fuerza (Kg.)
 m es la masa (U.T.M.)
 a es la aceleración (m/seg²)

En un automóvil existen dos tipos de resistencia de inercia: la que presenta la masa de éste como conjunto, y la

que presentan las masas móviles dentro de él.

La resistencia que presenta la masa del automóvil está dada por la relación:

$$8- \quad R_a = (P a) / g \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_a es la resistencia a la aceleración (Kg.).

P es el peso del automóvil (Kg.).

a es la aceleración (m./seg.²).

g es la aceleración de la gravedad (m./seg.²).

El cálculo de la resistencia que presentan las partes móviles del motor, tren motriz y ruedas, está relacionado al conocimiento del momento de inercia de los componentes giratorios involucrados.

Debido a lo complicado de estos cálculos, existe para uso práctico la utilización de un factor γ que afecta la masa total del vehículo, y representa la suma de la masa del vehículo más el equivalente en masa del vehículo, de las masas de inercia móviles en su interior. Utilizando el factor γ , la resistencia de inercia total del automóvil queda dada por la relación:

$$9- \quad R_i = \gamma m a \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_i es la resistencia total de inercia (Kg.)

m es la masa de automóvil (U.T.M.)

a es la aceleración del automóvil (m./seg.²)

γ es un factor adimensional que depende de la relación total de reducción del tren de fuerza, y está definido por la relación 10:

$$10- \quad \gamma = 1 + (0.04 + 0.0025 Z^2) \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: Z es la relación de reducción total del tren motriz

11.1.5.- RESISTENCIA EN EL SISTEMA DE TRANSMISION.

Esta resistencia al movimiento del vehículo es propiamente la potencia que se pierde a todo lo largo de la conducción de la potencia producida por el motor, hasta que ésta llega a los neumáticos.

Las causas de esta resistencia se pueden dividir en dos grupos:

- 1.- El convertidor de par, la caja de velocidades, el diferencial, las juntas de velocidad constante, y los rodamientos.

El consumo de potencia de estos componentes depende de la calidad de la lubricación y del acabado superficial de los dientes de los engranes; y es función de la potencia transmitida, así como de otros factores dinámicos (Bibl. 3).

- 2.- Movimiento del aceite en la caja de velocidades y en el diferencial.

Este consumo de potencia es función de la velocidad angular de las partes móviles que agitan el aceite, y también es función de la viscosidad del aceite lubricante (Bibl. 3).

Para vehículos en movimiento, la medida de la resistencia de la transmisión es dada como la eficiencia η del tren motriz entre el motor y las ruedas, y es medido experimentalmente en un dinamómetro. Para cálculos estimados se utilizan datos basados en aplicaciones similares.

Al separar de la eficiencia general la de cada componente, quedan los siguientes valores típicos (Bibl. 3):

Embrague 0.99.

Caja de velocidades en directa 0.98. en menores relaciones 0.95.

Diferencial 0.95.

Juntas y rodamientos 0.99-0.98.

La eficiencia de todo el tren motriz es el producto de los factores de eficiencia de los componentes, resultando en los siguientes valores de η total típicos (Bibl. 3):

En directa 0.90

En relaciones de reducción altas 0.85

En relaciones de reducción muy altas 0.75-0.80

Para cálculos de vehículos en desaceleración con el motor desconectado, se utiliza el par M_t requerido en el eje tractivo para contrarrestar la resistencia de transmisión. Su valor puede ser hallado experimentalmente en dinamómetros o en pruebas de remolque. En forma de ecuación queda:

$$11- \quad R_t = M_t / r \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: R_t es la fuerza de resistencia causada por el tren motriz. (pie-lb)

r es el radio de rodadura de los neumáticos. (pie)

11.1.6.- DISMINUCION DE LA POTENCIA CON LA ALTITUD.

La potencia que genera un motor de combustión interna, es función de la cantidad de aire y combustible que existen en la cámara de combustión al realizarse esta. La cantidad de aire es función de la densidad de este, y la densidad es función de la presión atmosférica y de la temperatura; por esto la potencia de un motor disminuye al ser menor la presión atmosférica o mayor la temperatura (Bibl. 3). Para un motor de combustión interna encendido por chispa a cuatro tiempos, la potencia queda dada por :

$$12- \quad P_r = [P_n (P_{br} - P_{bv}) / P_{bn}] [\sqrt{ (T_n / T_r) }] \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: P_r es la potencia real.

P_n es la potencia en condiciones normales.

Pbr es la presión barométrica real. (pulg Hg)

Pbv es la presión barométrica del vapor de
agua. (pulg Hg)

Pbn es la presión barométrica normal. (pulg Hg)

Tn es la temperatura normal. (520°R)

Tr es la temperatura real. (°R)

Como el par es directamente proporcional a la potencia, quedará afectado por la misma relación.

11.2.- PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO DEL AUTOMÓVIL.

La predicción del desempeño de un automóvil se basa en conjuntar la potencia producida, con los distintos tipos de pérdida de potencia que existen, hasta aislar la potencia que es la realmente utilizada para impulsar al automóvil.

Las principales causas de pérdidas de potencia fueron mencionadas con anterioridad.

La predicción del desempeño de un automóvil tiene dos grandes divisiones. La primera de ellas es en estado estable, es decir, cuando el automóvil no presenta aceleración o desaceleración. La segunda, un tanto más compleja, es la predicción del desempeño del automóvil bajo condiciones de aceleración máxima.

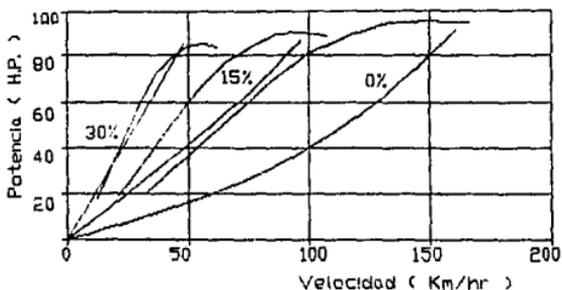
11.2.1.- PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO EN ESTADO ESTABLE

La predicción del desempeño en estado estable puede ser realizada utilizando uno o los dos métodos siguientes: El primer método es el del diagrama de potencia-velocidad, y el segundo es el del diagrama de la fuerza tractiva-velocidad.

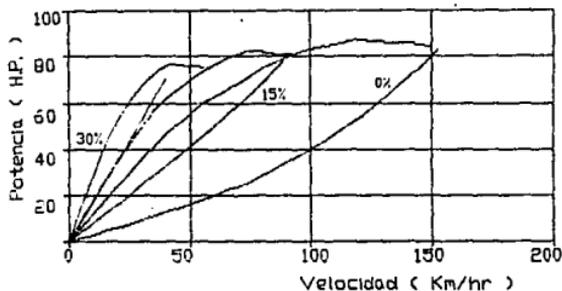
METODO DEL DIAGRAMA POTENCIA - VELOCIDAD (Bibl. 3).

La potencia necesaria para vencer la resistencia al rodamiento al aire y a las pendientes, es graficada contra

la velocidad del vehículo a distintas pendientes. Sobrepuesto a esto se grafica la potencia teórica que llega a las ruedas. fig. 14.



A)



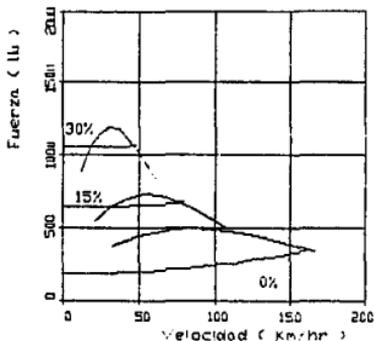
B)

Figura 14. Gráfica Potencia - Velocidad. A) sin convertidor de par. B) con convertidor de par.

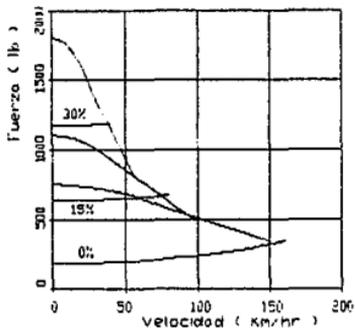
Al sobreponer las curvas es posible observar la potencia disponible contra la consumida según sea la pendiente, pudiendo conocerse de esta manera la capacidad de ascensión del automóvil para una velocidad dada; así mismo, permite cuantificar la potencia no utilizada para un punto de operación, y si ésta existe, puede ser utilizada para aceleración.

METODO DEL DIAGRAMA DE LA FUERZA - VELOCIDAD (Bibi. 3)

La fuerza necesaria para vencer la resistencia al rodamiento, al aire, y a las pendientes, es graficada contra la velocidad del automóvil a distintas pendientes. Sobrepuesta se grafica la fuerza máxima teórica que llega a las ruedas. fig. 15.



A)



B)

Figura 15. Grafica fuerza - velocidad. A) sin convertidor de par, B) con convertidor de par.

La fuerza tractiva F, está dada por la relación :

$$13- \quad F = (M \eta Z) / r \quad (\text{Bibl. 3})$$

Donde: F es la fuerza (lbs.)

M es el par motriz en las ruedas (pie-lbs.)

η es la eficiencia total del tren motriz según sea la relación de reducción.

Z es la relación de reducción total del tren motriz (adimensional).

r es el radio de rodadura de la llanta (pie).

El uso del diagrama de fuerza - velocidad es preferible sobre el de potencia - velocidad, sobre todo porque a bajas velocidades la potencia requerida por el automóvil y la proporcionada por el motor son muy pequeñas, y la determinación de los puntos de intersección resulta difícil e inexacta.

En este diagrama se puede cuantificar la fuerza máxima disponible contra la utilizada para un punto de operación, y si existe una diferencia, esta fuerza puede ser utilizada para acelerar el vehículo.

11.2.2.- PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO EN ACELERACIÓN MÁXIMA.

En los puntos anteriores se utilizan los diagramas potencia - velocidad y fuerza - velocidad para conocer la capacidad de ascensión de pendientes, así como la velocidad máxima de un automóvil; sin embargo no es posible en base a estos análisis conocer la aceleración del automóvil, y por ende el tiempo que le toma llegar a cierta velocidad.

El tren motriz del automóvil es capaz de proporcionar cierto par motriz máximo a las ruedas según el punto de operación en que se encuentre (velocidad del automóvil, R.P.M. del motor, y relación de reducción.), y este par

motriz como ya se explicó se convierte en una fuerza que impulsa al automóvil, y es colineal a su movimiento. Es importante recordar que esta fuerza se modifica con el cambio de velocidad del vehículo. Esta fuerza debe contrarrestar a las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo llegando a la siguiente relación:

$$14- \quad F_t \geq F_r \quad (\text{Bibl. 3})$$

DONDE: F_t es la fuerza tractiva.
 F_r es la fuerza resistiva.

Cuando F_t es igual a F_r existe un equilibrio de fuerzas y el automóvil ya no puede aumentar de velocidad. Sin embargo, cuando F_t es mayor a F_r hay una fuerza disponible no utilizada en ese momento, y esta fuerza es capaz de provocar una aceleración al automóvil. Esta aceleración puede obtenerse basándose en la relación:

$$7- \quad F = m a$$

DONDE: F es la fuerza. (Kg.)
 m es la masa. (U.T.M.)
 a es la aceleración. (m./seg²)

Despejando a de la formula 7

$$7' \quad a = F / m$$

Y usando la relación

$$15- \quad V_i = V_o + a t \quad (\text{Bibl. 2})$$

DONDE: V_i es la velocidad instantánea del
 automóvil. (m/seg)

V_0 es la velocidad inicial. (m/seg)

t es el tiempo durante el cual se acelera el
automóvil. (seg)

a es la aceleración del automóvil. (m/seg²)

Es importante aclarar que la fuerza que incide en la aceleración varía con la velocidad del vehículo, es decir, es función del punto de operación del tren motriz. Por lo que, la aceleración instantánea varía con la velocidad del vehículo; de esto se deduce que la velocidad instantánea cambia en función de la aceleración instantánea y del intervalo de tiempo que ésta aceleración es aplicada antes de tener una nueva aceleración instantánea. Cuanto menor sea el intervalo de tiempo durante el que se aplica una aceleración instantánea, más exacto será el cálculo de la velocidad instantánea. Usando los conceptos explicados en este párrafo y utilizando las igualdades ya discutidas se obtiene:

$$15- \quad V_f = V_0 + a t$$

Sustituyendo a de la fórmula 7'

$$16- \quad V_f = V_0 + (F/m) t$$

Aplicando el concepto de un intervalo de tiempo

$$17- \quad V_{if} = V_{ii} + (F/m) t$$

DONDE: V_{if} es la velocidad instantánea del
vehículo después de intervalo t . (m./seg.)

