

33 870115

24

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

"PROYECTO DE UN AUTODROMO F-1  
EN GUADALAJARA"

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

**DANIEL TESSIER ACEDO**

GUADALAJARA, JAL.,

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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.

## CAPITULOS

- 1) ANTECEDENTES
- 2) CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS DEL AUTO  
FORMULA UNO.
- 3) LOCALIZACION, TRAZO PRELIMINAR Y DEFINITIVO
- 4) CALCULO DE SUBRASANTE Y CURVA MASA
- 5) DRENAJE
- 6) MATERIALES PARA TERRACERIAS, SUB-BASE Y BASE
- 7) CALCULO DEL PAVIMENTO
- 8) INFRAESTRUCTURA (Graderfas, estacionamiento, -  
seguridad)
- 9) VOLUMENES DE OBRA
- 10) BIBLIOGRAFIA

C A P I T U L O 1

ANTECEDENTES

## ANTECEDENTES

### El Automóvil y su desarrollo técnico:

El automóvil es hoy un producto tan de nuestra época -- que estamos muy propensos a considerar que siempre existió y además en su forma actual.

Es solamente al final del siglo pasado que aparecieron los primeros prototipos de vehículos animados por motores de petróleo. Es interesante notar que son hombres de sentido común y no siempre ingenieros los que en esta época aportan a este nuevo método de locomoción sus más grandes progresos. - El marqués de Dion, Gottlieb DAIMLER, Carl BENZ, Henry FORD, Louis RENAULT, Ettore BUGATTI que tanto han contribuido a -- los progresos de la técnica automotriz, en sus inicios no -- eran ingenieros.

Es justo reconocer que la evolución se hizo en gran --- parte bajo el efecto de las competiciones deportivas que pasaron a ser numerosas a principios del siglo, y desempeñaron sobre la construcción automotriz una influencia considerable.

Era la época donde el ingeniero intervenía a veces para el cálculo y diseño de ciertos órganos de vehículos, pero --

donde la estabilidad en carretera, suspensión, frenaje, aerodinámica, salida de gases, fenómenos de combustión, etc. escapaban a toda investigación científica. Antes de perfeccionar el automóvil había que hacerlo viable, práctico y robusto al concentrar los esfuerzos sobre los órganos esenciales a su funcionamiento con riesgo de descuidar el conjunto en favor de los detalles.

Es entre 1906 y 1912 que el ingeniero empezó a ejercer su influencia en la concepción general de vehículos. Casi todos los grandes progresos en la historia del automóvil han sido realizados en Europa, pero cuando pasó a ser vital en las plantas europeas fabricar coches a razón de varios centenares por día, el Viejo Continente miró hacia los Estados Unidos.

Es en el período comprendido entre las dos guerras mundiales que el automóvil ha pasado de la fase de la chapucería inventiva a la de una máquina científicamente estudiada y fabricada.

Si algunos coches de carreras de antes de 1914 dejaban prever la evolución ulterior de la técnica automotriz, es sólo después de 1919 que el automóvil logró un grado de perfeccionamiento suficiente para integrarse como un elemento básico de la civilización moderna.

Es en esta época que fueron adaptados, por primera vez, los frenos sobre las ruedas delanteras que desde 1924 se generalizan y contribuyen a la seguridad del automóvil. La -- puesta en práctica de los frenos en las ruedas delanteras -- permitió reducir, por lo menos en un 60 por ciento, la dis-- tancia de frenar a partir de una velocidad determinada. Para -- lealmente a estos trabajos se desarrollaron servofrenos mecã -- nicos puestos en movimiento por la transmisión como los de -- Louis RENAULT o RollsRoyce.

Un poco antes de la Primera Guerra Mundial apareció el sistema de arranque eléctrico y en 1928 aparecieron las primeras cajas de velocidades provistas de un dispositivo de -- sincronización. Este dispositivo que simplificaba enormemente la maniobra del cambio de velocidades se generalizó rápida -- mente mientras que aparecían las primeras cajas de velocidades con un piñón silencioso de tala helicoidal.

La técnica del motor registró progresos rápidos bajo la influencia de trabajos de laboratorio. Estos progresos se re -- flejan por la comparación de la potencia específica de los -- motores de los coches triunfadores en el GRAN PREMIO de la -- ACF (Automóvil Club de Francia). En 1906 el Renault vencedor desarrollaba 90 HP con un motor de 13 lt. de 4 cilindros, o sea 7.6 HP por litro. En 1923 el coche ganador desarrollaba 102 HP con 2 litros de cilindrada, o sea 51 HP por litro. Es -- ta comparación basta para entender el desarrollo acelerado --

que tuvo el automóvil a principios de siglo, tomando como último punto de comparación los motores Renault Fórmula Uno que desarrollaron más de 500 HP por litro.

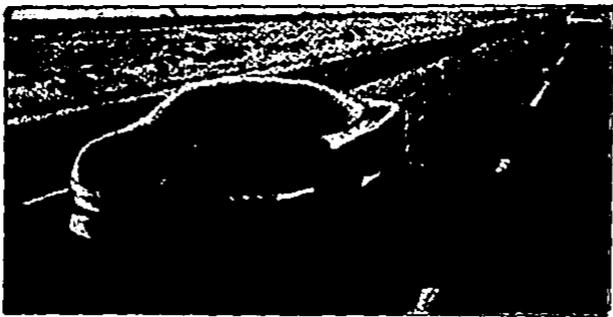
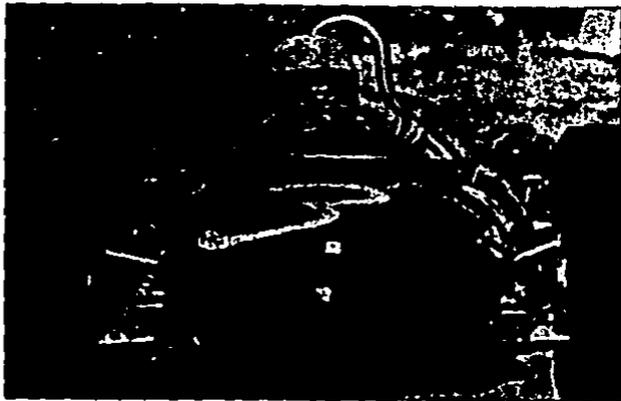
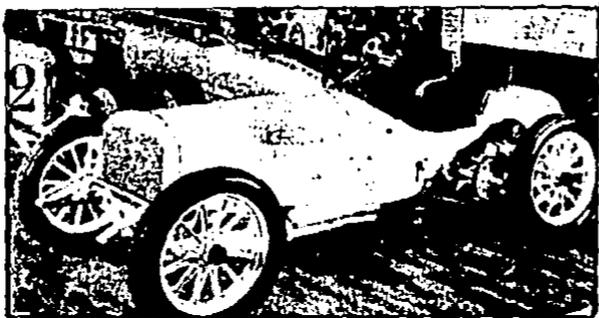
Respecto a las carrocerías las formas exteriores han conocido una transformación espectacular. Es hacia 1923 que -- los fabricantes de coches de carreras se preocuparon, por -- primera vez, de la incidencia importante de la resistencia - aerodinámica en el balance energético de un coche.

Progresos numerosos se realizaron fuera de las plantas automotrices por los proveedores. Dentro de los más importantes han sido los de la industria hulera; los progresos en este campo redundaron siempre en mejor estabilidad en carretera, en confort, en disminución de los pinchazos.

La evolución de los aparatos de encendido y de los carburadores aportó más flexibilidad y reducción de consumo de combustible. La industria petrolera ha creado carburantes resistiendo a la detonación, permitiendo así el aumento del indice de compresión.

Hoy, tenemos la impresión que la técnica automotriz entró en una fase donde los progresos no son tan rápidos. Todo progreso sigue una curva asintótica tendiendo cada vez más - lentamente hacia una perfección nunca alcanzada.

Sin embargo el progreso no se detiene, la industria automotriz explora nuevos campos: materias plásticas, nuevos metales y el nuevo reto de la introducción de la electrónica en los coches del futuro cercano.



### Autódromos y circuitos:

Las primeras carreras automovilísticas, protagonizadas por los héroes de nuestros abuelos, se celebraban entre ciudad y ciudad. Los participantes salían de una capital ante un público que, salvo en casos de retorno al punto de partida, ya no los volvería a ver más durante aquella competencia; seguían un itinerario previsto de antemano y controlado mediante una serie de puntos de paso obligatorios y llegaban finalmente a la meta situada en otra ciudad, donde eran recibidos por otra multitud que apenas estaba informada de cómo iban las cosas. Naturalmente el itinerario resultaba imposible de controlar en su totalidad; se cruzaban pueblos y aldeas, y el anecdotario de la carrera se nutría con el más variado pintoresquismo.

Borradas de la faz de la tierra, las carreras entre ciudades, los entusiastas organizadores de la "Belle Epoque" -- optaron por celebrarlas en circuitos cerrados consistentes en tramos de carreteras provisionalmente cerrados al tráfico por obra y gracia de la autoridad y empalmados para formar un recorrido donde los pilotos pudieran lanzar sus posibilidades y el público contemplar su paso varias veces. Se trataba, no obstante, de circuitos larguísimo, naturalmente sin asfaltar, y en ocasiones tan pintorescos o más que las carreteras entre ciudades. Como ejemplo, la de la "Grande Madonne", escenario de las primeras Targa Florio a partir de --

1906, recorría 148.8 Km., a través de las montañas vecinas - a la costa noroeste de Sicilia, en las que los bandidos, escopeta en mano, detuvieron más de una vez a los participantes para aligerarlos de cuantos objetos de valor llevaban encima.

La longitud de estos primitivos circuitos, sobre los -- cuales se instalaron ya los primeros pits, parques de trabajo y tribunas para espectadores, era a todas luces excesiva. De modo que, paralelamente a la mejora de su acondicionamiento y de su asfaltado, su longitud se fue reduciendo hasta cotas más razonables y acordes con los deseos del público de -- ver pasar los autos con mayor frecuencia.

Puede decirse que el criterio de circuito moderno, con instalaciones adecuadas, entorno turístico e infraestructura hotelera para el público, quedó sentado durante los años 20. Pero a la par que estos circuitos naturales iban naciendo, -- como resultado de la debida adecuación de los larguísimo -- circuitos de antaño a las exigencias reales de la competición automovilística en continuo progreso y popularización, otro criterio iba cobrando fuerza: el de los autódromos y -- circuitos permanentes, calculados pura y exclusivamente como pista de pruebas, en las que dentro del espacio mínimo indispensable, se procuraba construir todo tipo de curvas, peraltes, virajes de radio constante y variable, y demás accidentes prácticamente imposibles de encontrar reunidas en los --

relativamente pocos kilómetros de un circuito natural. Y así fue como sucesivamente fueron naciendo: Brooklands de Inglaterra (1907), Indianápolis en Norteamérica (1910), Monza en Italia (1922), y Monthéry en Francia (1924).

Este tipo de circuitos no gozaron de gran popularidad - en Europa, donde constructores, pilotos y espectadores prefirieron siempre los circuitos naturales o bien, aquellos --- otros cuya artificialidad no era de orden técnico, sino geográfico-urbanístico: los circuitos urbanos, tales como Mónaco, Pau, Marsella o Pedralbes, de los cuales sólo Mónaco y - Pau han logrado sobrevivir hasta nuestros días. (Si bien los americanos, en su desmesurada ansia de tenerlo todo en casa, inauguraron en 1975 en Long Beach, una réplica bastante fiel del circuito monegasco).

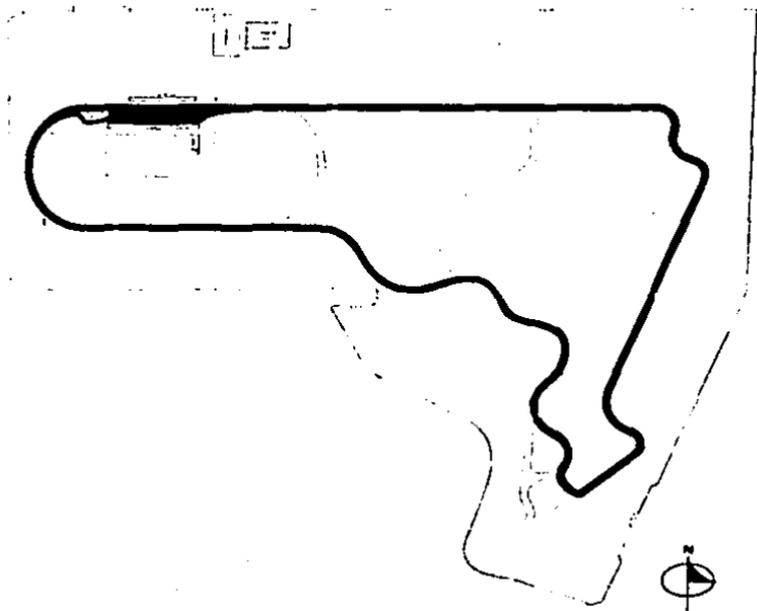
Los circuitos naturales, con la pista serpenteando entre bosques y colinas, rozando muros de piedra y cercas de - fincas rústicas, bordeada, en ocasiones de postes telegráficos y pretiles de contención, poseen un encanto insuperable. Pero es preciso reconocer que el punto de vista de los pilotos cuyos autos alcanzan los 300 KPH, mientras pasan rozando a todos los elementos de este decorado natural, es forzosa-- mente mucho más realista que el del aficionado. Si se produce un fallo mecánico en la recta, el piloto debe disponer de cierto terreno despejado que le garantice posibilidades de salir ileso del lance. Por este motivo, los circuitos natural

les de corte clásico han ido perdiendo, a partir de 1965, -- parte de su carácter de naturales y, en buen número de ca--- sos, han dejado de ser utilizados.

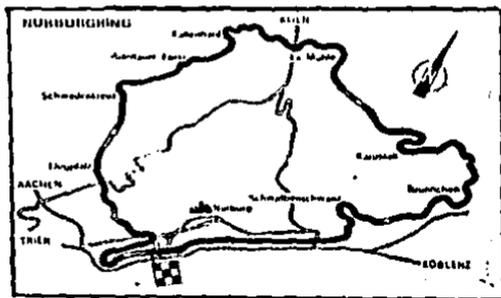
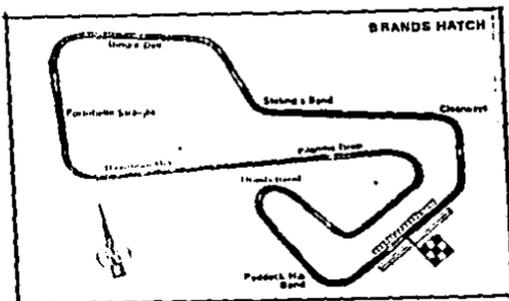
A nivel de Gran Premio de Fórmula Uno han ido desapareciendo del Campeonato del Mundo de Conductores escenarios ta les como Reims, Spa, Clermont-Ferrand, Montjuich y otros, -- viéndose el propio Hurburgring, "Santuario de circuitos" y - "circuito de maestros", constantemente amenazada, boicotea-- do en 1970 y recuperado al año siguiente tras cuantiosas y - múltiples reformas en su trazado.

En el caso de nuestro circuito planeado para construirse en la ciudad de Guadalajara, corresponde a la necesidad - de aprovechar la belleza e infraestructura turfstica de la - ciudad, al igual que el aprovechar una gran extensión de tie rra destinada una pequeña parte al cultivo del maíz, activi-- dad que está desapareciendo, y la gran parte de terreno des-- tinada para tiradero de basura; esta última actividad crea - focos de infección, afea el ingreso a la ciudad y degrada el ambiente.

Una de las ventajas del circuito consiste en la excelen te ubicación y por lo mismo cuenta con vías de comunicación rápidas y modernas. Se tratará de que el circuito tenga las características de los mejores del mundo para ofrecer al afi-- cionado nacional e internacional las mejores instalaciones.

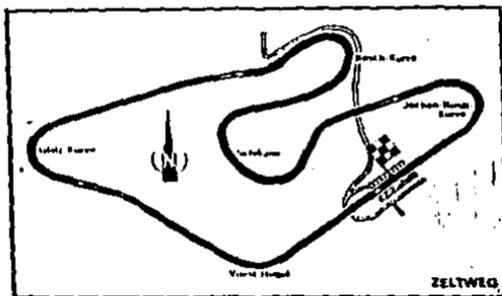
**CIRCUITOS INTERNACIONALES PARA FORMULA UNO.****GRAN PREMIO DE MEXICO (AUT. HERMANOS RODRIGUEZ) MEXICO, D.F.**

## G. P. INGLATERRA



## G. P. ALEMANIA

## G. P. AUSTRIA



**E S P E C I F I C A C I O N E S**

(Traducido del reglamento de la FISA, Federación Internacional de Automovilismo).

## RESUMEN DE ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE UN AUTODROMO

(Resumido del reglamento de la FISA, Federación Internacional de Automovilismo).

- 1.- Existe un valor mínimo absoluto de 9 metros para la anchura de cualquier pista. Pero si las velocidades varían se tomarán los datos de la tabla siguiente:

VELOCIDADES KPH	ANCHO MINIMO DE PISTA MT
ENTRE 200 y 250	10.00
250 y 300	11.00
MAS DE 300	12.00

Debe tomarse como "pista" a la zona asfaltada donde rodarán los vehículos únicamente.

Nunca se deberá superar los 15.00 metros de anchura, por lo que si la banda de asfalto tiene una anchura superior, se delimitará una franja de 15.00 metros de anchura mediante líneas a lo largo del tramo en que ello ocurra.

- 2.- Todo aumento en la anchura de la pista, así como los eventuales estrechamientos, deberán tener forma progresiva, sin que se supere el valor de 1.00 metro de variación por cada 20.00 metros de longitud de pista.

- 3.- Las pendientes máximas autorizadas son del 20 por ciento en los ascensos y del 10 por ciento en los descensos.
  
- 4.- La longitud mínima que debe tener una pista de carreras varía según el tipo de pruebas a celebrar. Deberá estar de acuerdo con los puntos anteriores.  

Una vez cumplido este requisito, la autoridad competente (FISA) puede aplicar un segundo criterio para determinar si la longitud del circuito es adecuada a las velocidades que se espera vayan a alcanzar los autos. Dicho criterio es el siguiente:
  
- 5.- Las curvas deben ir señalizadas desde distancias de -- 300, 200 y 100 metros antes de su inicio mediante paneles de dimensiones bien reglamentadas.  

Teóricamente, el conductor debe tener visibilidad clara y constante sobre una distancia igual a la del frenado de su vehículo, sea cual sea su velocidad.
  
- 6.- Cada 500 metros como máximo, debe existir un puesto de control, aunque lo normal es que cada uno de ellos esté ubicado a la vista del anterior y del siguiente.
  
- 7.- En los puestos de control debe existir un material obligatorio que consta de: un comisario de pista, señalizadores y miembros de la organización, teléfono, banderas, cemento en polvo y escobas para eliminar el aceite y extintores portátiles de mediano tamaño.

- 8.- Bordeando la pista, deben existir arcenes (terraple--nes) de 3.00 metros de anchura y distinto material que el de la calzada, entrando en contacto con ella mediante bordillos biselados suaves. Cuando, por causas de fuerza mayor (puentes, edificios, etc), no sea posible construir arcenes de tal anchura, se procurará que, --por lo menos, tenga 1.00 metro.
- 9.- Fuera de los arcenes y como primeros elementos de seguridad externa, se debe contar con la instalación de te las metálicas, sujetas por postes de madera de determinado diámetro y resistencia mecánica, destinadas a retener los vehículos descontrolados con la mayor suavidad posible.
- Si la zona despejada es lo suficientemente amplia, estas redes son suficientes; si no, se recurre al rail de seguridad. Cuando el entorno del circuito no permite disponer áreas despejadas a los lados, se recurre -lisa y llanamente al rail, que en su altura, puede ser doble, triple o incluso cuádruple.
- 10.- El público, situado a un nivel igual o superior al de la pista, se debe hallar separado de ésta por medio de vallas protectoras de tela metálica reforzada con cables de acero y de 2.00 metros de altura que eviten la proyección de cualquier elemento desprendido en caso de accidente.

- 11.- Los pits o zona de trabajo de los equipos durante los entrenamientos y la carrera, deben tener como mínimo - 4.00 metros de largo, y la pista de desaceleración que lo recorre, una anchura de 8.00 metros (6.00 mts para los circuitos ya existentes antes del 1 de enero de -- 1975). Es obligatorio a los nuevos circuitos, y se -- aconseja en los antiguos, instalar una chicane o "ese" deceleradora a la entrada de pits.
  
- 12.- Se recomienda en los circuitos modernos construir una pista de servicios paralela a la de competición en toda su longitud, por la que puedan circular a relativa velocidad los coches de bomberos, ambulancia, etc. así como caminos directos que permiten acudir con rapidéz de un punto a otro y de cualquier zona a la dirección de carrera.

Antes de entrar en servicio, todo circuito tiene que - ser inspeccionado por una comisión de técnicos de la FISA y una vez en funcionamiento, ha de ser inspeccionado periódica mente por comisiones mixtas de pilotos, constructores y técnicos de la FISA que velen por su mantenimiento en condiciones y sugieran o exijan las modificaciones para seguir estando acorde con la reglamentación vigente.

- 13.- Se deberá contar con letreros portátiles para informar al piloto de su posición, tiempo, número de vueltas, - etc. siendo esta responsabilidad por parte de los equipos correspondientes.

Las palabras mas usuales son las siguientes:

APELLIDO DEL PILOTO: Ejemplo: BERGR, PIQ, MANS, etc.



(flecha) : entrada a pits.

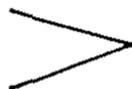
TYRE : llantas (cambio)

G BOX : caja velocidades

P : posición

L : vuelta (Lap)

Números del 0 al 9



distancia delante o atrás del -  
piloto informado con respecto -  
de otro.

Ejemplo de letrero en prácticas

80 cm			
P	1		
2	0	.	56
PROST			
MIN	7		

80 cm

posición 1

tiempo de 1 vuelta (seg,dec,  
cent)

apellido piloto

minutos restantes de práctica

Ejemplo de letrero durante carrera

80 cm			
P	2		
2	0	.	56
BERGR+1			
MANS	-7		

80 cm.

posición 2

tiempo de 1 vuelta

pilotos contra los que está  
compitiendo y distancia en seg.

El piloto no puede leer todos los renglones por la alta velocidad que lleva, por lo que escoge leer uno o dos renglones solamente. Los letreros serán negros y las letras amarillo fosforescente.

14.- En los puestos oficiales deben existir las banderas siguientes:



AMARILLA: Indica peligro, disminuir la velocidad y no rebasar.



NEGRA: Indica al piloto parar en la siguiente vuelta al circuito.



ROJA: Sólo es mostrada por el director de la carrera e indica que ésta debe pararse totalmente.

BLANCA: Presencia de un vehículo, ambulancia, bomberos, carro de servicio, que se desplaza a menor velocidad.



FRANJAS ROJAS CON AMARILLO: Indica la presencia de agua o aceite en la pista.



AZUL: Indica al piloto que será rebasado por uno o más vehículos que circulan a mayor velocidad.



BLANCA CON NEGRO: Para amonestar a un piloto por conducta antideportiva.



**VERDE:** Indica a los competidores que todo está en orden y la pista está libre.



**NEGRA CON CIRCULO ROJO:** Para notificar a un piloto que tiene problemas mecánicos.

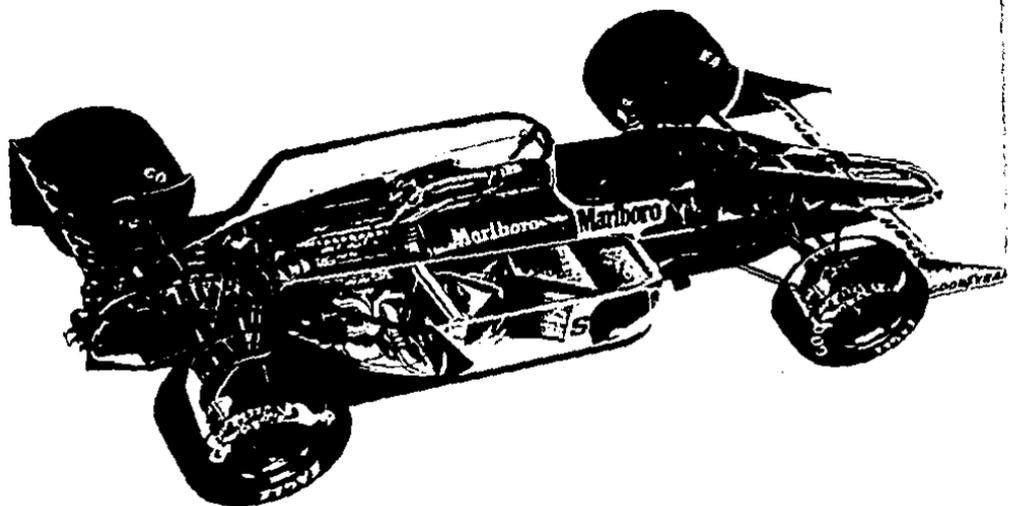


**CUADROS BLANCOS Y NEGROS:** Marca la meta de la competencia.

C A P I T U L O    2

CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS  
DEL AUTO FORMULA UNO

---



AUTOMOVIL MARLBORO MP 4/3 TAG-TURBO MODELO 1987  
(Tomaremos las características de este auto como representa-  
tivo).



MOTOR DEL AUTO MARLBORO HP 4/3 TAG-TURBO



TABLERO DE INSTRUMENTOS DE CUARZO INDICADOR DEL COMBUSTIBLE Y DEL KILOMETRAJE AVANZADO.

