

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRAZADORA
DE LÍNEAS CONTINUAS Y ALTERNADAS CON CAPACIDAD DE
0.6 GPM PARA SEÑALIZACIÓN DE VÍAS ASFALTADAS PARA
EL HCPP”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**PAÚL SANTIAGO SÁNCHEZ LÓPEZ
LEONARDO VALLE BUENO**

**DIRECTOR: ING. HERNÁN OJEDA
CODIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO**

Sangolquí, 2005 - 03

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRAZADORA DE LÍNEAS CONTINUAS Y ALTERNADAS CON CAPACIDAD DE 0.6 GPM PARA SEÑALIZACIÓN DE VÍAS ASFALTADAS PARA EL HCPP**” fue realizado en su totalidad por Paúl Santiago Sánchez López y Leonardo Valle Bueno, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Hernán Ojeda
DIRECTOR

Ing. Fernando Olmedo
CODIRECTOR

Sangolquí, 2005 - 03

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRAZADORA
DE LÍNEAS CONTINUAS Y ALTERNADAS CON CAPACIDAD DE
0.6 GPM PARA SEÑALIZACIÓN DE VÍAS ASFALTADAS PARA
EL HCPP”**

ELABORADO POR:

Paúl Santiago Sánchez López

Leonardo Valle Bueno

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**Mayor de C.B. Ing. Hugo Ruiz
DECANO**

Sangolquí, 2005 - 03

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que nos sirvieron de inspiración y apoyo durante nuestra formación académica y que nos estuvieron apoyando a cada momento para la culminación de este proyecto, a los ingenieros Hernán Ojeda y Fernando Olmedo, nuestros directores de tesis por su orientación y consejos; así como al señor Gustavo Llumipanta por toda su ayuda y paciencia.

DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	v
LISTADO DE TABLAS	xii
LISTADO DE FIGURAS	xiv
LISTADO DE ANEXOS	xvi
NOMENCLATURA	xvii
RESUMEN	xx

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1	Antecedentes.	1
1.2	Definición del problema.	2
1.3	Objetivos del proyecto.	2
1.3.1	Objetivo general.	2
1.3.2	Objetivos específicos.	2
1.4	Alcance del proyecto.	3
1.5	Justificación e importancia del proyecto.	3

CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1	Manual de señalización horizontal (líneas longitudinales)	5
2.1.1	Clasificación	6
2.1.2	Características	6
2.1.2.1	Mensaje	6
2.1.2.2	Forma	6
2.1.2.3	Color	6
2.1.3	Líneas de eje central	6
2.1.3.1	Líneas de eje central segmentadas	7
2.1.3.2	Líneas de eje central continuas dobles	9
2.1.3.3	Líneas de eje central mixtas	10
2.1.3.4	Definición de zonas de no adelantar	11
2.1.4	Líneas de pistas	15

2.1.4.1	Líneas de pista segmentadas	16
2.1.4.2	Líneas de pista continuas	17
2.1.4.3	Ancho de pista	17
2.1.5	Líneas de borde de calzada	20
2.1.5.1	Líneas de borde de calzada continuas	20
2.1.5.2	Líneas de borde de calzada segmentadas	21
2.1.6	Otras líneas longitudinales	23
2.1.6.1	Líneas de prohibición de estacionamiento	23
2.1.6.2	Transiciones por reducción de pistas	24
2.2	Especificación técnica para pintura de señalización	26
2.2.1	Descripción.	26
2.2.2	Materiales.	26
2.2.2.1	Pintura	26
2.2.2.2	Microesferas.	28
2.3	Descripción del proceso de señalización.	30
2.3.1	Procedimiento de trabajo.	30
2.3.1.1	Generales.	30
2.3.1.2	Marcas de pintura	31
2.3.2	Equipos a utilizar en obra	32
2.3.2.1	Equipo mecánico para barrido y limpieza del pavimento.	32
2.3.2.2	Condiciones que deben cumplir los equipos de pintado.	32
2.3.3	Ejecución de los trabajos	33
2.3.3.1	Aplicación del material.	33
2.3.3.2	Secuencia de los trabajos.	34