V_{ii} es la velocidad instantánea del vehículo
antes del intervalo t . (m./seg.)

F es la fuerza que impulsa al vehículo durante
el intervalo t . (Kg.)

m es la masa del automóvil. (U.T.M.)

Δt es la duración del intervalo de tiempo.(seg.)

Y usando la siguiente relación para obtener la distancia recorrida:

$$18- \quad D = E_d + V_{ii} \Delta t + (a (\Delta t)^2) / 2 \quad (\text{Bíbl. 2})$$

DONDE: D es la distancia recorrida.(m.)

E_d es la suma de la distancia recorrida por el automóvil durante todos los intervalos anteriores de tiempo. (m.)

V_{ii} es la velocidad instantánea del automóvil al comenzar el intervalo de tiempo.(m./seg.)

a es la aceleración del cuerpo durante el intervalo.(m./seg.²)

Δt es el tiempo que dura el intervalo (seg.)

Aplicando el concepto de un intervalo de tiempo, y sustituyendo la ecuación 7' en la 18.

$$19- \quad D = E_d + V_{ii} \Delta t + [(F/m) (\Delta t)^2] / 2$$

Así es como llegamos a dos expresiones que proporcionan la velocidad instantánea, y la distancia recorrida del automóvil, después de una serie de intervalos de tiempo Δt :

$$17- \quad V_{if} = V_{ii} + (F/m) \Delta t$$

$$19- \quad D = E_d + V_{ii} \Delta t + [(F/m)(\Delta t)^2] / 2$$

Como conocemos la fuerza F instantánea que provoca una aceleración instantánea y utilizando incrementos de tiempo muy pequeños, podemos obtener la velocidad instantánea V_{if} ; y usando ésta podemos obtener la distancia que recorre el automóvil en el intervalo de tiempo Δt , y sumando ésta a la

distancia ya recorrida anteriormente obtenemos la distancia total recorrida por el vehiculo desde el reposo hasta el ultimo intervalo Δt .

CAPITULO III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

III.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El problema a plantear, es la estimación por métodos teóricos del desempeño en aceleración máxima de un automóvil circulando en una carretera horizontal.

Esto significa establecer teóricamente los valores de tiempo empleado, partiendo del reposo para recorrer 3.04, 6.09, 9.14, 12.19, 15.24, 30.48, y 45.72 metros, así como los valores de tiempo para alcanzar desde el reposo 30, 50, 60, 80, 100, 110, y 130 Km/hr. Así como la velocidad máxima del automóvil.

El automóvil en cuestión tiene las siguientes características:

-MOTOR:

Desplazamiento: 2.51 Lts. *

Aspiración : normal a carburador. *

Características de par y potencia máximas contra R.P.M. ver tabla 1 pag. 33. *

R.P.M. máximas recomendadas en operación intermitente:
5600. *

R.P.M. máximas recomendadas en operación continua:
5000. *

-TRACCION:

Delantera. *

-CAJA DE VELOCIDADES:

Transeje de cambios automáticos con tres relaciones hacia adelante y una en reversa. Las relaciones de reducción son:

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

velocidad	relación
1a.	2.69:1 *
2a.	1.55:1 *
3a.	1.00:1 *
Ra.	-2.1:1 *

Este transeje tiene una relación final de reducción de
3.02:1 *

Cambios de relación ascendente con aceleración máxima:

1a. á 2a.	71 Km/hr. *
2a. á 3a.	124 Km/hr. *

-ACOPLAMIENTO DEL MOTOR CON EL TRANSEJE:

Convertidor hidrocínético de par con las características de amplificación de par que están en la tabla 2. pag. 34. *

-LLANTAS:

P195/70 R14. *

Radio estático de rodadura 12.25 pulg. *

Radio dinámico de rodadura 12.15 pulg. *

Presión de inflado 27 lb/pulg.². *

-CARROCERIA:

Autosoportada de acero estampado. *

ca = 0.384 *

Area frontal de 21.91 Pies². *

-PESO DE PRUEBA:

3,197 lbs. (1450 Kg.) *

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

-CARACTERÍSTICAS ATMOSFÉRICAS DE LA PRUEBA:

Altura sobre el nivel del mar: 2000 m. * *

Temperatura ambiente: 60°F (15°C). *

Presión barométrica 23.54 pulg Hg. *

Presión de vapor de agua 0.1929 pulg Hg. (Bíbl. 11)

R.P.M.	PAR (p/e-lb.)	POTENCIA (H.P.)
1200	133	30.38
1400	138	36.78
1600	143	43.5
1800	146	50.03
2000	149	56.73
2200	151	63.25
2400	152	69.45
2600	152.5	75.49
2800	153	81.56
3000	152	86.82
3200	151	92
3400	148	95.8
3600	146	100.07
3800	142	102.7
4000	139	105.8
4200	136	108.75
4400	131	109.74
4600	126	110.35
4800	123	112.41
5000	118	112.33
5200	113	111.8

Tabla 1 Par y potencia contra R.P.M. del motor. *

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

R.P.M. ENTRADA / R.P.M. SALIDA	AMPLIFICACION DE PAR
0	1.92
0.025	1.87
0.05	1.82
0.075	1.8
0.1	1.78
0.125	1.77
0.15	1.75
0.175	1.73
0.2	1.71
0.225	1.7
0.25	1.68
0.275	1.66
0.3	1.63
0.325	1.61
0.35	1.59
0.375	1.56
0.4	1.54
0.425	1.51
0.45	1.49
0.475	1.46
0.5	1.44
0.525	1.41
0.55	1.38
0.575	1.35
0.6	1.32
0.625	1.29
0.65	1.25
0.675	1.22
0.7	1.18
0.725	1.15
0.75	1.13
0.775	1.08
0.8	1.05
0.825	1.02
0.85	1.00
0.875	1.00
0.9	1.00

Tabla 2 Amplificación de par del convertidor de par, contra el cociente de R.P.M. salida / R.P.M. entrada. *

(* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil)

CAPITULO IV.- ANALISIS Y SOLUCION DEL PROBLEMA.

IV.1.- ANALISIS DEL PROBLEMA.

Al analizar el problema planteado en el capítulo III, y en base a lo explicado en los capítulos I y II, para llegar a conocer el desempeño en aceleración máxima hay que realizar los siguientes cuatro puntos:

1- Obtener los valores de resistencia al avance contra velocidad.

2- Obtener los valores de fuerza propulsora en las ruedas contra la velocidad.

3- Obtener la diferencia de la fuerza propulsora y la resistencia al avance, contra la velocidad del automóvil. Esto es para conocer la fuerza libre o no consumida, que es la que va a provocar una aceleración.

4- Con la fuerza libre, podemos calcular la aceleración instantánea en cualquier punto dentro del rango de velocidad del automóvil, y con esto ya es posible obtener los datos de distancia-tiempo, y velocidad-tiempo del automóvil, partiendo este del reposo.

IV.2.- SOLUCION AL PROBLEMA.

En base al análisis realizado, se procede a realizar cada uno de los puntos mencionados en el.

IV.3.- LA RESISTENCIA AL AVANCE.

Las tres principales resistencias al avance son:

A) Resistencia a la rodadura.

- B) Resistencia aerodinámica.
- C) Resistencia por pendientes.

IV.3.1.- RESISTENCIA A LA RODADURA.

La fuerza consumida por la resistencia a la rodadura, se obtiene de la siguiente manera:

Tomando la formula 1 (pag. 15), y sustituyendo en ella la 2 (pag. 15), y sustituyendo los valores de f_0 y f_s tomados de la fig. 11 (pag. 16), así como P de la pagina 32, tenemos:

$$20- R_r = [0.0105 + (3.24)(0.0057)(V/100)^2.5] [(3197)\cos\theta]$$

Donde: R_r es la resistencia total a la rodadura (lbs.)
 θ es el ángulo, de inclinación de la carretera
 V es la velocidad del automóvil (M.P.H.)

La ecuación 20, es valida para superficies de concreto, y para superficies de asfalto, R_r aumenta alrededor de un 20%(pag. 15), por lo que asumiendo un aumento del 20% hay que multiplicar por 1.2 la ecuación 20 para que sea valida en asfalto, quedando:

$$21- R_r = [0.0105 + (3.24)(0.0057)(V/100)^2.5] [(3197)\cos\theta][1.2]$$

IV.3.2.- RESISTENCIA AERODINAMICA.

Para la resistencia aerodinámica, la fuerza opuesta al avance, queda especificada por:

Tomando la formula 6 (pag. 19), y obteniendo el coeficiente C_a así como el área frontal de la pag. 32, y asumiendo una velocidad de viento despreciable, queda:

$$22- R_a = [(0.26)(0.384)(21.91)(V/10)^2]$$

Donde: R_a es la resistencia total aerodinámica (lbs.)
 V es la velocidad del automóvil (M.P.H.)

Como estos valores son validos a una presión de 29.92 pulg de Hg (pag. 19) y como la presión real de la prueba es de 23.54 pulg de Hg (pag. 33) y como R_a es directamente proporcional a la presión atmosférica (pag. 19), debe afectarse la ecuación 22 con el factor (23.54/29.92), para que esta sea correcta, quedando:

$$23- \quad R_a = [(0.26)(0.384)(21.916)(V/10)^2][23.54/29.92]$$

IV.3.3.- RESISTENCIA POR PENDIENTES.

Para la resistencia por pendientes, la fuerza queda especificada por la relación 3 (pag. 17), así como el peso tomado de la pag. 32, quedando:

$$24- \quad R_p = 3197 (\text{sen } \theta)$$

Donde: R_p es la resistencia total por pendientes (lbs.)
 θ es el ángulo, de inclinación de la carretera.

Sumando los valores de resistencia al avance, contra velocidad del automóvil, llegamos a resistencia total al avance contra velocidad del automóvil, sin embargo, para manejar los datos finales en sistema métrico, los valores de resistencia R obtenidos en libras, con estas tres últimas relaciones, se convirtieron a Kilogramos y la velocidad utilizada fue convertida de millas/hr. a Km/hr.

Sumando estas tres resistencias para distintas pendientes y velocidades, se obtienen los valores de la tabla 3:

Velocidad (Km/hr.) Fuerza (Kg)	Pendiente (%)								
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
0	17.64	87	155	225	291	356	419	479	535
8.045	17.85253	87	156	225	292	356	419	479	535
16.09	18.51885	88	156	226	292	357	420	480	536
24.135	19.66702	89	157	227	293	358	421	481	537
32.18	21.31794	91	159	228	295	360	422	482	539
40.225	23.48915	93	161	230	297	362	425	484	541
48.27	26.19603	96	164	233	300	365	427	487	544
56.315	29.45251	99	167	236	303	368	430	490	547
64.36	33.27135	103	171	240	307	372	434	494	551
72.405	37.66447	107	175	245	311	376	439	498	555
80.45	42.64303	112	180	250	316	381	444	503	560
88.49499	48.21759	118	186	255	322	387	449	509	565
96.54	54.39818	124	192	261	328	393	455	515	571
104.585	61.19442	131	199	268	335	399	462	522	578
112.63	68.6155	138	206	275	342	407	469	529	585
120.675	76.6703	146	214	283	350	415	477	537	593
128.72	85.36733	155	223	292	359	423	486	545	602
136.765	94.71488	164	232	301	368	433	495	555	611
144.81	104.7209	174	242	311	378	443	505	564	621
152.855	115.3933	185	253	322	389	453	515	575	631
160.9	126.7395	196	264	333	400	464	527	586	642
168.945	138.7669	208	276	345	412	476	538	598	654
176.99	151.4627	221	289	358	424	489	551	610	666
185.035	164.894	234	302	371	438	502	564	623	679
193.08	179.0075	248	317	385	452	516	578	637	693

Tabla 3 Resistencia total al avance contra velocidad, para distintas pendientes.

La tabulación y conversión de estos valores se realizó mediante un programa de computo cuyo listado aparece en el apéndice C-1. (pag. 70)

IV.4. - LA FUERZA PROPULSORA.

Después de conocer la fuerza que hay que vencer para avanzar (inciso 1), es necesario conocer la fuerza real que las ruedas transmiten al pavimento (inciso 2), para conocerla, primero necesitamos los datos de Par-R.P.M. del motor, tabla 1 (pag. 33).

Como el método más sencillo para evaluar el desempeño en aceleración máxima es utilizando la fuerza tractiva, no utilizaremos los valores de la potencia.

El par del motor, es afectado por el convertidor de par, cuyas características de aumento de par contra el cociente de la velocidad angular de salida/velocidad angular

de entrada, están tabulados en la tabla 2 (pag. 34).