ESPECIFICACIONES TECNICAS MARLBORO MP 4/3 TAG-TURBO

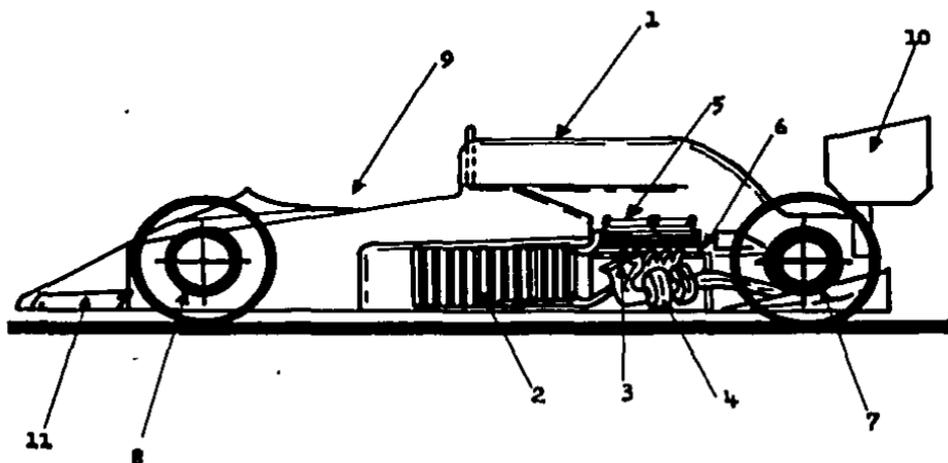
MOTOR TIPO:	Tag Turbo P01
ACEITE:	Shell
BUJIAS:	Bosch
INYECCION/ ENCENDIDO:	Bosch
CAJA DE CAMBIOS:	McLaren Internacional 6 veloci- dades.
CONSTRUCCION DEL CHASIS:	Fibra de carbono/nido de abeja.
SUSPENSION DELANTERA:	Barra de torsión inboard operan- do sobre tirantes. Muelle inboard.
EJE DE TRANSMISION:	McLaren Internacional
EMBRAGUE:	Borg/Beck de doble disco con -- diafragma.
CONTROLES DE SUSPENSION:	Bilstein
RINES:	13"
ANCHURA DE LLANTAS:	Delantera: 305 mm trasera: 419 mm
NEUMATICOS:	Goodyear
FRENOS:	Calipers en carbono SEP
DIRECCION:	McLaren Internacional de crema- llera y piñón de rueda dentada.
RADIADORES:	Agua: McLaren/Secan Aceite: McLaren/Decan Intercambiadores: McLaren/Secan
DEPOSITO DE ACEITE:	Integrado al cárter de transmi- sión
DEPOSITO DE COMBUSTIBLE:	ATL revestido con Kevlar.

<b>CAPACIDAD COMBUSTIBLE:</b>	195 litros
<b>BATERIA:</b>	Yuasa 12 voltios
<b>INSTRUMENTOS:</b>	Bosch
<b>DIMENSIONES:</b>	Entre eje delantero: 2,768 mm Vía trasera: 1,676 mm
<b>PESO:</b>	540 kg

#### ESPECIFICACIONES MOTOR TAG-TURBO P01

<b>MOTOR:</b>	V6 a 90° 86 x 42.8 mm 1,492 cm <sup>3</sup>
<b>ALIMENTACION:</b>	2 turbo-compresores, inyección regulada electrónicamente
<b>ENCENDIDO:</b>	Electrónico
<b>PESO:</b>	160 kg con arrancador neumáti- co, embrague y sistema de sub- alimentación.
<b>REGIMEN MAXIMO:</b>	12,000 rpm
<b>POTENCIA:</b>	600 a 750 caballos de fuerza.

## PARTES GENERALES DEL AUTO FORMULA UNO



- 1.- CAPOTE
- 2.- MODIFICADOR O CAMBIADOR (TURBO)
- 3.- y 4.- TURBO Y SU TOMA DE AIRE
- 5.- CAJA ELECTRONICA
- 6.- BLOQUE DEL MOTOR
- 7.- EJE TRASERO
- 8.- EJE DELANTERO
- 9.- CABINA
10. ALERON TRASERO
11. ALERON DELANTERO

C A P I T U L O 3

LOCALIZACION, TRAZO PRELIMINAR Y DEFINITIVO

La pista se ubicará en una extensión de terreno cuya principal característica es que se trata de un anfiteatro natural, condición ideal para este proyecto.

La localización del terreno es al Oeste de la ciudad - de Guadalajara, entre la carretera a Tequila y el Anillo Periférico, como se muestra en la carta adjunta.

Para el trazo de la pista se tomarán en cuenta las características propias del terreno para realzar la belleza natural del mismo y así poder lograr que el circuito no sea -- aburrido para pilotos y espectadores.

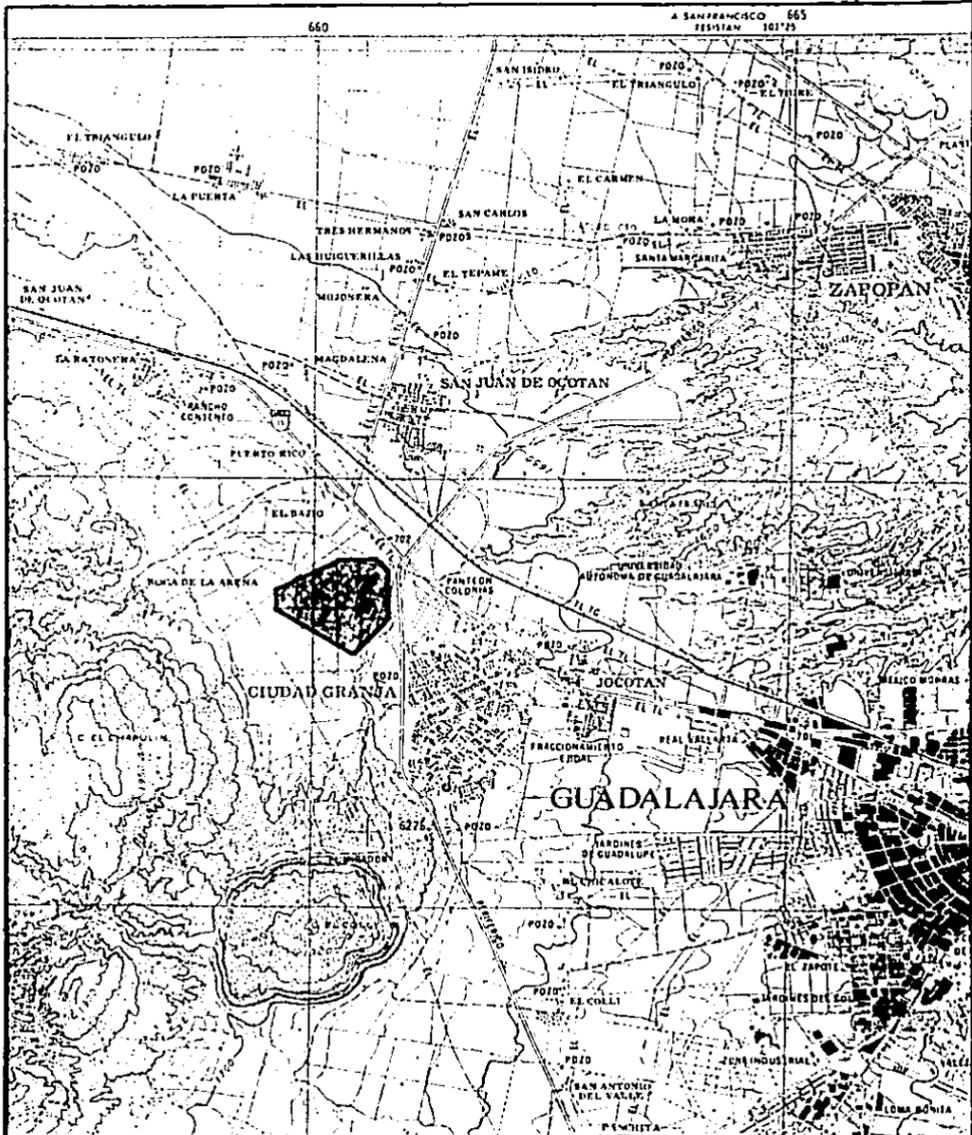
En cuanto al diseño de la pista, ésta tendrá un poco - de todos los demás circuitos famosos por su dificultad, por ejemplo una recta larga, varias curvas horizontales seguidas, chicanas o eses, etc. Una de las características más importantes de este circuito es el hecho de que el terreno natural es casi horizontal en su totalidad, con muy pocos o -- ningún desnivel, por lo que las curvas verticales serán nulas, permitiendo así una perfecta visibilidad por parte de - los pilotos y sus equipos de todo el circuito.

Este tipo de circuitos es muy codiciado por los pilotos y espectadores, además de permitir mayor eficiencia por parte de los autos teniendo como antecedente la altura sobre el nivel del mar.

El suelo en esta zona está formado por Roca Sedimentaria de tipo Arenisca de permeabilidad alta y media.

660

A SAN FRANCISCO 665  
ESTIEN 10175



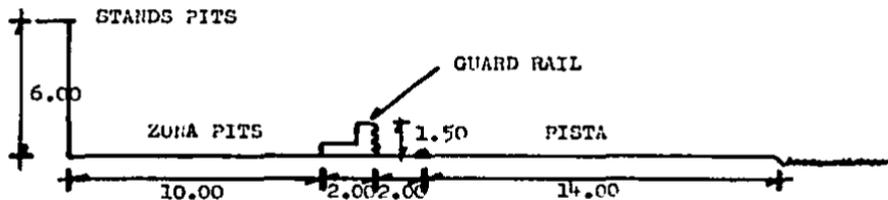
## TRAZO PRELIMINAR Y DEFINITIVO:

El terreno tiene características muy especiales, como el hecho de tener el mismo nivel en gran parte de su extensión, obedeciendo al hecho de que se trata de un vaso lacustre que formaba parte de la Laguna de Chapala, siendo ésta de un tamaño extraordinario en épocas pasadas, y también obedece a que se trata de terrenos agrícolas que aprovechando la fertilidad del lugar y su horizontalidad fueron nivelados (los pocos desniveles que existían) para el cultivo del maíz.

Hecho el trazo preliminar pasamos a calcular las curvas del circuito (horizontales), ya que no habrá verticales por disposición del proyecto. Tenemos 16 curvas en el circuito, siendo 10 a la derecha y 6 a la izquierda. La zona de pits y las pistas auxiliares se tratarán por separado de la pista principal aún cuando forman parte de ésta, teniendo en cuenta lo siguiente para los pits:

## SECCION: PITS - PISTA

acotaciones: metros  
escala: 1: 200



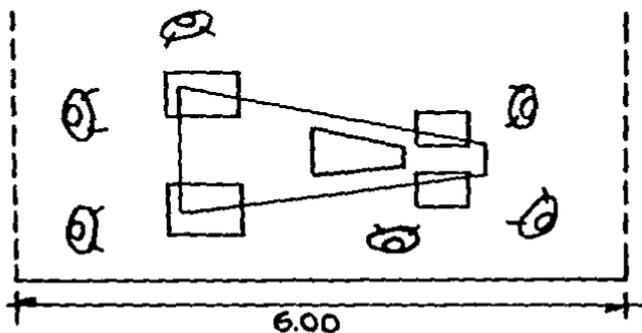
## CRITERIO PARA EL DISEÑO DE LA LONGITUD DE LOS PITS.

Tomando en cuenta que el automóvil F-1 mide en promedio 2.900 mt y requiere de un mínimo de espacio de 1.50 mt - de cada lado para su servicio, y tomando como extremo la cantidad de 40 vehículos compitiendo tenemos:

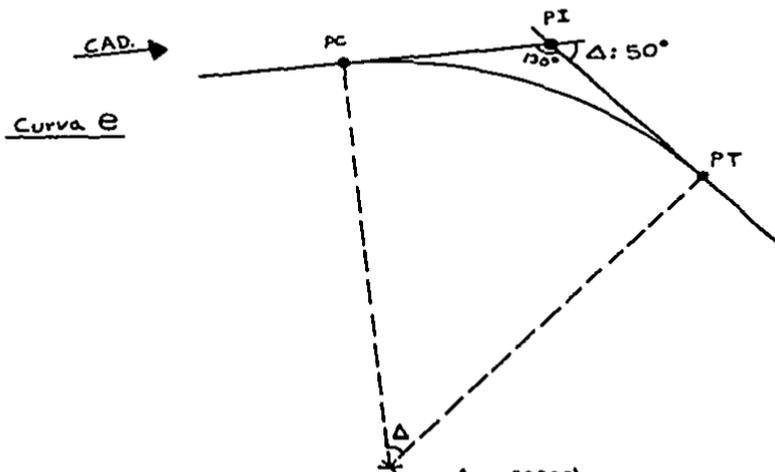
$$6.00 \text{ mt /auto} \times 40 \text{ autos} : 240.00 \text{ mt.}$$

Esto en el supuesto de que entren a zona de pits la mayoría de vehículos y se les de mantenimiento al mismo tiempo.

Se pretende que ésta pista tenga las mayores facilidades para los pilotos y sus equipos.



Cálculo de una curva que ejemplifica el procedimiento seguido en todas las curvas horizontales del proyecto:



P.C.	: 1 + 596.07
P.T.	: 1 + 753.14
P.I.	: 1 + 680.00
$\Delta$	: 50°00' DER.
S.T.	: 83.93 mt.
L.C.	: 157.07 mt.
G.	: 6° 22'

$$\begin{aligned} \Delta &: 50^{\circ}00' \\ R &: 180 \text{ mt} \\ ST &: R \operatorname{tg} (\Delta/2) \\ &: 180 \operatorname{tg} (25^{\circ}) \\ &: 180 (0.46631) \\ \underline{ST} &: 83.93 \text{ mt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{Sen} G/2 &: 10/R \\ &: 0.055 \\ \underline{G} &: 6^{\circ} 22' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Como } G > 10^{\circ} \quad C &: 20 \text{ mt.} \\ \text{y } R > 100 \text{ mt.} \quad LC &: \Delta/G \times 20 \\ \# C : \Delta/G &: 50/6 : 8.333 \\ \underline{G'} &: 0^{\circ} 22' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SC &: 2R \operatorname{Sen} (G/2) \\ &: 360 \operatorname{Sen} (0^{\circ} 11') \\ &: 360 (0.00320) \\ \underline{SC} &: 1.152 \text{ mt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LC &: \Delta/G \times 20 \\ &: (50/ 6.366) 20 \\ LC &: 157.07 \text{ mt} \end{aligned}$$

**SOBREELEVACION:**

La sobreelevación (Peralte) es la inclinación que se requiere para neutralizar el exceso de fuerza centrífuga que no se contrarresta por la fricción entre la pista y las llantas.

Los rangos de sobreelevación mayores varían con la localización geográfica y el tipo de zona, urbana o rural. Estos rangos también son controlados en alto grado por las condiciones climatológicas, como la probabilidad de lluvia, nieve o hielo.

Así como para el cálculo de una curva el radio está relacionado directamente con el grado de la curva "G", la sobreelevación está íntimamente ligada con el radio y el grado de curvatura; por medio de una gráfica entrando con el radio y la curvatura obtenemos la sobreelevación requerida, pudiendo utilizar una tabla obtenida de la gráfica mencionada donde se facilita la obtención de la sobreelevación, siendo el método utilizado en esta tesis.

Se fijó como mínimo para la sobreelevación el 2% por ser este porcentaje el mismo del bombeo aplicado para la corona de la pista.

Para efectuar la sobreelevación, se gira la sección --

alrededor del eje del camino, bajando la media sección del lado de adentro de la curva y subiendo la media sección correspondiente a la parte exterior.

En el capítulo siguiente se muestran secciones de construcción con su sobreelevación determinada.

La tabla y la lista de sobreelevaciones para cada curva se presentan en la página siguiente:

SOBREELEVACIONES	
GRADO DE LA CURVA	SOBREELEVACION EN %
2°	2.0
2°30'	4.0
3°	6.0
3°30'	7.4
4°	8.5
4°30'	9.3
5°	10.0
5°30'	10.6
6°	11.0
6°30'	11.4
7°	11.7
8°	12.3
9°	12.6
10°	12.8
En adelante	12.8

CURVA	GRADO CURVA	SOBREELEVACION EN %
a	2°	2.0
b	14°22'	12.8
c	7°40'	12.0
d	5°44'	10.8
e	6°22'	11.0
f	14°22'	12.8
g	16°10'	12.8
h	14°22'	12.8
i	6°22'	11.0
j	15°44'	12.8
k	4°50'	10.0
l	7°40'	12.0
m	7°40'	12.0
n	11°30'	12.8
o	14°22'	12.8
p	6°22'	11.0

C A P I T U L O 4

CALCULO DE SUBRASANTE Y CURVA MASA

## CALCULO DE SUBRASANTE

Teniendo ya dibujado el perfil del terreno se procede a proyectar la subrasante, compuesta por líneas rectas que son las pendientes y unidas por arcos de curvas parabólicas verticales; dichas curvas verticales se les llama cima si es cóncava hacia abajo y columpio si es cóncava hacia arriba.

En nuestro caso se pretende que la pista sea totalmente horizontal sin la intervención de curvas verticales ni pendientes, ya que el terreno se presta para este tipo de pista por sus desniveles casi nulos por tratarse de un lecho lacustre seco.

El drenaje se solucionará dando pendiente transversal del 2% a la pista y con otros elementos que se tratarán en el capítulo 5 de esta tesis.

Para facilidad y simplificación de cálculo se obtendrán las secciones de construcción y la curva masa únicamente de la pista principal, siendo estos calculados de la misma manera para las pistas auxiliares.

Vamos a manejar un nivel general de la pista de 1649.00 mt SNM; nos auxiliaremos de la curva masa para conocer los cortes y terraplenes necesarios.

Como antecedente tenemos la pista de Silverstone en -  
Inglaterra que fue construida en un antiguo aeródromo, por -  
lo que la pista es horizontal, siendo un punto favorable pa -  
ra los pilotos y sus vehículos ya que se alcanzan grandes ve -  
locidades.

## CURVA MASA

La curva masa es un diagrama en el cual las ordenadas representan volúmenes acumulativos de las terracerfas y las abcisas el cadenamamiento correspondiente.

Para la determinación de los volúmenes acumulativos - se consideraron positivos los volúmenes de corte y negativos los volúmenes de terraplén. Se suman los volúmenes de corte y se restan los volúmenes de terraplén.

En el proyecto de la curva masa se siguió la secuela que a continuación se describe:

Después de haberse proyectado la subrasante, se determinaron en cada estación y en los puntos que lo ameritaron - (PC y PT) los espesores en los cortes y terrapienes. En las secciones de construcción y con los espesores correspondientes se dibujaron la plantilla de corte o de terraplén con -- sus taludes para cada tipo de terreno.

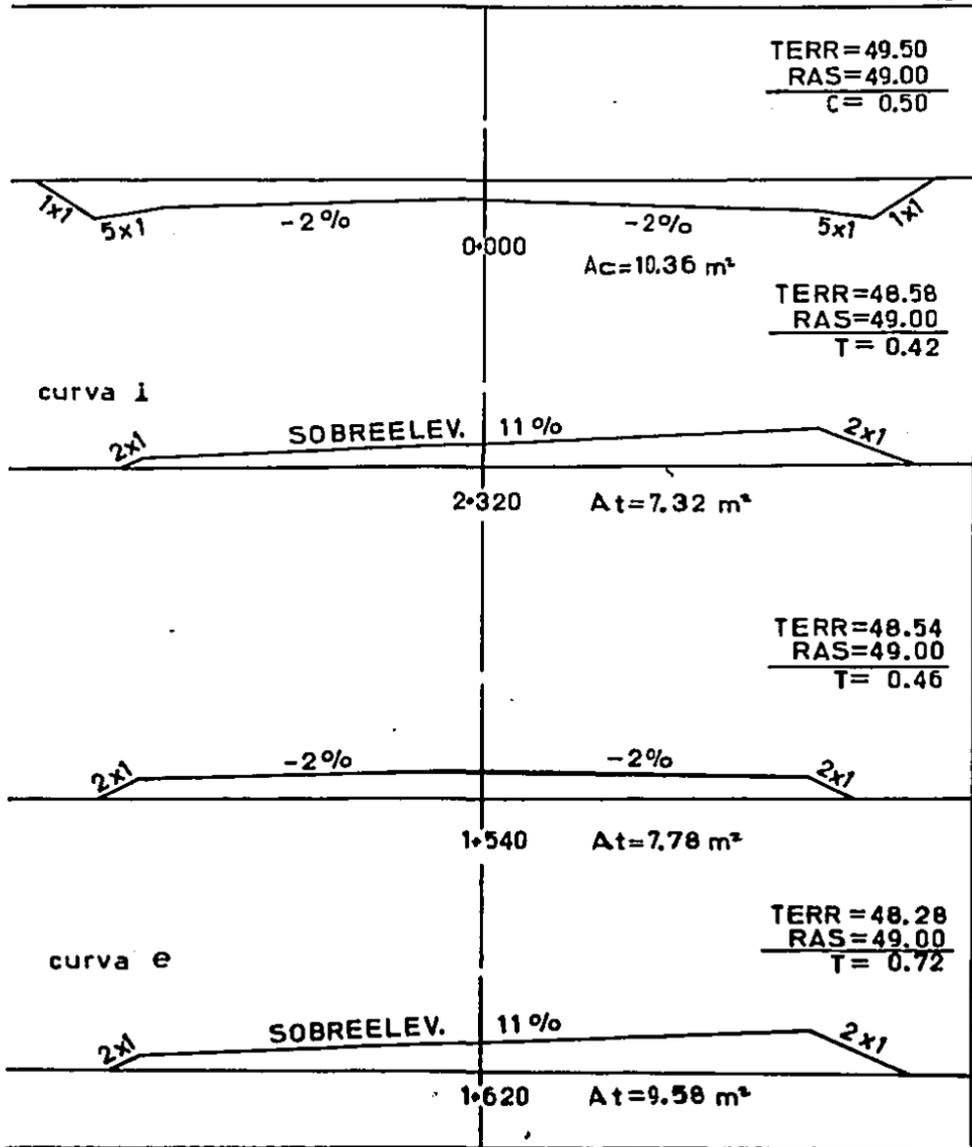
Se calcularon las áreas y los volúmenes y con el coeficiente de abundamiento se determinaron los volúmenes abundados, se suman algebraicamente los volúmenes de corte y terraplén y se dibuja la curva masa con los valores anteriores.

### Propiedades y características de la Curva Masa

- 1.- La curva masa es ascendente hacia la derecha cuando -  
representa un corte.
- 2.- La curva masa es descendente hacia la derecha cuando  
representa un terraplén.
- 3.- Los máximos de la curva masa son puntos de paso de --  
corte a terraplén.
- 4.- Los mínimos de la curva masa son puntos de paso de te  
rraplén a corte.
- 5.- Cualquier línea horizontal que corte una cima o un co  
lumpio de la curva masa marca los límites de corte y  
terraplén que se compensan. A esta línea se le llama  
compensadora; entre más veces cruce la línea compensa  
dora la curva masa, mejor compensado está el tramo.
- 6.- Los cortes que en la curva masa quedan arriba de la -  
línea compensadora se mueven hacia adelante y los cor  
tes que quedan abajo de la línea compensadora se mue-  
ven hacia atrás.

A continuación se muestran algunas secciones de cons-  
trucción con sus áreas respectivas de corte y terraplén como  
muestra de las demás secciones, y se muestra el registro de  
la Curva Masa.

