

**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



2E<sub>3</sub>  
32

**Patios Ferroviarios para el Manejo de Carga**

**T E S I S      P R O F E S I O N A L**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
I N G E N I E R O   C I V I L  
P R E S E N T A:**

**DAVID BECERRA GONZALEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1983**



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.

## I N D I C E

|              |  |        |    |
|--------------|--|--------|----|
| CAPITULO I   | PATIO PLANO ESTACION<br>MEDIAS AGUAS VERACRUZ                | PAGINA | 6  |
| CAPITULO II  | PATIO DE MINI JORDBA   | PAGINA | 15 |
| CAPITULO III | CALCULO DE VELOCIDADES<br>EN LOS PUNTOS CLAVES<br>DEL PERFIL | PAGINA | 19 |
| CAPITULO IV  | RETARDADORES HIDRAULICOS                                     | PAGINA | 30 |
|              | BIBLIOGRAFIA   | PAGINA | 53 |

## INTRODUCCION

La creciente problemática en lo que a medios de ----  
transportación terrestre se refiere, evidenciada por la sa-  
turación de ciertas troncales del sistema carretero, prin-  
cipalmente aquéllas que operan por el sistema de cuota o -  
peaje, ha resaltado la impostergable necesidad de volver -  
la vista al medio de transportación masivo genéricamente -  
conocido como ferrocarril, que en otros países viene a ---  
constituir la columna vertebral del sistema de transporte-  
terrestre y que por sus cualidades intrínsecas puede ade--  
más coordinarse fácilmente con otros medios de transporta-  
ción como lo son el autotransporte, el barco, la barcaza y  
aun el avión.

Múltiples y complejos son los aspectos de este pione-  
ro de la transportación terrestre, los cuales le dan la --  
apariencia mas de una industria que de un medio de mover -  
bienes y personas, pero su fin último es el manejo y trans-  
porte de carga en grandes volúmenes y distancias, preferen-  
temente largas (superiores a los 500 Kms).

Dentro de los aspectos arriba mencionados se pueden-  
mencionar los de planeación proyecto, construcción y mante-  
nimiento de vía y estructuras, ensamble y mantenimiento de-  
equipo de arrastre y tractivo y operación en vía principal,

en terminales y patios, es en éste último renglón en donde el autor aporta, en forma modesta, un anteproyecto de solución para el manejo de carga (carros) en una instalación clave en la red ferroviaria regional Itsmo-Sureste: el patio de Medias Aguas, Ver., ubicado en el Km. 96+000 de la línea "Z" de los Ferrocarriles Nacionales de México, centro de transferencia del equipo entre el Sureste y el Altiplano, aportando como solución temporal pero necesaria a corto plazo la instalación de un patio de "Mini-Joroba", para reforzar o complementar al actual patio "Plano" allí localizado, haciendo énfasis en que, con la adopción de estas instalaciones, operadas con retardadores hidráulicos autónomos se logrará mejorar la eficiencia en la clasificación del equipo a la vez que se abatan los costos de operación.

Se puede pensar que esta solución intermedia entre un patio plano y un patio de joroba puede ser aplicada en otras áreas del Sistema Férreo Nacional con un mínimo de tecnología, tiempo y costo, como paso intermedio lógico -- entre un sencillo patio plano y otro complejo y sofisticado patio de "Joroba".

## GENERALIDADES

### ¿QUE ES UN PATIO PLANO?

En una instalación de vías localizado en una terminal o en un punto de cruzamiento o intercambio de líneas troncales en donde se presente la necesidad de "fraccionar" un tren para distribuir sus carros a 2 o, más destinos o en donde exista la necesidad de recibir o entregar carga como lo pueden ser los puertos marítimos y fronterizos así como también las áreas industriales, en un sentido más amplio se puede hacer extensiva esta definición en aquéllos sitios en donde se presente un área de contacto de 2 medios de transportación, por ejemplo auto-transporte y ferrocarril (Piggy-Back y contenedores, por ejemplo).

### ¿EN QUE CONSISTE UN PATIO PLANO?

En una serie de vías generalmente paralelas a la línea principal, denominadas laderos o espuelas conectadas entre sí y con la vía principal por medio de "juegos de cambio" por uno o ambos extremos, cuya longitud total se ha determinado en función de las necesidades para recibir y despachar carros; en otros casos también para almacenar equipo vacío o cargado, su capacidad de estacionamiento se da por el número de carros que puede alojar.

Por lo que se refiere a su perfil, generalmente se ubica en tramos con pendiente moderada o, a nivel (entre 0.00% y 0.30%), siguiendo la tendencia general de la subrasante de la línea troncal.

En un patio de este tipo, se puede destinar un número determinado de vías para el recibo de trenes, mientras que otro grupo o lote de vías se reservan para el despacho de trenes.

Otros usos de las vías de un patio plano, puede ser para proporcionar servicio al público usuario, para atender la bodega del express o para tener acceso a las áreas de servicio y mantenimiento del equipo: "Casas redondas", taller de carros, arenero y servicios de combustible y agua.

#### ¿COMO SE MANEJA EL EQUIPO?

Para el movimiento del equipo de arrastre que llega y sale, y de un patio plano, es imprescindible el uso de una locomotora de patio que con el auxilio de personal trenista y auxiliar (garroteros), el responsable de los movimientos (jefe de patio), puede realizar una gama de movimientos, avanzando, retrocediendo o "rodeando" con la locomotora los carros o grupos de carros: abriendo y cerrando-

"cambios" para tener acceso a las diferentes vías.

En determinadas ocasiones e instalaciones de este -- tipo, se podrá aprovechar la pendiente descendente del patio (mínima), para permitir desplazamientos cortos del carro con la ayuda de la fuerza de gravedad y controlándolo por medio del frente mecánico de la unidad (freno de mano).

El accionamiento de los "cambios" en estas instalaciones, generalmente se realiza por medios manuales.

CAPITULO I

EL PATIO PLANO DE ESTACION MEDIAS AGUAS, VER.

Breve reseña de su funcionamiento actual

1.- COMPOSICION DEL PATIO Y CAPACIDAD

Planta. Plano Núm. anexo

| Nombre de la vía        | Capacidad en carros<br>(18 m. de long.) |
|-------------------------|---|
| "y" Rama norte          | 15                                      |
| "y" Rama sur            | 17                                      |
| Auxiliares casa redonda | 14                                      |
| Núm. 1                  | 36                                      |
| Núm. 2                  | 33                                      |
| Núm. 3                  | 30                                      |
| Núm. 4                  | 27                                      |
| Núm. 5                  | 23                                      |
| Núm. 6                  | 21                                      |
| Núm. 7 báscula          | 27                                      |
| Núm. 8                  | 26                                      |
| Núm. 1 fosa             | 18                                      |
| Núm. 2 fosa             | 12                                      |
| "y" Brazo norte         | 12                                      |
| "y" Brazo sur           | 7                                       |
| Espuela diesel          | 4                                       |

| Nombre de la vía       | Capacidad en carros<br>(18 m.de long.) |
|------------------------|--|
| Arenera                | 4                                      |
| Reparación carros      | 3                                      |
| Express especial       | 14                                     |
| Bodega                 | 12                                     |
| Público                | 12                                     |
| Cochera o andén        | 24                                     |
| Bodega local izquierda | 17                                     |
| Núm. 20                | 18                                     |
| Embarcadero            | 11                                     |
|                        | <hr/>                                  |
|                        | 437                                    |
| Núm. 1 K-Z-93          | 104                                    |
| Núm. 2                 | 100                                    |
|                        | <hr/>                                  |
|                        | 204                                    |
|                        | <hr/>                                  |
|                        | 641                                    |

2.-TONELAJE PROMEDIO DIARIO MANEJADO

| Origen       | Destino                               | Tonelaje         |
|--------------|---------------------------------------|------------------|
| Medias aguas | V.C.I.                                | 25 000 Tons.     |
| Medias aguas | Al norte Tehuano                      | 10 000 Tons.     |
| Medias aguas | Al sur Tehuano y<br>F.C. Panamericano | 5 000 Tons.      |
|              | SUMA                                  | <hr/>            |
|              |                                       | 40 000 Tons./día |