Todos los puntos de operación del motor (Par-R.P.M.) son afectados por todos los puntos característicos del convertidor de par, obteniendo una familia de curvas similar a la de la fig. 16, aunque en realidad se forma un área.

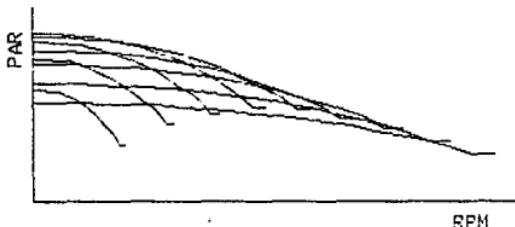


Fig 16. Familia de curvas formadas al afectar la curva par R.P.M. del motor por el convertidor de par.

Los puntos reales de este trabajo ($37 \times 21 = 777$) no están graficados, pero su tabulación está en el apéndice B.(pag. 60)

La obtención de estos valores se realizó mediante un programa de computo cuyo listado aparece en el apéndice C-2.(pag. 71)

De estos puntos, se seleccionaron los de mayor valor para cada punto de velocidad angular, formando así la curva de par máximo contra R.P.M., fig 17.

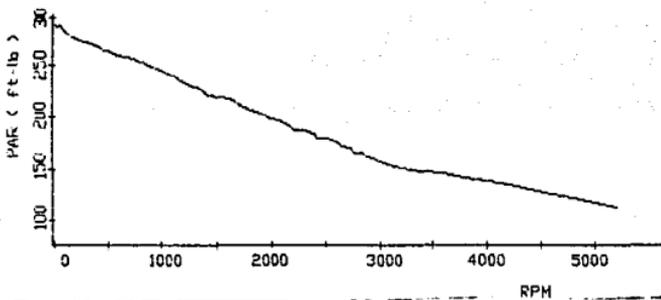


Figura 17. Par máximo contra R.P.M., después del convertidor de par.

Estos puntos Par-R.P.M., son los que se utilizarán para los cálculos posteriores, y están tabulados en la tabla 4 (pag. 41).

El transeje de cambios automáticos tiene las relaciones de reducción en el tren de engranes planetarios mencionados en la pagina 32.

Con datos de la pagina 22, asumimos las siguientes eficiencias para cada relación, quedando:

VELOCIDAD	RELACION	EFICIENCIA
1a.	2.69:1	0.8
2a.	1.55:1	0.85
3a.	1.00:1	0.9

La relación final de reducción es 3.02:1, por lo que afectando los puntos de par máximo contra R.P.M. después del convertidor de par (tabla 4) con las relaciones de reducción y su respectiva eficiencia, quedan los valores de Par-R.P.M. en las ruedas, mismos que deben ser modificados a fuerza-velocidad para poder utilizarlos.

R.P.M.	PAR (pie-lb)	R.P.M.	PAR (pie-lb)
0	293	1900	204
65	285	1995	198
80	282	2070	197
140	278	2160	192
150	276	2205	191
210	275	2250	188
225	273	2310	187
280	272	2415	183
350	270	2420	180
375	269	2520	179
420	267	2625	175
455	263	2640	172
490	264	2730	170
525	262	2760	168
560	261	2835	165
585	259	2875	162
675	258	2940	160
700	257	2970	159
720	256	3000	158
750	255	3045	156
800	253	3080	154
825	252	3150	153
880	250	3200	151
960	246	3400	148
1040	243	3600	146
1050	241	3600	142
1120	240	4000	139
1190	235	4200	136
1275	230	4400	131
1360	228	4600	126
1425	221	4800	123
1530	220	5000	118
1620	217	5200	113
1710	211	5400	105
1805	207	5600	98

Tabla 4 Par máximo contra R.P.M. después del convertidor de par.

La conversión de los valores de Par-R.P.M. a valores de fuerza-velocidad, se realiza mediante los siguientes algoritmos:

$$25- \quad V_t = w \cdot r \cdot \eta_r \quad (\text{Bibl. 2})$$

Donde V_t es la velocidad tangencial. (km/hr)

w es la velocidad angular. (radianes/hr)

r es el radio dinámico de rodadura. (Km)

η_r es la eficiencia de rodadura. (adimensional)

Para que los valores de los elementos de la fórmula 25, se puedan sustituir, es necesario realizar algunas conversiones, quedando:

$$w = 2 \pi 60 \text{ R.P.M.}$$

Y tomando el valor de $r = 12.15$ pulg. (pag. 32), queda r como:

$$r = (12.15)(2.54)/(100,000).$$

Así mismo, la eficiencia de rodadura queda dada por el cociente del radio dinámico de rodadura entre el radio estático de rodadura (ambos en la pag. 32) por lo que:

$$\eta_r = (12.15/12.25).$$

Sustituyendo esto en la ecuación 25, queda:

$$26- \quad V_t = [\text{R.P.M.} (2) (\pi) (60) (12.15) (2.54) / 100,000] (12.15/12.25)$$

Donde: V_t es la velocidad tangencial en Km/hr.

R.P.M. son las revoluciones por minuto de las ruedas.

La fuerza F que provoca el movimiento del automóvil, se obtiene de la relación:

$$27- \quad F = \text{PAR} / r \quad (\text{Bibl. 2})$$

Donde: F es la fuerza en el sentido del movimiento del automóvil. (Kg)

r es el radio dinámico de rodadura. (m.)

PAR es el par en las ruedas. (m.-Kg)

Como el par lo tenemos en pie-lb. (tabla 4, pag 41) y el radio dinámico de rodadura esta en pulg. ($r = 12.15$ pulg.) es necesario utilizar factores de conversión, ya que necesitamos la fuerza en Kg, por lo que queda:

$$\text{PAR(m.-Kg)} = \text{PAR(pie-lb.)} (12) (0.00254) / 2.205$$

$$r(\text{m.}) = (12.15 \text{ pulg.}) (0.00254)$$

Sustituyendo en la ecuación 27:

$$28- \quad F = \text{PAR} [(12)(0.00254)/2.205] / 12.15 (0.00254)$$

Donde: F es la fuerza en el sentido del movimiento del
automóvil

PAR es el par en las ruedas. (pie-lb.)

Se obtienen así, la velocidad tangencial en Km/hr. (ecuación 26) y la fuerza en Kg. (ecuación 28), Llegando a los valores de la tabla 5. (pag. 44).

Estos valores se obtuvieron mediante un programa de cómputo cuyo listado aparece en el apéndice C-3. (pag. 72)

IV.5.- FUERZA LIBRE PARA ACELERACION.

Para realizar el punto 3- del análisis, y una vez que se tienen los valores de resistencia al avance contra velocidad (tabla 3 pag. 38), y se tienen los valores de fuerza máxima disponible contra velocidad (tabla 5 pag. 44), es necesario restarlas para obtener la fuerza libre contra velocidad.

Esta fuerza libre o no consumida es la que va a provocar una aceleración.

La tabulación de estos valores se encuentra en la tabla 6 (pag. 46). La obtención de estos valores se realizó mediante un programa de computo cuyo listado aparece en el apéndice C-4. (pag. 73)

IV.6.- MASA CORREGIDA.

Para conocer la aceleración del automóvil utilizando la relación $a=F/m$ es necesario conocer lo que se llama masa corregida, es decir, la masa que englobe a la masa del automóvil, así como al equivalente de las masas móviles dentro de él.

Para realizar lo anterior, es necesario conocer la relación total de reducción y el intervalo de velocidad del automóvil en el que ésta es utilizada.

RELACION FINAL 3.02:1

1A.
KM/HR KG

9	852.9296
1.9302833	829.6415
1.145703	820.9003
2.064979	809.2643
3.148193	805.4423
3.037449	804.5213
3.022288	794.7091
4.009959	791.7982
5.012449	789.9761
5.014938	777.0451
6.014938	777.0451
7.017438	765.599
7.017438	768.5101
7.518674	762.688
8.018918	759.777
8.37795	751.9549
9.666866	751.0438
10.0249	748.1328
10.51132	745.2218
10.74096	742.3108
11.45703	726.4868
11.81506	725.5778
12.60273	727.7558
13.74843	718.1115
14.89413	707.3786
15.03735	701.5565
16.03984	698.6456
17.04232	694.0904
18.25965	669.5353
19.47694	663.7131
20.40783	645.326
21.91156	640.426
23.20048	631.6918
24.48939	614.2258
25.84992	603.5817
27.21014	593.8487
28.57096	578.3825
29.64506	572.4715
30.73397	558.9164
31.57843	556.0054
32.22289	547.2723
33.09216	544.3613
34.5859	532.2172
34.6575	530.9842
36.08964	521.0721

2A.
KM/HR KG

0	522.1816
1.615537	507.9242
1.988348	502.5775
3.47941	495.4488
5.728153	491.8844
8.215414	490.1022
10.592231	486.5379
13.959722	484.7556
16.699723	481.1913
19.322893	479.4091
20.45883	475.8447
21.30973	465.7159
22.17863	470.4991
23.04854	466.9338
23.91844	465.1515
24.5348	461.5872
26.77669	459.805
27.39805	458.0227
27.89514	456.2406
28.64077	454.4584
29.88348	450.8941
30.50484	449.1118
31.87183	446.5474
32.86018	438.4187
33.84851	433.0721
34.99707	429.5077
35.83688	427.7256
36.57668	418.8146
37.6897	409.9037
38.89191	406.3393
39.41746	399.864
39.02715	392.0818
40.26406	386.7352
41.50096	376.042
41.86211	368.9133
42.32228	363.5667
43.58444	352.8736
44.44852	345.0914
45.68541	342.1804
46.80385	340.3982
47.9223	335.0517
47.41356	333.2695
48.02327	326.1408
49.14754	320.7942
50.63796	319.0119

3A.
KM/HR KG

0	256.7085
1.504076	246.969
3.08194	243.3167
5.393795	238.447
8.778677	236.0121
10.90092	234.7947
13.667956	232.3586
16.78679	231.1423
19.48349	228.7075
22.44559	227.49
25.16019	225.0551
27.52857	220.1854
28.87688	221.4039
30.22637	218.968
31.57586	217.7506
32.53459	215.3157
33.90297	214.0983
35.96598	212.8808
37.73746	211.6634
38.89319	210.446
40.8194	209.0911
41.7825	208.7936
43.90134	204.3588
46.98328	209.4891
48.03521	205.8367
49.45046	203.4019
50.14716	199.1844
45.84386	208.0973
49.11842	200.0101
52.39498	197.5752
54.89706	194.0531
56.9421	197.6357
62.49528	196.4134
65.87646	195.6788
69.57527	192.0091
73.18608	194.3568
76.85588	141.0522
79.7452	139.6347
81.21238	133.7475
84.94597	132.5301
86.67956	130.8778
88.99102	127.6604
93.03606	122.7906
93.22868	119.1382
97.0811	117.9209

Tabla 5.- Tabulación de la fuerza disponible contra la velocidad en las ruedas, para las tres relaciones de reducción hacia adelante.

37.17337	509.429	65.24268	711.6832	101.1762	113.0512
37.18818	500.6959	65.61958	306.5766	101.704	209.3588
39.32671	494.874	67.85279	302.9723	105.1712	206.954
39.32674	483.2297	68.59904	295.8435	106.3769	202.0543
39.60084	480.3189	70.4621	294.0613	109.2162	200.3768
41.17368	471.5857	71.45227	288.7147	110.7512	197.1545
42.10457	465.7637	71.07181	285.1504	113.2613	194.7898
42.53421	462.6527	73.81744	283.3682	114.417	193.5722
42.96384	454.9416	74.56376	281.586	115.5728	192.3548
43.39831	454.1196	75.66151	278.0216	117.3628	189.9179
44.10555	448.2975	76.55141	274.4571	118.6547	187.485
45.11204	445.3855	78.29121	272.675	121.3514	186.2676
45.4391	439.5644	79.53754	269.1108	123.2776	183.8717
46.35236	430.8314	84.5049	263.7641	130.9836	180.1804
51.35562	425.0093	89.47549	260.1997	138.6877	177.7455
54.42987	413.3652	94.44655	253.0709	146.3922	172.8758
57.38513	404.6722	99.41742	247.7244	154.0971	168.2335
60.34239	395.8991	104.3883	242.3778	161.8019	165.5712
63.01764	361.344	109.3592	233.4669	169.5067	156.481
65.8779	366.7689	114.33	234.5559	177.2116	153.3886
68.74716	358.0558	119.3009	219.2093	184.9164	149.7445
71.6064	343.5007	124.2713	210.2884	192.6213	143.6513

Tabla 5. - Continuación.

Tabla 6.- Tabulación de la velocidad, fuerza disponible, fuerza consumida y fuerza libre para aceleración.