SECCIONES DE CONSTRUCCION Y SOBREELEVACIONES 43



CAMINO PISTA P-1  
TRAMO \_\_\_\_\_

## CURVA MASA

HOJA N° 1  
DE KM 21000 A KM 21510

ESTACION	ELEVACION.		ESPESOR		AREAS		A, +A <sub>1</sub>		SEM DIST	VOLUMEN		CABUM		VOLS. AB.		VOLS. AB. +(C) -(T)	ORDENADA
	TERR	RAS.	C	T	C	T	C	T		C	T	C	T	C	T		
0+000	49.50	49.00	0.50	10.36													20,000.00
0+020	49.50	49.00	0.50	10.36			20.72	10.00	207.20	1.15	238.28	238.28					20,238.28
0+040	49.49	49.00	0.49	10.20			20.56	10.00	205.60	1.15	236.49	236.49					20,474.72
0+060	49.48	49.00	0.48	10.03			20.23	10.00	202.20	1.15	232.41	232.41					20,707.36
0+080	49.46	49.00	0.46	9.70			19.73	10.00	197.30	1.15	226.89	226.89					20,934.25
0+100	49.44	49.00	0.44	9.37			19.07	10.00	190.70	1.15	219.30	219.30					21,163.59
0+120	49.44	49.00	0.44	9.37			19.34	10.00	193.40	1.15	219.51	219.51					21,369.06
0+140	49.42	49.00	0.42	9.04			18.41	10.00	184.10	1.15	211.71	211.71					21,580.77
0+160	49.42	49.00	0.42	9.04			18.08	10.00	180.80	1.15	207.92	207.92					21,787.69
0+180	49.40	49.00	0.40	8.71			17.19	10.00	171.80	1.15	204.47	204.47					21,993.16
0+200	49.40	49.00	0.40	8.71			17.42	10.00	174.20	1.15	204.33	204.33					22,193.49
0+220	49.38	49.00	0.38	8.39			16.61	10.00	166.10	1.15	191.02	191.02					22,384.51
0+240	49.37	49.00	0.37	8.23			16.63	10.00	166.30	1.15	187.74	187.74					22,564.25
0+260	49.37	49.00	0.37	8.23			15.46	10.00	154.60	1.15	177.79	177.79					22,742.04
0+280	49.36	49.00	0.36	7.86			15.27	10.00	152.90	1.15	175.93	175.93					22,917.97
0+300	49.35	49.00	0.35	7.40			14.96	10.00	149.60	1.15	166.81	166.81					22,954.68
0+320	49.32	49.00	0.32	6.90			14.30	10.00	143.00	1.15	157.24	157.24					23,093.78
0+340	49.30	49.00	0.30	6.56			13.46	10.00	134.60	1.15	154.79	154.79					23,239.57
0+360	49.28	49.00	0.28	6.22			12.78	10.00	127.80	1.15	146.97	146.97					23,385.54
0+380	49.24	49.00	0.24	5.85			11.77	10.00	117.70	1.15	135.35	135.35					23,520.89
0+400	49.22	49.00	0.22	5.21			10.76	10.00	107.60	1.15	123.74	123.74					23,644.63
0+420	49.20	49.00	0.20	4.88			10.09	10.00	100.90	1.15	116.03	116.03					23,760.66
0+440	49.10	49.00	0.10	2.57			7.45	10.00	74.50	1.15	85.68	85.68					23,846.34
0+460	49.08	49.00	0.08	1.76			4.33	10.00	43.30	1.15	49.80	49.80					23,896.14
0+480	49.00	49.00	0.00	1.36			3.12	10.00	31.20	1.15	35.90	35.90					23,932.04
0+500	49.00	49.00	0.00	1.36			2.72	10.00	27.20	1.15	31.20	31.20					23,949.24
0+520	49.00	49.00	0.00	1.36			2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28					23,963.41
0+540	49.00	49.00	0.00	1.36			2.72	10.00	27.20	1.15	31.60	31.60					24,010.33

Daniel Tessier Acedo UAG

Tesis Profesional

CAMINO PISTA F-1  
TRAMO \_\_\_\_\_HOJA N° 2  
DE KM. 0+520 A KM. 1+000

## CURVA MASA

ESTACION	ELEVACION.		ESPESOR		AREAS		A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>		SEMI DIST	VOLUMEN		CABUM		VOLS. AB.		VOLS. AB		ORDENADA
	TERR	RAS.	C	T	C	T	C	T		C	T	C	T	C	T	+(C)	-(T)	
0+520	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		5.00	13.60	1.15		15.64		5.64			24,025.97
0+540	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,057.25
0+560	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,088.63
0+580	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,119.81
0+600	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,151.09
0+610	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		5.00	13.60	1.15		15.64		15.64			24,166.73
0+616.40	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		3.20	8.70	1.15		10.00		10.00			24,176.73
0+620	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		1.80	4.90	1.15		5.63		5.63			24,182.36
0+640	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,213.64
0+660	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,244.92
0+680	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,276.20
0+700	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,307.48
0+720	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,338.76
0+740	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,370.04
0+760	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,401.32
0+780	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,432.60
0+800	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,463.88
0+820	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,495.16
0+825.70	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		2.85	7.75	1.15		8.91		8.91			24,504.07
0+840	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		7.15	14.45	1.15		22.36		22.36			24,526.43
0+860	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,557.71
0+880	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,588.99
0+900	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,620.27
0+920	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,651.55
0+940	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,682.83
0+944.91	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		2.46	6.70	1.15		7.70		7.70			24,690.53
0+960	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		7.56	20.66	1.15		23.64		23.64			24,714.17
0+980	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,745.45
1+000	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		0.00	27.20	1.15		31.28		31.28			24,776.73

Daniel Tessier Acordo UAG

Tesis Profesional

CAMINO PISTA F-1  
 TRAMO \_\_\_\_\_

HOJA N° 3  
 DE KML+020 A KML+520

CURVA MASA

ESTACION	ELEVACION.		ESPESOR		AREAS		A, +A.		SEM DIST	VOLUMEN		CABUM		VOLS. AB.		VOLS. AB.		ORDENADA
	TERR	RAS.	C	T	C	T	C	T		C	T	C	T	C	T	+(C)	-(T)	
1 + 020	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	24.208.01						24.208.01	
1 + 040	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	24.831.21						24.831.21	
1 + 060	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	24.870.57						24.870.57	
1 + 080	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	24.901.85						24.901.85	
1 + 100	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	24.933.13						24.933.13	
1 + 120	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	24.964.41						24.964.41	
1 + 140	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	24.996.69						24.996.69	
1 + 140.56	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	24.996.69						24.996.69	
1 + 160	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	4.72	26.44	1.15	30.41	30.41	25.026.97						25.026.97	
1 + 180	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.058.25						25.058.25	
1 + 200	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.089.53						25.089.53	
1 + 220	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.120.81						25.120.81	
1 + 240	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.152.10						25.152.10	
1 + 260	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.183.40						25.183.40	
1 + 271.22	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	6.4	16.24	1.15	17.85	17.85	25.200.92						25.200.92	
1 + 280	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	4.34	11.94	1.15	13.33	13.33	25.214.65						25.214.65	
1 + 300	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.245.93						25.245.93	
1 + 320	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.277.21						25.277.21	
1 + 340	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.308.49						25.308.49	
1 + 360	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.339.77						25.339.77	
1 + 380	44.00	44.00	0.00	1.36	2.72	10.00	27.20	1.15	31.28	31.28	25.371.05						25.371.05	
1 + 400	48.98	44.00	0.02	1.84	1.84	10.00	13.40	1.15	15.04	18.40	25.368.30						25.368.30	
1 + 420	48.94	44.00	0.06	2.08	2.42	10.00	29.20			29.20	25.391.10						25.391.10	
1 + 421.22	48.81	44.00	0.11	2.91	4.94	0.4				3.04	25.356.05						25.356.05	
1 + 440	48.88	44.00	0.17	3.94	6.88	4.31				4.32	25.271.73						25.271.73	
1 + 460	48.80	44.00	0.20	4.65	8.79	10.00	65.90			65.90	25.185.83						25.185.83	
1 + 480	48.72	44.00	0.28	5.12	9.37	10.00	97.70			97.70	25.098.13						25.098.13	
1 + 500	48.68	44.00	0.32	5.92	11.04	10.00	110.40			110.40	24.977.73						24.977.73	
1 + 520	48.60	44.00	0.40	6.88	12.76	10.00	127.20			127.20	24.850.23						24.850.23	

Daniel Tessier Acedo UAG

Tesis Profesional

CAMINO Pista P-1  
 TRAMO \_\_\_\_\_

HOJA N° 4  
 DE KM 15.40 A KM 21.020

CURVA MASA

ESTACION	ELEVACION.		ESPESOR		AREAS		A, +A,		SEM DIST	VOLUMEN		CABINA		VOLS. AB.		ZVOLSAB +(C) -(T)	ORDENADA
	TERR	RAS.	C	T	C	T	C	T		C	T	C	T	C	T		
1+540	48.54	44.00	0.46	7.79	14.61	10.00	14.61	10.00	146.10					146.10	146.10	24,704.13	
1+560	49.49	44.00	0.52	8.12	15.40	10.00	15.40	10.00	154.00					154.00	154.00	24,545.13	
1+580	48.40	44.00	0.60	8.52	16.70	10.00	16.70	10.00	167.00					167.00	167.00	24,378.13	
1+600	49.26	44.00	0.64	8.92	17.56	10.00	17.56	10.00	175.60					175.60	175.60	24,236.13	
1+620	48.28	44.00	0.72	9.31	18.21	10.00	18.21	10.00	182.10					182.10	182.10	24,102.20	
1+640	48.25	44.00	0.75	10.10	19.62	10.00	19.62	10.00	196.20					196.20	196.20	23,915.40	
1+660	48.20	44.00	0.80	11.20	21.30	10.00	21.30	10.00	213.00					213.00	213.00	23,662.40	
1+680	48.14	44.00	0.86	12.39	23.58	10.00	23.58	10.00	235.80					235.80	235.80	23,346.60	
1+700	48.04	44.00	0.92	13.75	26.53	10.00	26.53	10.00	265.30					265.30	265.30	23,111.30	
1+720	48.00	44.00	1.00	13.90	27.05	10.00	27.05	10.00	270.50					270.50	270.50	22,840.80	
1+740	47.93	44.00	1.07	15.07	28.44	10.00	28.44	10.00	284.40					284.40	284.40	22,551.00	
1+755.14	47.84	44.00	1.13	16.13	31.22	6.57	26.11	6.57	265.11					265.11	265.11	22,345.80	
1+760	47.80	44.00	1.20	17.48	33.61	3.43	11.52	3.43	115.28					115.28	115.28	22,230.51	
1+780	47.77	44.00	1.23	17.94	35.47	10.00	35.47	10.00	354.70					354.70	354.70	21,975.91	
1+800	47.68	44.00	1.32	19.53	37.52	10.00	37.52	10.00	375.20					375.20	375.20	21,500.61	
1+820	47.60	44.00	1.40	21.08	40.61	10.00	40.61	10.00	406.10					406.10	406.10	21,074.51	
1+840	47.60	44.00	1.40	21.08	42.16	10.00	42.16	10.00	421.60					421.60	421.60	20,673.00	
1+860	47.57	44.00	1.43	21.43	42.51	10.00	42.51	10.00	425.10					425.10	425.10	20,243.91	
1+880	47.55	44.00	1.45	21.88	43.31	10.00	43.31	10.00	433.10					433.10	433.10	19,841.71	
1+900	47.53	44.00	1.47	22.18	44.06	2.81	123.81	2.81	123.81					123.81	123.81	19,649.00	
1+920	47.50	44.00	1.50	22.62	44.50	7.41	372.11	7.41	372.11					372.11	372.11	19,369.81	
1+940	47.50	44.00	1.50	22.62	45.24	10.00	45.24	10.00	452.40					452.40	452.40	18,976.41	
1+960	47.53	44.00	1.47	22.18	44.82	10.00	44.82	10.00	448.00					448.00	448.00	18,468.41	
1+944.44	47.55	44.00	1.45	21.88	44.06	2.47	108.83	2.47	108.83					108.83	108.83	18,359.58	
1+960	47.58	44.00	1.42	21.35	43.23	7.53	325.52	7.53	325.52					325.52	325.52	18,034.06	
1+980	47.60	44.00	1.40	21.08	42.43	10.00	42.43	10.00	424.30					424.30	424.30	17,681.76	
2+030	47.60	44.00	1.35	19.81	40.91	10.00	40.91	10.00	409.10					409.10	409.10	17,266.86	
2+220	47.70	44.00	1.30	18.16	38.57	10.00	38.57	10.00	385.70					385.70	385.70	16,916.20	

CAMINO PISTA P-1  
 TRAMO \_\_\_\_\_

HOJA N° 5  
 DE KM 2+040 A KM 2+480

CURVA MASA

ESTACION	ELEVACION.		ESPESOR		AREAS		A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>		SEMI DIST	VOLUMEN		CABUM VOLS. AB.		ΣVOLS AB		ORDENADA
	TERR	RAS.	C	T	C	T	C	T		C	T	C	T	C	T	
2+040	47.20	47.00		1.20		17.77	36.24	10.00	362.40			362.40		362.40		16,452.80
2+050.21	48.00	47.00		1.00		13.90	31.38	5.10	160.04			160.04		160.04		16,292.76
2+060	48.10	47.00		0.90		13.10	27.30	4.90	132.30			132.30		132.30		16,160.50
2+075	48.13	47.00		0.87		12.48	25.58	7.50	191.85			191.85		191.85		15,968.61
2+080	48.16	47.00		0.84		11.87	24.35	2.50	60.87			60.87		60.87		15,907.74
2+100	48.18	47.00		0.82		11.85	23.42	10.00	234.20			234.20		234.20		15,673.54
2+120	48.20	47.00		0.80		11.20	22.15	10.00	227.50			227.50		227.50		15,446.04
2+140	48.28	47.00		0.72		9.58	20.78	10.00	207.80			207.80		207.80		15,238.24
2+160	48.34	47.00		0.66		9.08	18.66	10.00	186.60			186.60		186.60		15,051.64
2+180	48.40	47.00		0.60		8.58	17.66	10.00	176.60			176.60		176.60		14,875.04
2+200	48.42	47.00		0.58		8.21	16.79	10.00	167.90			167.90		167.90		14,707.14
2+200.61	48.45	47.00		0.55		8.19	16.40	0.31	5.08			5.08		5.08		14,702.06
2+220	48.45	47.00		0.55		8.19	16.38	9.69	169.72			169.72		169.72		14,543.34
2+240	48.49	47.00		0.51		8.08	16.27	10.00	162.70			162.70		162.70		14,390.64
2+260	48.50	47.00		0.50		7.82	15.90	10.00	159.00			159.00		159.00		14,221.64
2+280	48.53	47.00		0.47		7.77	15.41	10.00	156.10			156.10		156.10		14,066.54
2+282.21	48.55	47.00		0.45		7.65	15.44	1.11	17.38			17.38		17.38		14,048.16
2+300	48.55	47.00		0.45		7.65	15.30	8.89	136.02			136.02		136.02		13,912.14
2+320	48.58	47.00		0.42		7.32	14.97	10.00	149.70			149.70		149.70		13,762.44
2+340	48.58	47.00		0.42		7.32	14.64	10.00	146.40			146.40		146.40		13,616.04
2+360	48.60	47.00		0.40		6.83	14.15	10.00	141.50			141.50		141.50		13,474.54
2+380	48.68	47.00		0.32		5.38	12.21	10.00	122.10			122.10		122.10		13,352.44
2+400	48.75	47.00		0.25		5.10	10.48	10.00	104.80			104.80		104.80		13,247.64
2+420	48.80	47.00		0.20		4.65	9.75	10.00	97.50			97.50		97.50		13,150.14
2+440	48.84	47.00		0.16		3.25	7.70	10.00	79.00			79.00		79.00		13,071.14
2+445.57	48.87	47.00		0.11		2.95	6.20	2.78	17.24			17.24		17.24		13,054.00
2+447	48.93	47.00		0.07		2.10	5.05	0.72	3.64			3.64		3.64		13,050.26
2+460	49.00	47.00	0.00		1.36		1.36	2.10	6.50	8.24	13.65	115	10.17	13.65	3.48	13,046.78
2+480	49.00	47.00	0.00		1.36		2.72	10.00	27.20		415		31.28	31.28		13,078.10

Daniel Tessier Acedo UAG

Tesis Profesional

CAMINO Pista F-1  
TRAMOHOJA N° 6  
DE KM. 2+500 A KM. 2+900

## CURVA MASA

ESTACION	ELEVACION.		ESPESOR		AREAS		A, + A <sub>2</sub>		SEM DIST	VOLUMEN		CABUM		VOLS. AB.		ZVOLS AB		ORDENADA
	TERR	RAS.	C	T	C	T	C	T		C	T	C	T	C	T	+	(-)	
2+500	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,109.34							
2+520	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,140.62							
2+540	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,171.90							
2+560	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,203.20							
2+561.67	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.84	2.28	1.15	2.62	2.62	13,205.80							
2+580	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	9.16	24.91	1.15	28.65	28.65	13,234.45							
2+600	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,265.73							
2+620	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,297.00							
2+640	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,328.30							
2+645.27	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	2.64	7.18	1.15	8.26	8.26	13,336.65							
2+660	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	7.36	20.02	1.15	23.02	23.02	13,359.60							
2+680	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,390.85							
2+700	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,422.13							
2+720	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,453.41							
2+740	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,484.69							
2+760	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,515.97							
2+780	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,547.25							
2+790.11	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	5.06	13.76	1.15	15.82	15.82	13,563.10							
2+800	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	4.94	13.44	1.15	15.46	15.46	13,578.53							
2+820	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,609.81							
2+840	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,641.10							
2+860	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,672.37							
2+880	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,703.65							
2+900	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,734.93							
2+920	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,766.21							
2+930.50	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	5.30	14.41	1.15	16.57	16.57	13,782.78							
2+940	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	4.70	12.26	1.15	14.79	14.79	13,797.60							
2+960	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,828.86							
2+980	49.00	49.00	0.00	1.36	2.72	0.00	2.720	1.15	31.28	31.28	13,860.14							

Daniel Tessier Acedo UAG

Tesis Profesional

CAMINO Pista F-2  
TRAMO \_\_\_\_\_

HOJA N° 7  
DE KM 31000 A KM 31460

CURVA MASA

ESTACION	ELEVACION.		ESPESOR		AREAS		A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>		SEM DIST	VOLUMEN		CABUM		VOLS. AB.		EVOLSAR		ORDENADA
	TERR	RAS.	C	T	C	T	C	T		C	T	C	T	C	T	C	T	
3+000	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		13,891.92
3+020	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		13,922.70
3+040	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		13,953.98
3+060	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		13,985.26
3+080	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		14,016.54
3+100	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		14,047.80
3+120	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		14,079.10
3+136.30	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		7.80	21.22		1.15		24.40		24.40		14,103.50
3+140	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		2.20	5.98		1.15		6.92		6.92		14,110.38
3+155.62	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		7.31	21.24		1.15		24.43		24.43		14,124.37
3+160	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		2.11	5.96		1.15		6.86		6.86		14,141.67
3+180	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		14,172.95
3+200	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		14,204.23
3+220	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		14,235.51
3+240	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		14,266.80
3+260	49.00	49.00	0.00		1.36		2.72		10.00	27.20		1.15		31.28		31.28		14,298.10
3+270.40	49.10	49.00	0.10		2.57		3.43		5.20	20.14		1.15		23.51		23.51		14,321.60
3+280	49.20	49.00	0.20		4.99		7.45		4.97	55.76		1.15		41.12		41.12		14,346.30
3+300	49.25	49.00	0.25		5.48		10.36		10.00	108.60		1.15		119.14		119.14		14,401.84
3+320.40	49.29	49.00	0.29		6.31		11.87		2.70	52.29		1.15		56.86		56.86		14,458.70
3+320	49.31	49.00	0.31		7.11		13.59		7.30	71.13		1.15		114.00		114.00		14,622.70
3+340	49.40	49.00	0.40		8.71		15.40		10.00	114.00		1.15		182.85		182.85		14,815.55
3+360	49.49	49.00	0.49		9.55		19.66		10.00	126.60		1.15		213.44		213.44		15,024.00
3+380	49.55	49.00	0.55		11.18		21.09		10.00	210.00		1.15		241.91		241.91		15,270.93
3+400	49.60	49.00	0.60		12.09		23.24		10.00	232.40		1.15		267.74		267.74		15,539.10
3+420	49.62	49.00	0.62		12.40		24.46		10.00	244.44		1.15		281.30		281.30		15,819.40
3+431.01	49.63	49.00	0.63		12.67		25.07		5.51	139.14		1.15		158.86		158.86		15,978.25
3+440	49.65	49.00	0.65		12.95		25.62		4.47	115.03		1.15		132.28		132.28		16,110.53
3+460	49.66	49.00	0.66		13.30		26.25		10.00	262.52		1.15		301.91		301.91		16,412.40

CAMINO Pista F-1  
 TRAMO \_\_\_\_\_

HOJA N° B  
 DE KM 3+480 A KM 3+788

CURVA MASA

ESTACION	ELEVACION.		ESPESOR		AREAS		A. + A.		SEM DIST	VOLUMEN		CABUM		VOLS. AB.		EVOLSAB		ORDENADA
	TERR	RAS.	C	T	C	T	C	T		C	T	C	T	C	T	+(C)	-(T)	
3+480	49.64	49.00	0.64		12.75		26.05		10.00	260.50		1.15	299.58		299.58			16,711.88
3+500	49.62	49.00	0.62		12.40		25.15		10.00	251.50		1.15	289.22		289.22			17,001.20
3+520	49.60	49.00	0.60		12.06		24.46		10.00	244.60		1.15	281.21		281.21			17,282.49
3+540	49.60	49.00	0.60		12.06		24.42		10.00	241.20		1.15	277.35		277.35			17,559.87
3+560	49.60	49.00	0.60		12.06		24.12		10.00	241.20		1.15	277.35		277.35			17,837.25
3+580	49.60	49.00	0.60		12.06		24.12		10.00	241.20		1.15	277.35		277.35			18,114.63
3+600	49.60	49.00	0.60		12.06		24.12		10.00	241.20		1.15	277.35		277.35			18,392.01
3+620	49.59	49.00	0.59		11.93		23.49		10.00	239.40		1.15	275.66		275.66			18,667.89
3+640	49.59	49.00	0.59		11.93		23.26		10.00	238.40		1.15	274.39		274.39			18,942.28
3+660	49.58	49.00	0.58		11.73		22.64		10.00	236.60		1.15	272.09		272.09			19,214.37
3+680	49.58	49.00	0.58		11.73		22.44		10.00	234.60		1.15	269.79		269.79			19,489.16
3+700	49.57	49.00	0.57		11.53		22.41		10.00	231.10		1.15	263.46		263.46			19,747.72
3+720	49.55	49.00	0.55		11.08		22.42		10.00	227.60		1.15	261.74		261.74			20,009.46
3+740	49.54	49.00	0.54		11.74		22.42		10.00	221.70		1.15	263.58		263.58			20,273.04
3+760	49.52	49.00	0.52		10.27		21.51		10.00	218.10		1.15	250.81		250.81			20,523.85
3+780	49.50	49.00	0.50		10.36		20.43		10.00	204.30		1.15	234.94		234.94			20,758.79
3+788	49.50	49.00	0.50		10.36		20.77		4.00	87.88		1.15	45.31		45.31			20,854.10

Con los datos obtenidos de los registros de curva masa podemos obtener las cantidades para conocer los volúmenes de corte y terraplén. Se ubicó la curva masa lo mejor posible para compensar los volúmenes de corte y terraplén, de modo que el material de corte pueda ser utilizado de manera -- más económica posible en los terraplenes y así evitar gastos extra que pudieran presentarse.

La curva masa presentada pretende ser la mejor solución económica y de tiempo para nuestro proyecto, habiendo -- estudiado otras soluciones posibles y llegando a la presente.

Volúmenes obtenidos :	CORTE	+ 13,178.37 M3
	TERRAPLEN	- 12,324.27 M3
		-----
	DIFERENCIA +	854.10 M3

El material sobrante de cortes puede ser utilizado -- para agrandar los taludes a los costados de la pista en algunas zonas, llamándoseles "talud Texano", teniendo así una mayor seguridad. También se puede utilizar este material en la zona de estacionamientos generales y en la zona del ingreso al autódromo.

C A P I T U L O 5

DRENAJE

## DRENAJE

El drenaje tiene por objeto fundamental la eliminación del agua que pueda perjudicar al camino, y esto se logra evitando que el agua llegue a él y dando salida rápida a la que cuyo acceso al camino sea inevitable.

El terreno donde se ubica la pista tiene alta absorción y no presenta ningún cauce o arroyo que obligue la utilización de alcantarillas o puentes.

Se presenta dos tipos de drenaje: el drenaje superficial y el drenaje subterráneo.

Primeramente hablaremos del drenaje superficial que tiene por función eliminar el agua que escurre encima del terreno o del camino, agua que generalmente es de lluvia; para evitar que aquella llegue a la pista se ejecutaron las siguientes obras:

- a) Bombeo
- b) Cunetas

a) BOMBEO.- Es la inclinación que se le dió a la sección del camino (2%) para evitar que el agua de las lluvias se estanque en el mismo. Sirve también para que el agua no corra longitudinalmente sobre la superficie de la pista.

b) CUNETAS.- Son estructuras que se hicieron a ambos lados de la pista destinadas a recoger el agua que escurre en la superficie de la pista (por efecto del bombeo), el agua que escurre por los cortes y a veces la que escurre por pequeñas áreas.

Las dimensiones de las cunetas en los cortes tienen por el lado de la pista un talud de 5x1 y por el lado de afuera, el talud natural de terreno que en el tramo fue de 1x1. La cara de la cuneta próxima a la pista estará recubierta del mismo material que la pista, en nuestro caso pavimento asfáltico, y debajo de la misma se colocará una obra de subdrenaje que más adelante se describirá.

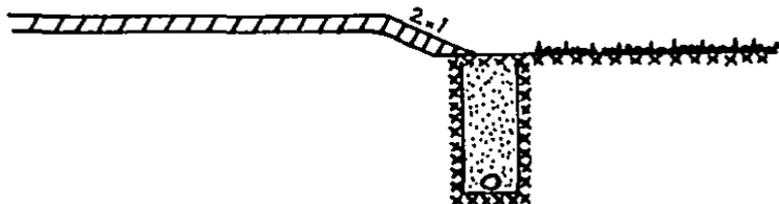
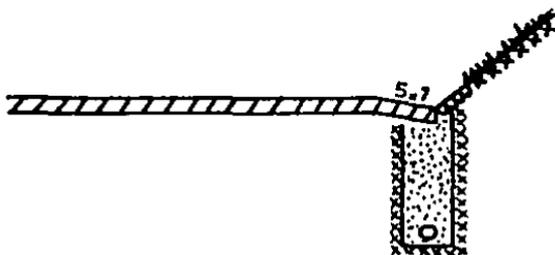
Por las condiciones del terreno, de alta absorción, y las especificaciones de la FISA, el drenaje se resolverá de esta manera ya descrita teniendo obras de subdrenaje a todo lo largo de la pista y por ambos costados de la misma.

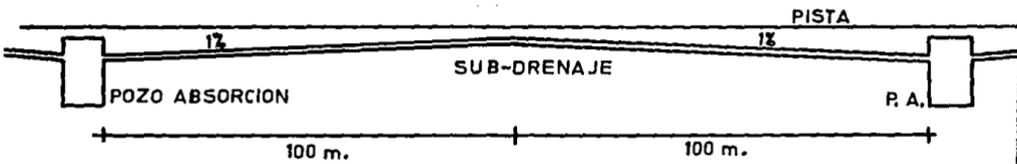
No se presentan problemas de aguas subterráneas, además que la época crítica del año es la de aguas y los registros de la zona indican que en condiciones extremas se produce un estancamiento de agua de lluvia siempre abajo del nivel 1645.00, desapareciendo este estancamiento rápidamente por la absorción existente del terreno. El suelo no presenta problemas de tipo plástico.

**DRENAJE SUBTERRANEO:**

Se hizo con el propósito de interceptar y recolectar el agua que llega lateralmente a la pista; Esta agua será la única que nos presenta ciertos problemas y esto solamente -- en época de lluvias. Consiste en un dren construido con tubo de concreto, perforado únicamente la parte inferior y rellenando la zanja con un jal grande; se colocará paralelo al camino y bajo la cuneta a ambos lados de la pista con una pendiente del 1%. Este subdren desaloja en pozos de absorción -- construídos cada 200 metros a ambos lados de la pista. El objetivo es dejar los costados de la pista casi horizontalmente para que el piloto no tenga problemas si quiere salir de la pista.

Con esto tendremos cada 100 metros un "parteaguas" de donde partirá este subdren de modo que pueda desalojar el agua que cae en la pista y escurre por las cunetas hasta llegar al pozo de absorción correspondiente. En el plano de la pista se ubican estos pozos y los subdrenes. A continuación se presenta un esquema de esto:

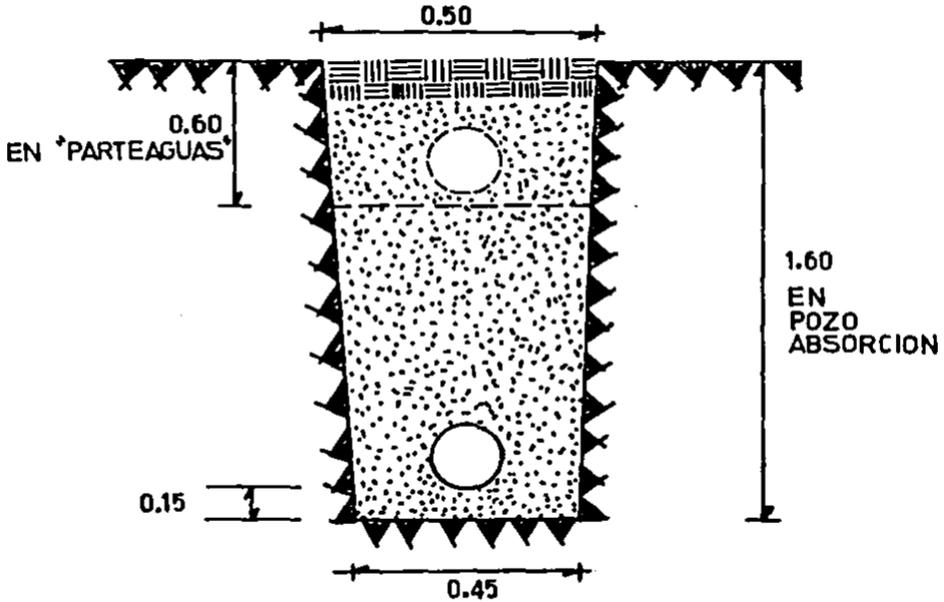




UBICACION DE LOS POZOS DE ABSORCION Y EL PARTEAGUAS EN LA --  
PISTA.