3.- FLETE DEL V.C.I. AL TEHUANO

|          |              |                           |
|----------|--------------|---------------------------|
| Vacios   | 164 Unidades | 4 920 Tons.               |
| Cargados | 73 Unidades  | 5 840 Tons.               |
|          | SUMA         | <u>10,760 Tons.Aprox.</u> |

4.- DESTINO DE LA CARGA QUE PARTE DE MEDIAS AGUAS

AL NORTE

| Estación                  | Kilometraje<br>Línea "Z" | Cliente               |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Ojapa                     | K-64                     | Pémex                 |
| Texistepec                | K-57                     | Azufrera Panamericana |
| Jáltipan                  | K-46                     | Azufrera Panamericana |
| Jáltipan                  | K-44                     | Matías Romero         |
| Jáltipan                  | K-43                     | M I M S A             |
| Maseca                    | K-38                     |                       |
| Hibueras                  | K-31                     |                       |
| Horacio P. Sánchez        | K-20                     | Fertimex              |
| Coatzacoalcos y<br>F.U.S. | K-0                      |                       |

AL SUR

|               |       |                  |
|---------------|-------|------------------|
| Paso buques   | K-    | F.C. y Compañías |
| Uspanapa      | K-175 | Madereros        |
| Matías Romero | K-204 |                  |
| Lagunas       | K-213 | Cementeras       |

| Estación    | Kilometraje<br>Línea "Z" | Cliente         |
|-------------|--------------------------|-----------------|
| Nizaconejo  |                          | Flete Compañías |
| Almoloya    |                          | Roca fosfórica  |
| Ixtepec     | K-256                    | (patio)         |
| Tehuantepec | K-286                    | CONASUPO        |
| Pierson     | K-293                    | Refinería       |
| Salina Cruz | K-303                    | Pémex           |

#### 5.- ASPECTOS DE OPERACION

##### a).- Fuerza tractiva

El Jefe de patio dispone de una locomotora-DE-22 de 1 800 AP., la cual trabaja 3 turnos de 8 horas (3 tripulaciones /día).

La disponibilidad de la máquina es aproximadamente de 30 días con inspección mensual en Matías Romero, la cual se realiza en 2 días aproximadamente.

En caso de fallar la máquina de patio, es necesario utilizar la primera locomotora de camino que llegue para no detener la operación del patio.

La capacidad máxima del patio es de 30 000-

Tons., equivalente a 700 carros, entre va--  
cios y cargados.

El tiempo promedio de permanencia del carro  
en patio, es de 24 horas, aproximadamente.

b).-Número de trenes que acceden al patio.

Número de trenes por día.- 8 trenes/día

c).-Máquinas o locomotoras ayudadoras.-Se tienen:

2 en el distrito de Achotal y

2 en el distrito del Papaloapan

d).-Tonelaje ecuacionado entre Achotal y Angos-  
tura de una locomotora DE-29 con un caballa  
je de 2,750 HP:

1,055 Tons. de arrastre.

e).-Tren tipo:

5 locomotoras con un promedio de 59 a 60 -  
carros de 85 a 100 tons.

f).-Operación del patio

Labor de clasificación al norte del V.C.I.

y al norte N T .

Labores Desarrolladas:

- 1). Llevar a bodega
- 2). Llevar a vía de público
- 3). Llevar a reparación (carros BO)
- 4). "Hacer" la aceitera y arenera
- 5). Pesar carros
- 6). Clasificar y formar

Servicios complementarios de patio:

Taller de carros para reparaciones menores.

g).-Personal

El personal necesario para atender las necesidades del patio, por turno de 8 horas - es:

- 1 Jefe de patio
- 1 Mayordomo
- 3 Garroteros
- 1 Maquinista
- 1 Ayudante

h).-Servicios complementarios de patio que se proporcionan al equipo.

Reparaciones ligeras de locomotoras y carros.

Pasaje de carros

Abastecimiento de diesel, agua y arena

1. Problemas sobresalientes:

1.1. Se palpa la necesidad de modificar - el patio de Medias Aguas, de tal manera que su financiamiento sea más - eficiente para recibir, clasificar - y enviar lo más rápido posible la -- carga recibida a sus diferentes des- tinos.

1.2. Disponer, por lo menos de dos máqui- nas de patio para movimientos ya que una locomotora es insuficiente.

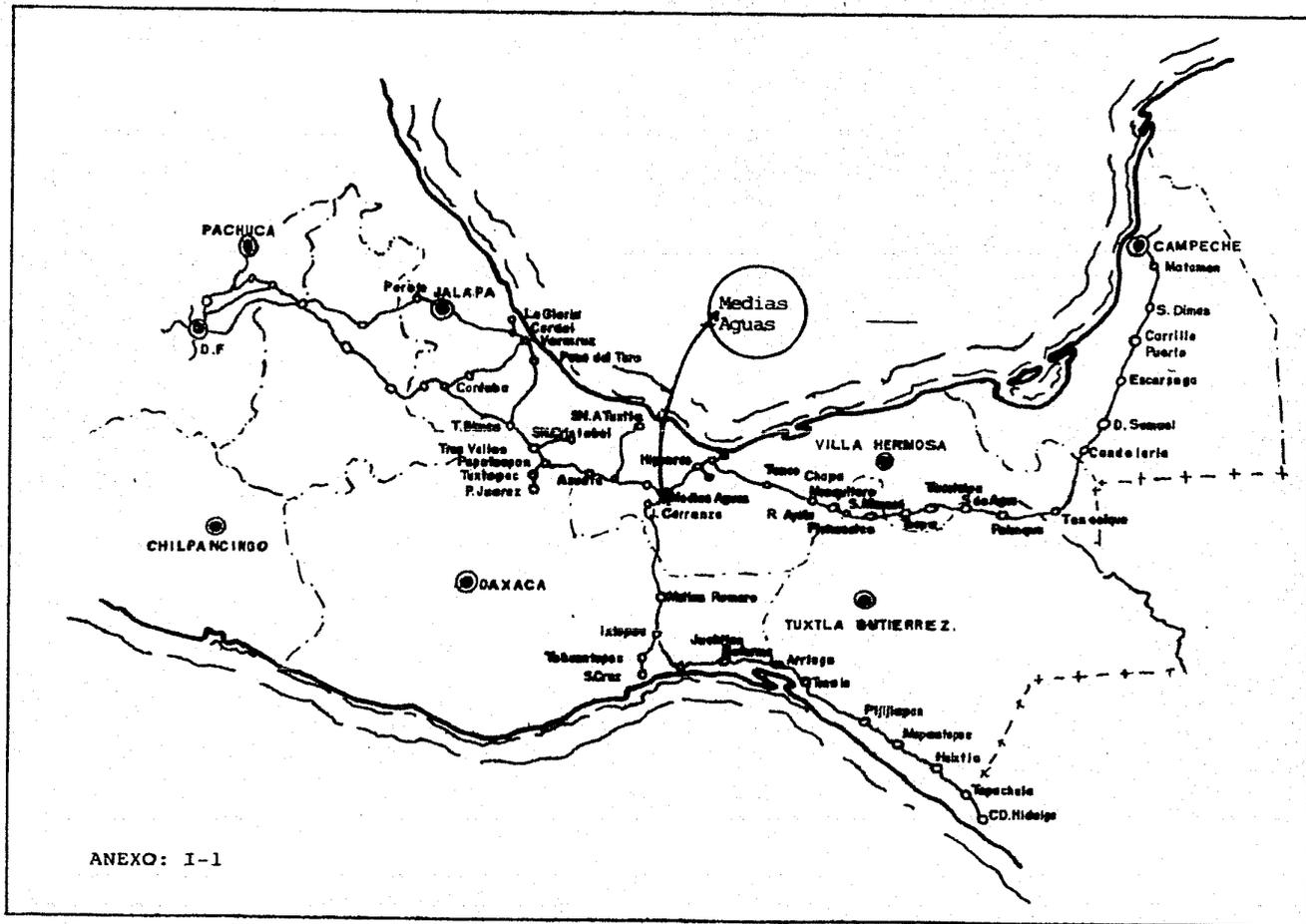
1.3. La falta de una grua en el patio es en realidad un problema serio, ya - que en caso de descarrilamientos, - el Jefe de patio se ve imposibilitado a poder mover el carro y como -- consecuencia se ven afectadas las - maniobras de clasificación y despa- cho del equipo.