RELACION VELOCIDAD m/hr	FUERZA DISP kg	FUERZA CONSUMIDA	FUERZA LIBRE ACELERACION
0	641.3458	17.64	623.7059
1	623.8346	17.64269	606.192
2	617.2679	17.64409	599.6238
3	609.5123	17.65266	590.8597
4	604.1746	17.65456	586.4801
5	601.9458	17.66876	584.277
6	597.5679	17.67708	579.8948
7	595.379	17.69154	577.6875
8	591.0012	17.72108	573.2831
9	588.8124	17.72716	571.0791
10	584.4546	17.75716	566.8771
11	575.679	17.77829	557.9307
12	577.868	17.80023	560.0671
13	573.491	17.82513	555.665
14	571.3012	17.85118	553.45
15	565.5274	17.87087	549.0525
16	564.7245	17.94927	546.7852
17	562.5455	17.97214	544.5725
18	560.3567	17.9929	542.3638
19	558.1679	18.02364	540.1442
20	557.7901	18.07783	535.7123
21	551.6012	18.10632	533.4949
22	547.3235	18.17226	529.0512
23	538.4677	18.22855	520.1915
24	537.9012	18.28988	513.5113
25	537.5334	18.40476	509.1186
26	525.3346	18.51322	506.8214
27	514.39	18.62917	495.7609
28	503.4455	18.78009	484.6655
29	499.0677	18.94219	480.1255
30	483.7454	19.07374	464.6717
31	481.5566	19.30023	462.2567
32	474.9898	19.5082	455.4816
33	461.8566	19.72902	442.1275
34	453.101	19.97614	427.1348
35	446.3343	20.23776	426.2966
36	433.4009	20.51397	412.8869
37	431.2121	20.74238	410.4697
38	420.2676	21.02861	399.239
39	418.0787	21.1767	396.902
40	411.512	21.32813	390.1879
41	409.3231	21.53522	387.7879
42	400.5676	21.91199	378.6556
43	394.0609	21.93039	372.0705
44	391.912	22.30711	369.5049
45	383.0564	22.72068	360.3357
46	376.4827	22.78127	353.7084
47	372.112	23.1528	348.9592
48	363.3567	23.2768	340.0766
49	351.1677	23.60357	337.8539
50	354.6008	23.78021	330.8205
51	350.223	24.07307	326.1499
52	348.0341	24.21068	323.8235
53	345.8452	24.34981	321.4953
54	341.4574	24.56142	316.906
55	337.0895	24.72841	312.3612
56	334.9007	25.0687	309.832
57	330.5229	25.31694	305.2059
58	327.9563	26.25321	297.603
59	319.5784	27.45925	292.1192
60	310.8229	28.63562	282.1872
61	304.2567	29.88295	274.3733
62	297.6895	31.20175	266.4878

Tabla 6. - Continuación.

63.01764	286.7451	32.59256	254.1525
65.87779	375.8006	34.05593	341.7447
68.74216	469.7779	35.59237	333.6415
71.60664	568.2641	37.20078	321.0871
74.48227	671.5641	37.11516	176.9779
77.36715	780.4179	38.05477	174.4591
79.81744	895.7338	38.49587	174.5791
82.86306	1017.7338	38.94395	172.7917
85.68151	1146.0576	39.52081	162.4327
88.65141	1281.3734	40.15684	166.3168
91.91131	1425.0733	41.24901	163.7843
95.53295	1577.1571	42.04624	160.7068
99.50489	1738.7329	45.37755	152.9552
103.47569	1908.6507	46.97837	142.7142
107.44855	1990.4907	52.771	137.5513
111.41742	186.2721	56.75777	129.5143
104.3881	182.2518	61.02984	121.231
109.3592	175.5514	65.52241	110.0229
114.75	158.6535	70.26448	98.58646
119.3009	141.8537	75.24928	89.58128
124.2718	158.1332	80.47873	77.25154
129.2776	155.3228	79.41316	58.81669
134.9825	145.4326	67.93004	47.55351
138.6877	152.5427	97.04558	36.60709
142.3922	126.5421	106.767	23.22402
151.0977	127.2447	117.1008	10.14394
161.8017	124.4984	128.0528	-3.55374
169.5087	119.5213	139.6327	-19.71102
177.2115	115.7441	151.8423	-36.49872
184.1154	112.5978	164.6917	-52.0934
192.6217	108.7206	178.1838	-70.16317

Para una relación final de reducción de 3.02:1 queda:

relación	reducción total	rango de velocidad (km/hr) (pag. 32)
1a.	Z= 8.12:1	0-71
2a.	Z= 4.68:1	71-124
3a.	Z= 3.02:1	124-velocidad máxima.

Sustituyendo estos valores de reducción total en la fórmula 10 (pag. 20), obtenemos los valores de corrección de masa como sigue:

factor de corrección	rango de velocidad (km/hr)
$1+(0.04+0.0025(8.123)^2)=1.1941$	0-71
$1+(0.04+0.0025(6.681)^2)=1.0947$	71-124
$1+(0.04+0.0025(3.020)^2)=1.0628$	124-velocidad máxima.

IV.7.- CALCULO DEL DESEMPEÑO EN ACELERACION MAXIMA.

Para la obtención de los datos velocidad-tiempo y distancia-tiempo en aceleración máxima, así como la velocidad tope, hay que obtener primero de la tabla 6 (pag. 46) y por el método de mínimos cuadrados (Bibl. 5) una serie de funciones cuadráticas para obtener la fuerza libre (Kg) en cualquier punto de velocidad (Km/hr). Esto es necesario, pues para la realización de los cálculos con equipo de computo, se utilizan funciones continuas dentro del intervalo, en lugar de puntos que es lo que veníamos manejando.

Es importante hacer notar que aunque teóricamente es posible obtener una sola función que ajuste a toda la curva, en la práctica ocurre que los coeficientes manejados en el método de mínimos cuadrados son muy grandes, y quedan fuera del rango de un sistema de computo normal. Por esto se optó por utilizar siete intervalos, quedando:

FUNCIÓN	INTERVALO (Km/hr)
$F=616.0648206-11.82110900V+0.497361380V^2$	$0 <= V < 7$
$F=580.5459877-2.015802458V-0.168841929V^2$	$7 <= V < 15$
$F=639.5766621-9.226749307V+0.048272146V^2$	$15 <= V < 30$
$F=573.1098431-4.835948645V-0.240370900V^2$	$30 <= V < 42$
$F=458.9177026-3.138441108V-0.002117378V^2$	$42 <= V < 71$
$F=271.4513298-1.012798704V-0.004309707V^2$	$71 <= V < 124$
$F=134.5487805+0.154390344V-0.006230488V^2$	$124 <= V$

DONDE: F es la fuerza libre para aceleración (Kg)

V es la velocidad del automóvil (Km/hr)

Con estas relaciones, obtenemos F, para los distintos intervalos indicados, utilizando estas fuerzas así como la masa corregida (mc) en lugar de la masa (m) del automóvil, y sustituyéndolas en las ecuaciones 17 y 19 para obtener así la velocidad después de un intervalo, así como la distancia recorrida durante los intervalos:

$$17- \quad V_{if} = V_{ii} + (F/m) \Delta t$$

$$19- \quad D = S_d + V_{if} \Delta t + [(F/m) (\Delta t)^2] / 2$$

de la ecuación 17, obtenemos la suma de la velocidad que tenía el automóvil (V_{ii}) mas el incremento en velocidad en el intervalo de tiempo Δt . Con esta nueva velocidad, se encuentra la nueva fuerza libre para aceleración, con la que se encuentra la nueva aceleración instantánea misma que se utiliza para los cálculos de incremento de distancia, así como de incremento de velocidad. Esto se realiza reiteradamente hasta que se estabiliza la aceleración en un valor muy cercano a 0, pues la fuerza libre para aceleración es muy pequeña, y es en este momento cuando se llega a la velocidad tope del vehículo.

se realizaron cálculos usando un intervalo Δt de 0.1 segundos y una pendiente de 0° , y se presenta a continuación un extracto de los resultados:

Tiempo seg.	Velocidad Km/hr.	Distancia m.	Fuerza disponible Kg.
1.3	14.88721	2.764094	513.116
1.4	15.9339	3.192165	504.8144
1.9	20.92624	5.756168	467.6343
2	21.88006	6.3507	460.8045
2.4	25.55978	8.988079	435.2793
2.5	26.44761	9.710404	429.3164
2.6	29.0394	12.02301	412.3447
2.9	29.88045	12.84134	406.9766
3	30.71055	13.68289	401.9249
3.1	31.53035	14.54734	396.7339
3.2	32.33957	15.43443	391.5783
4	42.59972	30.06893	321.3785
4.7	43.25523	31.26136	319.2021
5.7	45.57049	44.1637	298.1408
5.8	50.17861	45.54911	296.1038
5.9	50.78257	46.95134	294.0792
7.5	59.90109	71.58484	263.3242
7.6	60.4382	73.25622	261.5017
12	79.70296	159.8023	163.3506
12.1	80.0664	162.0213	162.7323
18.2	99.74496	315.0367	127.5523
18.3	100.0288	317.8114	127.0205
22.1	109.9674	428.7846	107.9599
22.2	110.2076	431.8426	107.4887
33.7	129.9768	819.9941	49.35534
33.8	130.0919	823.6062	49.18952
188.3	159.8156	7476.142	8.970642E-02

La tabulación completa desde 0 hasta los 35 segundos, así como la velocidad máxima, está en el apéndice A. (pag. 54) Y el programa de computo utilizado para realizar esto se encuentra en el apéndice C-5. (pag. 74)

Usando los resultados mostrados, e interpolando (Bibli. 5) se obtienen los siguientes valores:

Intervalo de velocidad: (Km/hr)

0-30 0-50 0-60 0-80 0-100 0-110 0-130

Tiempo (segundos)

2.91 5.77 7.51 12.08 18.28 22.11 33.72

Y

Distancia: (metros)

0-3.04 0-6.09 0-9.14 0-12.19 0-15.24 0-30.48 0-45.72

Tiempo (segundos)

1.36 1.95 2.42 2.82 3.17 4.63 5.81

La velocidad máxima encontrada fue de 159.81 Km/hr, y fue alcanzada después de 188.3 segundos de haber comenzado la marcha con aceleración máxima.

CAPITULO V. - CONCLUSIONES.

V.1.- ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS.

Después de calcular teóricamente el tiempo necesario para obtener cierta velocidad desde el reposo, así como el tiempo para recorrer cierta distancia, nos preguntamos que tan cerca de la realidad están los resultados obtenidos teóricamente, por esto una comparación de los resultados calculados, con los medidos directamente a un automóvil de las características especificadas se realiza a continuación:

Intervalo de velocidad (Km/hr)	Resultados teóricos (seg)	Mediciones reales* (seg)	Desviación	
			seg	%
0-30	2.91	3.13	-0.22	-7.03
0-50	5.77	6.05	-0.28	-4.63
0-60	7.51	7.74	-0.23	-2.97
0-80	12.08	12.40	-0.32	-2.58
0-100	18.28	18.76	-0.48	-2.56
0-110	22.11	22.74	-0.63	-2.77
0-130	33.72	37.39	-3.67	-9.82

Intervalo de distancia (m)	Resultados teóricos (seg)	Mediciones reales* (seg)	Desviación	
			seg	%
0-3.04	1.36	1.33	0.03	2.26
0-6.09	1.950	1.95	0	0
0-9.14	2.42	2.44	-0.02	-0.82
0-12.19	2.82	2.86	-0.04	-1.4
0-15.24	3.17	3.24	-0.07	-2.16
0-30.48	4.63	4.81	-0.18	-3.74
0-45.72	5.81	6.06	-0.25	-4.13

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

Velocidad máxima:

Resultado teórico (Km/hr)	Medición real* (Km/hr)	Desviación	
		Km/hr	%
159.81	157	2.81	1.79

Al comparar los valores teóricos con los reales, podemos apreciar la similitud de estos, y de esto se desprende que la estimación teórica del desempeño en aceleración máxima tiene valores muy cercanos a las mediciones reales.

V.2.- CONCLUSIONES.

Los datos obtenidos teóricamente de velocidad-tiempo, y de distancia-tiempo, al estar tan aproximados a los datos reales del automóvil en cuestión, nos indican que si es posible estimar teóricamente el desempeño en aceleración máxima de un automóvil.

Con esta herramienta teórica, el diseñador automotriz, cuenta con una gran ayuda en su trabajo, que entre otras cosas le puede permitir:

1.- Realizar estimaciones de desempeño con combinaciones de motores, convertidores de par, transejes automáticos, llantas y carrocerías, sin tener que fabricar un solo prototipo, ahorrando así recursos de la compañía, tanto humanos como económicos.