	POZOS ABSORCION		"PARTEAGUAS"
KM	0+000 : 3+788	KM	0+100
	0+200		0+300
	0+400		0+500
	0+600		0+700
	0+800		0+900
	1+000		1+100
	1+200		1+300
	1+400		1+500
	1+600		1+700
	1+800		1+900
	2+000		2+100
	2+200		2+300
	2+400		2+500
	2+600		2+700
	2+800		2+900
	3+000		3+100
	3+200		3+300
	3+400		3+500
	3+600		3+700
TOTAL	38 POZOS		

# SUB-DRENAJE

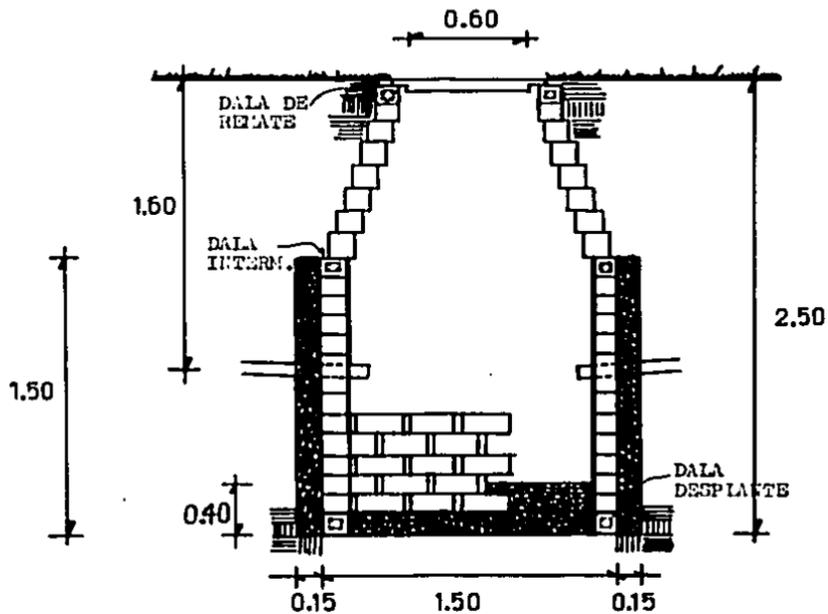


TUBO  
ASBESTO 6"

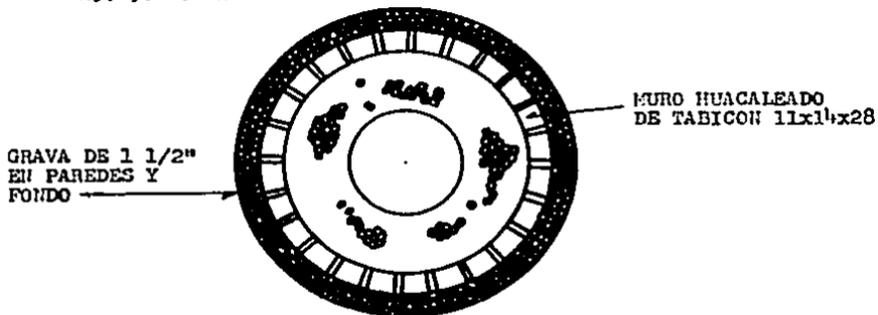


POZO ABSORCION

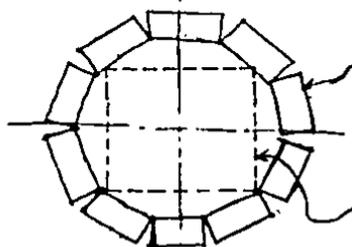
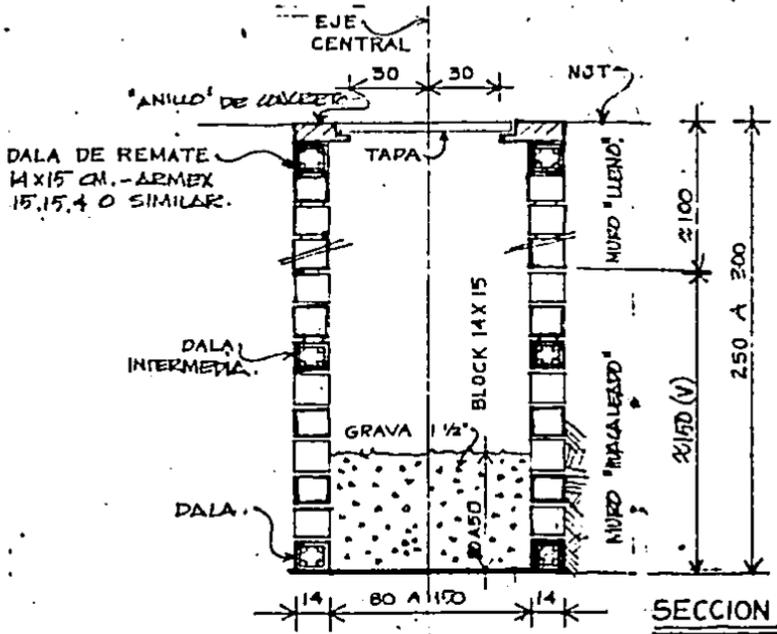
61  
ESC = 1:25



DALAS : 1 $\frac{1}{2}$ x15 cm AR:EX  
15.15.4 o similar



POZO DE ABSORCIÓN TIPO PROPUESTO POR EL SIAPA PARA LA ZONA DE GUADALAJARA Y SUS ALREDEDORES. LO NOMBRAMOS COMO COMPARATIVO.



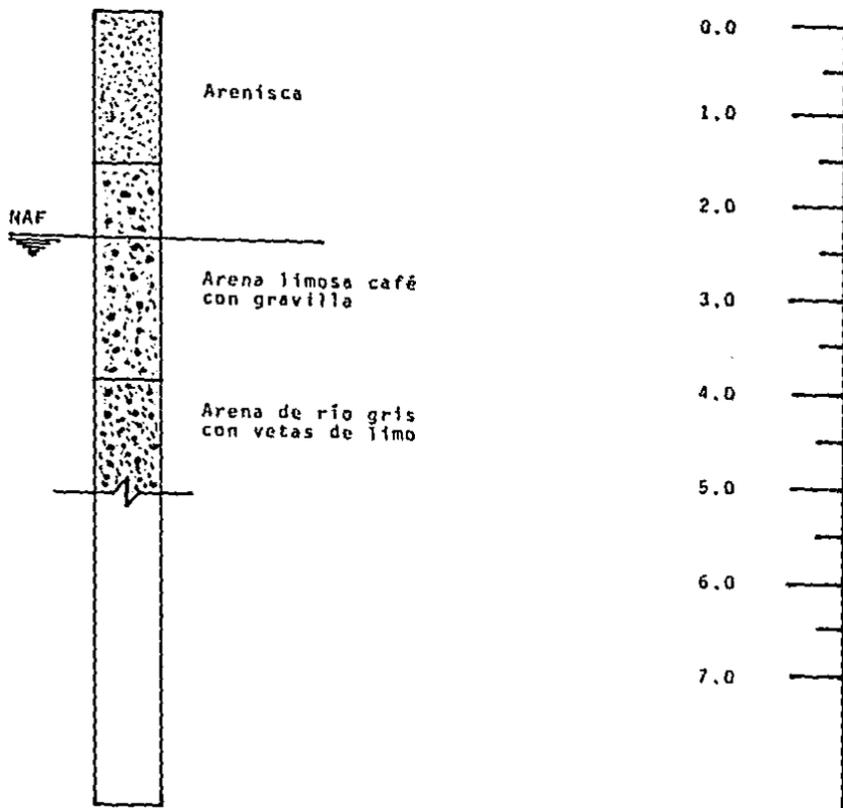
MURDO HUACALEADO DE TABICON 11x4x26

V-23

PROTECCION DE TAPA 60x60, REJILLA DE SUELO 1x1/4", MARCO DE 1 1/2"x1 1/4" Y CON TRAMAZO DE 1 1/2"x1 1/2" ABSTIBLE.

NOTAS: 1. MEDIDAS EN CENTIMETROS, A NO MODIFICAN DIMENS. DEL POZO.

## ESTRATIGRAFIA TIPO



## CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION DE SUB-DREN Y POZO ABSORCION

### SUB-DRENAJE:

La zanja tendrá 50 cm de ancho en la parte superior y 45 cm en la base, teniendo una profundidad variable a causa de la pendiente del 1% que lleva. La profundidad en el "parteaguas" será de 60 cm, aumentando gradualmente hasta llegar al pozo de absorción con una profundidad de 1.60 mt.

Tenemos una superficie por drenar de 123 Ha, con un coeficiente de escurriantía de 0.15 y con una intensidad pluviométrica de 60 mm/hr; aplicamos la fórmula para obtener -- nuestro gasto de aguas pluviales  $Q_{ap}$  y tendremos:

$$Q_{ap} : \frac{(1'231,025)(60)(0.15)}{3,600}$$

$$Q_{ap} : \underline{3,077.56 \text{ LPS}}$$

Este gasto es por el total de la superficie, por lo -- que para tener un panorama más particular analizaremos un -- tramo, de pozo a pozo, o sea de 100 mt entre pozo y pozo. -- Con los datos para este tramo en particular obtendremos un -- gasto:

$$Q_{ap} : \frac{(16,198)(60)(0.15)}{3,600}$$

$$Q_{ap} : \underline{40.49 \text{ LPS}}$$

Hay que tener en consideración que la intensidad pluviométrica que manejamos es en casos extremos de tormentas registradas en la zona, por lo que el gasto manejado es el máximo esperado.

Como tenemos una tubería de 6" de diámetro con pendiente del 1% y un gasto  $Q_{ap}: 40.49$  LPS, obtenemos la velocidad  $V: \frac{0.04 \text{ M}^3/\text{seg}}{0.018 \text{ M}^2}$  tendremos que  $V: 2.22$  M/seg, estando dentro de los límites recomendados, por lo que nuestro diámetro de 6 pulg. de la tubería es suficiente para desalojar el gasto. Por lo tanto el tubo será de asbesto de 6 pulgadas de diámetro con perforaciones en la parte inferior, ya que tendremos material permeable debajo del mismo, pudiendo tener perforaciones en toda la circunferencia del tubo. El tubo irá sentado en un colchón de jal de 15 cm en todo el trayecto, rellenando la zanja asimismo con jal grande para facilitar la permeabilidad. En la parte superior de la zanja (nivel de piso) se puede colocar una pequeña capa de material vegetal para prevenir la erosión y el desalojo de jal.

La longitud de cada tramo de sub-dren es de 100 mt del parteaguas al pozo, por lo que entre pozo y pozo habrá dos tramos de 100 mt cada uno. Este sub-dren estará colocado a ambos lados de la pista como ya se ha comentado.

**POZO DE ABSORCION:**

Consiste en un pozo de 2.50 mt de profundidad, pues - el nivel freático se presenta a los 2.50 mt, y tendrá 1.50 - mt de diámetro en la zona de descarga de la tubería y 0.60 - mt de diámetro en la tapa para permitir el desazolve y trabajos de mantenimiento. Este pozo nos auxiliará para recibir la descarga del sub-dren y devolverla al subsuelo.

Después de haber realizado la excavación de sección - cilíndrica, se colocó block trabado en todo el perímetro de modo de dejar huecos para permitir la salida del agua que se almacena (y su entrada eventualmente). En el fondo del pozo se dejó un colchón de grava gruesa con un espesor de 40 cm, y por la parte exterior del muro trabado con una altura de - 1.50 mt y a partir de 1.00 mt de profundidad hacia abajo, -- (para tener de ese modo los 2.50 mt de profundidad requeri-- da), por toda la circunferencia alrededor del muro trabado - se colocó una capa de grava de 1 1/2" con un espesor de 15 - cm.

La entrada del tubo de drenaje por ambos lados será a una profundidad de 1.60 mt.

La tapa del pozo tendrá 60 cm de diámetro para permitir la entrada de una persona para realizar trabajos de mantenimiento; esta tapa será de concreto armado al igual que -

su contramarco con varilla de 3/8" y 5/8". La tapa se debe dejar con agujeros para abrirla. Estos pozos estarán colocados a ambos lados de la pista cada 200 metros, de modo que en cada pozo descargarán dos tuberías de sub-drenaje.

Cada pozo de absorción recibirá un gasto de:

Q : 40.49/tubo x 2 tubos/pozo : 80.98 LPS: 0.08 M3/seg.

El área y volúmen de los pozos cumple satisfactoriamente con el gasto a recibir.

La distribución de los pozos a cada 200 mt. se debe a que tenemos un material de las mismas características en todo el proyecto, por lo que para mantener el equilibrio del escurrimiento se distanciaron igual, siendo los 200 mt la medida adecuada para que el flujo hacia los pozos sea estable.

Después del esquema del pozo que utilizaremos en nuestro proyecto, presento un esquema del pozo de absorción tipo propuesto por el SIAPA (Sistema de Alcantarillado y Agua Potable), sirviéndonos como referencia para tener un diseño óptimo.

El diseño de nuestro drenaje se propone con el objeto de eliminar toda el agua que pueda llegar a nuestra pista y que pudiera afectar el comportamiento de los materiales, evi

tando que las terracerfas y capas subsecuentes se saturen y varíen sus propiedades afectando con esto nuestra pista.

Con el bombeo que se le da a la pista se evita el encharcamiento y que el agua no corra longitudinalmente por la pista, hecho que si ocurriera degradaría nuestro pavimento rápidamente. El agua que se desecha con el bombeo se recoge en las cunetas, que pueden estar revestidas de concreto --- f'c: 150 kg/cm<sup>2</sup> para tener una superficie más estable y evitar la erosión.



El drenaje subterráneo recolecta el agua que llega lateralmente a la pista, descargando en los pozos de absorción.

El diseño de este drenaje obedece a estudios económicos y geológicos del lugar, siendo el drenaje más aceptable en ambos sentidos.

Con el buen funcionamiento del drenaje se asegura una vida útil de proyecto prolongada y mayor seguridad para los pilotos en caso de una carrera en "mojado".

En caso de excedencias en el drenaje general del proyecto se puede desalojar el agua en un cauce cercano al pro-

yecto, ahorrando así en alguna obra especial, tomando esto - como comentario ya que no se tratará en esta tesis.

C A P I T U L O 6

MATERIALES PARA TERRACERIAS, SUB-BASE Y BASE

## MATERIALES PARA TERRACERIAS, SUB-BASE Y BASE

Se define como materiales de terracerías los extraídos de la corteza terrestre, ya sea que provengan de cortes o préstamos, con los que son construidos los terraplenes -- hasta el nivel de la sub-rasante o bien el material que queda en el corte una vez efectuada la excavación indicada en el proyecto. También se considera material de terracerías - el relleno que se hace en los cortes para formar la sub-rasante.

Los materiales de terracerías se clasifican de acuerdo con lo indicado en el siguiente cuadro.

El material del lugar consistente en una arenisca -- cumple con los requisitos para ser utilizado en la formación de las terracerías y la subrasante, teniendo una buena calidad. Para la compactación se realizará de acuerdo a las especificaciones de la SCT obteniendo un 90% mínimo del peso volumétrico, teniendo así una capa confiable. Se compactará por capas de 30 cm máximo para poder sacar el máximo provecho a la maquinaria y las propiedades del material. En el caso de que las pruebas de laboratorio muestren una baja compactación se puede mejorar el material con un estabilizador, pudiendo aprovechar un banco de material arenoso que se encuentra a un costado de la zona del proyecto, o bien, dependiendo de estudios adecuados, un cementante o cal.





Los materiales para sub-base y base deben ser seleccionados y se clasifican en 3 grupos:

a) Materiales naturales que no requieren ningún tratamiento de trituración o cribado, tales como conglomerados, - aglomerados, tepetates, gravas y arenas de río, areniscas, - rocas alteradas, etc.

b) Materiales naturales o escorias de fundición que - requieren un tratamiento previo de cribado o trituración.

c) Mezclas de dos o más materiales del grupo a), del grupo b) o de ambos.

**SUB-BASE:**

Capa de material que se construye sobre la terracerfa. Los materiales de sub-base de un pavimento deben de reunir - las siguientes condiciones de uso: De ser de mejor calidad - que los materiales de terracerfas, tener la cementación, el porcentaje de vacíos adecuados una vez compactados e impedir el paso del agua a las terracerfas y a la vez debe tener como función:

a) Reducir el costo de pavimento porque reduce el espesor de la base que cumple con especificaciones más rígidas.

b) Proteger la base aislándola de la terracerfa, para

evitar que el material plástico (de la terracería) se introduzca en la base y provocar cambios volumétricos al variar las condiciones de humedad.

c) Evitar los bufamientos de la terracería y que ésta se mezcle con la base.

Los materiales empleados como sub-base del pavimento deben llenar los siguientes requisitos:

1) El material deberá quedar comprendido entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3.

La curva granulométrica deberá efectuar una forma semejante a las de las curvas que limitan las zonas sin presentar cambios bruscos de pendiente y la relación de porcentaje en peso que pase la malla número 200 y la que pasa la número 40 no deberá ser mayor de 65 centésimos.

2) De valor cementante, contracción lineal y valor relativo de soporte, los indicados en el siguiente cuadro:

ZONA EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
CONTRACCION LINEAL EN PORCIENTO	6.0 Mx.	4.5 Máx.	3.0 Máx.
VALOR CEMENTANTE EN KG/CM2	3.5 Mín.	3.0 Mín.	2.5 Mín.
VALOR CEMENTANTE EN KG/CM2 PARA MATERIALES REDONDEADOS	5.5 Mín.	4.5 Mín.	3.5 Mín.
VALOR RELATIVO DE SOPORTE EN PORCIENTO		30 Mín.	

BASE:

Capa de material que se construye sobre la sub-base o a falta de ésta sobre la terracería, debiendo tener las siguientes condiciones de uso:

- a) Ser de mejor material que los materiales de la sub base.
- b) Tener el acuñamiento, la cementación y el porcentaje de vacíos adecuados una vez compactados para no sufrir deformaciones por efecto del tránsito.
- c) Tener la capacidad para soportar las cargas impuestas por los vehículos estacionados o en movimiento.
- d) Tener el espesor necesario para que al transmitir las presiones a la sub-base o a la sub-rasante no exceda la

resistencia estructural de ésta.

e) Tener afinidad con el asfalto del riego de impregnación.

Para la compactación se usarán aplanadoras de 10 a 12 tons. o plataformas con llantas neumáticas de 7 ton. La compactación se considerará satisfactoria, cuando el material alcance más del 90% del peso volumétrico máximo, determinado por el laboratorio, o cuando las ruedas de la aplanadora no dejen huellas en el material.

Es indispensable tomar en cuenta el tiempo que va a estar descubierta la base, ya que los materiales de ésta -- son de característica arenosa, debiendo cubrirse lo más -- pronto posible con la carpeta, a fin de evitar deterioros -- posibles, o desintegración parcial o total a causa del tránsito o las lluvias.

Se recomienda que al terminar la compactación de la base, y cuando ésta se encuentre seca, se dé un riego asfáltico de penetración con productos rebajados de fraguado medio: FM-1 y FM-2.

Los materiales empleados como base de pavimento deberán quedar comprendidos entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3; y las curvas granulométricas deberán efectuar una forma semejante a las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente y la rela---

ción del porcentaje que pase por la malla número 200 a la -- que pase la malla número 40 no deberá ser mayor a 65 centésimos.

De la contracción lineal y valor cementante según lo indicado en el siguiente cuadro:

ZONA EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
CONTRACCION LINEAL EN PORCIENTO	4.5 Máx.	3.5 Máx.	2.0 Máx.
VALOR CEMENTANTE EN KG/CM2 PARA MATERIALES ANGULOSOS	4.5 Mfn.	3.5 Mfn.	2.5 Mfn.
VALOR CEMENTANTE EN KG/CM2 PARA MATERIALES REDONDEADOS	7.0 Mfn.	5.0 Mfn.	4.0 Mfn.

De valor relativo de soporte determinado con el método Porter: En camino para tránsito inferior a 600 vehículos diarios un valor relativo de soporte en % de 50 como mínimo. En camino para un tránsito superior a 600 vehículos diarios un valor relativo de soporte en % de 80 como mínimo.

El resultado de las pruebas realizadas se puede apreciar en la gráfica adelante; Se probaron muestras de dos puntos de la pista, presentando similitud ambas pruebas. Las curvas quedaron comprendidas dentro de los límites requeridos.

## COMPACTACION:

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Para la compactación se pueden utilizar algunas de --  
las máquinas siguientes:

Rodillos lisos estáticos autopropulsados, a los cua--  
les se les denomina planchas o aplanadoras. Las más usuales  
en construcción de caminos tienen peso de 4 a 6, 6 a 8, y 8  
a 10 toneladas, correspondiendo cada cifra a la condición --  
sin y con lastre, respectivamente.

Rodillos lisos vibratorios, son autopropulsados y en  
dos versiones: la primera tiene un tambor al frente de la --  
máquina y se propulsa con dos ruedas neumáticas tipo tractor;  
la segunda tiene dos rodillos en tándem. Dentro de los tampo  
res existe un elemento excéntrico impulsado por medio de un  
motor hidráulico, por lo común de velocidad variable, que --  
permite hacer girar el excéntrico desde 600 hasta 1,800 ó --  
2,200 rpm. Máquinas con peso entre 4 y 6 toneladas y con re-  
gímenes de vibración entre 600 y 1,800 rpm permitirán compac  
tar espesores de sub-base o base de 15 a 25 cm; en cambio má  
quinas de 8 ton. con el mismo régimen de vibración permiti--  
rán trabajar espesores de 30 cm.

Rodillos neumáticos, los hay de arrastre y autopropul  
sados; Los primeros son remolques que se pueden acoplar a un  
tractor agrícola; consisten en una caja metálica que recibi-  
rá lastre de tierra o grava para incrementar su peso. Se so-  
portan sobre juegos de llantas neumáticas lisas en número de  
4 en el tren delantero y 5 en el trasero o de 6 y 7 respecti  
vamente. Son livianos y aún lastrados, su peso no rebasa las

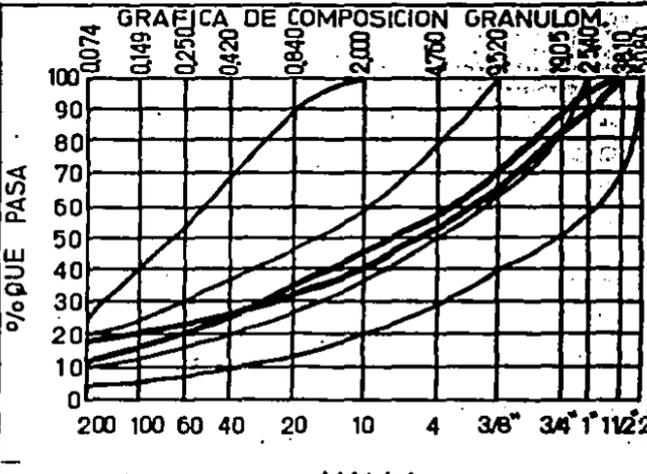
6 a 8 tons.; consecuentemente sólo son útiles para espesores reducidos de capa en proceso de compactación. Los neumáticos autopropulsados cuentan con llantas en número de 4 y 5 ó de 3 y 4 ejes delantero y trasero, respectivamente y tienen caja para lastre. En función de su tamaño su peso varía de 14 y 30 tons. Además, algunos modelos de este tipo de máquina - tienen la posibilidad de variar, al antojo del operador, la presión en las llantas, lo que permite aplicar a la superficie en compactación distintas condiciones de carga.

Rodillos combinados, son los denominados duo-factors; son máquinas autopropulsadas que cuentan con un tractor de - arrastre sobre ruedas neumáticas y una caja lastre que se -- pueda hacer rodar, según convenga, sobre un rodillo liso estático o un conjunto de llantas, existiendo también la posibilidad de que ambos rodamientos se apoyen simultáneamente - sobre la capa en proceso.

En lo relativo al material pétreo a utilizar existe un banco de material tipo basáltico a 1 km. de la pista, teniendo quebradora en el lugar, obteniéndose un material de buena calidad, densidad, absorción siendo producto de trituración y cribado, pudiéndose obtener en varios tamaños que se puedan necesitar. Por la cercanía y la calidad del material, -- utilizaremos el material basáltico de este banco para satisfacer las necesidades del proyecto. De las cualidades necesarias en el material pétreo se hablará más adelante.

