X. CALCULOS

Recuperación de capital :

Comprende este concepto, los valores de pérdida de valor de una máquina en el tiempo y los intereses compuestos de éste dinero en ese mismo tiempo.

La fórmula para aplicar se deduce así :

P_o : Inversión inicial ó costo inicial del activo adquirido, incluyendo costos de instalación.

n : Número de períodos de vida útil del activo.

L : Valor real de salvamento del activo al cabo de n períodos.

i : Tasa de interés ó rendimiento.

CR : Costo de recuperación de la inversión más los intereses y menos el valor de salvamento.

Con base en la simbología anterior :

$$CR = Po\ (crf - i\% - n) - L\ (sff - i\% - n) \qquad (1)$$

$$Si\ (sff - i\% - n) = (crf - i\% - n) - i \qquad (2)$$

Tenemos :

$$CR = (Po - L)\ (crf - i\% - n) + Li \qquad (3)$$

Fórmula ésta que se utilizó para los cálculos .

Po : El monto total de la inversión original fué de $ 46120.00 especificados así :

	Unidades	Valor total ↓
Tanque	1	12000.00
Remolque	1	12000.00
Madera para rompeolas	Varias	100.00
Tubos de salida y drenaje	2	100.00
Accesorio para medir volumen existente en el tanque	1	150.00
Correas amortiguadoras	2	100.00
Platinas que fijan el tanque al remolque	2	100.00
Tensores de las platinas	2	70.00
Reparaciones y adaptaciones al enganche del remolque	Varias	500.00
Bomba	1	3900.00
Manguera principal	40 Mts.	2000.00
Manguera secundaria	10 Mts.	450.00
Manómetro	1	300.00
Válvula reguladora de presión	1	200.00

(↓) Valores calculados para 1974.

	Unidades	Valor total
Válvula paso rápido	1	250.00
Válvula retorno a presión	1	50.00
Filtro de línea	1	200.00
Cojín de aire	1	100.00
Válvula de desacople rápido	1	100.00
Acoples de unión para manguera	Varios	1000.00
Válvulas de pistola	7	1400.00
Lanzas	14	700.00
Boquillas	14	700.00
Tapones	Varios	50.00
Morrales	7	1400.00
Mano de obra		5000.00
Varios : Transporte, pequeños accesorios, cemento, abrazaderas etc.		3200.00
T o t a l		$ 46120.00

Cálculo de n :

Número de períodos de vida útil, definiendo como vida útil el período durante el cual el activo ha de prestar el servicio efectivo para el que fué diseñado.

Después de terminada la vida útil puede que la máquina esté en capacidad de servir en otras actividades, razón por la cual se asume un valor residual ó de salvamento.

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para calcular la vida útil de una máquina :

a . Basarse en experiencias con máquinas iguales o´ similares.

b . Poseerse información suficiente que permita garantizar que los datos obtenidos sean ciertos y representativos.

c . Asumirse las condiciones de trabajo y mantenimiento como normales.

A pesar de analizar todas y cada una de las anteriores consideraciones, se vé la dificultad en determinar la vida útil, pues no existen ni máquinas similares ni iguales actualmente en nuestro medio.

Para obviar lo anterior, se procedió a estudiar la composición de las piezas vitales para el funcionamiento de la máquina y a estas se les determinó su vida útil así : (Tabla 12)

Mantenimiento : El número que aparece en esta columna, indica el porcentaje del valor original que se calculó gastará el elemento durante su vida económicamente útil. Incluye éste concepto : Mantenimiento preventivo, reparación, repuestos, mano de obra e instalaciones.

TABLA 12 VIDA UTIL Y % DE Po PARA MANTENIMIENTO

	Años	Horas	Mantenimiento
Remolque	5	6.000	40
Tanque	5	6.000	10
Bomba	8	10.000	160
Mangueras	-	-	-
Lanzas y accesorios	3	1.000	100
Instrumentos de control	5	6.000	100

Como se puede analizar en el resumen anterior, las diferentes piezas consideradas esenciales en la máquina, difieren en la vida económicamente útil y en sus respectivos porcentajes para mantenimiento y reparación, debido a esta diferencia y teniendo en cuenta que el remolque y el tanque forman el conjunto más costoso, se puede afirmar que la máquina durará tanto tiempo cuanto duren los dos elementos anteriores, pues los otros serán reemplazados debido a su menor valor, y en consecuencia se asumió una vida económicamente útil de 6.000 horas - 5 años.

Cálculo de L :

Valor residual. Respecto a éste cálculo, es necesario considerar aspectos tales

como la utilidad individual de los componentes en caso de que la máquina pierda su funcionalidad como conjunto. En este caso se considera muy alta la utilización posterior de cada elemento por separado. Por lo tanto y siendo éste cálculo una alternativa de opción del analista (desde el punto de vista económico). Se asumirá un valor residual alto, estimado en un 20% del valor original.