2.- Al realizar pruebas a un automóvil prototipo, o de producción, podrá conocer de antemano lo que el automóvil hará, y si hubiere alguna disminución significativa en el desempeño, sería indicio de algún problema en el prototipo.

[* Datos proporcionados por el fabricante del automóvil]

3.- Realizar en base a estimaciones teóricas pequeños ajustes al tren motriz actual de un automóvil en producción, como pueden ser la modificación de las características del convertidor de par, modificación de las relaciones de reducción, ó de los puntos de cambio en aceleración máxima del transeje automático, así como modificaciones de las ruedas. Esto con la finalidad de mejorar el desempeño, o llegado el caso demostrar la imposibilidad de mejorar el desempeño de un automóvil.

Esto conduce de la forma mas barata, a encontrar la ó las configuraciones del tren motriz que se acerquen a cumplir los requisitos previamente establecidos al diseñar un automóvil, y en este momento fabricar prototipos y realizar con ellos pruebas mas completas, tomando en cuenta otros aspectos como niveles de emisión de contaminantes, consumo de combustible, manejabilidad, suavidad de marcha, y niveles de ruido como los mas importantes.

Al realizar este tipo de pruebas, se puede estar en condición de ofrecer en el mercado un buen producto en forma mas sencilla, rápida y barata.

APENCICE A

TABULACION DE TIEMPO, DISTANCIA, VELOCIDAD Y VELOCIDAD
MAXIMA.

TIEMPO SEG	VELOCIDAD KM/HR	DISTANCIA MIS	FUERZA DISPONIBLE KG
0	0	0	616.0648
1	1.256577	1.745546E-02	601.9961
2	2.484455	0.0694113	589.7658
3	3.687392	.1551313	579.5383
4	4.866688	.273963	570.3189
5	6.032989	.4253704	562.1056
6	7.180137	.6088735	555.0477
7	8.317087	.8241134	552.1008
8	9.443292	1.070783	546.4535
9	10.55798	1.34858	540.4422
10	11.66604	1.657169	534.0843
11	12.74996	1.9962	527.3981
12	13.82567	2.365705	520.4022
13	14.88721	2.764094	513.116
14	15.9339	3.192165	504.8144
15	16.96756	3.649074	496.9491
16	17.97718	4.134762	489.3063
17	18.97521	4.647859	481.878
18	19.95808	5.18873	474.6564
19	20.92624	5.756168	467.6343
20	21.88006	6.3507	460.8045
21	22.81996	6.971533	454.1604
22	23.7463	7.618487	447.6956
23	24.65946	8.29059	441.4038
24	25.55978	8.988079	435.2793
25	26.44761	9.710404	429.3164
26	27.32289	10.45722	423.5098
27	28.18711	11.2282	417.8541
28	29.0394	12.02301	412.3447
29	29.88045	12.84134	406.9766
30	30.71055	13.68399	401.7549
31	31.53035	14.54734	396.6739
32	32.33995	15.43443	391.7381
33	33.13826	16.34384	386.9588
34	33.92652	17.27579	381.3761
35	34.7044	18.2285	376.331
36	35.472	19.20317	371.3241
37	36.22959	20.19902	366.3561
38	36.97664	21.21578	361.4275
39	37.71382	22.25314	356.539
40	38.44106	23.31085	351.691
41	39.1584	24.38862	346.8834
42	39.86593	25.48618	342.1183
43	40.56374	26.60326	337.3947
44	41.25192	27.73958	332.7133
45	41.93055	28.8949	328.0746
46	42.59977	30.06893	323.4785
47	43.25923	31.26136	319.2021
48	43.9063	32.47193	314.6386
49	44.55299	33.70053	310.174
50	45.19521	34.94703	305.8252
51	45.83311	36.21132	301.6252
52	46.46673	37.49326	297.5129
53	47.09599	38.79274	293.5044
54	47.72097	40.10965	289.5964
55	48.3417	41.44386	285.7825
56	48.9582	42.79525	281.9681
57	49.57049	44.1637	278.1901
58	50.17861	45.54911	274.4988
59	50.78257	46.95134	270.9472
60	51.3824	48.3703	267.4669
61	51.97812	49.80586	264.0669
62	52.56976	51.25791	260.7491
63	53.15735	52.72634	257.5104
64	53.74091	54.21104	254.3398
65	54.32047	55.71189	251.1883
66	54.89604	57.22879	248.2488

20. 9	107.0.2	392.6188	113.7362
11. 1	107.2551	398.5946	113.2462
11. 1	107.507	398.5774	113.7578
11. 1	107.7579	401.5672	112.271
11. 1	108.0077	404.5639	111.7857
11. 1	108.2564	407.5676	111.302
11. 1	108.504	410.5781	110.8199
11. 1	108.7506	413.5956	110.3393
11. 1	108.9761	416.6189	109.8603
11. 1	109.2405	419.6507	109.3829
11. 1	109.4837	422.6897	108.907
11. 1	109.7264	425.733	108.4327
11. 1	110.0074	428.7842	107.9599
11. 1	110.2076	431.8426	107.4887
11. 1	110.4446	434.9073	107.0191
11. 1	110.6849	437.9785	106.551
11. 1	110.9219	441.0554	106.0845
11. 1	111.158	444.1408	105.6196
11. 1	111.393	447.2318	105.1562
11. 1	111.6226	450.3293	104.6943
11. 1	111.8599	453.4333	104.2341
11. 1	112.0918	456.5437	103.7754
11. 1	112.3207	459.6608	103.3182
11. 1	112.5565	462.7838	102.8626
11. 1	112.7814	465.9128	102.4086
11. 1	113.0092	469.0495	101.9561
11. 1	113.2361	472.1918	101.5052
11. 1	113.4619	475.3404	101.0558
11. 1	113.6867	478.4952	100.608
11. 1	113.9106	481.6563	100.1617
11. 1	114.1334	484.8235	99.71702
11. 1	114.3553	487.997	99.27385
11. 1	114.5762	491.1766	98.83221
11. 1	114.7961	494.3624	98.39215
11. 1	115.015	497.5542	97.95362
11. 1	115.2329	500.7521	97.51666
11. 1	115.4499	503.9569	97.08128
11. 1	115.6659	507.1689	96.64728
11. 1	115.8809	510.3819	96.21492
11. 1	116.095	513.6038	95.78409
11. 1	116.3081	516.8316	95.35481
11. 1	116.5202	520.0653	94.92706
11. 1	116.7314	523.3049	94.50066
11. 1	116.9417	526.5504	94.07519
11. 1	117.151	529.8016	93.65303
11. 1	117.3594	533.0587	93.23141
11. 1	117.5668	536.3216	92.81129
11. 1	117.7733	539.5902	92.39273
11. 1	117.9788	542.8646	91.97566
11. 1	118.1835	546.1446	91.56014
11. 1	118.3872	549.4303	91.14612
11. 1	118.59	552.7216	90.73362
11. 1	118.7916	556.0186	90.32265
11. 1	118.9928	559.3212	89.91318
11. 1	119.1939	562.6293	89.50522
11. 1	119.392	565.943	89.09874
11. 1	119.5902	569.2622	88.69383
11. 1	119.7876	572.587	88.29041
11. 1	119.984	575.9171	87.88848
11. 1	120.1795	579.2527	87.48802
11. 1	120.3742	582.5937	87.08908
11. 1	120.568	585.9401	86.69166
11. 1	120.7609	589.2924	86.29571
11. 1	120.9528	592.6491	85.90124
11. 1	121.144	596.0116	85.50826
11. 1	121.3342	599.3793	85.11677
11. 1	121.5236	602.7523	84.72677
11. 1	121.7121	606.1306	84.33822
11. 1	121.8977	609.5142	83.95119
11. 1	122.0865	612.9029	83.5656
11. 1	122.2724	616.2968	83.18148

APENDICE B

**LISTADO DE LOS PUNTOS DE OPERACION DEL MOTOR
(PAR-R.P.M.) AFECTADOS POR EL CONVERTIDOR DE PAR.**

RPN - PAR (01e-1b)

0	-	255	0	-	264	0	-	274	0	-	280	0	-	286	0	-	289	0	-	291	0	-	292	0	-	
193	0	-	291	0	-	297	0	-	304	0	-	310	0	-	313	0	-	317	0	-	321	0	-	321	0	-
241	0	-	236	0	-	226	0	-	214	0	-	201	0	-	188	0	-	266	0	-	261	0	-	251	0	-
30	-	248																								
35	-	258																								
40	-	267																								
45	-	273																								
50	-	278																								
55	-	283																								
60	-	282	40	-	224																					
65	-	285	70	-	206																					
70	-	251																								
75	-	244																								
80	-	240	80	-	202																					
85	-	276																								
90	-	239	90	-	245	90	-	273																		
95	-	245																								
100	-	271	100	-	259																					
105	-	248	105	-	254																					
110	-	274	110	-	244																					
115	-	233																								
120	-	236	120	-	257	120	-	276	120	-	230															
125	-	220																								
130	-	277	130	-	211																					
135	-	262	135	-	196																					
140	-	245	140	-	278	140	-	183																		
150	-	233	150	-	268	150	-	276																		
160	-	254	160	-	274																					
165	-	271																								
170	-	269																								
175	-	244																								
180	-	232	180	-	239	180	-	273	180	-	245															
190	-	258																								
195	-	274																								
200	-	253	200	-	245	200	-	252																		
210	-	230	210	-	241	210	-	275	210	-	247															
220	-	248	220	-	238																					
225	-	250	225	-	273																					
230	-	229																								
240	-	227	240	-	250	240	-	270	240	-	271	240	-	223												
245	-	236																								
250	-	243	250	-	214																					
255	-	266																								
260	-	271	260	-	205																					
270	-	226	270	-	253	270	-	262	270	-	191															
275	-	267																								
280	-	235	280	-	247	280	-	272	280	-	178															
285	-	233																								
290	-	223	290	-	246	290	-	249	290	-	270	290	-	230												
295	-	274	295	-	252	295	-	244																		
300	-	244	300	-	270	300	-	270	300	-	249	300	-	230												
305	-	249	305	-	270	305	-	244																		
310	-	244	310	-	270	310	-	244																		
325	-	249																								
330	-	240	330	-	244	330	-	235																		
340	-	263																								

870 - 157									
875 - 158	875 - 204								
880 - 159	880 - 205	880 - 250	880 - 254						
900 - 159	900 - 210	900 - 252	900 - 257	900 - 247	900 - 245	900 - 234			
910 - 242	910 - 195								
920 - 195	920 - 215								
930 - 145									
935 - 248	935 - 245								
945 - 168	945 - 231	945 - 181							
950 - 217	950 - 238								
960 - 157	960 - 188	960 - 234	960 - 246	960 - 210					
975 - 217									
980 - 167	980 - 243	980 - 147							
990 - 157	990 - 261	990 - 224	990 - 242	990 - 222					
1000 - 164	1000 - 214	1000 - 233	1000 - 261						
1015 - 170									
1020 - 153	1020 - 229	1020 - 241							
1035 - 197	1035 - 214								
1040 - 178	1040 - 234	1040 - 243	1040 - 193						
1045 - 170	1045 - 225								
1050 - 173	1050 - 175	1050 - 210	1050 - 238	1050 - 241	1050 - 238				
1060 - 183	1060 - 174	1060 - 192	1060 - 226	1060 - 237	1060 - 209	1060 -			
179									
1085 - 149									
1100 - 205	1100 - 217	1100 - 230	1100 - 220						
1105 - 230	1105 - 236								
1110 - 173									
1120 - 144	1120 - 168	1120 - 233	1120 - 240	1120 - 167					
1125 - 160	1125 - 237	1125 - 240							
1140 - 173	1140 - 227	1140 - 231							
1150 - 201	1150 - 211								
1155 - 140	1155 - 212	1155 - 225							
1160 - 164									
1170 - 153	1170 - 182	1170 - 227	1170 - 235	1170 - 192					
1190 - 138	1190 - 231	1190 - 237							
1200 - 153	1200 - 161	1200 - 196	1200 - 218	1200 - 234	1200 - 235	1200 -			
256	206								
1210 - 209	1210 - 217								
1215 - 170	1215 - 170								
1225 - 130									
1235 - 252	1235 - 228								
1240 - 156									
1250 - 192	1250 - 198								
1260 - 130	1260 - 177	1260 - 214	1260 - 227	1260 - 232	1260 - 221	1260 -			
166									
1265 - 203	1265 - 209								
1275 - 227	1275 - 230								
1280 - 150	1280 - 235								
1295 - 138									
1300 - 186	1300 - 219	1300 - 223	1300 - 189						
1305 - 167									
1320 - 145	1320 - 149	1320 - 209	1320 - 213	1320 - 204					
1330 - 130	1330 - 223	1330 - 225							
1350 - 144	1350 - 181	1350 - 226	1350 - 227	1350 - 174					
1360 - 143	1360 - 229	1360 - 227							
1365 - 150	1365 - 243								
1375 - 194	1375 - 195								