CAPITULO 3

ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1	Señalización horizontal de pavimentos	35
3.2	Análisis de alternativas de solución	37
3.2.1	Métodos y materiales	37
3.2.1.1	Cintas adhesivas	37
3.2.1.2	Pintura	38
3.2.1.3	Termoplásticos	41

3.2.1.4	Termo-endurecibles	43
3.2.2	Sistemas de rociado de pintura	45
3.2.2.1	Rociado por compresor	46
3.2.2.2	Rociado por sistema airless	46
3.2.3	Tipos de bombas en los sistemas airless	47
3.2.3.1	Bombas de pistón	47
3.2.3.2	Bombas de diafragma	49
3.3	Selección de alternativa conveniente	51
3.3.1	Materiales	51
3.3.2	Sistemas de rociado	52
3.3.3	Tipos de bombas en los sistemas airless	53

CAPITULO 4

DISEÑO DE LA MÁQUINA

4.1.	Diseño preliminar	55
4.1.1.	Selección sistema pintura	57
4.1.1.1	Calculo de la capacidad del sistema de rociado de pintura	58
4.1.2.	Selección del generador	61
4.2.	Diseño de elementos mecánicos	62
4.2.1.	Soporte y accionamiento de la pistola	62
4.2.1.1	Fuerza necesaria en el cable tensor	63
4.2.2.	Control de rociado	65
4.2.2.1	Control manual	65
4.2.2.2	Control automático	66
4.3.	Diseño de estructuras del equipo	83
4.3.1.	Análisis de fuerzas	83
4.3.1.1	Cargas	83
4.3.1.2	Centro de gravedad	85
4.3.1.3	Análisis estático de fuerzas en el equipo	87
4.3.1.4	Rozamiento en ruedas	87
4.3.2.	Ejes	90
4.3.2.1	Eje trasero	90
4.3.2.2	Eje delantero	93

4.3.2.3 Eje engrane	94
4.3.3. Estructura soporte	96
4.3.3.1 Cargas en la estructura	96
4.3.3.2 Deflexión en una viga longitudinal de la estructura	97
4.4. Selección de accesorios mecánicos	98
4.4.1. Rodamientos	98
4.4.2. Neumáticos	99

CAPITULO 5

CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE

5.1. Dispositivos mecánicos	101
5.1.1. Control de rociado	101
5.1.1.1 Partes del control de rociado manual	101
5.1.1.2 Partes del control de rociado automático	101
5.1.1.3 Materiales	102
5.1.1.4 Equipos	102
5.1.1.5 Diagramas de proceso del control de rociado	103
5.1.2. Soporte de la pistola	111
5.1.2.1 Partes del soporte de la pistola	111
5.1.2.2 Materiales	112
5.1.2.3 Equipos	112
5.1.2.4 Diagramas de proceso del soporte de la pistola	113
5.1.3. Eje posterior	130
5.1.3.1 Partes del eje posterior	130
5.1.3.2 Materiales	130
5.1.3.3 Equipos	130
5.1.3.4 Diagramas de proceso del eje posterior	131
5.1.4. Sistema de dirección	133
5.1.2.1 Partes del sistema de dirección	133
5.1.2.2 Materiales	133
5.1.2.3 Equipos	134
5.1.2.4 Diagramas de proceso del sistema de dirección	135
5.2. Estructuras del equipo	141

5.2.1.	Recipiente microesferas	141
5.2.2.	Estructura soporte	141
5.1.2.1	Partes de la estructura soporte	141
5.1.2.2	Materiales	142
5.1.2.3	Equipos	142
5.1.2.4	Diagramas de proceso de la estructura soporte	143
5.3.	Ensamblaje de todas las partes	146
5.4.	Diagrama cinemático	148