Material SUBRASANTE Expediente \_\_\_\_\_  
 Ensaye N° \_\_\_\_\_ Muestra N° \_\_\_\_\_ Fecha recibo \_\_\_\_\_  
 Enviada por PERSONAL LABORATORIO Fecha informe \_\_\_\_\_  
 Procedencia MUESTRA TOMADA DEL MATERIAL DE CORTE EN EL KM 3+600  
Y 3+700 DE LA PISTA DE FORMULA UNO EN GUADAJARA

Peso vol.suelto Kg/m <sup>3</sup>	<u>1382</u>	-	<u>1390</u>
Peso vol máximo Kg/m <sup>3</sup>	<u>1596</u>	-	<u>1623</u>
Humedad óptima	<u>22.69</u>	-	<u>22.71</u>
% QUE PASA MALLA			
2"			
1 1/2"	<u>100</u>		<u>100</u>
1"	<u>95</u>		<u>91</u>
3/4"	<u>88</u>		<u>83</u>
3/8"	<u>72</u>		<u>67</u>
Nº 4	<u>58</u>		<u>53</u>
" 10	<u>45</u>		<u>42</u>
" 20	<u>34</u>		<u>33</u>
" 40	<u>26</u>		<u>27</u>
" 60	<u>20</u>		<u>23</u>
" 100	<u>16</u>		<u>20</u>
" 200	<u>12</u>		<u>18</u>
% DESPERDICIO	<u>0</u>		



VRS(estandar)%	<u>31.47</u>
%Expansión	<u>0.05</u>
Valor cementante	<u>7.45</u>

PRUEBAS MAT. > 3/8"	PRUEBAS MATERIAL TAMIZADO MALLA Nº 40	
Absorción <u>15.36-17.46</u>	Límite líquido <u>38</u> - <u>39</u>	Equiv. hum. campo <u>31-31</u>
Densidad <u>1.64-1.78</u>	Límite plástico <u>30</u> - <u>28</u>	Contracción lineal <u>3.3</u> - <u>3.3</u>
	Índice plástico <u>8</u> - <u>11</u>	

Por los resultados obtenidos en el laboratorio se concluye que el material del lugar es bueno para la capa de su-  
brasante, mejorando así la economía del proyecto. Para mejo-  
rar otras capas del pavimento existe un banco de arena adya-  
cente a la zona del autódromo que también influye de manera  
positiva económicamente.

El material del lugar cumple satisfactoriamente con -  
las exigencias de calidad necesarias para este tipo de pro-  
yectos.

La compactación es muy importante para evitar depre-  
siones o asentamientos en la pista, realizándola con el méto  
do y la maquinaria comentada anteriormente, tratando de obte-  
ner un mínimo del 90% del peso volumétrico máximo en la base,  
a fin de estar dentro de las especificaciones.

Como la carga aplicada por los vehículos que circulan  
en la pista se transmite a todo el pavimento es necesario --  
que cada capa quede bien compactada y con su debido control  
de laboratorio para poder tener un pavimento confiable y de  
larga vida útil, que junto con el drenaje adecuado nos con-  
servarán en buen estado nuestra pista.

Para la base y la sub-base se utilizarán triturados -  
basálticos provenientes de un banco de material situado a 1  
km. de la pista, cumpliendo satisfactoriamente con nuestras  
necesidades del VRS (Valor Relativo de Soporte).

C A P I T U L O 7

CALCULO DEL PAVIMENTO

El pavimento flexible es una estructura formada por - una o varias capas de material o materiales seleccionados cu ya función principal es transmitir las cargas de los vehicu- los a la subrasante sin provocar en ésta deformaciones perma nentes perjudiciales.

En su forma más completa el pavimento está formado -- por tres capas de materiales de mejor calidad que el que for- ma la terracería, las cuales son:

- a) Sub-base
- b) Base
- c) Carpeta.

El espesor del pavimento se determinó en función del - valor relativo de soporte al grado de compactación alcanzado por la sub-rasante; y éste fué variable, en algunos tramos - daba el 90% y en otros el 95%, pero para tener un margen de seguridad la prueba del valor relativo de soporte se hizo -- con el grado de compactación al 90%.

#### PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE:

El objeto de ésta prueba es de determinar la calidad de los suelos en cuanto a valor de soporte se refiere, mi-- diendo la resistencia a la penetración del suelo, compactado y sujeto a un determinado periodo de saturación.

Para la realización de la prueba se empleó el siguiente equipo: Molde cilíndrico de compactación de 15.20 cm de diámetro interior y de 17.80 cm de altura, provisto de una base con dispositivo para sujetar el cilindro. Máquina de compresión con capacidad de 30 toneladas y aproximación en las lecturas de más o menos 10 kg para cargas bajas. Varilla metálica de 3/4" de diámetro y 30 cm de longitud con punta de bala, para picado del material en el molde. Placa circular para compactar con diámetro de 15.10 cm ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, para sujetarse a la cabeza de aplicación de la carga. Placa metálica circular perforada con un vástago desplazable colocado en el centro, sobre el cual se apoyó el pie del extensómetro. Tripié metálico para sostener el extensómetro durante la saturación. Tanque de lámina de 30 cm. de altura. Dos placas de carga con un diámetro ligeramente inferior que el diámetro interior del cilindro, con un orificio central de 5.2 cm de diámetro con un peso total de 6 kg. Pistón cilíndrico para la prueba de penetración con una sección de 20.30 cm<sup>2</sup> (3.14 pulgadas cuadradas) que se sujetó a la cabeza de carga de la máquina. Extensómetro de carátula graduado en milésimas de pulgada, con carrera de 2.54 cm (una pulgada). Una malla No. 4 y una de una pulgada. Balanza de 10 kg de capacidad mínima y sensibilidad de un gramo. Balanza con sensibilidad de 0.01 de gramo. Cápsula para determinación de la humedad, horno para mantener temperatura constante hasta 110 grados centígrados. Charola de lámina galvanizada. Una probeta graduada de

1000 c.c. y otra de 500 c.c., hojas de papel redondas de ---  
15.20 cm de diámetro.

Se tomó una muestra aproximada de 16 kg, se disgregó y se cuarteó y cuando se logró la disgregación de todos los grumos se tamizó por la malla de una pulgada, y como el rete nido fue menor que el 15% se utilizó todo el material que pa só la malla. Cuando el retenido de la malla de una pulgada sea mayor que el 15% será necesario sustituir éste retenido por una cantidad igual en peso de material p<sup>é</sup>treo que pase - la malla de una pulgada y se retenga en la No. 4, la cual de berá tomarse de otra muestra.

Se compactó el material dentro del cilindro por medio de cargas aplicadas con una máquina de compresión, para re-- producir el mismo peso volumétrico de la subrasante corres-- pondiente al 90% de compactación, empleando la humedad ópti-- ma.

Al especimen en las condiciones ya mencionadas se le colocaron dos hojas de papel filtro, en la carga superior, - la placa perforada y las placas de carga, y se introdujo en el tanque de saturación. Sobre los bordes del molde se colo-- có el tripié con el extensómetro y se anotó la lectura ini-- cial, durando el especimen dentro del agua cuatro días tomán-- dose lecturas diarias.

La diferencia de las lecturas final e inicial del extensómetro, expresada en milímetros, se dividió entre la altura en milímetros del espécimen, antes de sujetarse a la sa turación; este cociente multiplicado por 100 expresará el va lor de la expansión.

El molde con el espécimen fué retirado del tanque de saturación, se le quitó el tripié y el extensómetro, se acos tó sin quitar las placas, dejándolo en esta posición durante tres minutos para que escurriera el agua; Se llevó a la pren sa y retirando las placas y el papel filtro, se colocaron --nuevamente las dos placas de carga. El pistón de acero para la prueba de penetración debe pasar a través de los orifi--cios de las placas, hasta tocar la superficie de la muestra; se aplicó una carga inicial de 10 kg, inmediatamente después se ajustó el extensómetro de carátula para registrar el desplazamiento vertical del cilindro.

Se procedió a la aplicación de cargas en pequeños in crementos cont ínuos, se procuró que la velocidad de desplaza miento del cilindro fuera de 1.25 milímetros por minuto, se anotaron las cargas correspondientes. (Ver hoja adjunta).

La carga registrada para la penetración de 2.54 mm se expresa como un porcentaje de la carga de 1.360 kg y si la prueba estuvo bien ejecutada el porcentaje así obtenido es - el valor relativo de soporte correspondiente a la muestra en sayada.

$$\text{V.R.S.} : \frac{P}{1,360} \times 100$$

Con el fin de saber si la prueba estuvo bien ejecutada, se dibujó una curva carga-penetración (Ver hoja adjunta) anotando en las abscisas las penetraciones y en las ordenadas las cargas registradas para cada una de dichas penetraciones. La curva resultó defectuosa y se hizo la corrección en la forma siguiente:

Se dibujó una tangente en el punto de máxima pendiente hasta cortar el eje de las abscisas en el punto B, que se tomó como nuevo origen. A continuación se marcaron los puntos C, D y E que representan las penetraciones de 2.54, 5.08 y 7.62 mm por lo que las ordenadas CC' y DD' y EE' representan las cargas corregidas para dichas penetraciones. El valor relativo de soporte es el calculado para la ordenada CC', expresado como porcentaje de la carga estándar de 1,360 kg.

Con el resultado de ésta se puede clasificar el suelo usando la tabla siguiente:

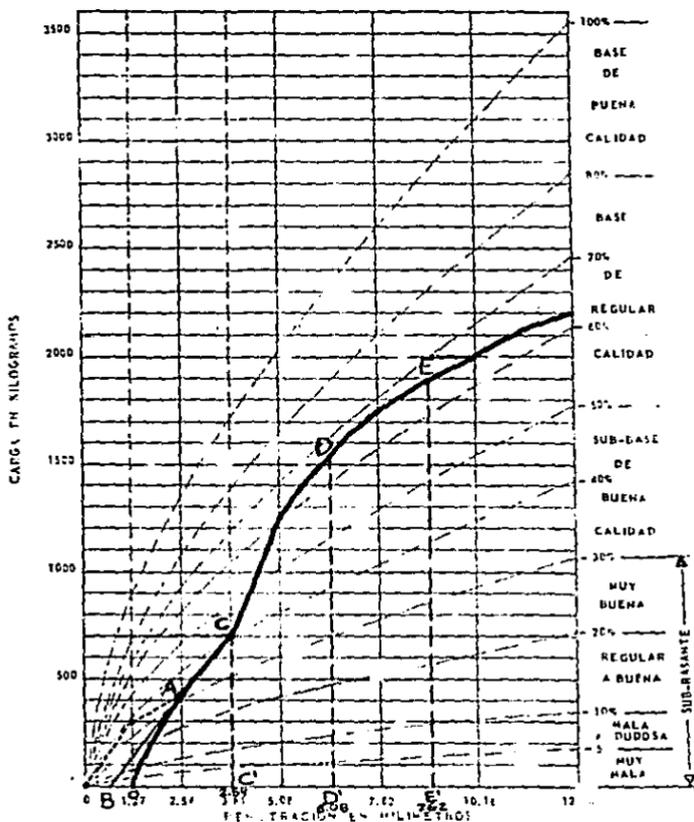
V	R	S	CLASIFICACION
0	-	5	Sub-rasante muy mala
5	-	10	Sub-rasante mala
10	-	20	Sub-rasante regular buena
20	-	30	Sub-rasante muy buena
30	-	50	Sub-base buena
50	-	80	Base buena
80	-	100	Base muy buena

Muestra material: VRS :  $\frac{428}{1360} \times 100$

VRS : 31.47

ENSAYE N° \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ OPERADOR \_\_\_\_\_

Grado de Compactación, %	90			
PENETRACION DE :	RESISTENCIA A PENETRACION, kgs.			
1.27 mm ( 0.05" )	300			
2.54 mm ( 0.10" )	428			
3.81 mm ( 0.15" )	700			
5.08 mm ( 0.20" )	1250			
7.62 mm ( 0.30" )	1750			
10.16 mm ( 0.40" )	2000			
12.70 mm ( 0.50" )	2200			



## DISEÑO DEL PAVIMENTO

Existen varias posibilidades para escoger un método - adecuado a nuestras necesidades. Uno de estos métodos, y el mas usual en el diseño de pavimentos para carreteras, es el Criterio del Instituto de Ingenieria de la UNAM; pero este - criterio se basa en parte en el tránsito por año, el peso -- del vehículo y su coeficiente de daño, además de otros datos, por lo que no es aplicable en nuestro caso por tener un vehiculo de características especiales como su bajo peso, el poco tránsito en la pista (comparado con el normalmente utilizado en carreteras), etc. por lo que no aplicaremos este método en nuestra pista.

Para tener un dato mínimo del espesor del pavimento - con el cual diseñaremos el nuestro, utilizaremos la gráfica para calcular el espesor mínimo de subbase mas base en pavimentos flexibles para caminos en función del V.R.S. de la -- subrasante, usada por la Secretaría de Comunicaciones y --- Transportes del país.

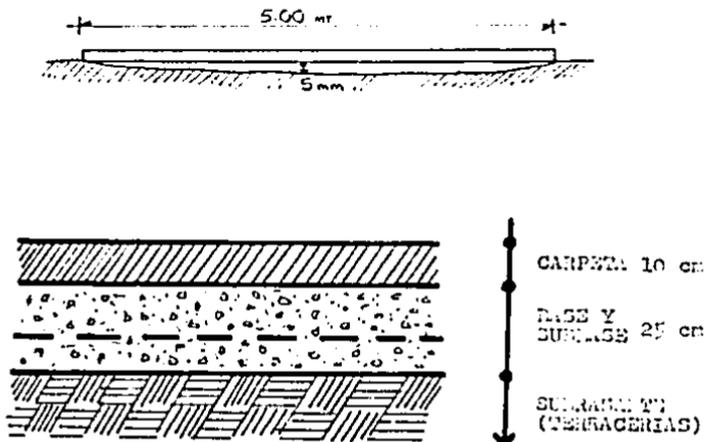
Esta gráfica responde ampliamente a las exigencias internacionales para diseño de pavimentos asfálticos y podemos usarla con un alto grado de confiabilidad, tomando los resultados de la misma como mínimos. Encontramos cuatro curvas en la gráfica, cada una de las cuales corresponde a diferentes tránsitos de vehículos al día. En las abscisas tenemos el dato del V.R.S. y en las ordenadas el espesor en centímetros.

Entramos a la gráfica con nuestro VRS de 31.47%, escogemos la curva que se adapte mejor a nuestras exigencias - (la IV), encontrando nuestro VRS en la misma y luego trazando una horizontal hasta cruzar con las ordenadas, obteniendo así el espesor mínimo de subbase más base para nuestro pavimento, que fue de 14 cm con un espesor mínimo de base de 12 cm. Puesto que nuestro espesor mínimo de base más subbase es de 14 cm y el de base es de 12 cm, nos debería de tocar un espesor de subbase de 2 cm que es muy poco espesor, ya que de acuerdo a la transmisión de esfuerzos, a una mayor área - corresponde un menor esfuerzo, por lo que agrandaremos el espesor de la subbase para tener un mayor grado de seguridad y confiabilidad, dándole un espesor de 15 cm de base más 10 cm de subbase, dándonos un total de base más subbase de 25 cm, siendo esto regulado en parte por la experiencia de otros -- proyectos.

Para la carpeta se tomó el hecho de que tenemos 14 -- curvas, algunas de ellas de grado G alto, y que el tránsito sobre ellas tiende a desplazar el material hacia afuera --- creando deformaciones en la carpeta, por lo que se propuso - en base a otras experiencias y regulaciones un espesor de -- carpeta de 10 cm, aún y cuando un espesor de 6 cm sería suficiente, pero con poca seguridad y confiabilidad.

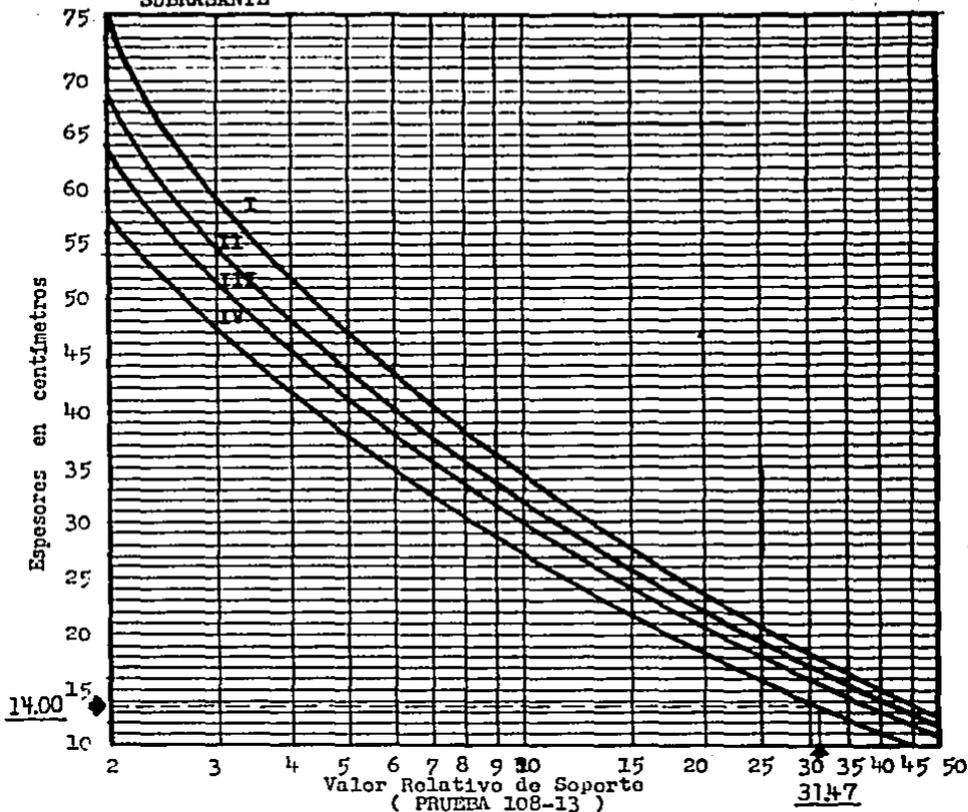
Existen exigencias de perfil y sección de la SCT que nos indican que en aeropistas y caminos especiales al colo--

car una regla de 5.00 mt de longitud sobre la carpeta no debe haber una diferencia mayor de 5mm (0.5 cm) entre la regla y la superficie del asfalto, siendo un criterio que aplicaremos en nuestro proyecto.



En lo referente a la compactación por capas se recomiendan como mínimo para el cuerpo del terraplén una compactación del 90% del peso volumétrico máximo y para la capa -- subrasante del 95% del peso volumétrico para tener un grado de seguridad alto. La capa asfáltica se compactará al 95%. A continuación se presenta la gráfica para el cálculo del espesor de la subbase más base.

GRAFICA PARA CALCULAR EL ESPESOR MINIMO DE SUBBASE MAS BASE  
EN PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA CAMINOS EN FUNCION DE VRS DE  
SUBRASANTE



INTENSIDAD DE TRANSITO DE VEHICULOS CON CAPACIDAD DE CARGA IGUAL O SUPERIOR A 3 TONELADAS METRICAS CONSIDERADO EN UN SOLO SENTIDO	CURVA APLICABLE PARA PROYECTO DE ESPESORES	ESPESOR MINIMO DE BASE
Menos de 500 veh. al día	IV	12 cm
De 500 a 1000 " " "	III	12 cm
De 1000 a 2000 " " "	II	15 cm
Mas de 2000 o Autopista	I	15 cm

## MATERIALES PÉTREOS PARA CARPETAS Y MEZCLAS ASFÁLTICAS.

Son los materiales pétreos seleccionados, que aglutinados con un material asfáltico, se emplean para construir carpetas o mezclas asfálticas.

Se clasifican en:

- a) Materiales naturales que requieran uno o más de los siguientes tratamientos: disgregación, cribado, trituración y lavado.
- b) Mezclas de dos o más materiales del grupo anterior.

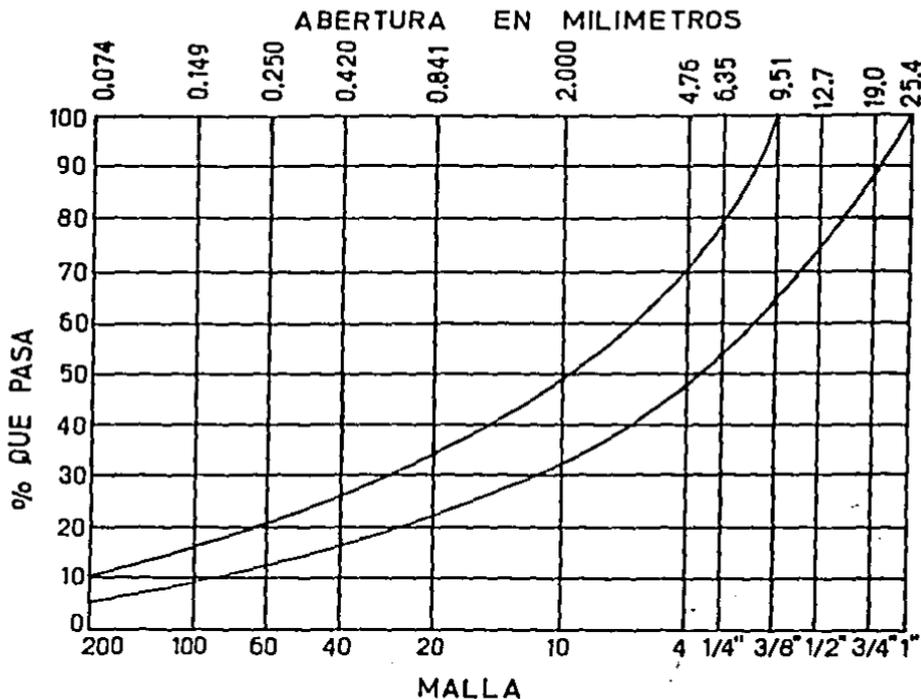
Los materiales pétreos para carpetas asfálticas, elaboradas por los sistemas de mezcla en el lugar y en planta estacionaria, deberán satisfacer lo siguiente:

**Granulometría:** La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos, en términos generales deberá quedar comprendida en la zona limitada por las dos curvas de la gráfica de la página siguiente. La granulometría del material cumple con los requisitos de proyecto, si está dentro de las siguientes tolerancias:

TAMAÑO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA, % EN PESO DEL MATERIAL PETREO
MALLA QUE PASA	RETENIDO EN MALLA	
Correspondiente al tamaño máximo	4.76 mm (Núm. 4)	+ 5
4.76 mm (Núm. 4)	2.00 mm (Núm. 10)	+ 4
2.00 mm (Núm. 10)	0.420 mm (Núm. 40)	+ 3
0.420 mm (Núm. 40)	0.074 mm (Núm. 200)	+ 1
0.074 mm (Núm. 200)	-----	+ 1

ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA PARA  
MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN EN  
CONCRETOS ASFALTICOS

97



De contracción lineal, de acuerdo con los métodos de prueba usados comúnmente, se permite 3% máximo. Del índice plástico un máximo de 9. De la densidad aparente un mínimo de 2.3.

De desgaste de Los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo un máximo de 40%. De forma de las partículas, alargadas y/o en forma de laja, 35% máximo. Del equivalente de arena un mínimo de 55%.

#### MATERIALES ASFÁLTICOS:

El asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido, con propiedades aglutinantes y que se licúa gradualmente al calentarse. El asfalto está constituido, principalmente, por asfaltenos, resinas y aceites; estos constituyentes le dan al asfalto sus características de consistencia, poder de aglutinación y ductilidad.

Los materiales asfálticos son los siguientes:

- a) Cementos asfálticos, que son los asfaltos obtenidos por un proceso de destilación del petróleo para eliminar a éste sus solventes volátiles y parte de sus aceites. Sus penetraciones varían generalmente entre 40 y 300 grados.
- b) Asfaltos rebajados de fraguado rápido, que son los materiales asfálticos líquidos, compuestos de un cemento as-

fáltico y un disolvente del tipo de la nafta o gasolina.

- c) Asfaltos rebajados de fraguado medio, que son los materiales asfálticos líquidos, compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente del tipo del queroseno.
- d) Asfaltos rebajados, de fraguado lento que son los materiales asfálticos líquidos, compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente de baja volatilidad o aceite ligero.
- e) Emulsiones asfálticas, que son los materiales asfálticos líquidos estables, formados por dos fases no miscibles, - en los que la fase continua de la emulsión está formada - por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de - asfalto. Dependiendo del agente emulsificante, las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas, si los glóbulos - del asfalto tienen carga electronegativa o catiónicas, si los glóbulos asfálticos tienen carga electropositiva. Las emulsiones asfálticas pueden ser de rompimiento rápido, - medio y lento.

Los materiales asfálticos se emplean para aglutinar - los materiales pétreos empleados en la elaboración de carpetas y de sub-bases y bases estabilizadas; además, para ligar o unir tales capas entre sí.

Los materiales asfálticos deberán satisfacer las características que se indican en los cuadros de las páginas - siguientes:

## Al Cementos asfálticos

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO ASFÁLTICO			
	Núm. 1	Núm. 6	Núm. 7	Núm. 8
Penetración, 100 g, 5 s, 25°C, grados	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol: A 135°C, s, mínimo	60	85	100	130
Punto de inflamación (tapa abierta de Cleveland), °C mínimo	230	212	232	212
Punto de reblandecimiento, °C	37-41	45-52	48-50	52-60
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	80	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Pesca de la película delgada, 50 cm <sup>2</sup> , 5 h, 163°C: Penetración retenida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo	1.4	1.0	0.8	0.8

## B) Asfaltos rebajados de fraguado rápido

CARACTERÍSTICAS	GR A D O				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de inflamación (tapa abierta de Tagh), °C mínimo			27	27	27
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 25°C, segundos	75-150				
A 50°C, segundos		75-150			
A 80°C, segundos			100-200	250-500	
Destilación: Por ciento del total destilado a 360°C					125-250
Hasta 190°C, mínimo	15	10			
Hasta 225°C, mínimo	35	50	40	25	8
Hasta 260°C, mínimo	75	70	65	55	40
Hasta 315°C, mínimo	90	88	87	83	80
Residuo de la destilación a 360°C: Por ciento del volu- men total por diferencia, mínimo	50	60	65	71	78
Agua por destilación, por ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Penetración, grados	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

## C) Asfaltos rebajados de fraguado medio

CARACTERISTICAS	GRADO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO</b>					
Punto de inflamación (copa abierta de Tag), °C mínimo.....	38	38	66	66	66
<b>Viscosidad Saybolt-Furrol:</b>					
A 25°C, segundos.....	75-150				
A 50°C, segundos.....		75-150			
A 100°C, segundos.....			100-200	250-500	
A 31°C, segundos.....					125-250
<b>Destilación: Por ciento del total destilado a 360°C</b>					
Hasta 225°C, máximo.....	25	20	10	5	0
Hasta 240°C.....	40-70	25-65	15-55	5-40	30 Máx.
Hasta 315°C.....	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80
Residuo de la destilación a 360°C. Por ciento del volumen total, o diferencia, mínimo.....	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento, máximo.....	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>					
Penetración, grados.....	120-300	130-300	120-300	130-300	120-300
Ductilidad en centímetros, mínimo.....	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

## D) Asfaltos rebajados de fraguado lento

CARACTERISTICAS	GRADO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO</b>					
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo.....	66	66	80	93	107
<b>Viscosidad Saybolt-Furrol:</b>					
A 25°C, segundos.....	75-150				
A 50°C, segundos.....		75-150			
A 100°C, segundos.....			100-200	250-500	
A 82°C, segundos.....					125-250
<b>Destilación: Destilado total a 360°C, por ciento en volumen</b>					
Agua por destilación, por ciento, máximo.....	15-40	10-30	5-25	2-15	10 Máx.
Residuo asfáltico de 100 grados de penetración, por ciento, mínimo.....	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
.....	40	50	60	70	75
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>					
Flotación en el residuo de la destilación, a 25°C, segundos.....	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150
Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración, 25°C, cm., mínimo.....	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

CARACTERÍSTICAS	G R A D O				
	Resistencia rápida		Resistencia media		Resistencia lenta
	RR-1	RR-2	RM-2	RL-1	RL-2
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO</b>					
Viscosidad Saybolt-Furul a 25°C, segundos	30-100		100-316	30-100	30-100
Viscosidad Saybolt-Furul a 50°C, segundos		75-100			
Residuo de la destilación, por ciento en peso, mínimo	57	62	62	57	57
Aumentamiento en 5 días, diferencia en por ciento, máximo	3	3	3	3	3
Demulsibilidad:					
35 ml de 0.02N CaCl <sub>2</sub> , por ciento, mínimo	60	50			
50 ml de 0.10N CaCl <sub>2</sub> , por ciento, máximo			30		
Retenido en la malla Núm. 20, por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo				2.0	2.0
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>					
Penetración, 25°C, 100 g, 5 segundos, grados	100-300	100-200	100-200	100-200	40-60
Solubilidad en tetraloleno de cadeno, por ciento, mínimo	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C). Al bajar más de treinta por ciento (30%) al subir su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a cuarenta grados centígrados (40°C).