2000	199	2000	194	2000	200	2000	181				
2005	195	2005	163								
2010	175										
2015	171										
2018	152	2018	195	2018	105						
2020	197	2020	107								
2020	167	2020	101	2020	174						
2020	171	2020	105	2020	191						
2100	185	2100	172	2100	179	2100	195	2100	195	2100	152
2125	191	2125	178								
2145	151	2145	155								
2160	152	2160	104	2160	192	2160	103	2160	161		
2170	165										
2175	174										
2185	191	2185	105								
2200	151	2200	191	2200	180						
2210	152	2210	105	2210	170						
2220	157										
2240	160	2240	170	2240	150						
2250	171	2250	106	2250	175						
2275	157										
2280	152	2280	102	2280	179						
2295	100	2295	150								
2300	107	2300	101								
2310	156	2310	107	2310	184						
2320	173										
2325	154										
2330	152	2330	152	2330	102	2330	160				
2335	103	2335	172								
2340	153	2340	174	2340	167						
2400	152	2400	159	2400	170	2400	183	2400	177		
2415	152										
2415	103	2415	177								
2420	100										
2450	170	2450	156								
2450	153										
2450	170										
2470	152	2470	177	2470	164						
2475	157										
2480	163										
2500	159	2500	150								
2510	175	2510	192	2510	179	2510	173	2510	144		
2530	175	2530	171								
2535	157										
2540	157	2540	167								
2550	151	2550	153								
2555	175	2555	153								
2560	153	2560	173	2560	162						
2560	157										
2610	167	2610	175	2610	166						
2615	151	2615	175	2615	166						
2620	157										
2630	154	2630	172	2630	169						
2635	160										
2640	153	2640	167	2640	165						
2640	157	2640	164	2640	169	2640	151				

2720	-	151	2720	-	155		
2730	-	152	2730	-	170		
2750	-	160	2750	-	162		
2755	-	153					
2760	-	164	2760	-	144		
2775	-	152					
2790	-	157					
2800	-	153	2800	-	151	2800	- 164
2805	-	150					2000 - 141
2825	-	145					
2850	-	152	2850	-	140		
2860	-	143	2860	-	155		
2875	-	162	2875	-	159		
2880	-	151	2880	-	153	2880	- 142
2890	-	148					
2900	-	159					
2925	-	152					
2940	-	160					
2945	-	153					
2960	-	151					
2970	-	148	2970	-	159	2970	- 144
2975	-	148					
2990	-	157	2990	-	152		
3000	-	152	3000	-	157	3000	- 158
3000	-	151	3000	-	149		3000 - 155
3045	-	156					
3060	-	148	3060	-	146		
3080	-	154	3080	-	155		
3100	-	150					
3105	-	155	3105	-	141		
3120	-	151	3120	-	153	3120	- 149
3125	-	152					
3135	-	144					
3145	-	148					
3150	-	146	3150	-	153		
3170	-	150					
3200	-	151	3200	-	145		
3220	-	148	3220	-	172		
3230	-	148	3230	-	142		
3240	-	146	3240	-	150	3240	- 130
3250	-	147	3250	-	145		
3255	-	146					
3300	-	141	3300	-	148		
3315	-	148					
3320	-	142					
3350	-	146					
3365	-	144					
3360	-	142	3360	-	143	3360	- 129
3375	-	143	3375	-	138		
3400	-	148	3400	-	139		
3410	-	141					
3420	-	146	3420	-	142		
3450	-	142					
3465	-	138					
3480	-	141					
3500	-	159	3500	-	139	3500	- 126

3510	-	137		
3515	-	147		
3520	-	137		
3525	-	126		
3530	-	136		
3535	-	146	3600 - 139	3600 - 138
3540	-	141		
3545	-	135		
3550	-	133		
3555	-	133		
3560	-	129		
3565	-	126		
3570	-	135		
3575	-	139		
3580	-	142		
3585	-	132		
3590	-	131		
3595	-	133		
3600	-	129		
3605	-	136	3700 - 122	3700 - 119
3610	-	131		
3615	-	142	3800 - 139	
3620	-	125		
3625	-	131		
3630	-	129		
3635	-	136		
3640	-	129	3900 - 127	
3645	-	126		
3650	-	129		
3655	-	118		
3660	-	131	4000 - 125	
3665	-	136		
3670	-	139	4100 - 123	
3675	-	126		
3680	-	110		
3685	-	112		
3690	-	131		
3695	-	123		
3700	-	136		
3705	-	129		
3710	-	126		
3715	-	129		
3720	-	118		
3725	-	131	4200 - 123	4200 - 110
3730	-	113		
3735	-	136		
3740	-	139	4300 - 115	
3745	-	115	4320 - 110	
3750	-	105		
3755	-	126		
3760	-	119		
3765	-	124		
3770	-	110		
3775	-	131		
3780	-	113		
3785	-	136		
3790	-	110		
3795	-	129		
3800	-	113		
3805	-	126		
3810	-	119		
3815	-	113		
3820	-	115		
3825	-	123		
3830	-	113		
3835	-	105		
3840	-	126		
3845	-	119		
3850	-	124		
3855	-	110		
3860	-	113		
3865	-	123		
3870	-	113		
3875	-	105		
3880	-	126		
3885	-	119		
3890	-	124		
3895	-	110		
3900	-	113		
3905	-	123		
3910	-	113		
3915	-	105		
3920	-	126		
3925	-	119		
3930	-	124		
3935	-	110		
3940	-	113		
3945	-	123		
3950	-	113		
3955	-	105		
3960	-	126		
3965	-	119		
3970	-	124		
3975	-	110		
3980	-	113		
3985	-	123		
3990	-	113		
3995	-	105		
4000	-	126		
4005	-	119		
4010	-	124		
4015	-	110		
4020	-	113		
4025	-	123		
4030	-	113		
4035	-	105		
4040	-	126		
4045	-	119		
4050	-	124		
4055	-	110		
4060	-	113		
4065	-	123		
4070	-	113		
4075	-	105		
4080	-	126		
4085	-	119		
4090	-	124		
4095	-	110		
4100	-	113		
4105	-	123		
4110	-	113		
4115	-	105		
4120	-	126		
4125	-	119		
4130	-	124		
4135	-	110		
4140	-	113		
4145	-	123		
4150	-	113		
4155	-	105		
4160	-	126		
4165	-	119		
4170	-	124		
4175	-	110		
4180	-	113		
4185	-	123		
4190	-	113		
4195	-	105		
4200	-	126		
4205	-	119		
4210	-	124		
4215	-	110		
4220	-	113		
4225	-	123		
4230	-	113		
4235	-	105		
4240	-	126		
4245	-	119		
4250	-	124		
4255	-	110		
4260	-	113		
4265	-	123		
4270	-	113		
4275	-	105		
4280	-	126		
4285	-	119		
4290	-	124		
4295	-	110		
4300	-	113		
4305	-	123		
4310	-	113		
4315	-	105		
4320	-	126		
4325	-	119		
4330	-	124		
4335	-	110		
4340	-	113		
4345	-	123		
4350	-	113		
4355	-	105		
4360	-	126		
4365	-	119		
4370	-	124		
4375	-	110		
4380	-	113		
4385	-	123		
4390	-	113		
4395	-	105		
4400	-	126		
4405	-	119		
4410	-	124		
4415	-	110		
4420	-	113		
4425	-	123		
4430	-	113		
4435	-	105		
4440	-	126		
4445	-	119		
4450	-	124		
4455	-	110		
4460	-	113		
4465	-	123		
4470	-	113		
4475	-	105		
4480	-	126		
4485	-	119		
4490	-	124		
4495	-	110		
4500	-	113		
4505	-	123		
4510	-	113		
4515	-	105		
4520	-	126		
4525	-	119		
4530	-	124		
4535	-	110		
4540	-	113		
4545	-	123		
4550	-	113		
4555	-	105		
4560	-	126		
4565	-	119		
4570	-	124		
4575	-	110		
4580	-	113		
4585	-	123		
4590	-	113		
4595	-	105		
4600	-	126		
4605	-	119		
4610	-	124		
4615	-	110		
4620	-	113		
4625	-	123		
4630	-	113		
4635	-	105		
4640	-	126		
4645	-	119		
4650	-	124		
4655	-	110		
4660	-	113		
4665	-	123		
4670	-	113		
4675	-	105		
4680	-	126		
4685	-	119		
4690	-	124		
4695	-	110		
4700	-	113		
4705	-	123		
4710	-	113		
4715	-	105		
4720	-	126		
4725	-	119		
4730	-	124		
4735	-	110		
4740	-	113		
4745	-	123		
4750	-	113		
4755	-	105		
4760	-	126		
4765	-	119		
4770	-	124		
4775	-	110		
4780	-	113		
4785	-	123		
4790	-	113		
4795	-	105		
4800	-	126		
4805	-	119		
4810	-	124		
4815	-	110		
4820	-	113		
4825	-	123		
4830	-	113		
4835	-	105		
4840	-	126		
4845	-	119		
4850	-	124		
4855	-	110		
4860	-	113		
4865	-	123		
4870	-	113		
4875	-	105		
4880	-	126		
4885	-	119		
4890	-	124		
4895	-	110		
4900	-	113		
4905	-	123		
4910	-	113		
4915	-	105		
4920	-	126		
4925	-	119		
4930	-	124		
4935	-	110		
4940	-	113		
4945	-	123		
4950	-	113		
4955	-	105		
4960	-	126		
4965	-	119		
4970	-	124		
4975	-	110		
4980	-	113		
4985	-	123		
4990	-	113		
4995	-	105		
5000	-	126		
5005	-	119		
5010	-	124		
5015	-	110		
5020	-	113		
5025	-	123		
5030	-	113		
5035	-	105		
5040	-	126		
5045	-	119		
5050	-	124		
5055	-	110		
5060	-	113		
5065	-	123		
5070	-	113		
5075	-	105		
5080	-	126		
5085	-	119		
5090	-	124		
5095	-	110		
5100	-	113		
5105	-	123		
5110	-	113		
5115	-	105		
5120	-	126		
5125	-	119		
5130	-	124		
5135	-	110		
5140	-	113		
5145	-	123		
5150	-	113		
5155	-	105		
5160	-	126		
5165	-	119		
5170	-	124		
5175	-	110		
5180	-	113		
5185	-	123		
5190	-	113		
5195	-	105		
5200	-	126		
5205	-	119		
5210	-	124		
5215	-	110		
5220	-	113		
5225	-	123		
5230	-	113		
5235	-	105		
5240	-	126		
5245	-	119		
5250	-	124		
5255				

APENDICE C

PROGRAMAS DE COMPUTO

Programa para tabular la resistencia al avance contra la
velocidad a distintas pendientes.