1.4. Debido a que en este patio se maneja equipo que transporta productos peligrosos, como: cloro, tetraetilo de plomo y acetona, entre los mas importantes, lo que provoca un constante peligro potencial de explosiones, se cree que sería conveniente contar con equipo y personal de bomberos mínimo que en un momento dado pudieran conjurar el peligro, evitándose con ello daños trascendentales a las instalaciones de este patio que de suceder podrian impactar seriamente en el manejo y transferencia de la carga del sureste hacia el Altiplano.

1.5. Mantenimiento de las vías e instalaciones del patio.

A la fecha se observa un mantenimiento prácticamente nulo, se deduce que es debido a la casi permanente ocupación de las vías, desde luego deberá buscarse la forma de rehabilitar ---

vias e instalaciones para mejorar notoriamente la eficiencia y seguridad en esta importante área ferroviaria.

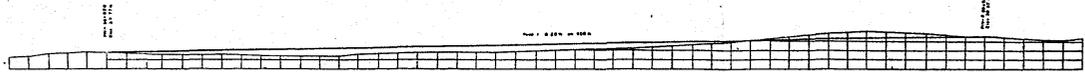


ANEXO: I-1

ZONA RESIDENCIAL

LA CERRANZA

LA CERRANZA



PATIO FERROVIARIO  
MEDIAS AGUAS  
VERACRUZ

## CAPITULO II

### EL PATIO DE MINI-JOROBA

#### 1.- Que es el patio de mini-joroba?

En forma simplista se puede decir que es un patio ferroviario plano en el cual se ha levantado una vía de acceso para definir una rampa de descenso por donde sea posible deslizar los carros, aprovechando la fuerza de gravedad (componente tangencial del peso del carro). Con instalaciones complementarias auxiliares para aumentar la eficiencia en la clasificación y manejo del carro, como lo pueden ser: -- una fuente de energía eléctrica y otra de producción de aire comprimido, para la operación automática de los "cambios" y para el posible funcionamiento de elementos empujadores (boosters), respectivamente.

El diseño de patios de mini-joroba, se recomienda para necesidades de clasificación del orden de 1,000 a 1,500-carros/día y compuestos por 8 a 16 vías de clasificación;-- se persigue el objeto de lograr un ahorro en el uso y consumo del equipo de fuerza tractiva y en cierta forma de personal de operación, paralelamente mejorar la eficiencia en la clasificación y despacho de trenes.

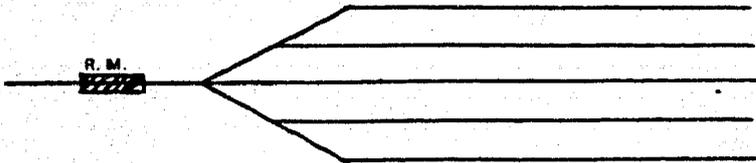
#### 2.- Tipos de patios de mini-Joroba

Se pueden distinguir 3 grandes grupos:

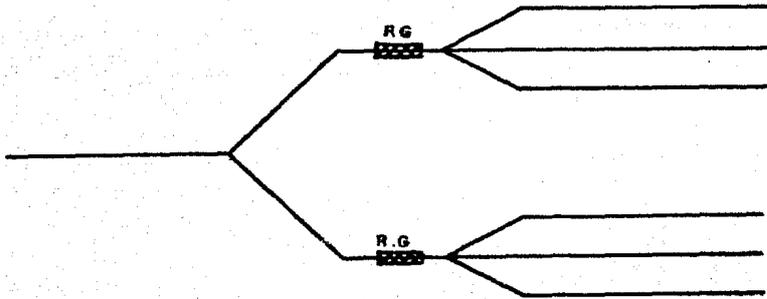
- a).- Patios con retardadores convencionales.
- b).- Patios con retardadores hidráulicos autónomos.
- c).- Patios con una combinación de elementos retardadores hidráulicos y elementos empujadores neumáticos (esta solución inclusive se puede aplicar a un patio plano).

Dentro del primer grupo se puede tener 3 subtipos de diseño:

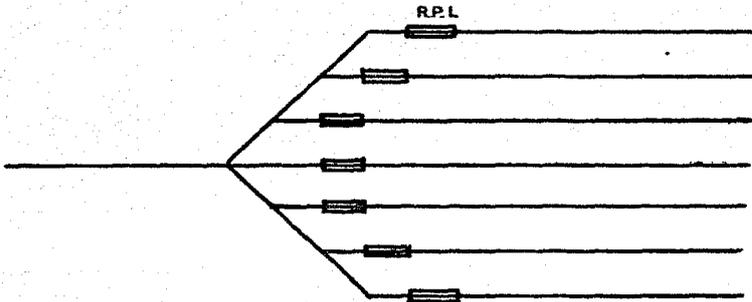
- a-1) Patio con retardador maestro, únicamente
- a-2) Patio con retardador de grupo, únicamente
- a-3) Patio con retardador de "punto de libramiento", únicamente.



(0-1)



(a-2)



(a-3)

Por considerar que la solución con un patio de mini-joroba tipo b), tiene ventajas sobresalientes para el caso que nos ocupa, procederemos a su desarrollo y anteproyecto.

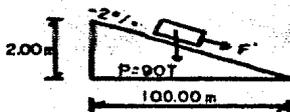
CAPITULO III

CALCULO DE VELOCIDADES EN LOS PUNTOS CLAVES DEL PER--  
FIL (V2, V3 y V4 ).

Dato.-  $V_1 = 2 \text{ Km/hr} = 1.25 \text{ m/h}$

a).- PARA UN CARRO CARGADO CON PESO TOTAL DE 100 TON.  
METRICOS

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD V2, TRAMO: 1-2.



$$F' = 90 \text{ Ton} \times 10 \text{ Kg/Ton} \times 2.0 \% \\ = 100 \text{ Kg (Asist.por Pend.)}$$

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA DEL CARRO CARGADO -  
FORMULA DE DAVIS ( Sist.Ingles).

$$R = 1.3 + \frac{29}{w} + bv + \frac{cAv^2}{wn}$$

En donde:

R = Resistencia en libras por tonelada del peso del -  
carro o tren.

W = Peso por eje en toneladas inglesas

b = 0.045 para carros de carga

c = Coeficiente experimental de 0.0005 para carros de carga en diseño convencional

A = Area de la sección transversal del carro equivalente a 90 pies<sup>2</sup>

Para la determinación de la resistencia del carro precedente tomaremos como dato una velocidad promedio del orden de 15.4 Km/h

Datos:

$$V = 15.4 \text{ Km/h} = 9.6 \text{ m/h}$$

$$W = 22.5 \text{ Ton. métricas} = 24.75 \text{ Ton. inglesas}$$

$$n = 2 \text{ ejes}$$

$$R = 1.3 + \frac{29}{24.75} + 0.045 \times 9.6 + \frac{0.0005 \times 90 \times 92.16}{24.75 \times 4}$$

$$R = 2.94 \text{ lb/ton} \text{ ó } 1.22 \text{ kg/ton-met.}$$

FUERZA TRACTIVA QUE SE EJERCE SOBRE EL CARRO

$$\begin{aligned} F_t &= 1800 - 90 \text{ ton} \times 1.22 \text{ kg.} \\ &= 1690.2 \text{ kg.} \end{aligned}$$

FUERZA DE ACELERACION UNITARIA

$$\begin{aligned} F'a &= \frac{F_t}{\text{peso}} = \frac{1690.2}{90} \\ &= 18.78 \text{ kg/ton} \end{aligned}$$