## F) Emulsiones asfálticas catiónicas

CARACTERÍSTICAS	G R A D O					
	Resistencia rápida		Resistencia media		Resistencia lenta	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO</b>						
Viscosidad Saybolt-Furul, 25°C, segundos	20-100	100-400	50-500	50-500	30-100	30-100
Viscosidad Saybolt-Furul, 50°C, segundos						
Residuo de la destilación, por ciento en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Aumentamiento en 5 días, diferencia en por ciento, máximo	3	3	3	3	3	3
Retenido en la malla Núm. 20, por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado (en condiciones de trabajo). Prueba de resistencia al agua:						
Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo					2	2
Carga de la partícula	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva		
pH, máximo					6.7	6.7
Disolvente en volumen, por ciento, máximo	3	3	20	12		

CARACTERÍSTICAS	G R A D O					
	Resistencia rápida		Resistencia media		Resistencia lenta	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>						
Penetración, 25°C, 100 g, 5 segundos, grados	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	40-60
Solubilidad en tetraloleno de cadeno, por ciento, mínimo	97	97	97	97	97	97
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C). Al bajar más de treinta por ciento (30%) al subir su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a cuarenta grados centígrados (40°C).

## MEZCLAS ASFÁLTICAS:

Una mezcla asfáltica fundamentalmente es el producto obtenido mediante la incorporación y distribución uniforme - de un material asfáltico en uno pétreo.

Existe el procedimiento Marshall para el diseño de -- mezclas asfálticas, el cual consiste en lo siguiente (tratán-do de manera superficial).

Ya determinada la granulometría de proyecto se reví-- san varias pruebas con diferentes contenidos de asfalto con el fin de determinar el contenido óptimo de asfalto. Se elaboran 3 pastillas para cada contenido de cemento asfáltico a las cuales se les conoce como pastillas Marshall. Se verifican en cada pastilla las propiedades siguientes: Peso volumétrico, % de vacíos, Estabilidad, Flujo y Vacíos en el agregado mineral.

Para hacer las pastillas (Ø 10 cm, 6.35 cm altura) se compactan en forma dinámica manteniendo la mezcla a 120-140°C aplicándole, dependiendo del diseño, 75 ó 50 golpes por cara; 75 cuando el tránsito será mayor de 2000 veh/día y 50 cuando es menor.

Existen gráficas para cada una de las pruebas antes - mencionadas, a las cuales se entra con los datos obtenidos - de cada una por la vertical obteniendo un % de Cemento Asfál

tico en la horizontal en cada prueba. Con esto tendremos cinco porcentajes de C.A. a los cuales debemos sacarles un promedio de % C.A., y con este % C.A. promedio checamos en especificaciones si cumple con ellas; Si esto concuerda, habremos encontrado el % de Cemento Asfáltico óptimo para la mezcla. A continuación se presenta el cuadro de especificaciones de la SCT para las pruebas Marshall y las gráficas para cada prueba.

## ESPECIFICACIONES SCT METODO MARSHALL

CARACTERÍSTICAS	UNO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADA CON CEMENTO ASFÁLTICO	PARA CARRETERAS		PARA AEROPISTAS
		Tráfico ligero de autos sencillos		
		Hasta 2000 vehículos por día (a)	Más de 2000 vehículos por día (a)	
Número de golpes por cara.....		50	75	75
Estabilidad mínima, kilogramos.....	Para carpetas, capas de nivelación, bases asfálticas y baheos.....	450	700	700
Flujo, en milímetros.....	Para carpetas, capas de nivelación, bases asfálticas y baheos.....	2-4.5	2-4	2-4
Por ciento de vacíos en la mezcla, respecto al volumen del espécimen. (b).....	Para carpetas y mezclas de nivelación.....	3-5	3-5	3-5
	Para bases asfálticas.....	3-8	3-8	3-8
Por ciento de vacíos en el agregado mineral (VAM), respecto al volumen del espécimen de mezcla, de acuerdo con el ensayo máximo del material pétreo, mínimo. (b).....	Para carpetas.....	18	18	18
	capas de nivelación.....	17	17	17
	bases asfálticas y baheos.....	16	16	16
	12.7 mm (1/2").....	15	15	15
	10.0 mm (3/8").....	14	14	14
	23.4 mm (1").....	13	13	13

(a) Se consideran como vehículos pesados los camiones en todos sus tipos y los autobuses.

(b) Los por cientos de vacíos de la mezcla y del material pétreo, respecto al volumen del espécimen, deberán determinarse de acuerdo con el procedimiento descrito en el Capítulo CXII de la Parte Novena.

# GRAFICAS PRUEBAS MARSHALL

Peso  
Volum.



% C.A.



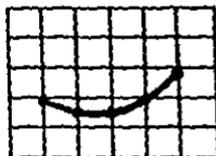
%  
Vacios

% C.A.

Estabilidad



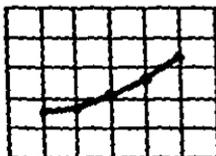
% C.A.



% Vacios  
Agregado  
Mineral

% C.A.

Flujo



% C.A.

Condiciones generales para mezclas asfálticas:

Los contenidos de humedad y disolventes para el tendido y compactación de mezcla asfáltica y el contenido de cemento asfáltico deberán quedar dentro de los límites fijados en el siguiente cuadro:

MATERIAL ASFALTICO EMPLEADO EN LA ELABORACION DE LAS MEZCLAS.	Tolerancia -- del contenido de cemento asfáltico con respecto al -- porcentaje de proyecto, en peso.	Contenido de agua libre - permitido. Porcentaje en peso de la mezcla asfáltica.	Relación de disolventes a cemento asfáltico, en peso. ----- (Valor K)
Cemento asfáltico	+ 5%	1	Cero
Asfalto rebajado	+ 10%	1	0.05 a 0.08
Emulsión asfáltica con disolventes	± 10%	-----	0.05 a 0.08
Emulsión asfáltica sin disolventes	± 10%	-----	Cero

Los espesores compactos de las capas, en relación con el tamaño máximo del material pétreo, deberán fijarse de acuerdo con el cuadro siguiente:

Tamaño máximo del material pétreo - En mm.	Espesor compacto de las capas de carpeta- En cm	
	Mínimo	Máximo (a)
4.76 (No. 4) -----	2.0	3.0
6.35 (1/4") -----	2.0	3.5
9.52 (3/8") -----	3.0	4.0
12.70 (1/2") -----	3.0	5.0
19.03 (3/4") -----	3.0	6.0
25.40 (1") -----	4.0	7.0

- (a) Los espesores máximos anotados, sólo son aplicables en el caso de que se utilicen mezclas con asfaltos rebajados o emulsiones con disolventes; en estos casos, cuando el proyecto señale un espesor mayor, se deberán construir dos o más capas.

La mezcla asfáltica deberá ser compactada al noventa y cinco por ciento (95%) mínimo de su peso volumétrico máximo.

Para compactación podremos utilizar la maquinaria siguiente:

Planchas con rodillos en tándem

Rodillos neumáticos

Rodillos lisos vibratorios

Duo factors.

En el caso de la pista emplearemos rodillos vibratorios para la compactación, ya que plantea interesantes perspectivas en la reducción del tiempo requerido para efectuar el -- trabajo, sobretudo en el caso de los autopropulsados en tándem porque la misma máquina hace las veces de plancha. Por lo general el trabajo de compactación se inicia con el trán-

sito de la máquina sin vibrar; a continuación se la hace rodar vibrando a bajo o mediana velocidad de excéntricos y se termina con nuevas pasadas sin vibrar. A menudo al concluir estas fases no se requiere emplear neumáticos, pues se obtienen superficies adecuadamente cerradas. Esta operación contrasta con la tradicional, que emplea una secuela de plancha neumático-plancha que consume mayor tiempo-máquina y requiere de dos equipos.

Las mezclas asfálticas usadas para carpetas deberán tener valor de permeabilidad menor de diez por ciento (10%).

El asfalto que usaremos para la carpeta de la pista se mezclará con el agregado pétreo en caliente, a una temperatura de 120-140°C para permitir la fluidéz del asfalto. En nuestra pista usaremos un cemento asfáltico número 6 preparado en planta.

#### DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA PISTA DE FORMULA UNO:

Usaremos el criterio S.O.P. para el diseño de contenido de cemento asfáltico.

Primero debemos determinar el área específica del agregado en función de lo siguiente:

TAMARO	FACTOR AREA M2/Kg
1 1/2" - 3/4"	0.27
3/4" - # 4	0.41
# 4 - # 40	2.05
#40 - # 200	15.38
PASA #200 -	53.30

Después debemos obtener el índice asfáltico de acuerdo a la tabla:

TIPO DE MATERIAL	INDICE ASFALTICO	Kg_cem.asf M2 agregado
Gravas o Arenas de Río o materiales redondeados de baja absorción	-----	0.0055
Gravas angulosas o redondeadas trituradas de baja absorción	-----	0.006
Gravas angulosas o redondeadas de alta absorción y rocas trituradas de -- absorción media	-----	0.007
Rocas trituradas de alta absorción	-----	0.008

Considerando: Absorción baja: 2%  
Absorción media: entre 2 y 4 %  
Absorción alta: 4%

Para el agregado pétreo se tomó una muestra de material que - arrojó el resultado granulométrico, en la hoja siguiente, --

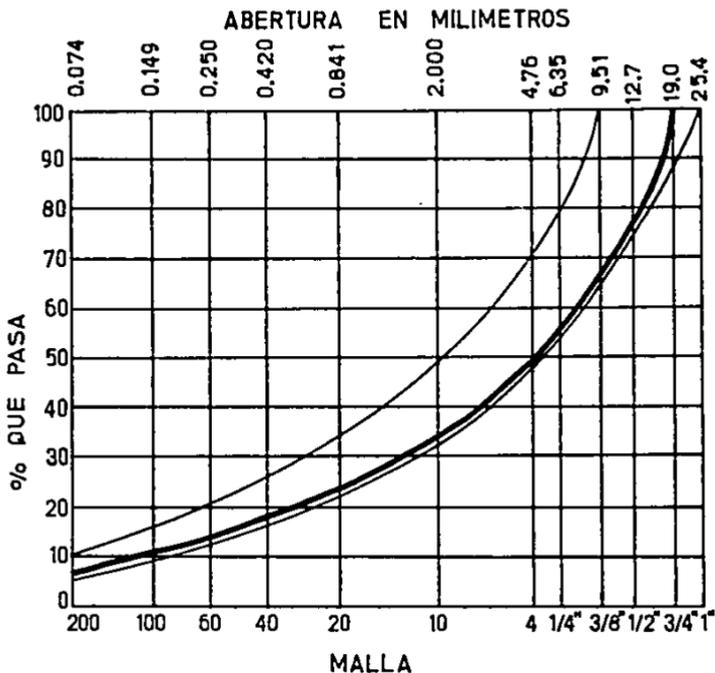
quedando la curva granulométrica comprendida entre las dos - curvas que delimitan la zona por lo que el material es aceptable para la mezcla.

Nuestro agregado pétreo corresponde a una mezcla de roca triturada de media absorción que se va a mezclar con arena de río para obtener los tamaños finos (la roca triturada es basalto).

Con la granulometría de la muestra (en la página siguiente), con un peso volumétrico seco y suelto PVSS: 1400 - kg/m<sup>3</sup>, usaremos un asfalto FR-3 con el 69% de residuo (31% - solvente) y una densidad de 0.94 gr/cc; con estos datos calcularemos la cantidad de asfalto a usarse en la mezcla.

ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA PARA  
MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEAN EN  
CONCRETOS ASFALTICOS

112



MALLA	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	76
3/8"	67
No. 4	49
" 10	33
" 20	23
" 40	17
" 60	13
" 100	10
" 200	8

Simplificamos haciendo un cuadro con los cálculos:

TAMAÑO	MATERIAL ENTRE MALLAS	CONSTANTE DE AREA	SUPERFICIE PARCIAL	INDICE ASFALTICO	CONTENIDO PARCIAL DE ASFALTO
	%	M2/kg	M2/kg	kg/M2	kg/kg
3/4 a 4	51	0.41	(51/100)0.41: 0.209	0.007	0.209x0.007: 0.00146
4 a 40	32	2.05	(32/100)2.05: 0.656	0.0055	0.656x0.0055: 0.00361
40 a 200	9	15.38	(9/100)15.38: 1.384	0.0055	1.384x0.0055: 0.00761
Pasa 200	8	53.30	(8/100)53.30: 4.264	0.0055	4.264x0.0055: 0.02345

CONTENIDO  
TOTAL ----0.03613 kg/kg  
3.61%  
\*\*\*\*\*

3.61 (cont. asf.)  
----- : 5.2%  
0.69 (residuo)

PESO FR-3 : 0.052 kg

PESO AGREGADO : 1.0 kg

VOLUMEN FR-3 :  $\frac{0.052 \text{ kg}}{0.94 \text{ gr/cc}}$  : 55 cc : 0.000055 M3

1 kg

VOLUMEN AGREGADO : ----- : 0.0007 M3  
1400 kg/M3

0.000055 M3

% FR-3 en volumen : ----- : 0.078 : 78 Lt/M3 agr.  
0.0007 M3

Para concluir comentaremos que los espesores de las capas del pavimento ya comentados son suficientes y seguros para el fin a los que están destinados. Como método para dar una mayor seguridad, mejor impermeabilización, rugosidad, -- protección y prolongar la vida útil del pavimento, se puede aplicar un sello en la superficie llamado Slurry Seal, que consiste en un asfalto rebajado con agregado pétreo (#4), recomendándose para mejorar radicalmente el rendimiento de la carpeta. Aplicaremos este sello en nuestro proyecto.

C A P I T U L O 8

INFRAESTRUCTURA DE LA PISTA

Toda pista de automovilismo debe contar con una infraestructura adecuada a la época y a las necesidades actuales, - pensando también a futuro para prevenir fuertes remodelaciones y por lo mismo fuertes gastos.

La pista se diseñó con una vida útil de 15 años cuando menos, como ya se vió en el capítulo anterior.

En la infraestructura entran muchos conceptos tales como: Graderías, estacionamiento, pits, almacén, vehículos -- auxiliares, seguridad para pilotos, seguridad para espectadores, señalamientos de tránsito, marcadores, decoración (jardines), etc.

Se analizarán algunos de los conceptos anteriores a fondo y otros únicamente se propondrán para su análisis. En el plano de infraestructura se muestran la pista y los elementos necesarios para el óptimo funcionamiento de la misma.

**SEÑALES DE CURVAS:** Las curvas deberán estar señalizadas a -- los 300, 200 y 100 metros antes de la misma; en el caso de -- las eses o cuando dos curvas están una tras otra se debe señalar con oportunidad y en el lugar visible mucho antes de la entrada a las mismas. Los señalamientos deben tener colores contrastantes tales como el blanco y negro o el amarillo y negro y de un tamaño mínimo de 75x75 cm. En el plano se in dican estos señalamientos.

**BARRERAS FLEXIBLES:** Este tipo de barrera se proyecta para producir una desaceleración del vehículo impactado y sus ocupantes, en el caso el piloto, y consiste en una cerca de cadena de cable de 1.40 mt de altura sostenida por postes de sección circular a una distancia mínima de 1.80 mt entre poste y poste con una cimentación adecuada para resistir el impacto. Esta barrera se ubicará en las zonas donde se permite el escape del vehículo a los lados de la pista, estando la barrera a una distancia de ocho metros en adelante, dependiendo del caso, de la carpeta.

Ubicación barrera: KM 0+450 A KM 1+720  
 KM 2+450 A KM 3+290

**ANCHO PISTA:** La pista tendrá un ancho de la carpeta asfáltica de 14.00 metros a todo lo largo pero en ciertos tramos esta medida se reduce hasta los 12.00 metros por razones de seguridad y espectáculo. La pista tendrá líneas a los lados para delimitar el ancho de la misma, y es con estas líneas que se delimitarán los 12.00 metros de anchura.

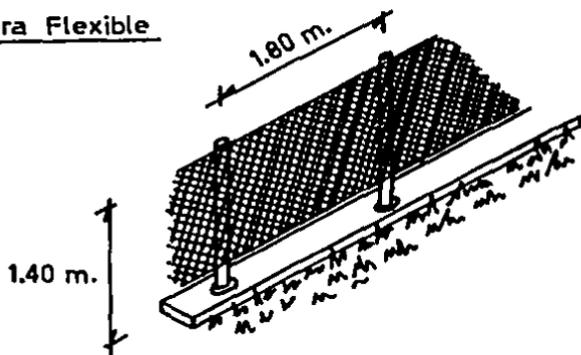
Delimitación de 12.00 metros: KM 1+720 A KM 2+450

Las rayas de delimitación de pista serán de color blanco y de 30 cm. de ancho a ambos lados de la pista.

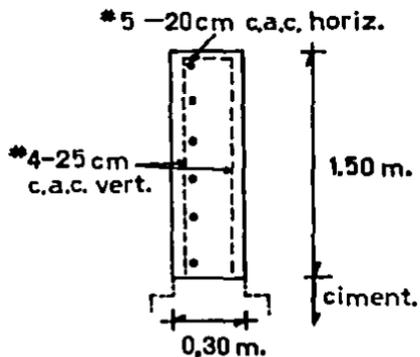
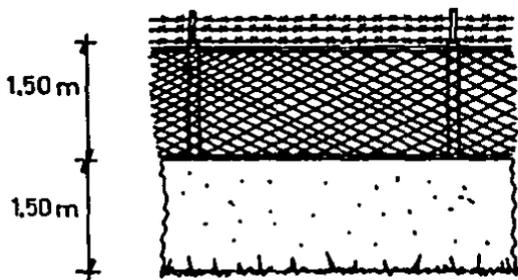
**PROTECCION PUBLICO:** En la recta principal, donde estarán las

## Barrera Flexible

118



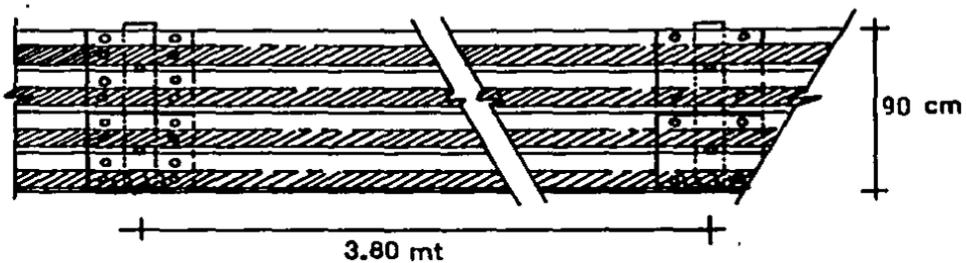
## Protección público



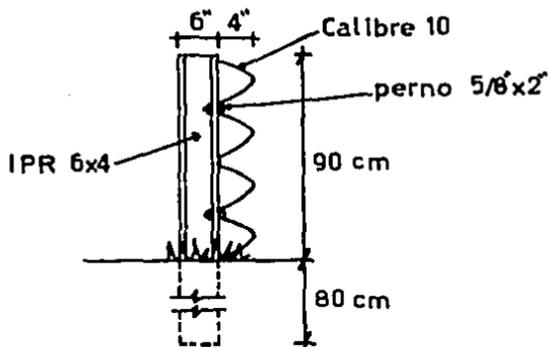
tribunas principales, se ubicará un muro de concreto con f'c : 210 kg/cm<sup>2</sup>, con varillas verticales de 1/2" a cada 25 cm y varillas horizontales de 5/8" a cada 20 cm. El muro, tendrá una altura de 1.50 mt, y se colocará tela de alambre del No. 20 con una altura de 1.50 mt para prevenir que en caso de impacto de un auto, no vuelen partes del mismo al público. -- Frente al muro se colocarán llantas para amortiguar el impacto. El muro se colocará a 15.00 metros de la pista y frente a las graderías, con la longitud de las mismas. El ESPESOR - del muro será de 30 cm.

**RODILLO EN CURVAS:** En algunas curvas "cerradas" se procede a colocar un bordillo en la parte superior de la cuneta, hecho éste de cemento con terminado apalillado de ancho variable pero de altura no mayor de 3.5 cm pintado con líneas rojas y blancas, sirviendo este bordillo para indicar al piloto cómo está agarrando las curvas y para prevenir que se salga de la pista, ya que el piloto al sentir el bordillo corrige su trayectoria. Se dejarán aberturas en los bordillos para permitir el desalojo de agua a la cuneta.

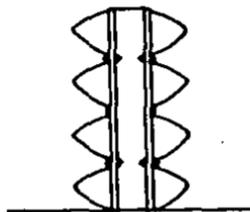
**GUARDARRIEL DE ACERO TIPO VIGA:** Tiene la flexibilidad necesaria para absorber el impacto, así como la resistencia de una viga para impedir que el auto pegue contra un poste. El espaciamiento entre postes es de 3.80 metros. El riel se ancla por medio de un perno a cada poste y con ocho pernos en los empalmes del riel para asegurar la resistencia de una vi



simple



doble  
(mismas medidas)



ga continua. El peso normal es el del acero calibre 12 o para trabajo más pesado calibre 10. En algunas zonas irá un guardarriel doble. El color puede ser blanco o gris claro.

Ubicación Guardarrieles: KM 1 720 A KM 2 450 a ambos lados  
 Doble : KM 3 600 A KM 0 120 a un solo lado  
 Perimetral ingreso Pits: KM 0 010p A KM 0 120p a ambos lados  
 salida Pits : KM 0 360p A KM 0 430p parte exterior

LLANTAS PARA PROTECCION: A los costados de la pista y por lo general junto a muros u otro objeto contundente se colocan pilas de llantas usadas para amortiguar los impactos que se presenten durante una carrera. La ubicación de las mismas se presenta en el plano. Existen varios tipos de "retenes" de llantas; pueden ir una sobre otra amarradas con cable para flejar, o también entrelazadas formando una especie de cadena. Esto se ilustra más adelante.

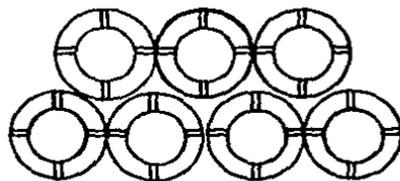
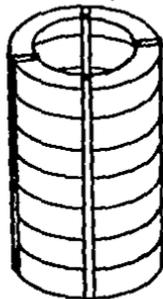
SEMAFOROS DE SALIDA: Se colocan dos semáforos a ambos lados del lugar de arranque de la pista. Estos semáforos tendrán sólo dos colores: el rojo y el verde, con dos luces para cada color.

PITS: Junto a los pits propiamente dicho se ubicarán los puestos de ayuda para cada equipo competidor; esto consiste en cocheras con todos los servicios, agua, luz, aire a presión, etc. construidos a base de muros de tabique para divi-

## Llantas para protección

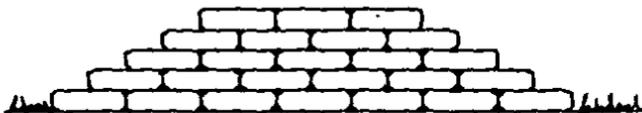
Acomodo de llantas propuesto

7 llantas apiladas sujetas con flejes

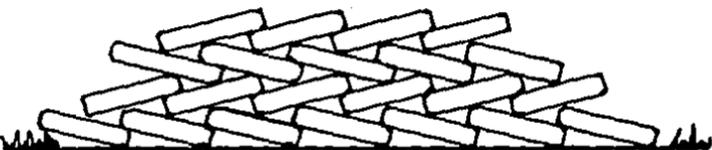


disposición de llantas en la pista

Otras disposiciones



En pirámide  
5 llantas de altura



Entrelazadas  
4 hileras de altura

dir las cocheras y con techumbre de lámina galvanizada tipo Pintro, ya que sirven únicamente de alojamiento de refacciones y del personal presto a ayudar a su auto durante la carrera. Las láminas se colocarán sobre una estructura simple ya que no soportará ningún peso sobre ellas, solamente el de la lámina misma. Cada cochera medirá 6.00 mt de longitud por 10.00 de profundidad y 6.00 de altura. En el argot de las carreras se les llama a estas cocheras Stands Pits.

Detrás de los Stands Pits se ubicará el Garage donde se colocará todo el equipo y vehículos suplementarios de los equipos competidores de modo de tenerlo todo a mano. Este Garage está comunicado con la pista auxiliar y asimismo con el estacionamiento y el ingreso al conjunto. El Garage se subdivide en pequeños compartimientos para que cada equipo elabore las pruebas y los cambios necesarios antes de la carrera. Se puede utilizar asimismo para almacenar material auxiliar que se usará en la carrera, como extinguidores, maquinaria, cal, etc. Este Garage tiene medidas de 240.00 mt por 70.00 mt.