CAPITULO 6

PRUEBAS Y EVALUACIÓN DEL EQUIPO

6.1	Plan de pruebas	149
6.1.1	Parámetros a comprobarse	149
6.2	Ejecución de las pruebas	150
6.2.1	Volumen efectivo de pintura depositada sobre el asfalto	151
6.2.2	Ancho y longitud de las líneas pintadas	151
6.3	Análisis de resultados	153

CAPITULO 7

EVALUACIÓN DEL PROYECTO

7.1	Estudio económico	155
7.1.1	Inversión	155
7.1.1.1	Costos directos	155
7.1.1.2	Costos indirectos	158
7.1.2	Depreciación	159
7.1.3	Costos de mantenimiento	160
7.1.3.1	Sistema airless	160
7.1.3.2	Generador eléctrico	161
7.1.3.3	Otros	162
7.1.4	Costos de operación	162
7.1.4.1	Costos directos	162
7.1.4.2	Costos indirectos	163
7.1.4.3	Gastos	163

7.2	Evaluación económica	164
7.2.1	Estado de pérdidas y ganancias	164

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1	Conclusiones	167
8.2	Recomendaciones	168

LISTADO DE TABLAS

CAPITULO 2

Tabla 2.1	Relación Demarcación / Brecha en Línea Central	8
Tabla 2.2	Distancias de adelantamiento mínima	12
Tabla 2.3	Relación / Brecha en líneas de pista	16
Tabla 2.4	Anchos de pista	18
Tabla 2.5	Dimensión de líneas de borde de calzadas segmentadas	22
Tabla 2.6	Características de las microesferas para premezclado	28
Tabla 2.7	Características de las microesferas para sembrado	29

CAPITULO 3

Tabla 3.1	Especificaciones de dos tipos de cintas	37
Tabla 3.2	Términos para tiempos de secado de pinturas	39
Tabla 3.3	Características de los materiales para demarcado	44
Tabla 3.4	Calificación para materiales de demarcación para pavimentos	51
Tabla 3.5	Sistema de rociado de pintura	52
Tabla 3.6	Tipos de bombas de los sistemas airless	53

CAPITULO 4

Tabla 4.1	Especificaciones del sistema airless Campbell-Hausfeld AL2550	59
Tabla 4.2	Especificaciones del generador Coleman Ultra 2500	62
Tabla 4.3	Especificación del rodamiento	98

CAPITULO 6

Tabla 6.1.	Volumen efectivo rociado al asfalto	151
Tabla 6.2	Longitud de líneas	152
Tabla 6.3	Ancho de líneas	152

CAPITULO 7

Tabla 7.1	Adquisición de materiales y equipos	153
Tabla 7.2	Mano de obra	155
Tabla 7.3	Trabajos especiales	156
Tabla 7.4	Otros costos directos	156
Tabla 7.5	Costos indirectos	156
Tabla 7.6	Inversión total para la empresa	157
Tabla 7.7	Depreciación	157
Tabla 7.8	Sistema Airless cada 25 gl rociados	158
Tabla 7.9	Sistema Airless cada 20-75 gl rociados	158
Tabla 7.10	Sistema Airless cada 250 gl rociados	158
Tabla 7.11	Sistema Airless cada 1000 gl rociados	158
Tabla 7.12	Sistema Airless cada 2000 gl rociados	159
Tabla 7.13	Generador eléctrico cada 1000 horas	159
Tabla 7.14	Motor cada 50 horas o cada estación	159
Tabla 7.15	Motor cada 100 horas o cada estación	159
Tabla 7.16	Otros	160
Tabla 7.17	Materiales	160
Tabla 7.18	Mano de obra	160
Tabla 7.19	Costos indirectos	161
Tabla 7.20	Gastos generales	161
Tabla 7.21	Costo de operación por m ² de demarcación	161
Tabla 7.22	Estado de pérdidas y ganancias	162