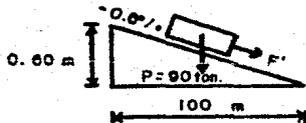
$$F'a = \frac{4.13}{L} (V_2^2 - V_1^2) \quad \text{sistema métrico}$$

$$\text{De donde: } V_2 = \sqrt{\frac{F'aXL}{4.13} + V_1^2}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{18.78 \times 30 + 4.0}{4.13}}$$

$$V_2 = 11.85 \text{ km/h } \text{ ó } 7.36 \text{ m/h}$$

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD  $V_3$ , TRAMO: 2-3 CARRO - CARGADO



$$F' = 90 \text{ ton} \times 10 \text{ kg/ton} \times 0.60 = 540 \text{ kg (asistencia - por pendiente)}$$

Cálculo de la resistencia:

$$R = 1.3 + \frac{29}{24.75} + 0.045 \times 18.96 + \frac{0.0005 \times 90 \times 18.96^2}{24.75 \times 4}$$

$$R = 3.49 \text{ lb/ton } \text{ ó } 1.44 \text{ kg/ton-met}$$

FUERZA TRACTIVA QUE ACTUA SOBRE EL CARRO

$$F_t = 540 \text{ kg} - 90 \text{ ton} \times 1.44 = 410.4 \text{ kgs.}$$

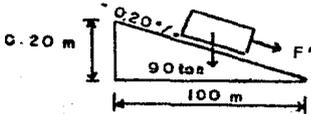
$$\text{luego } F'a = \frac{410.4}{90 \text{ ton}} = 4.56 \text{ kg/ton}$$

$$V_3 = \sqrt{\frac{4.56 \times 110 + 11.85^2}{4.13}}$$

$$V_3 = 16.18 \text{ km/hr } \text{ ó } 10.1 \text{ m/h}$$

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD  $V_4$  TRAMO: 3-4

$L = 40.00$  (zona de deceleración)



$$F' = 90 \text{ ton} \times 10 \text{ kg/ton} \times 0.20 = 180 \text{ kg (asist. por -- pendiente)}$$

CALCULO DE LA RESISTENCIA.

$$R = 1.3 + \frac{29}{24.75} + 0.045 \times 25.9 + \frac{0.0005 \times 90 \times 25.9^2}{24.75 \times 4}$$

$$R = 3.95 \text{ lb/ton } \text{ ó } 1.63 \text{ kg/ton-m.}$$

FUERZA TRACTIVA QUE ACTUA SOBRE EL CARRO

$$F_t = 180 \text{ kg} - 90 \text{ ton} \times 1.63 = 33.3 \text{ kg.}$$

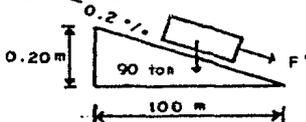
$$\text{luego } F' a = \frac{33.3 \text{ kg}}{90 \text{ ton}} = 0.37 \text{ kg/ton}$$

$$V_4 = \sqrt{\frac{0.37 \times 40}{4.13} + 16.18^2}$$

$$V_4 = 16.3 \text{ km/h } \text{ ó } 10.13 \text{ m/h}$$

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD  $V_5$  TRAMO: 4-5

$$L = 110 \text{ m}$$



$$F' = 90 \text{ ton} \times 10 \text{ kg/ton} \times 0.20 = 180 \text{ kg}$$

CALCULO DE LA RESISTENCIA

$$R = 1.3 + \frac{29}{24.75} + 0.045 \times 26.1 + \frac{0.0005 \times 90 \times 26.1^2}{24.75 \times 4}$$

$$R = 3.95 \text{ lb/ton} \quad \text{ó} \quad 1.63 \text{ kg/ton-met.}$$

$$F_t = 180 \text{ kg} - 1.63 \text{ kg/ton} \times 90 \text{ ton} = 33.3 \text{ kg}$$

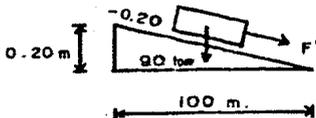
$$F'_a = \frac{33.3 \text{ kg}}{90 \text{ ton}} = 0.37 \text{ kg}$$

$$V_5 = \sqrt{\frac{0.37 \times 110 + 16.3^2}{4.13}}$$

$$V_5 = 16.6 \text{ km/h} \quad \text{ó} \quad 10.31 \text{ m/h}$$

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD  $V_6$ , TRAMO: 5-6

$$L = 220.50 \text{ m}$$



NOTA: Todo resultado practicamente igual al cálculo anterior

$$V_6 = \sqrt{\frac{0.37 \times 220.50 + 16.6^2}{4.13}}$$

$$V_6 = 17.2 \text{ Km/h } \text{ ó } 10.68 \text{ m/h}$$

CALCULO DE LAS RESISTENCIAS PARA VELOCIDADES DE ----

7 KM/H

Para  $V = 7 \text{ km/h} = 4.38 \text{ m/h}$

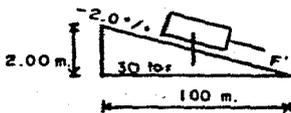
$$R = 1.3 + \frac{2.9}{24.75} + 0.045 \times 4.38 + \frac{0.0005 \times 90 \times 19.18}{24.75 \times 4}$$

$$R = 1.62 \text{ lb/ton } \text{ ó } 0.67 \text{ kg/ton-met.}$$

b).- PARA CARRO VACIO , 30 Ton - Métricas

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD  $V_2$ , TRAMO: 1-2

$$L = 30.00 \text{ m}$$



$$F' = 30 \text{ ton} \times 10 \text{ kg / ton} \times 2.0 = 600 \text{ kg}$$

Resistencia.- Dato:  $V_p = 15.4 \text{ km/h} - 9.6 \text{ m/h}$

$$R = 1.3 + \frac{29}{8.25} + 0.045 \times 9.6 + \frac{0.0005 \times 30 \times 9.62}{8.25 \times 4}$$

$$R = 5.29 \text{ lb/ton} \quad \text{ó} \quad 2.19 \text{ kg/ton-met}$$

FUERZA TRACTIVA QUE ACTUA SOBRE EL CARRO:

$$\text{luego } F'a = \frac{534.3 \text{ kg}}{30 \text{ ton}} = 17.8 \text{ kg}$$

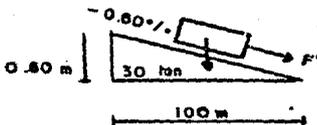
finalmente:

$$V_2 = \sqrt{\frac{17.8 \times 30 + 4.0}{4.13}}$$

$$V_2 = 11.5 \text{ km/h}$$

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD  $V_3$ , TRAMO: 2-3

$$L = 110.00 \text{ m}$$



$$F' = 30 \text{ ton} \times 10 \text{ kg/ton} \times 0.60 = 180 \text{ kg}$$

Resistencia:

$$R = 1.3 + \frac{29}{8.25} + 0.045 \times 11.5 + \frac{0.0005 \times 11.5^2 \times 30}{8.25 \times 4}$$

R ) 5.4 lb/ton ó 2.23 kg/ton-met

Entonces:

$$F_t = 180 \text{ kg} + 2.23 \text{ kg/ton} \times 30 \text{ ton} = 113.1 \text{ kg.}$$

Luego:

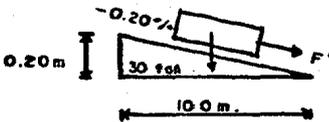
$$F'_a = \frac{113.1}{30 \text{ ton}} = 3.77 \text{ kg}$$

$$V_3 = \sqrt{\frac{3.77 \times 110.0 + 11.5^2}{4.13}}$$

$$V_3 = 15.9 \text{ Km/h} \quad \text{ó} \quad 9.88 \text{ m/h}$$

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD  $V_4$  TRAMO: 3-4

$$L = 40.00 \text{ m}$$



$$F' = 30 \text{ ton} \times 10 \text{ kg/ton} \times 0.20 = 6 \text{ kg}$$

Resistencia:

$$R = 1.3 + \frac{29.0}{8.25} + 0.045 \times 25.4 + \frac{0.0005 \times 30 \times 25.4^2}{8.25 \times 4}$$

$$R = 6.253 \text{ lb/ton } \acute{o} \text{ } 2.59 \text{ kg/ton-met}$$

Entonces:

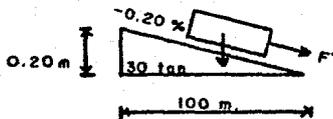
$$F_t = 60.0 \text{ kg} - 2.59 \text{ kg/ton} \times 30 \text{ ton} = -17.7 \text{ kg.}$$

$$F_d' = \frac{-17.7}{30} = -0.59 \text{ kg}$$

$$V_4 = \sqrt{\frac{-0.59 \times 40.0}{4.13} + 15.9^2}$$

DETERMINACION DE  $V_5$  TRAMO: 4-5

$$L = 110.00 \text{ m.}$$



$$F' = 30 \text{ ton} \times 10 \text{ kg/ton} \times 0.20 = 60 \text{ kg}$$

Resistencia:

$$R = 1.3 + \frac{29.0}{8.25} + 0.045 \times 25.1 + \frac{0.0005 \times 30 \times 25.1^2}{8.25 \times 4}$$

$$R = 6.24 \text{ lb/ton } \acute{o} \text{ } 2.58 \text{ kg/ton-met}$$

Entonces:

$$F_t = 60.0 \text{ kg} - 2.58 \times 30.0 = -17.4 \text{ kg}$$

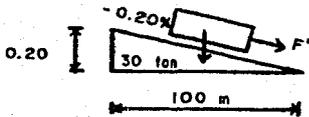
$$F'_d = \frac{-17.4}{30} = -0.58 \text{ kg}$$

$$V_5 = \sqrt{\frac{0.58 \times 110 + 15.7^2}{4.13}}$$

$$V_5 = 15.2 \text{ km/h} \quad \text{ó} \quad 9.44 \text{ m/h}$$

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD  $V_6$  TRAMO: 5-6

$$l = 220.50 \text{ m}$$



$$F' = 60 \text{ kg}$$

Resistencia:

$$R = 1.3 + 3.52 + 1.09 + 0.268$$

$$R = 6.2 \text{ lb/ton} \quad \text{ó} \quad 2.56 \text{ kg/ton-met.}$$

Entonces:

$$F_t = 60.0 - 76.8 = -16.0 \text{ kg}$$

$$F'_d = \frac{-16.8 \text{ kg}}{30 \text{ ton}} = -0.56 \text{ kg}$$

$$V_6 = \frac{-0.56 \times 220.50 + 15.2^2}{4.13}$$

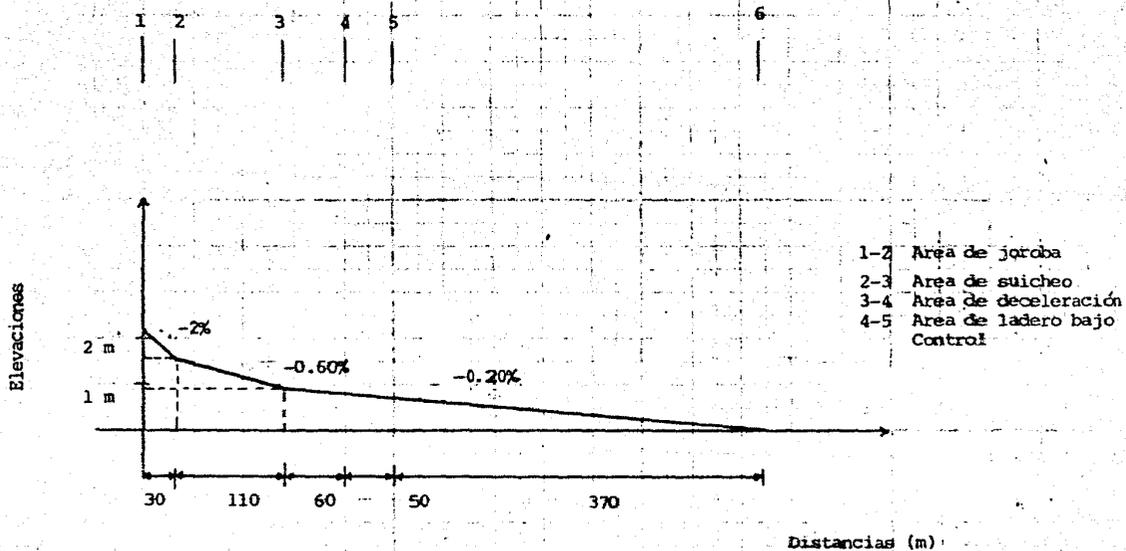
$$V_6 = 14.2 \text{ km/h} \quad \text{ó} \quad 8.82 \text{ m/h}$$

CALCULO DE LA RESISTENCIA PARA  $V = 7.0 \text{ Km/h}$

$$R = 1.3 + \frac{29.0}{8.25} + 0.045 \times 4.38 + \frac{0.0005 \times 19.18}{8.25 \times 4}$$

$$R = 50 \text{ lb/ton} \quad \text{ó} \quad 2.1 \text{ kg/ton}$$

ANEXO III-1 PERFIL SUPUESTO PARA EL PATIO DE MINI-JOROBA

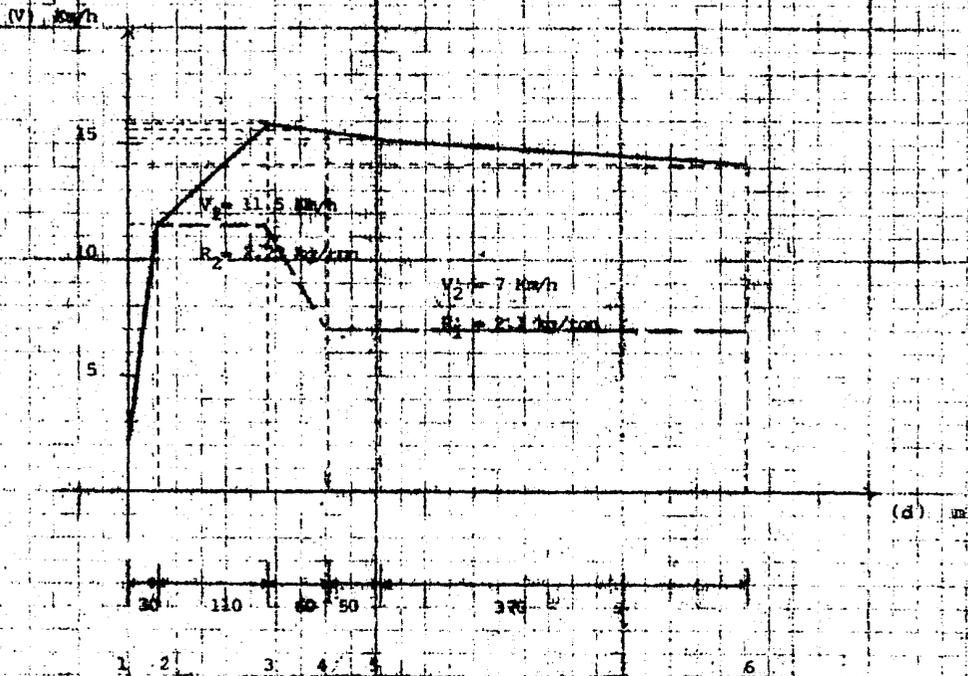


ANEXO III-2 VELOCIDADES EN LOS PUNTOS CLAVES DEL PERFIL

a.- Gráfica Velocidades-distancias para carro cargado



ANEXO III-3. B) - GRÁFICA VELOCIDADES-DISTANCIAS PARA CARGA VACÍO



## CAPITULO IV

### EL RETARDADOR HIDRAULICO

La unidad consiste de dos elementos básicos: una carcaza que va apernada o atornillada al riel y una cápsula -- que va contenida en la primera.

La cápsula consiste en un cilindro deslizante fabricado con acero de alta tensión con una cabeza u hongo de acero endurecido, dentro del cual se fija un pistón conteniendo una válvula de relevo y una de seguridad.

Las cápsulas son cargadas con aceite hidráulico común y con nitrógeno, lo que permite eliminar un mecanismo de retorno a base de resortes, constituyendo así una unidad compacta.