Cálculo de i :

Tasa de interés. Es un dato que varía mucho de acuerdo con la fuente de financiación para el proyecto. En el presente caso en el cual el dinero invertido es propio, se asume una tasa de interés igual a la que cobran las entidades oficiales como Caja Agraria (15% anual); una vez completadas todas las incognitas en la ecuación (3) se cálcula :

$$CR = (Po - L)\ (crf - i\% - n) + Li$$

$$CR = (45120.00 - 9036.00)\ (0.29832) + (9036.00 \times 0.15)$$

$$CR = \$\ 12119.97$$

Para el cálculo de CR en la alternativa B (mano de obra), se debe asumir lo siguiente :

Que la mano de obra con sus equipos de espalda tengan la misma capacidad de campo y realicen la misma operación en calidad y cantidad que la máquina.

Sabiendo que la capacidad de campo promedia de la máquina es de :

$$Cc = S.\ W.\ e.\ K \qquad (4)$$

Siendo :

S : Velocidad en Km/hora (3 Km/hora);

W : Ancho efectivo de trabajo (20 Mts.)

e : Eficiencia promedia de campo (70%)

K : Factor de conversión de unidades $\frac{1}{10.000}$ $\frac{Ha.}{Mt^2.}$

$$Cc = \frac{3.000\ Mts/hora \times 20\ Mts. \times 0.70 \times 1\ Ha.}{10.000\ Mts^2.}$$

$$Cc = \underline{4.2\ Ha/hora.}$$

Con base en el dato anterior, y sabiendo que la capacidad unitaria de un trabajador y su aspersora de espalda, es :

$$Cc_1 = S_1.\ W_1.\ e_1.\ K_1.$$

Y siendo :

Cc_1 : Capacidad de campo unitaria para el conjunto hombre-aspersora de espalda Ha/hora.

S_1 : Velocidad promedia del trabajador (2.5 Km/hora); menor que con la máquina, debido al peso de la aspersora (30 Kg aproximadamente).

e_1 : Eficiencia promedia (50%); se rebaja del 70% al 50% debido al tiempo perdido en llenar el recipiente.

K_1 : 1/10.000 ; Ha/hora.

W_1 : 1.43 Mts. éste ancho se obtuvo dividiendo 20 Mts. que cubre la máquina por 14 boquillas que tiene, porque el trabajador maneja una aspersora de espalda con una sola boquilla, se asumió además que las boquillas son similares en la descarga y presión de trabajo a las utilizadas en la máquina.

$$Cc_1 = 2.5 \text{ Km/Ho.} \times 1.43 \text{ Mts.} \times 0.50 \times 1 \text{ Ha}/10.000 \text{ Mts.}^2$$

$$Cc_1 = \underline{0.18 \text{ Ha./hora}}$$

Por lo tanto, para reemplazar la máquina sería necesario 4.2/0.18 ; osea entre 23 a 24 equipos individuales.

Cálculo del costo inicial equipo :

$$Po_1 = 3500 \times 24$$

$$Po_1 = \underline{\$\ 84000}$$

Cálculo de la vida útil :

n_1 : 6 meses, esta duración es tan baja debido a que los fertilizantes usados son altamente corrosivos para los materiales de la asperso ra y experimentalmente se ha visto que sólo duran éste tiempo en promedio. Capacidad : 20 litros/equipo.

Cálculo del valor residual :

L_1 : Ninguno, debido al grado de deterioro en que queda al final de su vida útil.

Tasa de interés :

i_1 : Se usa la misma tasa de interés del 15% anual.

$$CR_1 = (P_{o1} - L_1)\ (crf - i_1\% - n_1) + Li_1$$

$$CR_1 = (84000 - 0)\ (1.04) + 0$$

$$CR_1 = \$\ 87360.00$$

Mano de obra :

Para realizar éste cálculo, es necesario hacerlo con base en el trabajo anual

total para 200 Has. como mínimo, que es el área para la cual se diseño la máquina.

Con base en la relación de capacidades de campo entre las dos alternativas que fueron calculadas anteriormente como :

$$\frac{\text{Capacidad Alternativa A}}{\text{Capacidad Alternativa B}} = \frac{24}{1}$$

Y asumiendo como lógico que ambas alternativas deben realizar el mismo tipo y cantidad de trabajo en el mismo tiempo, se calcula que son necesarios 24 trabajadores para la alternativa B contra 8 trabajadores en la A, incluyendo en ésta al tractorista.

Para la Alternativa B :

Salario mensual del trabajador	:	Sueldo + Prestaciones Sociales.
" " " "	=	$ 1500.00 + 40% sueldo
Salario mensual total	=	$ 2100.00
Salario anual total	=	$ 25200.00
Costo anual mano de obra	=	$ 25200.00 x 24
" " " " "	=	$ 604800.00

Costo anual mano de obra en la alternativa B : $ 604800.00 x 0.4 (+)

Costo anual mano de obra en la alternativa B : $ 241920.00

Para la alternativa A :

Costo anual 7 trabajadores campo = $ 25200.00 x 7 = $ 176400.00

Costo anual 1 tractorista = 3000.00 x 12 = $ 36000.00

Costo anual total mano de obra = $ 212400.00

Costo anual mano de obra en la alternativa A = 40% x 212400 = $ 84960.00 (+)

Cálculo de costo combustible/año . En la alternativa A :

Se consideran dos aplicaciones de fertilizante mensuales en 200 Has., si la capacidad del equipo es 4.2 Has/hora, el tiempo de operación será :

$$\frac{\text{Area mensual (Ha)}}{\text{cap(Ha/hora)}} = \text{Hora/mes} = \frac{400 \text{ Ha/mes}}{4.2 \text{ Ha/hora}} = 95 \text{ Horas/mes}$$