APENDICE C-1

```
10 DIM FR(120,40),FA(120),F(40),RT(40,120),RF(40),POT(40,120)
20 FOR I = 0 TO 40 STEP 5
30 READ F(I)
40 RF(I)=2.47*SIN(R(I))
50 NEXT I
60 FOR I=0 TO 40 STEP 5
70 FOR M=0 TO 120 STEP 5
80 RR(M,I)=1.0105*(3.24*.0057*(M/100)^2.5)*3197*1.2*COS(R(I))
90 RA(M)=(1.26*.384*(1.916)*(M/10))^2*(23.54/29.92)
100 NEXT M
110 NEXT I
120 FOR I=0 TO 40 STEP 5
130 FOR M=0 TO 120 STEP 5
140 RT(I,M)=RF(I)+RR(M,I)+RA(M)
150 RT(I,M)=RT(I,M)/2.205
160 POT(I,M)=RT(I,M)*M*.5260/60/33000
170 NEXT M
180 NEXT I
190 LPRINT CHR$(27) "50" CHR$(27) "1"
200 LPRINT "FUERZA (EN KG)"
210 LPRINT "VEL (Km/hr) PENDIENTE (%):";LPRINT "Km/hr";TAB(12)"0%";TAB(23) "5%";TAB(28) "10%";TAB(33) "15%";TAB(38) "20%";TAB(43) "25%";TAB(48) "30%";TAB(54) "35%";TAB(59) "40%";LPRINT
220 FOR M = 0 TO 120 STEP 5
230 K=M*1.609
240 LPRINT K;TAB(11)RT(0,M);TAB(22)INT(RT(5,M));TAB(27)INT(RT(10,M));TAB(32)INT(RT(15,M));TAB(37)INT(RT(20,M));TAB(42)INT(RT(25,M));TAB(47)INT(RT(30,M));TAB(52)INT(RT(35,M));TAB(58)INT(RT(40,M))
250 NEXT M
260 DATA 0.05,.099,.1489,.1974,.2450,.2915,.3367,.38
270 END
```

```

30 DIM TRAD(23,41),RPMQ(23,41)
40 DIM RPM(23),TOR(23)
50 DIM SRAD(41),TRAD(41)
60 FOR I=1 TO 23
70 READ RPM(I),TOR(I)
80 REM PRINT RPM(I),TOR(I)
90 NEXT I
95 REM STOP
98 FOR J=1 TO 41
100 READ SRAD(J),TRAD(J)
110 REM PRINT SRAD(J),TRAD(J);
120 NEXT J
130 REM STOP
140 FOR J=1 TO 41
150 FOR I=J TO 23
160 TORQ(I,J)=TOR(I)*TRAD(J)
170 RPMQ(I,J)=RPM(I)*SRAD(J)
180 NEXT I
190 NEXT J
200 FOR I=1 TO 23
210 REM PRINT I
220 FOR J=1 TO 41
230 TORQ(I,J)=INT(TORQ(I,J))
240 RPMQ(I,J)=INT(RPMQ(I,J))
250 REM PRINT TORQ(I,J);RPMQ(I,J);"-";
260 NEXT J
270 REM PRINT :PRINT
280 NEXT I
290 PRINT CHR$(27) "S0",CHR$(27) "1"
300 FOR H=C TO 5600 STEP 5
310 W=0
320 FOR I=1 TO 23
330 FOR J=1 TO 41
340 IF RPMQ(I,J)=H THEN LPRINT RPMQ(I,J),TORQ(I,J);"-";
350 IF RPMQ(I,J)=H THEN W=1
360 NEXT J
370 NEXT I
380 IF W=1 THEN LPRINT
390 NEXT H
400 DATA 1200,133,1400,178,1600,143,1800,146,2000,149,2200,151,2400,152,2600,152
410 DATA 2800,153,3000,152,3200,151,3400,148
420 DATA 3800,146,3800,142,4000,139,4200,136,4400,131,4600,126,4800,123,5000,118
430 DATA 5200,113,5400,105,5600,98
440 DATA 0,1,82,0,025,1,87,0,05,1,83,0,075,1,8,0,1,1,76,1,125,1,77,1,150,1,75,1,175
450 DATA 1,73,1,2,1,71,1,225,1,7,1,25,1,68,1,275,1,65,1,3,1,63,1,325,1,61,1,350,1,59
460 DATA 1,375,1,56,1,4,1,54,1,425,1,51,1,45,1,49,1,475,1,46,1,5,1,44,1,525,1,41,1,55,1,
470 DATA 1,35,1,6,1,32,1,525,1,29,1,5,1,25,1,675,1,22,1,7,1,18,1,725,1,15
480 DATA 1,75,1,13,1,775,1,08,1,8,1,05,1,825,1,02,1,85,1,1,075,1,1,9,1,1,925,1,1,95,1,1,97
490 DATA 1,1

```

APENCICE C-3
Programa para obtener la fuerza máxima disponible en las
ruedas contra la velocidad del automóvil.

```

100 GO TO 100: III="DELE"
110 FOR I=1 TO 3: FUE02(3,I)
120 FOR J=1 TO 2: TOR(3,I)
130 DIM TOR(3,1) TO 30: RENE(3,1)
140 DIM TOR(2,1) TO 30: RENE(2,1)
150 DIM TOR(1,1) TO 30: CHR(27)="1"
160 FOR I=0 TO 30
170 READ RENE(I),TOR(I)
180 FOR L=1 TO RENE(I): TOR(L)
190 NEXT I
200 FOR I=0 TO 30
210 TORF(1,I)=TOR(I)*2.65*.8
220 RENE(1,I)=RPM(I)*2.65
230 TORF(2,I)=TOR(I)*1.55*.85
240 RENE(2,I)=RPM(I)*1.55
250 TORF(3,I)=TOR(I)*.9
260 RENE(3,I)=RPM(I)
270 NEXT I
280 FOR I=0 TO 30
290 FOR J=1 TO 2
300 FUE(2,I,I)=TORF(1,I)*3.62*12*3.54/2.205/30.961
310 VTA02(1,I)=RPM(I)/3.02*2*3.141592654#*30.861*60/1000000
320 NEXT J
330 NEXT I
340 PRINT "RELACION FINAL 3.02:1"
350 PRINT " "
360 PRINT " KM/HR "
370 PRINT " "
380 PRINT " "
390 PRINT " "
400 FOR J=1 TO 2
410 FOR I=0 TO 30
420 PRINT#1,"VTA02(J,I):FUE02(J,I)
430 NEXT I
440 FOR I=0 TO 30
450 PRINT#2,VTA02(1,I):TAB(13) FUE02(1,I):TAB(26) VTA02(2,I):TAB(39) FUE02(2,I)
460 PRINT#3,VTA02(3,I):TAB(65) FUE02(3,I)
470 NEXT I
480 DATA 0,45,75,105,135,165,195,225,255,285,315,345,375,405,435,465,495,525,555,585,615,645,675,705,735,765,795,825,855,885,915,945,975,1005,1035,1065,1095,1125,1155,1185,1215,1245,1275,1305,1335,1365,1395,1425,1455,1485,1515,1545,1575,1605,1635,1665,1695,1725,1755,1785,1815,1845,1875,1905,1935,1965,1995,2025,2055,2085,2115,2145,2175,2205,2235,2265,2295,2325,2355,2385,2415,2445,2475,2505,2535,2565,2595,2625,2655,2685,2715,2745,2775,2805,2835,2865,2895,2925,2955,2985,3015,3045,3075,3105,3135,3165,3195,3225,3255,3285,3315,3345,3375,3405,3435,3465,3495,3525,3555,3585,3615,3645,3675,3705,3735,3765,3795,3825,3855,3885,3915,3945,3975,4005,4035,4065,4095,4125,4155,4185,4215,4245,4275,4305,4335,4365,4395,4425,4455,4485,4515,4545,4575,4605,4635,4665,4695,4725,4755,4785,4815,4845,4875,4905,4935,4965,4995,5025,5055,5085,5115,5145,5175,5205,5235,5265,5295,5325,5355,5385,5415,5445,5475,5505,5535,5565,5595,5625,5655,5685,5715,5745,5775,5805,5835,5865,5895,5925,5955,5985,6015,6045,6075,6105,6135,6165,6195,6225,6255,6285,6315,6345,6375,6405,6435,6465,6495,6525,6555,6585,6615,6645,6675,6705,6735,6765,6795,6825,6855,6885,6915,6945,6975,7005,7035,7065,7095,7125,7155,7185,7215,7245,7275,7305,7335,7365,7395,7425,7455,7485,7515,7545,7575,7605,7635,7665,7695,7725,7755,7785,7815,7845,7875,7905,7935,7965,7995,8025,8055,8085,8115,8145,8175,8205,8235,8265,8295,8325,8355,8385,8415,8445,8475,8505,8535,8565,8595,8625,8655,8685,8715,8745,8775,8805,8835,8865,8895,8925,8955,8985,9015,9045,9075,9105,9135,9165,9195,9225,9255,9285,9315,9345,9375,9405,9435,9465,9495,9525,9555,9585,9615,9645,9675,9705,9735,9765,9795,9825,9855,9885,9915,9945,9975,10005,10035,10065,10095,10125,10155,10185,10215,10245,10275,10305,10335,10365,10395,10425,10455,10485,10515,10545,10575,10605,10635,10665,10695,10725,10755,10785,10815,10845,10875,10905,10935,10965,10995,11025,11055,11085,11115,11145,11175,11205,11235,11265,11295,11325,11355,11385,11415,11445,11475,11505,11535,11565,11595,11625,11655,11685,11715,11745,11775,11805,11835,11865,11895,11925,11955,11985,12015,12045,12075,12105,12135,12165,12195,12225,12255,12285,12315,12345,12375,12405,12435,12465,12495,12525,12555,12585,12615,12645,12675,12705,12735,12765,12795,12825,12855,12885,12915,12945,12975,13005,13035,13065,13095,13125,13155,13185,13215,13245,13275,13305,13335,13365,13395,13425,13455,13485,13515,13545,13575,13605,13635,13665,13695,13725,13755,13785,13815,13845,13875,13905,13935,13965,13995,14025,14055,14085,14115,14145,14175,14205,14235,14265,14295,14325,14355,14385,14415,14445,14475,14505,14535,14565,14595,14625,14655,14685,14715,14745,14775,14805,14835,14865,14895,14925,14955,14985,15015,15045,15075,15105,15135,15165,15195,15225,15255,15285,15315,15345,15375,15405,15435,15465,15495,15525,15555,15585,15615,15645,15675,15705,15735,15765,15795,15825,15855,15885,15915,15945,15975,16005,16035,16065,16095,16125,16155,16185,16215,16245,16275,16305,16335,16365,16395,16425,16455,16485,16515,16545,16575,16605,16635,16665,16695,16725,16755,16785,16815,16845,16875,16905,16935,16965,16995,17025,17055,17085,17115,17145,17175,17205,17235,17265,17295,17325,17355,17385,17415,17445,17475,17505,17535,17565,17595,17625,17655,17685,17715,17745,17775,17805,17835,17865,17895,17925,17955,17985,18015,18045,18075,18105,18135,18165,18195,18225,18255,18285,18315,18345,18375,18405,18435,18465,18495,18525,18555,18585,18615,18645,18675,18705,18735,18765,18795,18825,18855,18885,18915,18945,18975,19005,19035,19065,19095,19125,19155,19185,19215,19245,19275,19305,19335,19365,19395,19425,19455,19485,19515,19545,19575,19605,19635,19665,19695,19725,19755,19785,19815,19845,19875,19905,19935,19965,19995,20025,20055,20085,20115,20145,20175,20205,20235,20265,20295,20325,20355,20385,20415,20445,20475,20505,20535,20565,20595,20625,20655,20685,20715,20745,20775,20805,20835,20865,20895,20925,20955,20985,21015,21045,21075,21105,21135,21165,21195,21225,21255,21285,21315,21345,21375,21405,21435,21465,21495,21525,21555,21585,21615,21645,21675,21705,21735,21765,21795,21825,21855,21885,21915,21945,21975,22005,22035,22065,22095,22125,22155,22185,22215,22245,22275,22305,22335,22365,22395,22425,22455,22485,22515,22545,22575,22605,22635,22665,22695,22725,22755,22785,22815,22845,22875,22905,22935,22965,22995,23025,23055,23085,23115,23145,23175,23205,23235,23265,23295,23325,23355,23385,23415,23445,23475,23505,23535,23565,23595,23625,23655,23685,23715,23745,23775,23805,23835,23865,23895,23925,23955,23985,24015,24045,24075,24105,24135,24165,24195,24225,24255,24285,24315,24345,24375,24405,24435,24465,24495,24525,24555,24585,24615,24645,24675,24705,24735,24765,24795,24825,24855,24885,24915,24945,24975,25005,25035,25065,25095,25125,25155,25185,25215,25245,25275,25305,25335,25365,25395,25425,25455,25485,25515,25545,25575,25605,25635,25665,25695,25725,25755,25785,25815,25845,25875,25905,25935,25965,25995,26025,26055,26085,26115,26145,26175,26205,26235,26265,26295,26325,26355,26385,26415,26445,26475,26505,26535,26565,26595,26625,26655,26685,26715,26745,26775,26805,26835,26865,26895,26925,26955,26985,27015,27045,27075,27105,27135,27165,27195,27225,27255,27285,27315,27345,27375,27405,27435,27465,27495,27525,27555,27585,27615,27645,27675,27705,27735,27765,27795,27825,27855,27885,27915,27945,27975,28005,28035,28065,28095,28125,28155,28185,28215,28245,28275,28305,28335,28365,28395,28425,28455,28485,28515,28545,28575,28605,28635,28665,28695,28725,28755,28785,28815,28845,28875,28905,28935,28965,28995,29025,29055,29085,29115,29145,29175,29205,29235,29265,29295,29325,29355,29385,29415,29445,29475,29505,29535,29565,29595,29625,29655,29685,29715,29745,29775,29805,29835,29865,29895,29925,29955,29985,30015,30045,30075,30105,30135,30165,30195,30225,30255,30285,30315,30345,30375,30405,30435,30465,30495,30525,30555,30585,30615,30645,30675,30705,30735,30765,30795,30825,30855,30885,30915,30945,30975,31005,31035,31065,31095,31125,31155,31185,31215,31245,31275,31305,31335,31365,31395,31425,31455,31485,31515,31545,31575,31605,31635,31665,31695,31725,31755,31785,31815,31845,31875,31905,31935,31965,31995,32025,32055,32085,32115,32145,32175,32205,32235,32265,32295,32325,32355,32385,32415,32445,32475,32505,32535,32565,32595,32625,32655,32685,32715,32745,32775,32805,32835,32865,32895,32925,32955,32985,33015,33045,33075,33105,33135,33165,33195,33225,33255,33285,33315,33345,33375,33405,33435,33465,33495,33525,33555,33585,33615,33645,33675,33705,33735,33765,33795,33825,33855,33885,33915,33945,33975,34005,34035,34065,34095,34125,34155,34185,34215,34245,34275,34305,34335,34365,34395,34425,34455,34485,34515,34545,34575,34605,34635,34665,34695,34725,34755,34785,34815,34845,34875,34905,34935,34965,34995,35025,35055,35085,35115,35145,35175,35205,35235,35265,35295,35325,35355,35385,35415,35445,35475,35505,35535,35565,35595,35625,35655,35685,35715,35745,35775,35805,35835,35865,35895,35925,35955,35985,36015,36045,36075,36105,36135,36165,36195,36225,36255,36285,36315,36345,36375,36405,36435,36465,36495,36525,36555,36585,36615,36645,36675,36705,36735,36765,36795,36825,36855,36885,36915,36945,36975,37005,37035,37065,37095,37125,37155,37185,37215,37245,37275,37305,37335,37365,37395,37425,37455,37485,37515,37545,37575,37605,37635,37665,37695,37725,37755,37785,37815,37845,37875,37905,37935,37965,37995,38025,38055,38085,38115,38145,38175,38205,38235,38265,38295,38325,38355,38385,38415,38445,38475,38505,38535,38565,38595,38625,38655,38685,38715,38745,38775,38805,38835,38865,38895,38925,38955,38985,39015,39045,39075,39105,39135,39165,39195,39225,39255,39285,39315,39345,39375,39405,39435,39465,39495,39525,39555,39585,39615,39645,39675,39705,39735,39765,39795,39825,39855,39885,39915,39945,39975,40005,40035,40065,40095,40125,40155,40185,40215,40245,40275,40305,40335,40365,40395,40425,40455,40485,40515,40545,40575,40605,40635,40665,40695,40725,40755,40785,40815,40845,40875,40905,40935,40965,40995,41025,41055,41085,41115,41145,41175,41205,41235,41265,41295,41325,41355,41385,41415,41445,41475,41505,41535,41565,41595,41625,41655,41685,41715,41745,41775,41805,41835,41865,41895,41925,41955,41985,42015,42045,42075,42105,42135,42165,42195,42225,42255,42285,42315,42345,42375,42405,42435,42465,42495,42525,42555,42585,42615,42645,42675,42705,42735,42765,42795,42825,42855,42885,42915,42945,42975,43005,43035,43065,43095,43125,43155,43185,43215,43245,43275,43305,43335,43365,43395,43425,43455,43485,43515,43545,43575,43605,43635,43665,43695,43725,43755,43785,43815,43845,43875,43905,43935,43965,43995,44025,44055,44085,44115,44145,44175,44205,44235,44265,44295,44325,44355,44385,44415,44445,44475,44505,44535,44565,44595,44625,44655,44685,44715,44745,44775,44805,44835,44865,44895,44925,44955,44985,45015,45045,45075,45105,45135,45165,45195,45225,45255,45285,45315,45345,45375,45405,45435,45465,45495,45525,45555,45585,45615,45645,45675,45705,45735,45765,45795,45825,45855,45885,45915,45945,45975,46005,46035,46065,46095,46125,46155,46185,46215,46245,46275,46305,46335,46365,46395,46425,46455,46485,46515,46545,46575,46605,46635,46665,46695,46725,46755,46785,46815,46845,46875,46905,46935,46965,46995,47025,47055,47085,47115,47145,47175,47205,47235,47265,47295,47325,47355,47385,47415,47445,47475,47505,47535,47565,47595,47625,47655,47685,47715,47745,47775,47805,47835,47865,47895,47925,47955,47985,48015,48045,48075,48105,48135,48165,48195,48225,48255,48285,48315,48345,48375,48405,48435,48465,48495,48525,48555,48585,48615,48645,48675,48705,48735,48765,48795,48825,48855,48885,48915,48945,48975,49005,49035,49065,49095,49125,49155,49185,49215,49245,49275,49305,49335,49365,49395,49425,49455,49485,49515,49545,49575,49605,49635,49665,49695,49725,49755,49785,49815,49845,49875,49905,49935,49965,49995,50025,50055,50085,50115,50145,50175,50205,50235,50265,50295,50325,50355,50385,50415,50445,50475,50505,50535,50565,50595,50625,50655,50685,50715,50745,50775,50805,50835,50865,50895,50925,50955,50985,51015,51045,51075,51105,51135,51165,51195,51225,51255,51285,51315,51345,51375,51405,51435,51465,51495,51525,51555,51585,51615,51645,51675,51705,51735,51765,51795,51825,51855,51885,51915,51945,51975,52005,52035,52065,52095,52125,52155,52185,52215,52245,52275,52305,52335,52365,52395,52425,52455,52485,52515,52545,52575,52605,52635,52665,52695,52725,52755,52785,52815,52845,52875,52905,52935,52965,52995,53025,53055,53085,53115,53145,53175,53205,53235,53265,53295,53325,53355,53385,53415,53445,53475,53505,53535,53565,53595,53625,53655,53685,53715,53745,53775,53805,53835,53865,53895,53925,53955,53985,54015,54045,54075,54105,54135,54165,54195,54225,54255,54285,54315,54345,54375,54405,54435,54465,54495,54525,54555,54585,54615,54645,54675,54705,54735,54765,54795,54825,54855,54885,54915,54945,54975,55005,55035,55065,55095,55125,55155,55185,55215,55245,55275,55305,55335,55365,55395,55425,55455,55485,55515,55545,55575,55605,55635,55665,55695,55725,55755,55785,55815,55845,55875,55905,55935,55965,55995,56025,56055,56085,56115,56145,56175,56205,56235,56265,56295,56325,56355,56385,56415,56445,56475,56505,56535,56565,56595,56625,56655,56685,56715,56745,56775,56805,56835,56865,56895,56925,56955,56985,57015,57045,57075,57105,57135,57165,57195,57225,57255,57285,57315,57345,57375,57405,57435,57465,57495,57525,57555,57585,57615,57645,57675,57705,57735,57765,57795,57825,57855,57885,57915,57945,57975,58005,58035,58065,58095,58125,58155,58185,58215,58245,58275,58305,58335,58365,58395,58425,58455,58485,58515,58545,58575,58605,58635,58665,58695,58725,58755,58785,58815,58845,58875,58905,58935,58965,58995,59025,59055,59085,59115,59145,59175,59205,59235,59265,59295,59325,59355,59385,59415,59445,59475,59505,59535,59565,59595,59625,59655,59685,59715,59745,59775,59805,59835,59865,59895,59925,59955,59985,60015,60045,60075,
```

```

30 DEF FN "I" #1: "REL = 00"
35 DIM VELO2(1..66), FUEO2(3..66), H02(3..66)
39 REM LPRINT CHR$(27) "SO", CHR$(27) "I"
40 LPRINT "RELACION 3.02:1"
50 LPRINT "VELOCIDAD      FUERZA DISP      FUERZA      FUERZA LIBRE"
60 LPRINT "      Km/hr      Kg      CONSUMIDA      ACELERACION"
70 EF=(23.54-.1929)/29.92*(520/560)^(1/2)
80 FOR J=1 TO 3
90 FOR I=0 TO 66
100 INPUT#1, VELO2(J,I), FUEO2(J,I)
110 FUEO2(J,I)=FUEO2(J,I)*EF
120 IF J=2 AND VELO2(J,I)<71 THEN GOTO 190
130 IF J=3 AND VELO2(J,I)<123 THEN GOTO 190
140 N=VELO2(J,I)/1.609
150 H=1+(.0105)*(3.24*.0057*(M/100)^(2.5))*.3197*1.2)+((.26*.384*21.916)*(M/100)
2*(23.54/29.92))
160 H=H+.205
170 H02(J,I)=FUEO2(J,I)-H
180 LPRINT VELO2(J,I), FUEO2(J,I), H, H02(J,I)
190 NEXT I
200 NEXT J
210 CLOSE #1
220 END