Los retardadores son colocados a lo largo del riel en intervalos estratégicos.

A medida que un carro de ferrocarril se desplaza, la ceja de las ruedas entra en contacto con la cabeza de la -- unidad retardadora presionando la cápsula dentro de la taza.

Cada cápsula es ajustada durante la fabricación a --

una velocidad de control especificada entre los rangos de 0 y 5 m/seg con el carro desplazándose abajo de la velocidad de control, la cápsula se cierra sin absorber alguna energía apreciable; cuando el carro se desplaza arriba de la velocidad de control, la energía se disipa hidráulicamente dentro de la cápsula; la cantidad de energía sustraída al carro en movimiento es función de su velocidad.

Para optimisar la instalación la carga unitaria extrema se preestablece para prevenir levante la rueda del carro más ligero.

Deberá notarse que las unidades son francamente sensibles a la velocidad de las ruedas y no al peso del carro mismo que es soportado por el riel, consecuentemente se extrae la misma energía de todos los carros, independientemente de su carga por eje.

Un valor típico de capacidad de absorción de energía es 0.15 toneladas-metro por unidad retardadora.

El retorno del émbolo se debe a la expansión del nitrógeno comprimido en el interior del cilindro.

Las unidades se distribuyen a lo largo de la vía con-

una densidad promedio que depende del diámetro de la rueda, de la velocidad y de la resistencia al rodamiento; el sistema es, por lo tanto muy flexible ya que se puede agregar o quitar retardadores para variar el grado de control de la velocidad del carro.

#### PRINCIPIO DE OPERACION

##### 1.- Abajo de la velocidad de control.

Cuando la ceja de la rueda hace contacto con la cabeza (1), el cilindro deslizante es forzado a descender sobre el pistón (2), esto origina que el aceite contenido en la parte superior del cilindro fluya a través de perforaciones del pistón en la medida que la caída de presión es insuficiente para permitir que el plato de la válvula de seguridad (3) haga contacto con el pistón (2); la cápsula por lo tanto cierra sin absorber, en forma apreciable, algún porcentaje de la energía de la rueda. El nitrógeno contenido del cilindro deslizante es comprimido por el desplazamiento de la varilla del pistón.

##### 2.- Arriba de la velocidad de control.

Durante la fabricación se establece la velocidad de -

control mediante el ajuste de una anillo que constituye la-placa de la válvula de velocidad (3) que se mueve en contra de la carga del resorte (5) para un flujo dado. Si el ca--rro de ferrocarril excede la velocidad de control para la -cual fue diseñado el retardador, la presión a través de la-válvula de velocidad inmediatamente colapsa o acciona el re--sorte (5) y la válvula de velocidad acciona las puertas del pistón de cabeza, en esta forma se eleva la presión en la -mitad superior del cilindro en forma rápida provocando que-la válvula de relevo (4) en el centro del pistón se abra. La energía es disipada forzando el flujo de aceite a través de la válvula de relevo.

### 3.- Carrera de retorno.

Una vez que la rueda ha pasado sobre la unidad se rea-liza el retorno debido a la expansión del nitrógeno compri--mido en el interior del cilindro. A medida que la cápsula -se repone el aceite es lanzado a través de las perforaciones de la cabeza del pistón en dirección contraria.

Una válvula de placa (6) origina una caída de presión suficiente que asegura una suave extensión de la cápsula, -independientemente de la velocidad del carro.

### SUJECION DE LA UNIDAD

Las unidades se fijan al riel por medio de dos perforaciones en el alma del riel, insertando los tornillos de la carcaza a través de estas perforaciones. La rondana de presión y la tuerca se colocan apretándolas con un torquímetro para asegurar que la taza quede en su posición correcta con respecto al hongo del riel.

### TEMPERATURAS DE OPERACION

Las unidades se diseñan para operar arriba de los 110º centígrados.

A temperaturas abajo de 40º centígrados se tienen condiciones de operación óptimas. La máxima capacidad de operación se alcanza después de 40 ciclos, cuando el calor generado internamente eleva la temperatura de la unidad.

### VELOCIDADES LIMITE DE LOS CARROS

Se recomienda que la velocidad de los carros no exceda de los 19.2 Km/hora.

Las velocidades arriba de la mencionada acelerará el deterioro de la unidad.

## NIVEL DE RUIDOS

Los niveles de ruido provocado por la operación de la unidad dependen de las condiciones locales y presentan un máximo cuando el tren es clasificado a velocidades relativamente altas. Las últimas mediciones del factor ruido realizadas por los Ferrocarriles Federales Suizos, a velocidades máximas arrojan 55 decibeles (dba) a 460 m de distancia que es el rango permitido por las autoridades en la materia en zonas residenciales.

## EL PATIO FERROVIARIO CON UNIDADES RETARDADORAS HIDRAULICAS

Todas las unidades se diseñan y fabrican para permitir una vida larga y exenta de problemas durante un millón de -- ciclos de operación. La experiencia ha demostrado que en las vías de clasificación que los períodos de reposición de las unidades es de 3 a 4 años, mientras que para las unidades colocadas al pie de la joroba es del orden de 6 meses.

Para mantener los sistemas de retardación hidráulica se necesitan: un juego de sellos, aceite hidráulico y nitrógeno para recargar las unidades de trabajo pesado.

Estas cápsulas son también comunes para las unidades-empujadoras-retardadoras reemplazándose la vía mediante una

simple extracción y colocación a mano en la primera línea de servicio.

La segunda línea o fase de servicio de las tazas de los retardadores, mediante el ajuste de los cojinetes (bushes) y renovando los resortes y los sellos en los empujadores neumáticos, se puede llevar a cabo en los propios talleres mecánicos del cliente.

El proveedor de los retardadores o su agente proporcionará servicio en el reacondicionamiento o reposición de las partes básicas.

#### ACCESORIO DE SEGURIDAD DE LA CAPSULA

Para preever extracciones de la cápsula por personas no autorizadas (incluso robos), las unidades se pueden proporcionar con un accesorio de seguridad como una opción extra. Se necesita una herramienta especial para extraer los pernos de seguridad que fijan la cápsula a su taza o carcasa.

#### DISEÑO DEL PATIO

Computadora.- Desde hace cuatro años se ha estado desa

rrolando un programa para el diseño y comportamiento de un patio de clasificación operando con unidades retardadoras -- hidráulicas. El programa se corre en una computadora ICL-- 2900 y ha sido arreglado como un sistema interconectado. Los datos que proporciona el usuario se refieren al diseño del patio y como un paso inicial la información que proporciona la computadora es la separación de los carros en el extremo del área de cambios. Si el cliente determina que esta separación es inadecuada, se elige una nueva velocidad para la zona de cambios y se vuelve a correr el programa hasta obtener una separación apropiada, cuando se ha alcanzado esta -- etapa se produce información más detallada, bien sea por medio de una lista numérica gruesa o gráficas gruesas del graficador conectado a la computadora principal en serie con la terminal.

Subsecuentemente refinamientos del programa tales como la posibilidad de practicar "CORTES", variación de las velocidades de goteo y cualquier combinación de las características del carro, significa que se cuenta con la suficiente -- habilidad y capacidad para diseñar patios de clasificación -- de cualquier característica; bien sea patios de mini-joroba o de joroba convencional.

Una vez que se ha diseñado el patio se puede determi--

nar el comportamiento de un carro individual o cualquier --  
combinación de grupos de carros.

#### PARAMETROS DE DISEÑO

Datos del Carro:

Longitud total del carro.- Necesaria para determinar--  
el intervalo de tiempo en la joroba.

Base rígida.- Separación de ejes.- Necesaria para de--  
terminar la separación de ejes entre carros consecuti--  
vos.

Peso por eje mínimo.- Indispensable para optimisar la  
energía del retardador.

Máximo.- Necesario para determinar la cantidad de re--  
tardadores.

Diámetro de rueda.- Necesario para determinar las to--  
lerancias en la velocidad del carro.

Resistencia al rodamiento.- Necesaria para determi--  
nar las pendientes y el comportamiento del carro.