Lógicamente, estas horas son reales de trabajo, y se deben diferenciar de

(+) Al calcular el costo anual de mano de obra para ambas alternativas se asumió el 40% del costo anual total de mano de obra con base en las horas de uso/año que son 780, equivalentes al 40% de la disponibilidad total que se asume igual a 2.000 horas/año/trabajador.

las horas totales de trabajo que son superiores. Pero en este trabajo sólo se tendrán en cuenta las reales ya que para calcular las totales, habría que hacer estudios adicionales para determinar la eficiencia de planificación de la empresa, aspecto este que se sale de los objetivos del trabajo.

Con base en lo anterior, el costo de combustible se hará con las horas reales así :

Costo combustible/año = Horas/mes x 12 x Ce/hora x $/galón.

Costo combustible/año = 95 Ho/mes x 12 mese/año x 4 galón/Ho x $ 3/galón.(+)

Costo combustible/año = $ 13680.00/año

Ce : Consumo total de combustible/hora para la máxima potencia en el toma de fuerza a su velocidad estandar.

Costo lubricante : Para la alternativa A .

Se asume como válido en estos análisis que el costo de lubricante en un tractor es igual a :

Costo lubricante/año = 2% volumen combustible x el valor lubricante.

Costo lubricante/año = 0.02 x 4.560 Gal/año x $ 50/galón.(!)

Costo lubricante/año = $ 4560.00/año

(+) Costos para 1974

Cálculo mantenimiento. Alternativa B :

Se asume como promedio y teniendo en cuenta la corta vida de las aspersoras de espalda, que se gastarán sólo el 10% del valor ó inversión original en mantenimiento, reemplazo y reparación de boquillas empaques, abrazaderas, etc.

Este valor es igual a : 0.10 x $ 168000.00 = $ 16800.00/año .

Alternativa A :

En este cálculo hay que considerar dos valores diferentes que son : mantenimiento de la máquina y mantenimiento del tractor .

Mantenimiento de la máquina durante n . (Véase Tabla 12)

Mantenimiento remolque	40% x 12000	para 5 años
Mantenimiento tanque	10% x 12000	para 5 años
Mantenimiento bomba	16% x 3900	para 8 años
Mantenimiento lanzas ya accesorios	100% x 3000	para 1000 horas
Mantenimiento instrumentos control	100% x 1000	para 6000 horas

Según lo anterior, se considera lo más adecuado convertir estos valores a una

misma vida ó sea en este caso la propuesta para la máquina que es de 5 años ó 6.000 horas.

Por lo tanto, en 5 años ó 6.000 horas :

Mantenimiento remolque	$ 4800.00
Mantenimiento tanque	1200.00
Mantenimiento bomba	4680.00
Mantenimiento lanzas y accesorios	18000.00
Mantenimiento instrumentos control	1000.00

El mantenimiento de la máquina será de $ 29680.00 en 5 años ó 6.000 horas de trabajo, ó sea de $ 5836.00/año. Este valor es aproximadamente el 64.5% del valor original para toda la vida de la máquina.

Cálculo del costo de mantenimiento por hora :

Será igual al costo de mantenimiento anual dividido por las horas de uso anual así :

$$\frac{5936.00}{780 \text{ horas/año}} = \text{Costo mantenimiento/hora} = \$7.60/\text{hora aprox.}$$

Mantenimiento del tractor :

Se asume un valor original $ 250 000.00 para 12 años de vida económica ó 15.000 horas ó sea :

$$\text{Costo/hora} = \frac{100\% \text{ de } 250000.00}{15000 \text{ horas}} = \$\ 17.00/\text{hora aprox.}$$

Costo anual mantenimiento : $ 17.00/hora x 1.140 horas/año

Costo anual mantenimiento : $ 19380.00/año.

El costo de mantenimiento de la alternativa A será igual al costo del tractor más el de la máquina, ó sea :

$$19380.00 + 5936.00 = \underline{\$\ 25316.00}$$

Cálculo de amortización por hora :

Se calculó mediante la fórmula :

$$A_p = V_a \left[\frac{2 + t\ (n + 1)}{2n} \right] \text{, en la que :}$$

Ap : Amortización promedia/hora.

Va : Valor amortizable, que es igual a 0.9 del valor original (P_o)

t : Tasa de interés del capital, mas seguros, impuestos e imprevistos. Se asumió igual al 20% anual.

n : Vida económicamente útil de la máquina. Asumida igual a 6.000 horas ó 5 años.