**VEHICULOS AUXILIARES:** Se destinó para estos vehículos dos zonas pavimentadas y con cocheras para alojarlos en los extremos de la pista auxiliar y comunicados a ésta, de modo que si se presenta una emergencia pueden salir rápido a cualquier punto de la pista gracias a la pista auxiliar que corre alrededor de la pista principal. Estos vehículos, ambu-

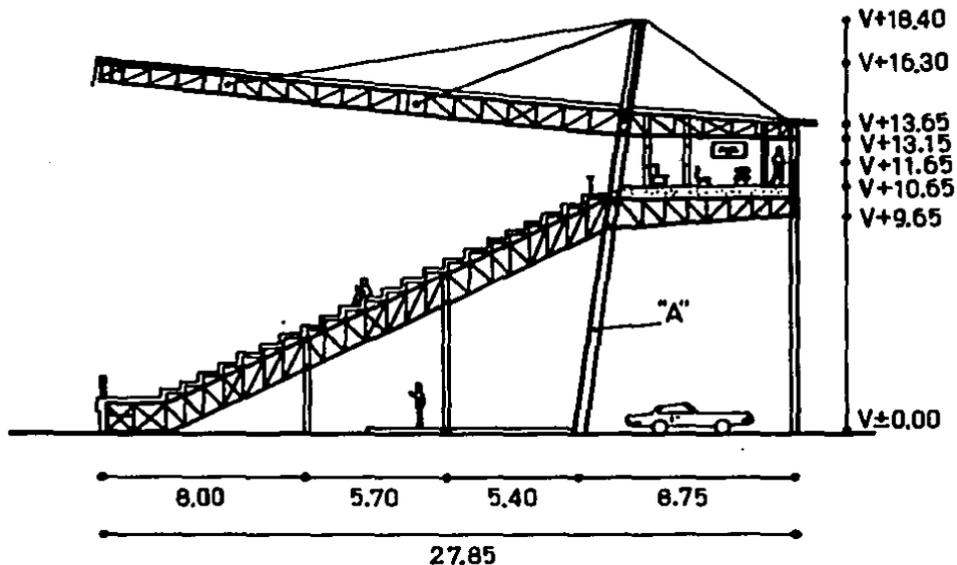
lancia, bomberos, grúas, camionetas, etc. estarán ubicados - en cada uno de los dos puestos indicados en el plano general.

**GRADERIAS:** Se propone para las graderías una estructura metálica reticular con zonas de sombra y sol, estando ubicadas las primeras en la recta principal y las últimas en otras -- secciones de la pista. Se presenta un esquema de la estructura de graderías; estas consistirán en zonas de graderías y palcos con todos los servicios. Para las graderías se ubicarán en la parte inferior a éstas los servicios de baños y ca fetería, asimismo como una enfermería para casos de emergencia. La cantidad de espectadores se estima en 45,500 teniendo graderías en la recta y en seis puntos diferentes de la - pista, siendo esto variable a criterio.

**ESTACIONAMIENTO E INGRESO CONJUNTO:** El estacionamiento se - propone al aire libre y en batería siendo la superficie de - pavimento asfáltico y con una capacidad de 1,400 vehículos, - pudiendo ampliarlo si necesario; El ingreso será por el Anillo Periférico directamente al estacionamiento y de éste un andador para llegar a las graderías de la recta. Si se colocaran graderías en otros puntos de la pista cada una podría tener su estacionamiento, estando comunicadas con caminos pa vimentados.

**JARDINERIA:** Para darle realce al circuito se plantará pasto todo alrededor de la pista y en el centro de la misma una --

## CORTE GRADERIAS (proposición)



- La techumbre y palcos sólo van en el lado de sombra
- La gradería va en sol y sombra
- La columna "A" va a plomo en el lado de sol

serie de árboles que queden lejos de la carpeta pero que --- sean visibles. El pasto es muy importante para evitar la erosión en los taludes adyacentes al pavimento y da una buena - apariencia a la pista.

MARCADOR ELECTRONICO: Es muy importante para indicar las posiciones de los pilotos y sus tiempos de modo que los espec- tadores puedan identificarlos; este marcador estaria conectado a un sistema de computadoras que llevan los registros de vuelta más rápida, tiempo que tarde un auto en los pits, las vueltas que se llevan al circuito, en caso de un final cerrado podría indicar al ganador, etc. Este marcador se sitúa - en un lugar alto y visible desde cualquier punto de la pista, en nuestro caso en una torre ya sea de concreto o de acero. El cuarto de las computadoras y del operador se puede ubicar en uno de los palcos de las graderías principales.

C A P I T U L O 9

VOLUMENES DE OBRA

CURVA MASA:

		estaciones	
Corte: (+)	5,371.05 M3	0+000 → 1+380	
	<u>7'807.32 M3</u>	2+460 → 3+788	(Ya tiene coef. de abundamiento)
	<u>13.178.37 M3</u>		
Terraplén: (-)	<u>12,324.27 M3</u>	1+380 → 2+460	
Diferencia: (+)	<u>854.10 M3</u>		

DRENAJE:

## Subterráneo

Excavación: "Parteaguas"  $\frac{0.48+0.50}{2} \text{---} (0.60) : 0.294 \text{ M2}$

0.45+0.50

Pozo Absorción  $\text{---} \frac{2}{2} \text{---} (1.60) : 0.76 \text{ M2}$

Volumen excavado:  $\frac{0.294+0.76}{2} \text{---} (3788)(2) : \underline{3,992.55 \text{ M3}}$

Longitud pista 3,788 m

Volúmen abundado:  $3,992.55 \times 1.15 : \underline{4,591.43 \text{ M3}}$

Tubo Asbesto 6" Ø :

$3,788 (2) - 38(1.00) : 7,538 \text{ ML} \times 1.03 : \underline{7,764 \text{ ML}}$

↑                      ↑                      ↑  
 long.pista      p.absorción                      desperdicio

Jal para relleno de zanja drenaje:

Se utilizará el mismo material de corte y excavación pero --  
cribado y mejorado con jal de banco. Necesitaremos 3,992,55 M3

Capa material vegetal parte superior zanja:

Del material restante de la cribación necesitaremos:

Espesor 20 cm       $0.20 \times 0.50 \times 3,788 \times 2 : \underline{757.60 \text{ M3}}$

---

POZO ABSORCION:

• Excavación:      Volúmen :  $\pi r^2 h$   
 $\pi (0.95)^2 (2.50)$   
 : 7.10 M3 / pozo

$7.10 \times 38 \text{ pozos} : \underline{270 \text{ M3}}$   
 volúmen abundado :  $270 \times 1.15 : \underline{310.50 \text{ M3}}$

• Muro trabado:

Block:      21 pzas/M2      Area muro:  $2 \pi r h$   
 $2 \pi (0.75)(2.50)$   
 : 11.78 M2  
 $21 \text{ pzas/ M2} \times 11.78 \text{ M2} : \underline{250 \text{ pzas/ pozo ab.}}$   
 $250 \text{ pzas/pozo} \times 38 \text{ pozos} : \underline{9,500 \text{ pzas} \times 3\% \text{ desperdicio}}$   
 : 9,785 pzas.

Mortero para muro  
cal-arena amarilla 1:4

tenemos 0.00666 M3 de mortero por M2 de muro  
(por las condiciones de muro "trabado")

$$(0.00666 \text{ M3/M2}) (11.78 \text{ M2}) (1.03 \text{ desp.}): \underline{0.0808 \text{ M3/pozo}}$$

$$0.0808 \text{ M3/pozo} \times 38 \text{ pozos} : \underline{3.1 \text{ M3 de mortero}}$$

$$\underline{\text{Cal}} \quad 0.206 \text{ Ton/M3} : (0.206 \text{ ton/M3})(3.1 \text{ M3}) : \underline{640 \text{ kg.}}$$

$$\underline{\text{Arena Amarilla}} \quad 1.175 \text{ M3/M3} : (1.175) (3.1) : \underline{4 \text{ M3}}$$

$$\underline{\text{Agua}} \quad 0.256 \text{ M3/M3} : (0.256) (3.1) : \underline{800 \text{ Lt}}$$

• Grava 1 1/2" para filtros:

$$\underline{\text{Paredes}} - \text{espesor 15 cm} \quad \text{volúmen: } 2\pi r h$$

$$2\pi (0.90)(1.50): 8.50 \text{ M2}$$

$$8.50 \text{ M2} \times 0.15 \text{ M} : 1.27 \text{ M3}$$

$$\underline{\text{Colchón piso}} - \text{esp. 15 cm} \quad \text{volúmen: } \pi r^2$$

$$\pi (0.90)^2: 2.55 \text{ M2}$$

$$2.55 \text{ M2} \times 0.15 \text{ M} : \underline{0.38 \text{ M3}}$$

$$\underline{\text{Total}} : \underline{1.65 \text{ M3}}$$

Tenemos 1.65 M3/pozo

$$1.65 \times 1.08 : 1.80 \text{ M3/Pozo}$$

$$(1.80 \text{ M3/pozo}) (38 \text{ pozos}) : \underline{68.40 \text{ M3}}$$

PAVIMENTO:

Terracerías → nivel de sub-rasante

Sub-base y base: espesor según diseño 0.25 MT

$$(0.25 \text{ M})(14.00 \text{ M})(3,788 \text{ M}) : \underline{13,258 \text{ M}^3 \text{ ya compactado}}$$

El material se tomará de los cortes y excavaciones y de bancos de arena situados en zonas adyacentes a la pista.

% de reducción: 13%

Material que se necesita del banco:

$$\frac{1}{1 - 0.13} : 1.15 \text{ M}^3$$

Material que se debe acarrear: Abundamiento 15%

$$1.15 (\text{vol. necesario}) \times 1.15 : 1.32 \text{ M}^3 \text{ por acarreado}$$

suelto por cada M<sup>3</sup>  
de mat. en relleno.

Por lo que tendremos:

$$13,258 \text{ M}^3 \times 1.32 : \underline{17,500 \text{ M}^3 \text{ S.S.}}$$

$$\text{Agua: } (17,500) (1.10) : \underline{1,750 \text{ M}^3 \approx 1,750,000 \text{ Lt}}$$

Carpeta: espesor según diseño 0.10 MT

$$(0.10 \text{ MT})(14.00 \text{ MT})(3,788 \text{ MT}) : \underline{5,303.20 \text{ M}^3 \text{ compactos}}$$

Con un coeficiente de 8% obtenemos la cantidad de mezcla antes de la compactación:  $5,303.20 \text{ M}^3 \times 1.08 : \underline{5,728 \text{ M}^3}$

1 M<sup>3</sup> de mezcla contiene: 78 Lt de FR-3 (69% de residuo y 31% de solvente gasolina) y 1 M<sup>3</sup> de agregado pétreo.

En base a lo anterior tendremos:

Agregado pétreo : 5,728 M3

Asfalto FR-3 : (78 Lt/M3)(5,728 M3) : 446,784 Lt

Del asfalto se desprende:

Residuo: 446,784 x 69% : 308,281 Lt

Solvente (gasolina) : 446,784 x 31% : 138,503 Lt

---

INFRAESTRUCTURA:

• Barreras flexibles: 2,110 ML x 2 lados : 4,220 ML

Cadena de cable  
(h: 1.40 mt) : 4,220 ML x 1.40 MT : 5,908 M2

Postes sección circular  
de 2"  $\phi$  , huecos, h: 1.80 MT : 4,220  
ubicados cada 1.80 ML : ----- : 2,345 pzas.  
1.80

Cimentación postes:

Excavación: 15 cm  $\phi$  , h: 0.40 mt

$$\text{volumen: } \frac{\pi r^2 h}{\pi (0.075)^2 (0.40)} : 0.0071 \text{ M3/pza}$$

$$0.0071 \text{ M3/pza} \times 2,345 \text{ pzas} : \underline{16.65 \text{ M3}}$$

Concreto 185 kg/cm2 1:2:3

Cemento 0.360 ton/M3 : 0.360 x 16.65 : 6.00 Ton

Arena de Rfo 0.475 M3/M3 : 0.475 x 16.65 : 8.00 M3

Grava 1/2" 0.713 M3/M3 : 0.713 x 16.65 : 12.00 M3

Agua 0.200 M3/M3 : 0.200 x 16.65 : 3.33 M3 : 3,330 Lt

• Protección al público: Longitud graderías 654 ML

Tela alambre No. 20, h: 1.50 mt : 654.00 ML

Postes cada 1.80 mt para 654  
tela alambre, h: 1.65 mt : ----- : 364 pzas.  
 1.80 364 x 1.65 mt : 601 ML

Bayonetas con tres ranuras: 364 pzas.

Alambre de púas convencional  
(3 hileras) : 654 ML x 3 : 1,962 ML

➔ Muro concreto 200 kg/cm<sup>2</sup> (1.65 mt x 0.30 mt)

1.65 x 0.30 x 654 : 324 M<sup>3</sup>

Cemento 0.380 ton/M<sup>3</sup> : 0.380 x 324 : 123 Ton

Arena de Río 0.475 M<sup>3</sup>/M<sup>3</sup>: 0.475 x 324 : 154 M<sup>3</sup>

Grava 3/4" 0.713 M<sup>3</sup>/M<sup>3</sup>: 0.713 x 324 : 231 M<sup>3</sup>

Agua 0.200 M<sup>3</sup>/M<sup>3</sup> : 0.200 x 324 : 64.8 M<sup>3</sup> : 64,800 Lt

Acero 5/8" : 6 pzas. x 1.15 mt/pza : 6.90 ML/ML  
 (horizontal)  
 6.90 x 1.56 kg/ML: 10.76 kg/ML  
 10.76 x 654 ML : 7,037 kg  
 6.90 x 654 ML : 4,513 ML

Acero 1/2" : 4 pzas x 3.30 mt/pza : 13.20 ML/ML  
 (vertical)  
 13.20 x 0.996 kg/ML: 13.14 kg/ML

13.14 x 654 ML : 8,600 kg

13.20 x 654 ML : 8,633 ML

Alambre recocado: 40 cm/amarre, 24 amarres/ML

0.40 mt x 24 : 9.60 mt/ML

9.60 mt x 1.20 (cimbra y desp.): 11.52 mt/ML

11.52 mt/ML x 0.02 kg/ML : 0.23 kg/ML

0.23 kg/ML x 654 ML : 151 kg

● Bordillo en curvas:

			<u>UBICACION BORDILLOS</u>	I: parte interna pista	E: parte externa pista
KM	A	KM			
0+284.29	-	0+470.95	I		
0+510.00	-	0+825.70	E		
0+616.40	-	0+825.70	I		
0+944.91	-	1+140.56	E		
1+271.22	-	1+421.22	E		
1+596.07	-	1+885.61	I		
1+760.00	-	1+885.61	E		
1+944.94	-	2+200.61	E		
1+944.94	-	2+200.61	I		
2+282.21	-	2+561.67	I		
2+447.00	-	2+561.67	E		
2+645.27	-	3+270.40	I		
3+155.62	-	3+270.40	E		
			<u>Total 3,118.00 ML</u>		

Medidas bordillo altura 0.035 mt ancho 0.60 mt

0.60 mt x 1.00 mt : 0.60 M2/ML

Area total bordillo 0.60 M2/ML x 3,118 ML : 1,871 M2

Cemento 0.025 Ton/M2 : 0.025 x 1,871 : 46.8 Ton.

Arena Rfo 0.035 M3/M2 : 0.035 x 1,871 : 65.50 M3

Grava 1/2" 0.052 M3/M2 : 0.052 x 1,871 : 97.30 M3

Agua 0.016 M3/M2 : 0.016 x 1,871 : 30 M3 : 30,000 Lt

● Pintura: Tomando como rendimiento 1 Lt : 4.5 M2

Blanca: líneas delimitación pista (ancho 30 cm): 3,788 ML x 2 lados:

7,576 ML

7,576 ML x 0.30 MT : 2,273 M2

2,273 M2  
----- : 505 Lt  
4.5 M2/Lt

505 Lt x 1.08 (desp): 545 Lt

Bordillo curvas (pintura blanca):  
(lleva pintura de dos colores)      1,871 M2  
 ----- : 935.50 M2  
 2 colores      por color

tendremos 935.50 M2 de pintura blanca y 935.50 M2 de roja  
 sacamos sólo la blanca en este inciso

935.50 M2  
 ----- (1.08 desp) : 225 Lt  
 4.5 M2/Lt

Guardarrieles: 0.90 M2/ML de pintura x 1,526 ML de guardarriel:  
1,373 M2

1,373 M2  
 ----- (1.08 desp): 330 Lt  
 4.5 M2/Lt

Sumatoria de pintura blanca: 545  
 225  
 330  
 -----

1,100 Lt

Roja: Bordillo curvas 935.50 M2  
 ----- (1.08 desp): 225 Lt  
 4.5 M2/Lt

- Guardarriel acero tipo viga: (distancia entre postes 3.80 mt)

Sencillo: 910.00 ML      910.00 ML  
 ----- : 240 postes (viga IPR 6x4,h:1.70 MT)  
 3.80 MT

Viga IPR 6x4: 240 postes x 1.70 MT/poste: 408 ML

Lámina calibre 10 doblada: 910 ML x 0.90 MT: 819 M2

Perno 5/8"x2": 10 pernos/poste x 240 postes x 1.10 desp.: 2,640 pzas.

Doble: 308.00 ML      308 ML  
 ----- : 81 postes (viga IPR 6x4,h:1.70 MT)  
 3.80 MT

VIGA IPR 6x4 : 81 postes x 1.70 MT/poste : 138 ML

Lámina calibre 10 doblada: 308 ML x 2 lados x 0.90 MT : 555 M2

Perno 5/8" x 2" : 20 pernos/poste x 81 postes x 1.10 desp: 1,782 pzas.

● Llantas protección:

Necesitaremos 1,494 ML de protección, de acuerdo al plano.

7 llantas por pila , 2 pilas/ML

7 x 2 : 14 llantas por ML (14 llantas/ML)(1,494 ML): 20,916 llantas

20,916 llantas  
----- : 2,988 pilas  
7 llantas/pila

Flejes para sujetar llantas: 9 mt de fleje/pila

9.00x 2,988 pilas: 26,892 MT

## RESUMEN DE MATERIALES Y VOLUMENES

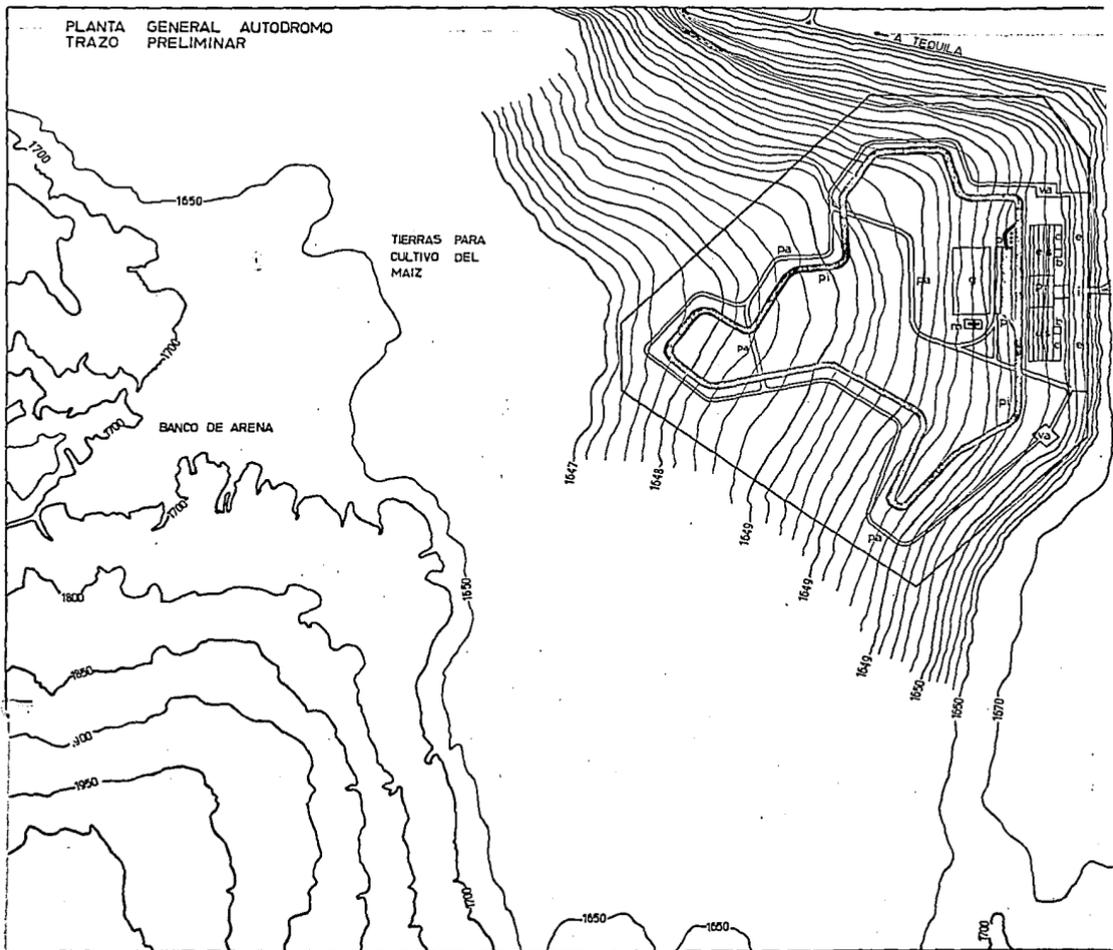
CORTES		13,178.37	M3
EXCAVACIONES	sin abund. 4,279.20 M3, con ab.4,921.08		M3
TERRAPLEN		12,324.27	M3
MATERIAL SUB-BASE Y BASE		17,500.00	M3
TUBO ASBESTO 6" Ø		7,764.00	ML
JAL		3,992.55	M3
MATERIAL VEGETAL		757.60	M3
BLOCK		9,785.00	PZA
CAL		640.00	KG
ARENA AMARILLA		4.00	M3
ARENA DE RIO		227.50	M3
CEMENTO GRIS		175.80	TON
GRAVA 1/2"		109.30	M3
GRAVA 1 1/2"		68.40	M3
GRAVA 3/4"		231.00	M3
ACERO 5/8"	Long.: 4,513 ML, peso	7,037.00	KG
ACERO 1/2"	Long.: 8,633 ML, Peso	8,600.00	KG
ALAMBRE RECOCIDO		151.00	KG
AGUA		2,200.00	M3
MEZCLA ASFALTICA		5,728.00	M3
AGREGADO PETREO PARA MEZCLA		5,728.00	M3
RESIDUO ASFALTO FR-3		308,281.00	Lt
SOLVENTE (GASOLINA)		138,503.00	Lt
CADENA DE CABLE ALTURA 1.40 MT		4,220.00	ML

POSTES ACERO SECCION CIRCULAR 2" Ø HUECOS ALTURA 1.80 MT	2,345.00	PZA.
TELA ALAMBRE # 20 ALTURA 1.50 MT	654.00	ML
POSTES PARA TELA ALAMBRE ALTURA 1.65 MT	364.00	PZA.
BAYONETAS COH TRES RANURAS	364.00	PZA
ALAMBRE DE PUAS CONVENCIONAL	1,962.00	ML
PINTURA BLANCA	1,100.00	Lt
PINTURA ROJA	225.00	Lt
VIGA IPR 6x4	546.00	ML
LAMINA CALIBRE 10 DOBLADA ANCHO 0.90 MT	1,526.00	ML
PERNO 5/8" x 2"	4,422.00	PZA
LLANTAS USADAS	20,916.00	PZA
FLEJES DE EMPAQUE	26,892.00	ML

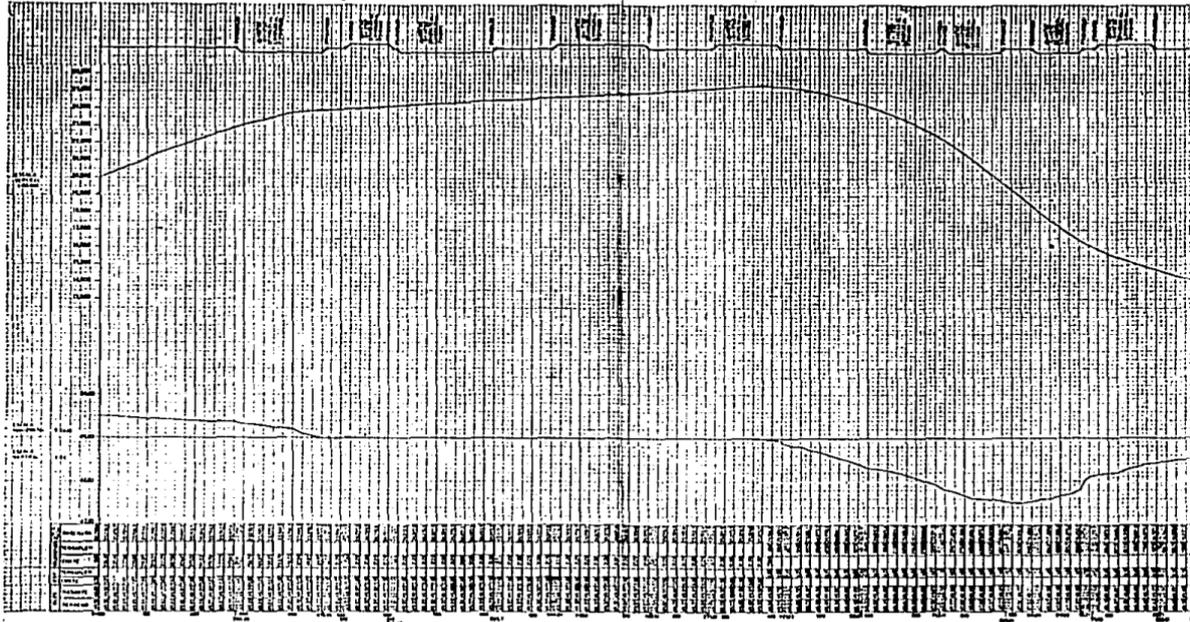
Se obtuvieron los volúmenes de obra para poder aplicarlos - cuando se desee realizar un presupuesto y así estar actualizado.

No se les aplicó precio unitario por los cambios constantes en costos de materiales y mano de obra.