#### DATOS DEL PATIO

Una planta del patio.- Necesaria para determinar la-

resistencia al rodamiento adicional y distancias de re corridos.

Curvas verticales en la joroba.- Especificación de -- la variación de la pendiente.- Para determinar el diseño de la joroba.

Velocidad de goteo (en la joroba).- Para determinar el tiempo de separación en la joroba.

Velocidad en las vías de clasificación.- Para el diseño de la zona de deceleración.

Intensidad y dirección del viento.- Para la determi-- nación de la resistencia al rodamiento adicional debida al efecto de viento.

Separación de ejes entre carros adyacentes.- Para -- elegir la velocidad en la zona de cambios (velocidad- de suicheo).

#### PRINCIPIOS DE DISEÑO

Una vez que los parámetros de diseño se han estableci do al primer paso consiste en determinar las pendientes del patio especialmente en el área de cambios, esto se logra -- determinando las resistencias del carro conocido en nuestro

medio como "Tren resistencia", que deberá incluir:

- a).- Resistencia en vía en tangente.
- b).- Resistencia en vía en curva.
- c).- Resistencia por presencia de cambios (solamente en zona de cambios)
- d).- Resistencia de viento (variará a lo largo del tramo comprendido entre la joroba y las vías de clasificación)
- e).- Resistencia ociosa de retardadores (resistencia ofrecida por el retardador cuando el carro transita abajo de la velocidad de control)

Habiendo determinado la pendiente en el área a tramos de cambios, debemos seleccionar la velocidad del carro en esa zona en función de la separación deseada entre carros, para el mismo tiempo tomando el rango inferior de velocidad por consideraciones económicas.

Es importante acelerar al máximo los carros en la zona de cambios para evitar los errores de tiempo entre los carros de diferente capacidad de rodamiento.

El diseño de la joroba es muy importante ya que influye la velocidad del carro en el área de cambios.

Por otra parte debe tener una altura suficiente para -

asegurar que el carro "duro" se acelere y alcance velocidades superiores a la velocidad en área de cambios, si bien - incluyendo retardadores (generalmente en la curva vertical - en columpio) para asegurar el buen rodamiento del carro a - velocidades superior a la determinada para la zona de cam-- bios (velocidades de suiches).

Los carros son controlados constantemente por medio - de retardadores hidráulicos autónomos a medida que descien-- den a través de la zona de cambios, aquéllos que tengan un - mayor diámetro de rueda tenderán a correr a una velocidad - más alta que aquellos carros con diámetro menor de ruedas.

A medida que los carros entran a las vías de clasifi-- cación se reduce su velocidad para garantizar un acopla --- miento seguro; esta reducción de velocidad se opera a lo -- largo de una zona de deceleración y finalmente se permite - correr al carro libremente a lo largo de las vías de clasi-- ficación en donde previamente se han instalado retardadores hidráulicos en una longitud de aproximadamente 1/3 del lar-- go total promedio de una vía de clasificación.

### FORMULA

Velocidad constante.- Definido el perfil de vías se procede al cálculo de densidad de retardadores generalmente expresada en número de retardadores por pie o por metro de longitud de vía, mediante la siguiente formula:

$$\gamma_r = \frac{\text{Peso máx. de eje x (pendiente-Resist.al Rodam.)}}{\text{Energía del retardador (por carrera)}}$$

$$\gamma_r = \text{Densidad de retardación.}$$

Así la cantidad total de retardadores se puede determinar multiplicando la densidad de retardación por un longitud de vía pertinente.

Se podrá distribuir los retardadores comodamente para proporcionar un control contínuo.

### DECELERACION

Una vez que el carro ha sobrepasado el área de suicheo, se reduce la velocidad a un valor tal que permita un acoplamiento seguro a la entrada de las vías de clasificación, esto se logra en la zona de deceleración.

La cantidad de retardadores para este fin se calcula como sigue:

$V_1$  = Velocidad de acceso a la zona de deceleración.

$V_2$  = Velocidad en las vías de clasificación.

Er = Energía de retardación (por embolada)

W = Peso por eje del carro más pesado

f = Factor de inercia de la rueda

Q = Cantidad de retardación

$$Q = \frac{\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \cdot w \cdot f}{E_r}$$

Esto nos da solamente los retardadores para deceleración ya que la zona de deceleración está en pendiente descendente, los retardadores adicionales que se requiere agregar.

#### COMPORTAMIENTO DE LA JOROBA

La joroba generalmente está constituida por una composición de dos curvas verticales continuas: curvas circulares o curvas parabólicas, en casos especiales el perfil puede incluir una tangente vertical intermedia entre ambas curvas.

La altura de la joroba se determina por medio del carro de mas difícil al rodamiento, es decir, la "carga de velocidades" necesaria para acelerar al carro "menos rodador" a lo largo de la zona de cambios y a la velocidad de proyecto.

El punto a donde los carros inician su aceleración -- varía con su "resistencia al rodamiento".

En el caso de carros de rodamiento fácil, la velocidad de suiches se alcanzará relativamente pronto, mientras que con un carro de rodamiento difícil se requerirá de la máxima carga de velocidad.

Por lo tanto se colocarán los retardadores a partir del punto en que el carro de fácil rodamiento adquiere su velocidad de suicheo, generalmente adoptando la máxima densidad de retardación para prevenir incrementos de velocidades.

#### AREA DE SUICHEO

La velocidad en esta zona depende de la separación -- elegida entre dos carros consecutivos que a la vez va relacionada con una correcta operación de suicheo (abrir y cerrar cambios), esta separación debe darse como dato en las especificaciones de proyecto.

Habiendo determinado la pendiente en el área de suicheo, la velocidad de control y la densidad de retardadores, el comportamiento del carro se puede simular.

La separación entre carros se pierde a lo largo de la zona de suicheo en virtud de la capacidad de rodamiento de carros pesados con diámetro de ruedas mayor en comparación con carros ligeros y diámetro menor de ruedas.

Se pueden dibujar gráficas Tiempo-Distancia para varias combinaciones de carros solos o de bloques de carros - mostrando el tiempo de separación en la "joroba", el tiempo perdido al final de la misma y a lo largo de la zona o área de suicheo con la distancia de separación al final del último cambio.

La separación real entre el eje posterior del primer-carro y el eje delantero del segundo carro se puede calcular de la siguiente forma:

$$S = V_s \left( \frac{d}{V_h} - H \right) - \left( \frac{dv \times L}{V_s} \right)$$

En donde:

S = Separación entre ejes de dos carros consecutivos.

d = Longitud total del carro

V<sub>s</sub> = Velocidad en el área de suicheo

V<sub>h</sub> = Velocidad en la joroba o "velocidad de goteo"

dv = Tolerancia de velocidad de retardación ( o frenaje) debido al diámetro de rueda.

L = Distancia de la joroba al último juego de cambio.

H = Tiempo perdido por el carro al acelerarse a lo largo de la joroba.

## ZONA DE DECELERACION

La longitud de esta zona se determina en el proyecto para reducir la velocidad del carro a partir de la velocidad de suicheo y hasta una de acoplamiento seguro, generalmente se procura que esta longitud de vías, sea lo más corto posible para permitir la máxima capacidad de estacionamiento de carros en las vías de clasificación, lo anterior significa la necesidad de exagerar la densidad de los retardadores, lo cual se logra con la colocación de dos o cuatro retardadores por cajón que a su vez depende del espaciamiento que se les dé a los durmientes en esta zona.

La zona de deceleración se puede localizar en el espacio comprendido entre el extremo final de un juego de cambio y el punto de libramiento (lugar donde se logra la máxima separación de vías).

Para mantener el valor de "la carga de velocidad" de un carro ligero, la zona de deceleración consistirá de secciones con la instalación de retardadores para una velocidad específica, conocida como zona de DECELERACION ESCALONADA, estas secciones podrán variar en número y decrecerán en elementos de control de velocidad en función de las características de deceleración de un carro pesado.

## CONSIDERACIONES ADICIONALES

El sistema de retardadores hidráulicos de control con tínuo proporcionará la solución más económica y efectiva y podrá confeccionarse para cualquier restricción financiera.