De donde :

$$Ap/año = (0.9 \times 46120.00) \left[2 + 0.2(5 + 1) \right] / 2 \times 5$$

$$Ap/año = 41508.00 \times 3.2 / 10$$

$$Ap/año = \$ 13282.58$$

$$Ap/hora = 13282.58/780$$

$$Ap/hora = \$ 17.00$$

Cálculo del costo/hora de salarios y prestaciones :

Con base en el dato del costo anual por este concepto se obtiene el costo/hora así : Se asume que la planta de trabajadores al servicio de la máquina son permanentes en la finca y por lo tanto tendrán una capacidad de trabajo de aproximadamente 2.000 horas/año/trabajador, de las cuales sólo dedicarán 780 horas/año/trabajador a la máquina ó sea el 40% aproximadamente de su capacidad total de trabajo, por lo tanto el costo anual será proporcional a éste porcentaje ó sea : 176400.00 x 0.4 = $ 70560.00/año

De donde :

$$\text{Costo salarios y prestaciones/hora} = \frac{\$\ 70560.00}{780} = \$\ 90.00/\text{hora aprox.}$$

NOTA :

No se incluyen dentro de estos cálculos los costos/hora correspondientes al tractor, ni costos indirectos, administrativos y generales pues estos últimos sólo se calculan para máquinas autopropulsadas.

Cálculo de la inversión original máxima en la alternativa A (máquina) :

Se plantea la ecuación básica que dá el costo/hora máquina así :

$$\text{Amortización/hora} + \text{Mantenimiento/hora} + \text{Operarios/hora} \leq \$\ 434.00$$

$$\frac{Va\ \left[\frac{2 + t(n+1)}{2n}\right]}{2\ n\ (\text{en horas})} + \frac{64.5\%\ P_o}{6.000} + \frac{\$\ 90.00}{\text{hora}} \leq \$\ 434.00$$

$$\frac{0.9\ P_o\ \left[\frac{2 + 0.2\ (7)}{2}\right]}{14 \times 780} + \frac{64.5\%\ P_o}{6.000} + 90.00 \leq 434.00$$

$$\frac{0.219\ P_o}{780} + \frac{0.645\ P_o}{6.000} \leq 434.00$$

$$P_o \leq \frac{434.00}{\frac{0.219}{780} + \frac{0.645}{6.000}}$$

$$P_o \leq \frac{434.00}{0.00028 + 0.0001075} = \frac{434.00 \times 10^6}{387} = \$\ 890000.00 \text{ aprox.}$$

Cáculos del Tanque :

1 . Forma : De sección elíptica con dimensiones :

Diámetro mayor (e) = 1.20 Mts.

Diámetro menor (f) = 1.00 Mts.

Longitud (l) = 1.70 Mts.

Las dos tapas son sectores de elipsoide con altura d/2 = 0.05 Mts.

2 . Volumen :

$$V_1 = \Pi \cdot e \cdot f \cdot l$$

$$V_1 = \frac{3.1416 \times 1.20\ Mt \times 1.00\ Mt \times 1.70\ Mt}{4}$$

$$V_1 = 6.40\ Mt^3 / 4$$

$$V_1 = 1.6022\ Mt^3$$

V_2 = 2 Volumen de Sector Elipsoide :

$$V_2 = \frac{1}{6} \pi . d . e . f$$

$$V_2 = \frac{1}{6} \times 3.1416 \times 0.1 \text{ Mt} \times 1.2 \text{ Mt} \times 1.00 \text{ Mt}$$

$$V_2 = 0.0628 \text{ Mt}^3$$

V_{total} = 1.665 Mt^3 = 1.665 Litros.

3 . <u>Presión sobre el fondo : (P)</u>

$$P = \delta \times h$$

$$P = 1.15 \text{ Kg/dm}^3 \times 10 \text{ dm}$$

$$P = 11.5 \text{ Kg/dm}^2 = 1.150 \text{ Kg/Mt}^2$$

Siendo : δ = Densidad del líquido = 1.15 Kg/dm^3

h = Altura máxima del líquido = 1.00 Mt.

4 . <u>Espesor de la lámina del tanque (t) mm.</u>

$$t = \frac{di}{2} \sqrt{\frac{St + P}{St - P} - 1}$$

Siendo :

di = Diámetro interior, que se asume igual al diámetro mayor = 1.2 Mts.

$$t = \frac{1.2\ Mt}{2} \sqrt{\frac{50\ Kg/mm^2 + 1.380\ Kg/mt^2}{50\ Kg/mm^2 - 1.380\ Kg/mt^2} - 1}$$

$$t = 0.6\ Mt \sqrt{\frac{50'001.380}{49'998.620} - 1}$$

$$t = 4.4578\ mm.$$

Este espesor (t) fué calculado en lámina de Acero de las siguientes especificaciones : M 20 ó T 12 ; St = 00.22 S. denominada PLANCHA COMERCIAL S . Con características de soldabilidad G (Soldadura Garantizada)

Boquillas y Pérdidas por Conducción :

1 . Caudal de descarga total Q = 1.400 litros/hora.

2 . Número de boquillas n = 14 .

3 . Descarga/boquilla q = Q/n = 100 litros/hora.

4 . Especificaciones de boquillas utilizables : T K 2.5 ó T K 5.0

pues están diseñadas para una descarga de 96 y 192 litros/hora respectivamente a una presión de 30 lbs/pulg^2.

5 . Diámetro tubería principal :

a . Cálculo pérdidas por fricción :

TRAMO 1 . Comprendido entre los instrumentos de control y el acople de la 1ª lanza, con una longitud de 4 Mts aproximadamente. Tendremos :

Velocidad flujo $v = \frac{Q}{A}$

Q = 1.400 litros/hora.

A = Area manguera.