LISTADO DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura 2.1	Ejemplos Líneas de Eje Central Segmentado	8
Figura 2.2	Ejemplo líneas de eje central continuas dobles	10
Figura 2.3	Ejemplo líneas de eje central mixtas	11
Figura 2.4	Ejemplo Zonas de NO ADELANTAR	13
Figura 2.5	Ejemplo zona de NO ADELANTAR	15
Figura 2.6	Ejemplo líneas de pista segmentadas	17
Figura 2.7	Demarcación pista en intersección	19
Figura 2.8	Ejemplo de líneas de bordes de calzada continuas	21
Figura 2.9	Ejemplo línea de borde de calzada segmentada	22
Figura 2.10	Ejemplo de transiciones	25

CAPITULO 3

Figura 3.1	Cinta adhesiva permanentes en rollo	37
Figura 3.2	Cinta adhesiva removible	38
Figura 3.3	Pintado de líneas con pintura a base de agua	40
Figura 3.4	Señalización con termoplásticos	42
Figura 3.5	Señalización con termo-endurecibles	43
Figura 3.6	Sistema de rociado con aire	46
Figura 3.7	Sistema de rociado libre de aire	46
Figura 3.8	Bomba eléctrica de pistón	47
Figura 3.9	Carrera de subida del pistón	48
Figura 3.10	Carrera de bajada del pistón	48
Figura 3.11	Partes de una Bomba de diafragma	49
Figura 3.12	Funcionamiento de la bomba de diafragma	50

CAPITULO 4

Figura 4.1	Esquema cinemático de la “Máquina Trazadora de Líneas”	55
Figura 4.2	Rociador airless Campbell-Hausfeld AL2550	59
Figura 4.3	Rociado en forma de abanico plano	60
Figura 4.4	Generador Coleman	61

Figura 4.5	Soporte y actuador de la pistola	63
Figura 4.6	Fuerza a aplicar en el gatillo de la pistola	64
Figura 4.7	Diagrama de cuerpo libre de la placa actuadora	64
Figura 4.8	Sistema de control	65
Figura 4.9	Patrón para vías con circulación menor a 60 Km/h	66
Figura 4.10	Control automático	67
Figura 4.11	Diagrama de temporización	77
Figura 4.12	Diagrama de desplazamiento	79
Figura 4.13	Diagrama de velocidad	79
Figura 4.14	Diagrama de aceleración	80
Figura 4.15	Geometría de la leva	80
Figura 4.16	Radio de curvatura	81
Figura 4.17	Angulo de presión	82
Figura 4.18	Fuerzas en el equipo	85
Figura 4.19	Distribución de masas	85
Figura 4.20	Diagrama de cuerpo libre del equipo	86
Figura 4.21	Efecto del rozamiento en el eje	87
Figura 4.22	Resistencia a la rodadura	88
Figura 4.23	DCL Eje trasero	90
Figura 4.24	DCL Eje delantero	93
Figura 4.25	Eje engrane. Diagramas: a) Carga b) Fuerza cortante c) Momento flector	94
Figura 4.26	Cargas en el chasis	96
Figura 4.27	Neumáticos delgados siguen la trayectoria de la grieta	99
 CAPITULO 5		
Figura 5.1	Esquema de las partes de la máquina	146
 CAPITULO 6		
Figura 6.1	Error porcentual Volumen por Km.	153
Figura 6.2	Error porcentual longitud de línea en tramos	153
Figura 6.3	Error porcentual ancho de línea en tramos	154