```

APENCICE C-4

Programa para obtener la diferencia entre la fuerza disponible y la consumida, para así obtener la fuerza libre, esto contra la velocidad del automóvil.

```

10 FEB LPRINT CHR$(27) "S",CHR$(27) "1"
20 LPRINT "TIEMPO" VELOCIDAD DISTANCIA FUERZA DISPONIBLE"
30 LPRINT " SEG KM/HR MTS PG"
40 LPRINT
50 FOR I=0 TO 12000
60 T=I
70 I1=I/10
80 IF VV=0 AND VV 2 THEN A=516.0648206#
90 IF VV=0 AND VV 7 THEN B=-11.8211009#
100 IF VV=0 AND VV 7 THEN C=.49726158#
110 IF VV=0 AND VV 7 THEN D=1.1941
120 IF VV=7 AND VV 15 THEN A=589.5459877#
130 IF VV=7 AND VV 15 THEN B=-2.015802458#
140 IF VV=7 AND VV 15 THEN C=-1.68841929#
150 IF VV=7 AND VV 15 THEN D=1.194
160 IF VV=15 AND VV 30 THEN A=639.5766621#
170 IF VV=15 AND VV 30 THEN B=-9.02674937#
180 IF VV=15 AND VV 30 THEN C=.048272146#
190 IF VV=15 AND VV 30 THEN D=1.1941
200 IF VV=30 AND VV 42 THEN A=575.1098431#
210 IF VV=30 AND VV 42 THEN B=-4.835948645#
220 IF VV=30 AND VV 42 THEN C=-.02403709#
230 IF VV=30 AND VV 42 THEN D=1.1941
240 IF VV=42 AND VV 71 THEN A=496.127026#
250 IF VV=42 AND VV 71 THEN B=-3.138441108#
260 IF VV=42 AND VV 71 THEN C=-2.117378E-03
270 IF VV=42 AND VV 71 THEN D=1.1941
280 IF VV=71 AND VV 124 THEN A=271.4512298#
290 IF VV=71 AND VV 124 THEN B=-1.012798704#
300 IF VV=71 AND VV 124 THEN C=-4.206707E-03
310 IF VV=71 AND VV 124 THEN D=1.0547
320 IF VV=124 THEN A=134.3482805#
330 IF VV=124 THEN B=-154.990244#
340 IF VV=124 THEN C=-6.239468E-03
350 IF VV=124 THEN D=1.0628
360 F=A+B*VV+C*VV 2
370 IF VV 121 THEN LPRINT TT,VV,DD,F
380 IF F 9.000001E-02 AND IF 089) 3 THEN LPRINT TT,VV,DD,F
390 IF F 9.000001E-02 AND (F-.089) 0 THEN GOTO 460
400 MC=1450*F
410 AC=C 810901*F/MC
420 DD=DD+T+AC*T 2/2
430 V=V+AC*T
440 VV=(V/1000)*3600
450 NEXT I
460 END

```

Programa para obtener la Tabulación de: tiempo, velocidad, distancia, y fuerza disponible.

APENCICE C-5

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Motores de combustión interna.
E. F. Obert.
Ed. C.E.C.S.A., México.
- 2 - Física general.
F. Sears y M. Zemansky.
Ed. Aguilar, Madrid.
- 3 - Mechanics of vehicles.
J. J. Taborek.
Penton Publishing CO., Cleveland.
- 4 - Fundamentos de diseño del automóvil.
C. Szcepaniak.
Ed. C.E.C.S.A., México.
- 5 - Probabilidad y estadística para ingenieros.
I. Miller y J. Freund.
Ed. Roverte., México.
- 6 - El automóvil de gasolina moderno.
V. Page.
Ed. Labor., Barcelona.
- 7 - Potencia, par motor y rendimiento de motores.
A. Guadilla.
Ed. C.E.A.C., Barcelona.

- 8 -Entrenamiento técnico avanzado- Transejes automáticos.
Chrysler de México S. A. de C. V., Toluca.
- 9 -Design of single-stage, three-element torque converter.
V. J. Jandasek.
Ford Motor Company, Detroit.
- 10 -Aplication of hydrodynamic drive units to passenger
car automatic transmissions.
E. W. Upton,
General Motors Corp., Detroit.
- 11 - Meteorología.
W. Trabert.
Ed. Labor., Barcelona.