$A = \frac{\Pi . d^2}{4}$

$A = 3.1416 \times (19.04)^2 / 4$

$A = 284.72 \text{ mm}^2$.

$$v = \frac{1.400 \text{ Lts/Ho.}}{284.72 \text{ mm}^2} = 4.917 \text{ Mt/Ho.}$$

<u>NOTA</u> : Se asumió un diámetro de la manguera principal = 19.04 mm igual 2/3 pulgada.

Con una v = 4.917 Mt/Ho y utilizando el diagrama de MOODY para tubería lisa con K absoluta de 0.15 mm. y una rugosidad relativa $K/d = 7.88 \times 10^{-3} = 0.00788$ y $v.d$:

$$v.\ d = 4.917\ \frac{Mt}{Ho} \times \frac{1\ Ho}{3.600\ seg} \times 1.9\ cmt = 2.59$$

Se obtiene un coeficiente de rozamiento $\lambda = 0.02$ y un número de REYNOLDS de 2.2×10^4.

Mediante la ecuación de DARCY-WEISBACH se calcula H.r.p : Pérdida de carga primaria .

$$H.r.p = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0.02 \times \frac{4\ Mts}{0.019 Mts} \times \frac{1.85\ Mt^2/seg^2}{2 \times 9.8\ MT/seg^2}$$

$$H.r.p = 0.397 Mts.$$

Pérdidas por fricción en los otros tramos de la tubería principal :

Para estos otros tramos que son de 21 Mts en total se puede sumir que la pérdida total de carga primaria es de :

$$\frac{21\ Mts}{4\ Mt} \times 0.397\ Mts = 2.084\ Mts.$$

que equivalen a : $2.084\ Mts \times \frac{14.70\ lb/pulg^2}{10.33\ Mts.} = 2.96\ lb/pulg^2$

Diseño del Sistema de Retorno de Agitación Hidráulica al Tanque .

1 . El caudal normal entregado por la bomba a 540 RPM es :

Qe = 50 litros/min. con un máximo de 52.50 litros/min a 2.11 Kg/cm^2

Q_R = Caudal requerido para descargar por las 14 boquillas cuando son T.K 2.5 las boquillas :

$$14 \times 1.72 \text{ litros/min} = 24.08 \text{ Lt/min}$$

Cuando son T.K 5.0 :

$$14 \times 3.75 \text{ Litros/min} = 52.50 \text{ Lt/min}$$

Para T.K 2.5 existirá un caudal de retorno (Q_r) = 52.50 - 24.64

= 27.86 Lit/min.

Para T.K 5.0 no existirá caudal de retorno.

En este caso, los cálculos del diámetro de la boquilla de la manguera de retorno, se hará para el caso de usar T.K 2.5 :

v (velocidad retorno) = Q retorno/ A manguera retorno

$$" = \frac{27.86 \text{ dm}^3/\text{min}}{3.1416\ (0.019)^2 \text{Mt}^2/4}$$

$$" = \frac{0.02786 \text{ MT}^3/\text{min} \times 4}{3.1416 \times 3.61 \times 10^{-4} \text{ Mt}^2}$$

v (velocidad retorno) = 9.82×10 Mt/min.

NOTA : Es de anotar que cuando la bomba trabaja a máximo caudal y se usa

boquillas T.K 2.5, el caudal de retorno es mayor que el caudal aplicado por las boquillas.

Aplicando el teorema de BERNOULLI entre los puntos 1 : Origen de la manguera y 2 : Final de la manguera de retorno es decir en el punto de acople de la boquilla en el fondo del tanque, tenemos :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{W_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{W_2^2}{2g} + h.f$$

$Z_2 = Z_1 = 0.4$ Mt.

$P_1 = 30$ lbs/pulg^2 = 21.818 Kg/Mt^2

$P_2 = 1.150$ Kg/Mt^2

h.f = 0.43 Mts $\quad$ h.f = λ . L/D . $V^2/2g$

$$h.f = 0.02 \times \frac{3 \text{ Mts}}{0.019 \text{ Mts}} \times \frac{2.67 \text{Mt}^2}{\text{seg}^2} \times \frac{1}{2 \times 9.8 \text{ Mt/seg}^2}$$

Reemplazando en la ecuación de BERNOULLI, tenemos :

$$0.40 + \frac{W_1^2}{2g} = 0 + \frac{W_2^2}{2g} + 0.43 - \frac{20.668 \text{ Kg/Mt}^2}{1.150 \text{ Kg/Mt}^3}$$

$$0.40 + \frac{2.67}{2 \times 9.8} = \frac{W_2^2}{2 \times 9.8} + 0.43 - 17.97$$

$$W_2^2 = \left(0.40 + \frac{2.67}{2 \times 9.8} - 0.43 + 17.97 \right) 2 \times 9.8$$

$$W_2^2 = \left(\frac{2.67}{19.6} + 17.94 \right) 19.6 = 354.2 \ Mt^2/seg^2$$

$$W_2 = 18.82 \ Mt/seg.$$

$$Q/A = W$$

$$A = \frac{27.86 \ dm^3/min}{18.82 \ Mt/seg} = \frac{27.86 \ dm^3/60 \ seg}{188.2 \ dm/seg} = 2.46 \times 10^{-3} \ dm^2$$

$$A = \pi . d^2 / 4$$

$$d^2 = 4.A/\pi = \frac{4 \times 2.46 \times 10^{-3}}{3.1416}$$

$$d^2 = 3.13 \times 10^{-3} \ dm^2$$

$d = 0.056$ dm $= 0.5$ cm que será el diámetro del orificio de salida del retorno.