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A PLANOS

ANEXO B ROCIADORAS DE PINTURA SIN AIRE

ANEXO C PISTOLAS PARA ROCIADORAS DE PINTURA SIN AIRE

ANEXO D GENERADOR ELÉCTRICO

ANEXO E CARTA DE CONFORMIDAD

NOMENCLATURA

β_b :	Tramo de bajada en grados
β_p :	Tramo pintado en grados
β_s :	Tramo de subida en grados
β_{sp} :	Tramo sin pintar en grados
δ_p :	Densidad de la pintura
ε :	Excentricidad
ϕ_n :	Ángulo de presión
μ :	Coefficiente de fricción rodante
ρ :	Radio de curvatura
a:	Adendum
A:	Amperios
b:	Dedendum
B:	Ancho del engrane
C:	Distancia entre centros
c:	Espacio libre del fondo
D:	Diámetro de la rueda motriz trasera
deg:	Diámetro exterior engrane
dep:	Diámetro exterior piñón
dfg:	Diámetro del fondo del engrane
dfp:	Diámetro del fondo del piñón
dg:	Diámetro primitivo del engrane
dp:	Diámetro primitivo del piñón
Dt:	Distancia total
E:	Modulo de elasticidad, error en la relación de transmisión
e:	Espesor del diente
Esp:	Error permitido en el tramo sin pintar
Etp:	Error permitido en el tramo pintado

F:	Fuerza
Fb	Carga admisible
Fd:	Carga dinámica
Fr:	Fuerza radial
Ft:	Fuerza tangencial
Fw	Carga al desgaste
gl:	Galones
h:	Profundidad del diente
Hz:	Hertz
I:	Inercia
In:	Intensidad
ir:	Relación de transmisión
K:	Factor de carga al desgaste
Kf:	Factor de concentración de esfuerzo por fatiga
Kt	Factor de concentración de esfuerzo teórico
L:	Longitud
lt:	Litros
m:	Módulo
ng:	Velocidad del engrane
np:	Velocidad del piñón
P:	Potencia
p:	Paso circular del diente
Pe:	Perímetro, peso de la estructura
Pg:	Peso generador
Psa:	Peso sistema airless
PT:	Peso total
Q:	Carga al desgaste, caudal
Qn:	Caudal mínimo de pintura
rag:	Radio del circulo de adendo del engrane

rap:	Radio del circulo de adendo del piñón
rbg	Radio del circulo base del engrane
rbp	Radio del circulo base del piñon
Rp:	Radio primitivo
Rr:	Radio de rodillo
rv:	Relación de velocidad
S:	Distancia de prueba
Sb:	Tramo sin pintar
Sp:	Tramo pintado
St:	Distancia total
Su	Resistencia última
Sy	Resistencia a la fluencia
t:	Tiempo
T:	Torque transmitido al eje del piñón
Te:	Tensión
Tp:	Tramo pintado
Tsp:	Tramo sin pintar
V:	Velocidad
v:	Velocidad de giro
VAC:	Voltaje corriente alterna
Vo:	Voltaje
vp:	Velocidad en la línea de paso
Vp:	Volumen de pintura
W:	Watts, peso
Y:	Deflexión, factor de forma de Lewis
Zg:	Número de dientes del engrane
Zp:	Número de dientes del piñón

RESUMEN

El presente proyecto es el estudio y desarrollo de una máquina trazadora de líneas para señalización vial, la cual se utiliza para trazar en el pavimento líneas y símbolos para regular el tráfico de vehículos sobre vías asfaltadas.

El Ecuador siendo un país tercermundista, no invierte en generación de tecnología e investigación, haciendo del Ecuador un país dependiente de las tecnologías foráneas, tecnologías que en muchos casos se las podrían desarrollar en el país y no se lo hace debido a la falta de recursos; así como de entidades especializadas en la investigación y desarrollo de tecnología.

La demarcación de vías es uno de los campos en los que el país depende completamente de tecnología extranjera que lleva más de 40 años de investigación en países pioneros como los Estados Unidos de Norteamérica.

El presente proyecto pretende en algo suplir la falta de investigación en esta área, tratando de marcar el camino a seguir para posteriores investigaciones a realizarse en este tema.