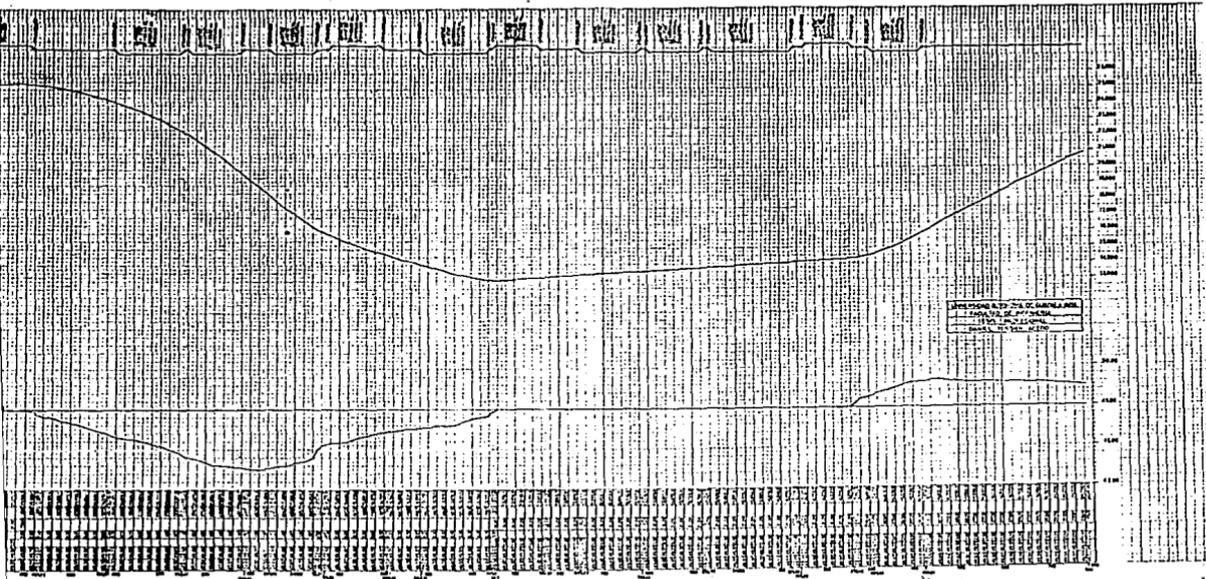
PLANTA GENERAL AUTODROMO  
TRAZO PRELIMINAR



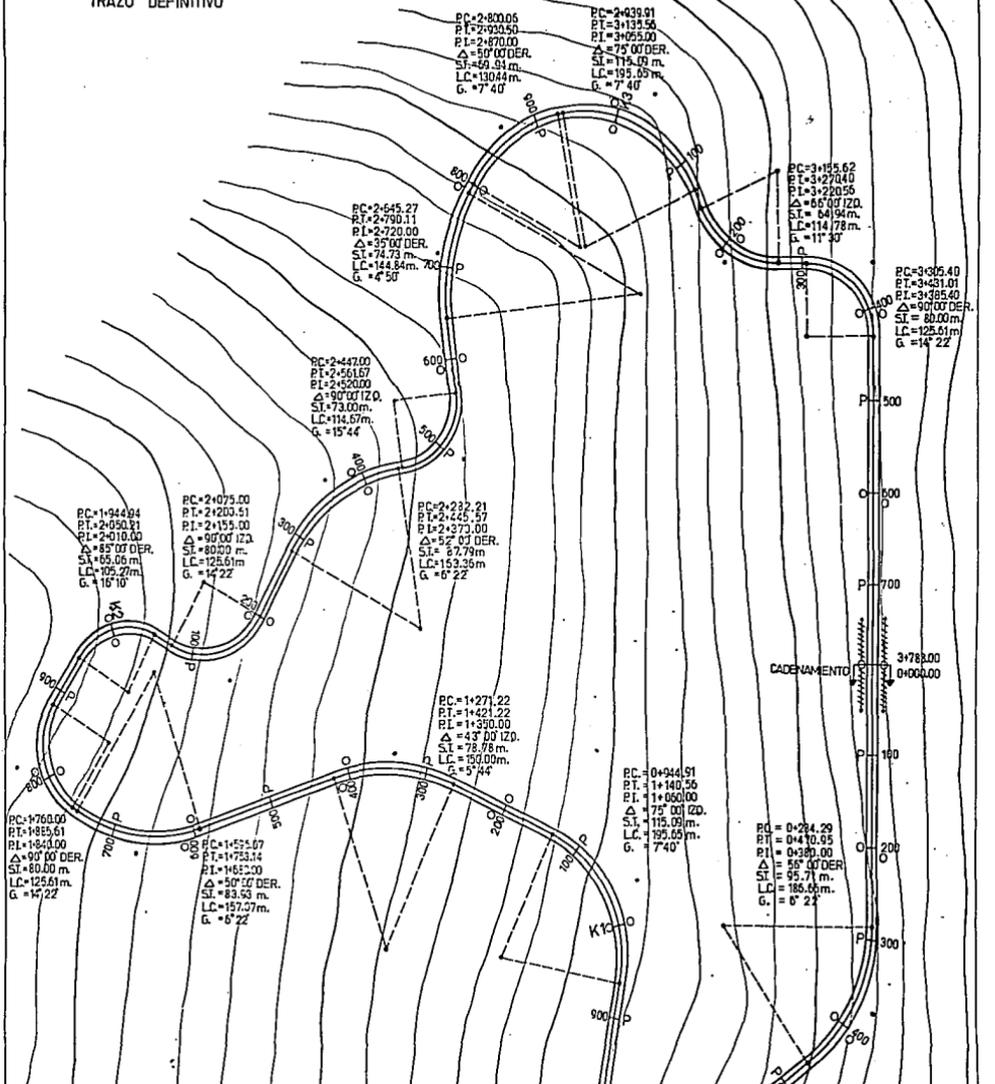




1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----



PLANTA AUTODROMO  
TRAZO DEFINITIVO



PC=2-800.05  
PT=2-920.50  
PI=2-870.00  
Δ=90° DER.  
SI=69.94 m.  
LC=13044 m.  
G=7°40'

PC=2-439.91  
PT=3-133.56  
PI=3-925.90  
Δ=75°00' DER.  
SI=115.09 m.  
LC=193.89 m.  
G=7°40'

PC=3-155.62  
PT=3-270.40  
PI=3-220.56  
Δ=65°00' IZD.  
SI=94.99 m.  
LC=114.78 m.  
G=11°30'

PC=3-385.40  
PT=3-631.01  
PI=3-185.40  
Δ=90°00' DER.  
SI=80.00 m.  
LC=128.51 m.  
G=14°22'

PC=2-645.27  
PT=2-790.11  
PI=2-720.00  
Δ=35°00' DER.  
SI=74.73 m.  
LC=164.84 m.  
G=4°50'

PC=2-447.00  
PT=2-561.67  
PI=2-520.00  
Δ=90°00' IZD.  
SI=73.00 m.  
LC=114.67 m.  
G=15°44'

PC=2-232.21  
PT=2-425.57  
PI=2-271.00  
Δ=52°00' DER.  
SI=67.94 m.  
LC=153.36 m.  
G=6°22'

PC=1-944.84  
PT=2-030.21  
PI=2-010.00  
Δ=85°00' DER.  
SI=65.06 m.  
LC=125.27 m.  
G=16°10'

PC=2-075.00  
PT=2-203.51  
PI=2-155.00  
Δ=90°00' IZD.  
SI=80.00 m.  
LC=124.61 m.  
G=14°22'

PC=1-271.22  
PT=1-421.22  
PI=1-350.00  
Δ=43°00' IZD.  
SI=78.78 m.  
LC=150.00 m.  
G=5°44'

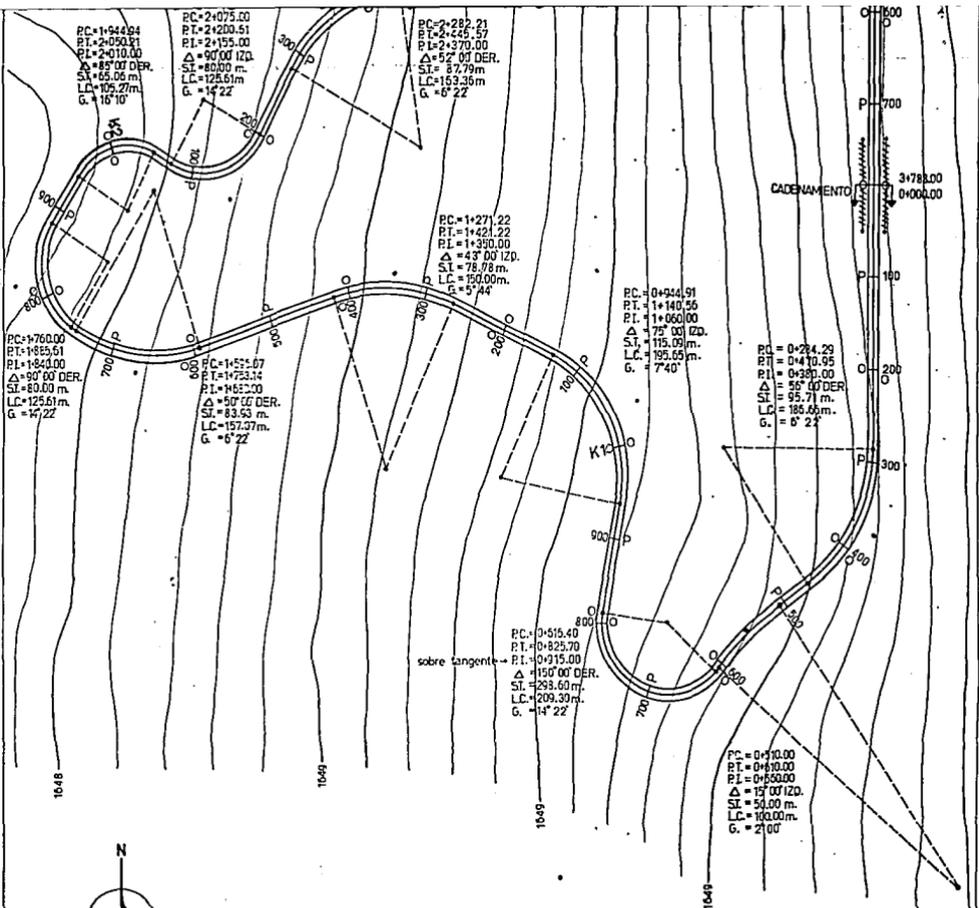
PC=0-944.91  
PT=1-140.56  
PI=1-060.00  
Δ=75°00' IZD.  
SI=115.09 m.  
LC=193.89 m.  
G=7°40'

PC=0-224.29  
PT=0-410.05  
PI=0-380.00  
Δ=65°00' DER.  
SI=95.71 m.  
LC=186.06 m.  
G=6°22'

PC=1-768.60  
PT=1-855.61  
PI=1-841.00  
Δ=90°00' DER.  
SI=60.00 m.  
LC=125.61 m.  
G=14°22'

PC=1-525.67  
PT=1-723.14  
PI=1-663.00  
Δ=50°00' DER.  
SI=83.56 m.  
LC=157.07 m.  
G=6°22'

CADENAMIENTO  
3788.00  
0000.00



# TRAZO DEFINITIVO DE PITS

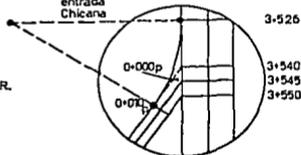
## DETALLES PITS

escala 1:500

### DETALLE A

ampliación  
entrada  
Chicana

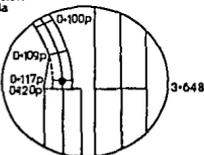
PC=3-526  
PT=0-010p  
PI=3-540  
 $\Delta = 34^{\circ}00'$  DER.  
SI=14.05 m.  
LC=27.10 m.  
G = 2.95%



Nota:  
La "p" indica  
cadenamiento de pits

### DETALLE B

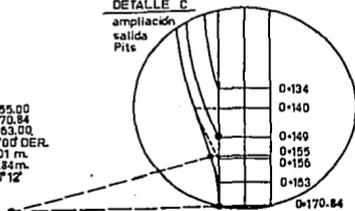
ampliación  
entrada  
Pits



### DETALLE C

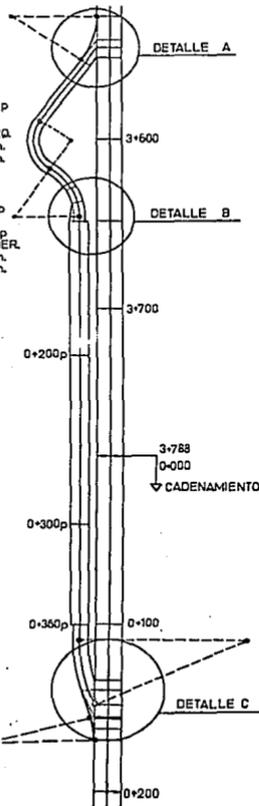
ampliación  
salida  
Pits

PC=0-155.00  
PT=0-170.84  
PI=0-163.00  
 $\Delta = 16^{\circ}00'$  DER.  
SI=8.01 m.  
LC=15.84 m.  
G = 2.07%



PC=0-052p  
PT=0-08341p  
PI=0-072 p  
 $\Delta = 90^{\circ}00'$  IZQ.  
SI=20.00 m.  
LC=31.41 m.  
G = 6.00%

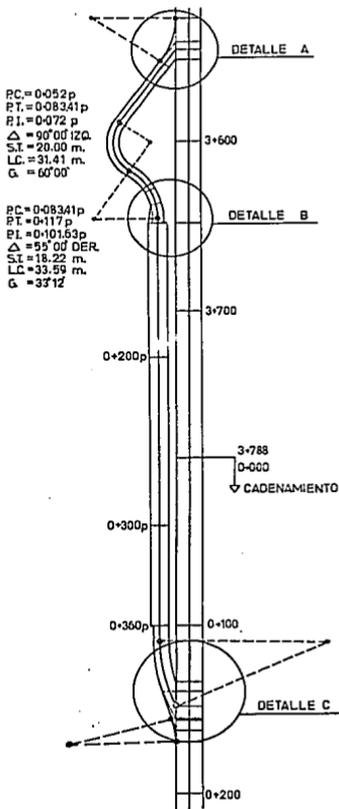
PC=0-08341p  
PT=0+117 p  
PI=0+101.53p  
 $\Delta = 55^{\circ}00'$  DER.  
SI=18.22 m.  
LC=33.59 m.  
G = 3.12%



ESCA

DEFINITIVO DE PITS

Nota:  
 \* Indica  
 el cambio de pits



PC.=0+052p  
 PT.=0+08241p  
 PI.=0+072 p  
 $\Delta = 90^{\circ}00' \text{ IZQ.}$   
 ST.=20.00 m.  
 LC.=31.41 m.  
 G. =  $6^{\circ}00'$

PC.=0+08341p  
 PT.=0+117 p  
 PI.=0+101.53p  
 $\Delta = 95^{\circ}00' \text{ DER.}$   
 ST.=18.22 m.  
 LC.=33.59 m.  
 G. =  $3^{\circ}12'$

PC.=0+360p  
 PT.=0+40827p  
 PI.=0+38895p  
 $\Delta = 25^{\circ}00' \text{ IZQ.}$   
 ST.=19.95 m.  
 LC.=33.27 m.  
 G. =  $12^{\circ}46'$

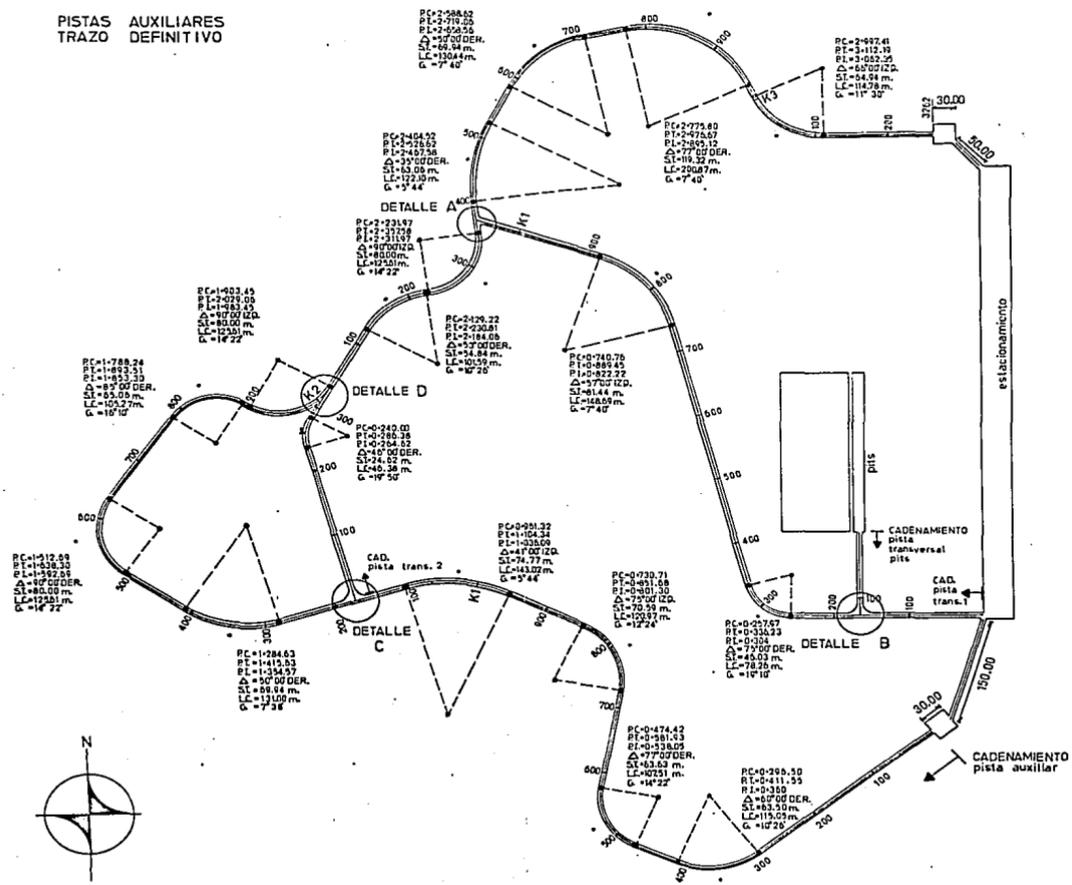
ANCHURA	PISTA		14.00 mt.
"	PITS		10.00 mt.
"	INGRESO	PITS	5.00 mt.
"	SALIDA	PITS	8.00 mt.



ESCALA 1:1,000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
DANIEL TESSIER ACEDO

PISTAS AUXILIARES  
TRAZO DEFINITIVO

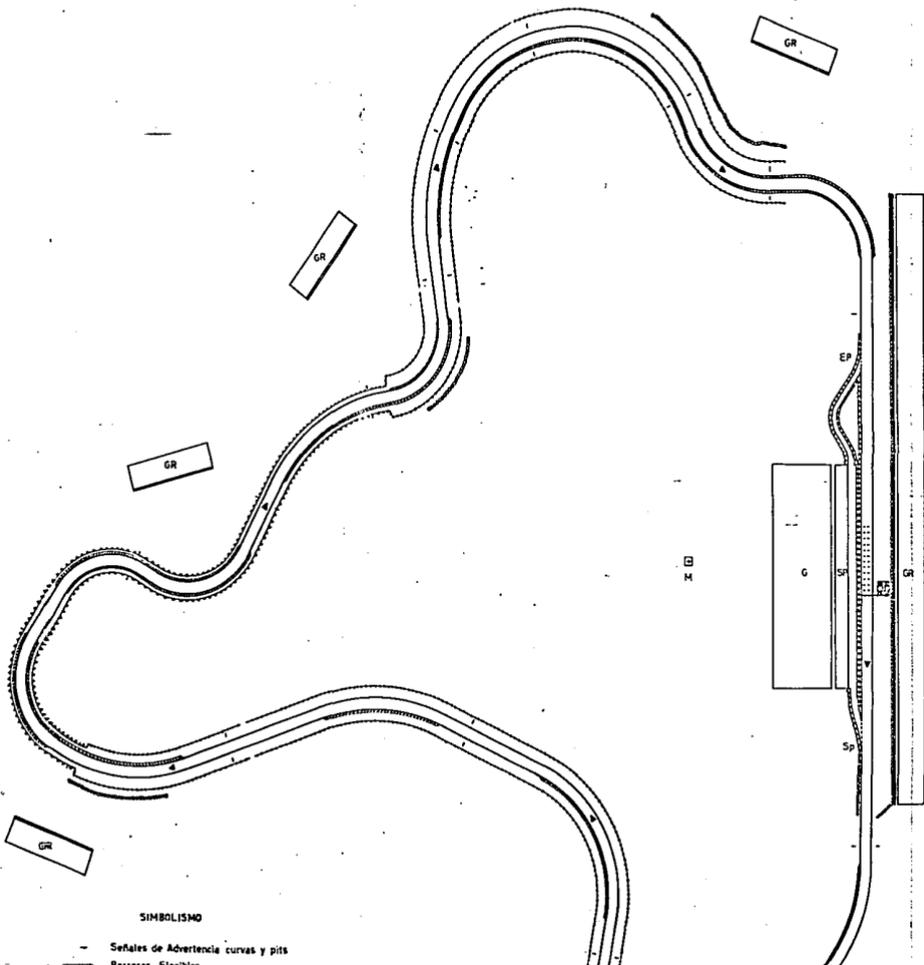


PC=0  
PI=1  
PT=1  
SI=1  
LE=2  
G=+8

ESCALA 1:2,500

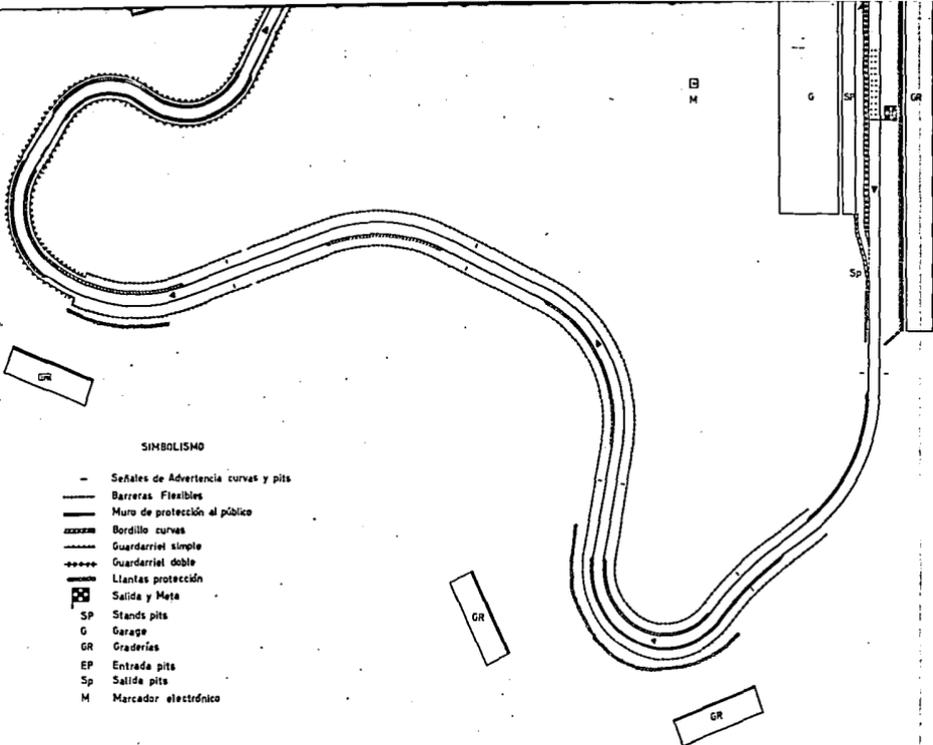


INFRAESTRUCTURA PISTA



SIMBOLISMO

- Señales de Advertencia curvas y pits



**SIMBOLISMO**

- Señales de Advertencia curvas y pits
- Barreras Flexibles
- Muro de protección al público
- Bordillo curvas
- Guardarriel simple
- Guardarriel doble
- Llanteras protección
- Salida y Meta
- SP Stands pits
- G Garage
- GR Graderías
- EP Entrada pits
- Sp Salida pits
- M Marcador electrónico



ESCALA 1:2,000

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
DANIEL TESSIER ACEDO

C A P I T U L O 10

BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- Especificaciones Generales de Construcción S.O.P., Parte - Octava Libro primero, 1979, facilitado por el Ing. J.J. Limón Limón.
- Apuntes clase pavimentos del Ing. J. J. Limón Limón.
- Mecánica de Suelos, Tomo II, Rico Rodríguez y Juárez Badillo, 1984, Ed. Limusa.
- Ingeniería de Carreteras, Hewes y Oglesby, Ed. CECSA, 1975.
- Manual del Ingeniero Civil, Frederick S. Merrit, McGraw -- Hill 1986, Tomos I, II, III.
- Construcción Pesada, Ing. Ramón Escutia Marín, UAG, 1985.
- Topografía, Miguel Montes de Oca, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., 1981.
- Consulta con el Sr. Hugo Desdier, periodista y "experto" en Fórmula Uno.
- Medios visuales (videocassette) de diferentes carreras para consulta.
- Manual de Caminos Vecinales, René Etcharrén Gutiérrez, Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1969.
- Normas y Costos de Construcción, Ed. Limusa, 1986, Alfredo Plazola Cisneros y Alfredo Plazola Anguiano.

- Suplemento "Velocidad" del periódico Ocho Columnas escrito por el Sr. Hugo Desdier, Números: 92, 97, 101, 104, 110, - 114, 119, 120, 122, 126, 128, 139.
- Reglamento FISA, sección 14, 1986, Zurich Suiza.
- Revista francesa "L'auto-journal" número 9 mayo 1986, número 5 marzo 1986.
- Revista "L'Automobile" número 498, diciembre 1987.
- Revista "Sport-Auto" número 264, enero 1984.
- Libros "L'année automobile", autor Ami Guichard, Editorial Lausanne, Lausana Suiza, números 20 (1973), 21 (1974-75), 22 (1976-77).
- "Le livre d'or de la Formule 1 1983", autor Renaud de La--borderie, Editorial Solar, Paris, Francia, 1983.
- Secciones D y E de apuntes de la clase de pavimentos en Estados Unidos denominados "Asphalt Technology and Construction" facilitados por el Ing. J.J. Limón Limón.