Cálculo de la Sección del Troque :

Para un eje de sección cuadrada :

Momento de resistencia $Z = h^3 / 6$

Momento de inercia $I = a^4 / 12$

Para aceros al carbón SAE 1070 :

S de fluencia $= 60.000 \ Lb/pulg^2 = 4.227.28 \ Kg/cm^2$

Factor de seguridad : 1.15

$$Sd = \frac{S\ fluencia}{fact\ Seguridad} = \frac{4.227.28}{1.15} = 3.675.89\ Kg/cm^2$$

Momento máximo : para x = 0.30 Mts

$$= F \times 0.30\ Mts. = 1.310 \times 30 = 39.300\ Kg/cm$$

$$Z = \frac{M\ Máx}{Sd} = \frac{39.300\ Kg/cm}{3.675.89\ Kg/cm^2} = 10.7\ cm^3$$

$$Z = a^3 / 6 \quad \therefore \quad a^3 = 6\ Z \qquad a = \sqrt[3]{6.Z} = \sqrt[3]{64.2}\ cm$$

$$a = 4\ cm.$$

Por lo tanto a será el lado requerido para el eje del troque.

Selección de las Llantas para el Remolque :

Se seleccionaron llantas 7.50 x 16 de 8 lonas.

Cálculo de la Potencia Requerida para Mover el Remolque cargado a 4 Km/Ho.

Sea : W_T = Peso total sobre las llantas del remolque

W_T = 2.500 Kg aproximadamente.

C_{RR} = Coeficiente de resistencia al rodamiento, este factor se asume = 75 Kg/TON que corresponde a un piso de tierra

removida, surcada que cede bastante bajo el peso de las llantas.

1 . Fuerza de Resistencia al rodamiento (F_{RR}) :

$$F_{RR} = W_T \text{ (TON)} \times C_{RR} + R_p$$

Siendo :

$$R_p = W_T \times 10 \text{ Kg/TON} \times \% \text{ pendiente.}$$

Por lo tanto; si % pendiente = 20% máximo :

$$F_{RR} = W_T \text{ (TON)} \left[10 \text{Kg/TON} \times \% \text{ pend.} + C_{RR} \right]$$

$$F_{RR} = 2.5 \text{ TON} \left[10 \text{ Kg/TON} \times 0.2 + 75 \text{ Kg/TON} \right]$$

$$F_{RR} = 2.5 \ (1.4 + 75) \text{ Kg}$$

$$F_{RR} = 2.5 \ (76.4) \text{ Kg}$$

$$F_{RR} = 191 \text{ Kg}$$

2 . Potencia de R.R : $HP = \dfrac{F_{RR} \times \vec{v}}{K}$

Siendo : $\vec{v}$ = 4 Km/Hora.

K = Factor de conversión unidades = 3.600 x 75

$$HP = \frac{191 \text{ Kg} \times 4.000 \text{ Mts/Ho}}{3.600 \text{ seg/Ho} \times 75}$$

$$HP = 1.910 / 675$$

$$HP = 2.83 \text{ HP}$$

Distribución y Valor de Cargas en el Remolque .

a .	Peso del tanque vacío	:	300 Kg
b .	Peso del líquido	:	1840 Kg
c .	Peso del remolque vacío	:	300 Kg
	TOTAL		2440 Kg

$C\ G_1$: Centro de gravedad del tanque lleno.

$C\ G_2$: Centro de gravedad del remolque vacío.

W_1 : Peso del tanque y del líquido = 2.140 Kg

W_2 : Peso del remolque vacío = 300 Kg.

Se usará un factor de seguridad de 1.5 para absorver las cargas dinámicas que se presenten en el trabajo.

$$\Sigma M_A = 0 \qquad \Sigma F_x = 0 \qquad F_2 \times 2.6 - W_2 X_2 - W_1 \times 0.1 = 0 \qquad (1)$$

$$F_1 + F_2 = W_1 + W_2 \qquad (2)$$

$$\therefore \qquad F_2 = 2.440 - F_1$$

$$\sum M_B = 0 \quad \sum F_x = 0 \qquad F_1(2.6) - W_1(2.5) - W_2\,(2.6 - X_2) = 0 \qquad (3)$$