El perfil de las vías debe ser "redondeado" en los -- cambios de pendientes a fin de proporcionar un acoplamiento adecuado a lo largo de las vías de clasificación.

Una pendiente negativa (descendente) en los extremos- de las vías de clasificación puede dotarse de unidades hidráu licas detenedoras para detenedoras para prevenir descarrila mientos del equipo.

Hablando del patio de Flynn en Oklahoma todos los cri terios de diseño previamente descritos se aplicaron.

Actualmente el patio de Flynn, cuenta con ocho vías - de clasificación con una capacidad de manejo de alrededor- de 400 carros por día.

## DATOS DE VELOCIDADES

- a).- Velocidad de goteo - 1.6 Km/hr -
- b).- Velocidad de suicheo - 12.5 Km/hr -
- c).- Velocidad en las vías de clasificación - 7.2 Km/hr

A.- CALCULO DE RETARDADORES PARA MANTENER VELOCIDAD -

CONSTANTE.-  $V = 11.85 \text{ Km/hr}$

TRAMO: 2-3 - AREA DE SUICHEO.

$D.R. = W \times (\text{Asist. por Pend-Resist. al rodam})$

Er.

D.R.- Densidad de retardación

W.- Peso máx. por eje (Tons.)

Er.- Energía de retardador, por pieza y por embolada.

$D.R. = \frac{22.5 \text{ Tons.} \times (6.0 \text{ kgs} - 2.23 \text{ kgs})}{0.15 \text{ Tons-m (dato)}} = 56.6 \text{ kgs}$

Longitud del tramo: 2-3 = 110 m

Fuerza total de retardación =  $566 \frac{\text{kgs}}{\text{m}} \times 110 \text{ m}$

F.T.R. = 62,260 kgs.

CANTIDAD DE RETARDADORES =  $\frac{62,260 \text{ kgs}}{150 \text{ kgs.}} = 415 \text{ pzas}$

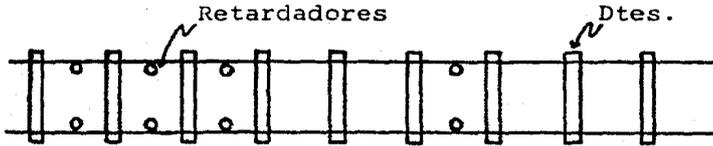
DISTRIBUCION DE RETARDADORES PARA MANTENER VELOCIDAD

CONSTANTE.- LONG. TRAMO. 110.00 m

Separación durmientes = 21" = 53 cms.

No. de cajas =  $\frac{110 \text{ m}}{0.53} - 1 = 207$

CONCLUSION.- 1 Retardador por caja y por riel



10.53 †

B.- CALCULO DE LOS RETARDADORES DE DECELERACION.

De.  $V_1 = 11.85$  Km/hr. a  $V_2 = 7.0$  Km/hr.

Tramo: 3-4 Zona de Deceleración.

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2} \times W \times F$$

$$\text{Núm. de Retardadores} = \frac{2g}{Er}$$

$$V_1 = 11.85 \text{ km/hr}$$

$$V_2 = 7.00 \text{ km/hr}$$

$$W = \text{Peso máx. por eje} = 22.5 \text{ Tons.met.}$$

$$F =$$

$$Er = 0.15 \text{ Ton-m (dato del fabricante)}$$

$$\frac{140.4 - 49.0}{2} \times 22.5 \times 0.33$$

$$\text{Núm. de Retardadores} = \frac{19.62}{0.150} = 34.5$$

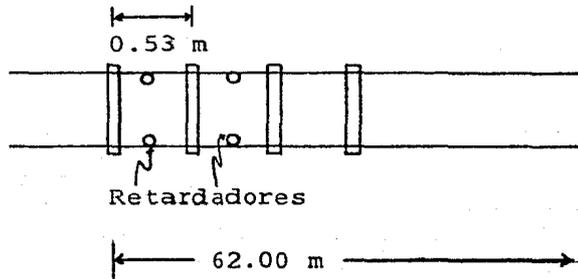
Núm. de Retardadores 230 piezas

Longitud del tramo = 62.0 m.

Separación entre durmientes.- Centro a centro = 53 cm.

$$\text{Núm. de cajas} = \frac{62.0}{0.53} - 1 = 116 \text{ cajas}$$

CONCLUSION.- 1 Retardador por caja y por riel



C.- CALCULO DE RETARDADORES PARA MANTENER VELOCIDAD -  
CONSTANTE EN TRAMO 4-5 AREA DE LANDEROS BAJO ---  
CONTROL

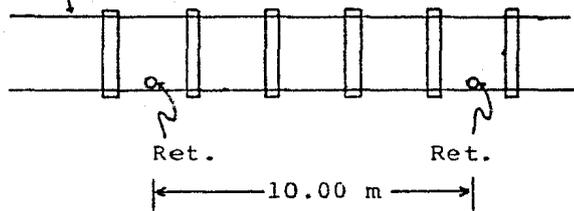
$$D.R. = \frac{22.5 \text{ Tons} \times (2.0 \text{ kgs} - 2.1 \text{ kgs})}{0.15 \text{ Ton-m}} = 15 \text{ kgs}$$

$$\text{Longitud del tramo} = 50 \text{ m}$$

$$F.T.R. = 15 \frac{\text{kgs}}{\text{m}} \times 50 \text{ m} = 750 \text{ kgs.}$$

$$\text{Núm. de Retardadores} = \frac{750 \text{ kgs.}}{150 \text{ kgs.}} = 5 \text{ piezas}$$

Uno a cada 10.00 m de separación y por un solo -  
riel.



### CAPACIDAD DEL PATIO PROPUESTO

En forma aproximada se puede citar la siguiente capacidad:

Capacidad teórica.

Velocidad en el goteo.- 2.0 km/hr. = 100 carros/hr.

Factor de Operación = 0.50

Capacidad real = 100 carros x 0.50 = 50 carros/hr

Capacidad diaria = 50 Unid. x 24 hr. = 12 00 carros/día

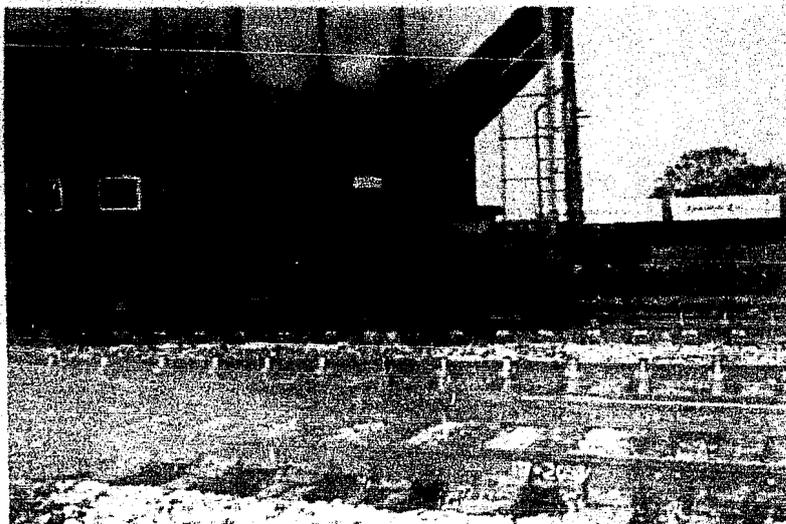
Ahorro aproximado en horas-locomotora y tripulación-hora- 70%

(a)



EN LA PRIMERA FOTOGRAFIA (a) SE MUESTRAN LOS RETARDADORES YA COLOCADOS EN LA VIA, Y EN LA SEGUNDA (b) SE MUESTRAN EN FUNCIONAMIENTO

(b)





B I B L I O G R A F I A

RAILROAD ENGINEERING

WILLIAM W. HAY  
VOL. I

LITERATURA DEL GRUPO DOWTY

GRUPO DOWTY  
(INGLATERRA)

TESIS PROFESIONAL

ING. ISSAC MOSCOSO LEGORRETA  
U.N.A.M.