Reemplazando en la ecuación (1) y (3), tenemos :

$$2.6 \times F_2 - 300\,X_2 - 206 = 0 \qquad (1)$$

$$2.6\,F_1 - 2.140\,(2.5) - 780 + 300\,X_2 = 0 \qquad (3)$$

$$2.6 \times \frac{2.440}{F_1} - 300\,X_2 - 206 = 0 \quad \therefore \quad X_2 = \frac{\dfrac{2.6 \times 2.440}{F_1} + 206}{300}$$

$$= \frac{6.344 + 206\,F_1}{300\,F_1}$$

$$2.6\,F_1 - 6.130 + \frac{6.344 + 206\,F_1}{F_1} = 0$$

$$2.6\,F_1^2 - 6.130\,F_1 + 6.344 + 206\,F_1 = 0$$

$$2.6\,F_1^2 - 5.924\,F_1 + 6.344 = 0$$

$$F_1 = \frac{5.924 \pm \sqrt{(5.924)^2 - 10.4 \times 6.344}}{5.2} = \frac{5.924 \pm 5.918.42}{5.2}$$

$$= 2.277.38 \text{ Kg.}$$

$$F_2 = 2.440 - F_1 = 2.440 - 2.277.38 = 162.62 \text{ Kg}$$

$$F_1 \text{ dinámica} = 2.277.38 \times 1.5 = 3.41550 \text{ Kg}$$

$$F_1 \text{ di}/2 = 1.707.8 \text{ Kg}$$

Cálculos del Enganche Rígido :

El enganche inicialmente fué pivotante, aocplado a la viga frontal mediante dos pasadores de 1" de diámetro, posteriormente, al notarse que dicho tipo de enganche no funcionaba, se procedió a hacerlo rígido mediante soldadura en los puntos a y b y el acople de una viga de las siguientes características : (ver gráfico 12)

h = 50 m.m	a = 9.3 m.m	G = 4.50 Kg/m	W_x = 7.39 cm^3
b = 45 m.m	d = 4 m.m	e = 2.32 cmt.	Area sección = 3.8
K = 20 m.m	F = 244 Kg	J_x = 20.6 cm^4	cm^2.

$$A \text{ m.m}^2 = d \times h + (K - d)\, a + (b - d)\, \frac{e}{3}$$

$$A \text{ m.m}^2 = (4 \times 50) + (20 - 4)\, 9.3 + (45 - 4)\, \frac{2.3}{3}$$

$$Acm^2 = 3.80 \text{ cm}^2$$

Denominación :

Carriles para vías férreas rurales y para minas según DIN 5901 - 50/5.4 con las siguientes medidas :

$$0A = (.80)^2 + X^2 \qquad \frac{F_2}{F} = \cos\beta$$

$$\beta = 90 - \alpha \qquad F_2 = F\cos\beta \qquad F_2 = F \operatorname{sen}\alpha$$

$$\operatorname{Sen}\alpha = \frac{.80}{\sqrt{(.80)^2 + X^2}} \qquad F_2 = F \times \frac{.80}{(0.64 + X^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$F_2 = \frac{244 \times 0.80}{(.64 + 6.5)^{\frac{1}{2}}} = 73.11 \text{ Kg}$$

$$\sigma \text{ compresión} = \frac{F_2}{A \text{ cm}^2} = 244 \times 0.80 / 3.8 \times (7.14)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma \text{ compresión} = 19.24 \text{ Kg/cm}^2$$

Compresión muy inferior a la capacidad de compresión que tiene este acero que es entre 3^0 - 50 Kg/ m.m^2

Cálculo de los Resortes : (Ver gráfico 4)

D a t o s :

- Carga estática total sobre los resortes = 2.278 Kgs
- Factor de seguridad para vibraciones : 15% de Peso total = 341.7 Kg
- Carga máxima = 2.619.7 Kg

El conjunto de resortes que conforman una ballesta, se consideran como una vi-

ga sometida a esfuerzo en sus extremos y sujetada en el centro donde se acopla el troque. Por lo tanto, el esfuerzo se reparte uniformemente en los 4 segmentos de las dos ballestas y será para cada segmento igual a la carga máxima sobre 4 .

∴ Carga máxima en cada segmento : 654.9 Kg = 1.440.78 Lb

En nuestro diseño, los datos que se tienen son : (Ver gráfico 4)

P e = Carga estática sobre los resortes : 2.278 Kg

P = Carga dinámica sobre los resortes : 2.619.7 Kg = 115% de la estática.

2l = 80 cmts = 31.5 pulgadas ∴ l = 40 cm = 15.75 pulg.

m = 6 cm = 2.36 pulg.

b = 10 cm = 3.94 pulg.

h = 1.0 = 0.393 pulg.

Sb = 80.000 Lb/pulg^2 = 5.363.37 Kg/cm^2

n = 6 hojas.

<u>F ó r m u l a s</u> :

f : Esfuerzo máximo que puede absorver cada segmento de la ballesta.

$$f = Fl/4 = \frac{n \cdot b \cdot h^2 \cdot S\,b}{6\,(l + m)} = 2.697.7 \text{ lbs}$$

$$= 1.226.2 \text{ Kg} > 654.9 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, los resortes seleccionados con las características anteriores si son adecuados para el peso que cargan.

Máxima deflexión en las ballestas con carga dinámica : (A m).

$$A\ m = \frac{6\ F.\ l^2\ (1 + m)}{n\ b\ h^3\ E\ t}$$

E t = Módulo de lelásticidad en tensión y cizalladura para el acero

= 30'000.000 Lb/pulg^2

$$A\ m = \frac{6 \times 1.440.78\ Lb \times (15.75)^2 pulg^2 \times (15.75 + 2.36)\ pulg}{6 \times 3.94\ pulg \times (0.393)^3\ pulg^3 \times 30'000.000\ \frac{Lb}{pulg^2}}$$

$$= 9126497,39 \times 10^{-7}$$

$$= 0.9\ pulg.$$

<u>Cálculo de las Vigas del Remolque</u> : (ver gráficos 9, 10, 11)

$$R_1 = F\left(1 - 3\frac{a^2}{l^2} + 2\frac{a^3}{l^3}\right)$$

$$R_2 = F\left(\frac{a^2}{l^2}\right) \quad \left(3 - 2\frac{a}{l}\right)$$

V_x = Esfuerzo en cualquier punto.

F = Esfuerzo máximo = (V m)

X = a Localización de V m.

M_x = Momento en cualquier punto X, siendo $M_1 = 0$, será igual :

1 : $M_1 + R_1X$

2 : $M_1 + R_1X - F\ (X - a)$

$$M\,m = \text{Momento Máximo} = F\,\frac{a^3}{l^2}\left(2 - 4\,\frac{a}{l} + 2\,\frac{a^2}{l^2}\right) = 218 \text{ Kg-Mt}$$

Localización de M m : X = a

Deflexión máxima $A\,m = \dfrac{2\,M_1\,a^2\,l^2}{E.I\,(l + 2a)^2} + \dfrac{4\,R_1\,a^3\,l^3}{3\,E.I(l + 2a)^3}$

$$F_2\,(2.6) - W_2\,X_2 - 0.1\,W_1 = 0$$

$$162.62 \times 2.6 - 300\,X_2 - 0.1\,(2.140) = 0$$

$$X_2 = \frac{162.62 \times 2.6 - 214}{300} = 0.69$$

$$W.\delta = W_2\,(.41) + W_1\,(1.1)$$

$$\delta = 300\,(.41) + 2.354\,/2.440 = 1.05 \text{ Mts.}$$

W dinámica = 2.440 (1.5) = 3.660 lbs

NOTA : Esta carga está distribuída por partes iguales en ambas vigas del remolque .·. F = W di/2 = 831.8 Kg

$$R_1 = F\left(1 - 3\,\frac{a^2}{l^2} + 2\,\frac{a^3}{l^3}\right)$$

$$R_1 = 831.31\left(1 - 3\,\frac{(1.05)^2}{(2.1)^2} + \frac{2.32}{9.26}\right)$$

$$R_1 = 831.31\left(1 - \frac{3 \times 1.10}{4.41} + 0.25\right)$$

F = 831.31 Kg

a = 1.05 mt.

l = 2.10 mt.

a^2 = 1.10

l^2 = 4.41

a^3 = 1.16

$$R_1 = 1.663.63 \times 0.5 = 416 \text{ Kg}$$

$$R_1 = 416 \text{ Kg}$$

$$R_2 = F\left(\frac{a^2}{l^2}\right) \left(3 - 2\frac{a}{l} \right)$$

$$= 831.31 \ (1.1/4.41) \ (3 - 2 \times 1.05/2.1)$$

$$= 831.31 \ (1.1/4.41) \ 2$$

$$R_2 = 416 \text{ Kg.}$$

$$M_1 = -F.a \left(1 - 2\frac{a}{l} + \frac{a^2}{l^2} \right) = -831.31 \times 1.05 \left(1 - \frac{2.1}{2.1} + \frac{1.1}{4.41} \right)$$

$$M_1 = -831.31 \times 1.05 \times \frac{1.1}{4.41}$$

$$M_1 = -217.72 \text{ Kg.Mt}$$

$$A\,m = \frac{2\,M_1 \,.\, a^2 .\, l^2}{E.I\,(l + 2a)^2} + \frac{4.R1.\, a^3 .\, l^3}{3\,E.I\,(l + 2a)^3}$$

$$A\,m = \frac{2 \times 217.72 \times 1.1 \times 4.41}{E.I\,(2.10 + 2.10)^2} + \frac{4 \times 416 \times 1.16 \times 9.26}{3\,E.I\,(2.1 + 2.1)^3}$$

$$A\,m = \frac{kg - mt \times mt^2 \times mt^2}{E.I\,(mt^2)} \qquad E.I = \frac{Kg\text{-}mt^2}{mt} = \frac{Kg\text{-}mt^2}{Kg/mt^2} = mt^4$$

$$A\,m = \frac{119.74}{E.I} + \frac{80.4}{E.I} \qquad E.I = \frac{200.15}{A\,m} \quad \text{Si } A\,m = 0.03 \text{ Mt.}$$

$$E.I = \frac{200.15}{0.03} = 6.671.86 \ Kg\text{-}mt^2$$

Si $E = 2.1 \times 10^6 \ Kg/cm^2$

$$I = \frac{6.671.86 \ Kg\text{-}mt^2}{2.1 \times 10^6 Kg/cm^2} \times 10.000 \ \frac{cm^2}{m^2}$$

$$I = \frac{6.671.86 \times 10^4}{2.1 \times 10^6} \ cm^4$$

$$I = \frac{6.671.86}{210} \ cm^4 = 31.77 \ cm^4$$

Lo que corresponde a una viga de sección L con las siguientes características.

$b = 65$ m.m

$d = 7$ m.m

$A = 8.7 \ cm^2$

$G = 6.83 \ Kg/mt$

$e = 1.85$ cm.

$I = 31.77 \ cm^4$