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que ésta pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos. En efecto, a través de la señalización se indica a los usuarios de las vías la forma correcta y segura de transitar por ellas, con el propósito de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias.

Existen varios materiales y métodos de aplicación utilizados para demarcar los pavimentos, entre los que podemos nombrar a las cintas adhesivas, pinturas, materiales termoplásticos y termo-endurecibles.

La primera parte del proyecto comienza explicando las normas que regulan la circulación vehicular en lo que respecta a señalización horizontal (señalización

sobre la calzada o vías, a continuación se exponen los materiales y métodos utilizados en la actualidad para demarcar vías asfaltadas. En la segunda parte se realiza un análisis de alternativas, para entrar de lleno en la parte medular del proyecto que es el diseño y construcción de la máquina trazadora de líneas.

En la tercera parte se lleva a cabo pruebas de la máquina, con el objetivo de comprobar los parámetros planteados dentro del diseño y construcción, finalmente se hace un análisis y evaluación económica del proyecto.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

ANTECEDENTES

La provincia de Pichincha con una población aproximada de 2'464.244 habitantes al año 2.000, representa casi el 20 % de la población total del Ecuador y se estima que existen alrededor de 210.000 vehículos matriculados que corresponden al 35 % del total nacional.

La provincia cuenta con un total de 4.193,24 kilómetros de vías administrado por el MOP, Municipios y el Gobierno de la Provincia de Pichincha, de ellas el 11.57 % son vías de la red primaria, el 18.77 % tiene la capa de rodadura de carpeta asfáltica, el 75 % es de grava, empedrado o de tierra y de conformidad con un inventario efectuado últimamente el 23 % de las vías se encuentran en buen estado.

El Gobierno de la Provincia de Pichincha actualmente esta a cargo del mantenimiento de 395 Km. de vías asfaltadas y no cuenta con la maquinaria necesaria para realizar los trabajos de señalización que las vías necesitan para una normal circulación vehicular. Dentro de los trabajos de señalización que se llevan a cabo sobre las vías asfaltadas podemos mencionar pintado de: líneas continuas de una y doble línea, líneas entrecortadas, flechas, leyendas y cruces peatonales y varios trabajos de pintura que se necesite realizarlos dentro de las vías.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador existe la necesidad de generar tecnología para producir muchos productos, que actualmente se los importa, no por falta de conocimiento, sino mas bien por falta de entidades que se dediquen a la investigación y desarrollo de productos que con los recursos disponibles actualmente se los puede llegar a producir en el país.

Dentro de los productos que se importa están maquinarias para diferentes actividades como la agrícola, industrial, construcción y transporte por citar unos pocos ejemplos. Vinculada al área de construcción y transporte está la actividad de señalización vial, en donde se utilizan una serie de equipos en los trabajos de señalización tanto horizontal como vertical. En el área de señalización horizontal podemos mencionar la señalización de vías utilizando líneas y símbolos demarcados sobre el pavimento con diferentes materiales como son: cintas adhesivas, termoplásticos, termo-endurecibles y pinturas.

Al no existir en el país una entidad gubernamental o privada que se encargue de la investigación y desarrollo de nuevas máquinas o máquinas que existiendo en el mercado se las importa, es deber de las universidades y profesionales del país, apoyar proyectos de desarrollo tecnológico.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina trazadora de líneas destinada a la señalización de vías asfaltadas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar tecnología para la construcción de maquinaria para señalización vial.
- Desarrollar una máquina que optimice recursos tanto logísticos como humanos.
- Aplicar normas de señalización vial para el diseño y construcción de la máquina.
- Determinar procedimientos de operación y mantenimiento para la máquina construida.

ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene un alcance nacional, ya que el desarrollo del mismo conllevará a la generación de tecnología que permitirá en un futuro contar con una base tecnológica para el desarrollo de este tipo de máquinas en el país.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El desarrollo de este proyecto pretende cubrir la necesidad que tiene una entidad como el Departamento de Vialidad del Gobierno de la Provincia de Pichincha de contar con una “Maquina Trazadora de Líneas” para realizar trabajos de señalización vial. Para lo que se propone diseñar y construir una maquina que cumpla con los requerimientos que las normas de señalización vial existentes en el país así lo establecen.

El equipo con que se dotará a esta institución poseerá ciertas características que hacen valedero su diseño y construcción:

- Pintado de líneas claras y precisas.
- Rapidez en su cometido.
- Facilidad de operación y control.
- Optimización de recursos.
- Amigable con el medio ambiente.
- Operación segura.
- Construida y diseñada en el país lo cual abaratará su costo.

El principal beneficiario de este proyecto será el Departamento de Vialidad del Gobierno de la Provincia de Pichincha, el mismo que tiene una influencia directa en el desarrollo, progreso y cubrimiento de necesidades actuales del sector vialidad de la provincia.

Finalmente al mantenerse las vías correctamente señalizadas, se ayudara a la normal circulación de los vehículos que transitan por las carreteras de la

provincia, con lo que también serán beneficiados los habitantes de la provincia y las personas que transiten por dichas carreteras.

5. CAPITULO 2

6.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que ésta pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos. En efecto, a través de la señalización se indica a los usuarios de las vías la forma correcta y segura de transitar por ellas, con el propósito de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias.

Para tener una mayor comprensión de las normas que rigen las señalizaciones de tránsito sobre la calzada, así como los materiales y procedimientos que se deben utilizar para llevar a cabo una adecuada demarcación, a continuación se presentan extractos de las normas concernientes a estos temas, en donde se abordan específicamente las señales longitudinales o líneas efectuadas sobre la superficie de la vía, describiéndose su función, propósito y características.

2.1 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL (LÍNEAS LONGITUDINALES)

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.

2.1.1 CLASIFICACIÓN

Atendiendo al elemento de la vía que identifican, las líneas longitudinales se clasifican en:

- Líneas de eje central
- Líneas de pista
- Líneas de borde de calzada
- Otras líneas

2.1.2 CARACTERÍSTICAS

2.1.2.1 Mensaje

Además de separar y delinear calzadas o pistas, las líneas longitudinales, dependiendo de su forma y color, señalan los sectores donde se permite o prohíbe adelantar, virar a la izquierda, virar en “U” o donde se prohíbe estacionar.

2.1.2.2 Forma

Las líneas longitudinales pueden ser continuas o segmentadas. Las primeras indican sectores donde está prohibido estacionar o efectuar las maniobras de adelantamiento y virajes, y las segmentadas, donde dichas maniobras están permitidas.

2.1.2.3 Color

La demarcación plana de líneas longitudinales es blanca; excepcionalmente es de color amarillo cuando se utiliza para delimitar pistas SOLO BUSES, tratadas en la sección 6, o indicar la prohibición de estacionar.

2.1.3 LÍNEAS DE EJE CENTRAL

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro. De forma similar, cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas.

El ancho de las demarcaciones centrales varía según el tipo de línea y la velocidad máxima permitida en la vía, como se detalla más adelante para cada tipo de línea.

Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse siempre presente en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m de ancho. En calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central, como se señala más adelante en 2.1.5.

Para aumentar su eficacia, se recomienda reforzar las líneas de eje central con demarcación elevada.

Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o mixtas.

2.1.3.1 Líneas de Eje Central Segmentadas

Estas líneas pueden ser traspasadas y se emplean donde las características geométricas de la vía permiten el adelantamiento y los virajes. En la Figura 2.1 se presentan dos tipos de líneas centrales segmentadas.

El patrón de una línea central segmentada puede variar entre 5 m y 12 m. La relación entre el tramo demarcado y la brecha varía según la velocidad máxima permitida de la vía, como se muestra en la tabla 2.1.

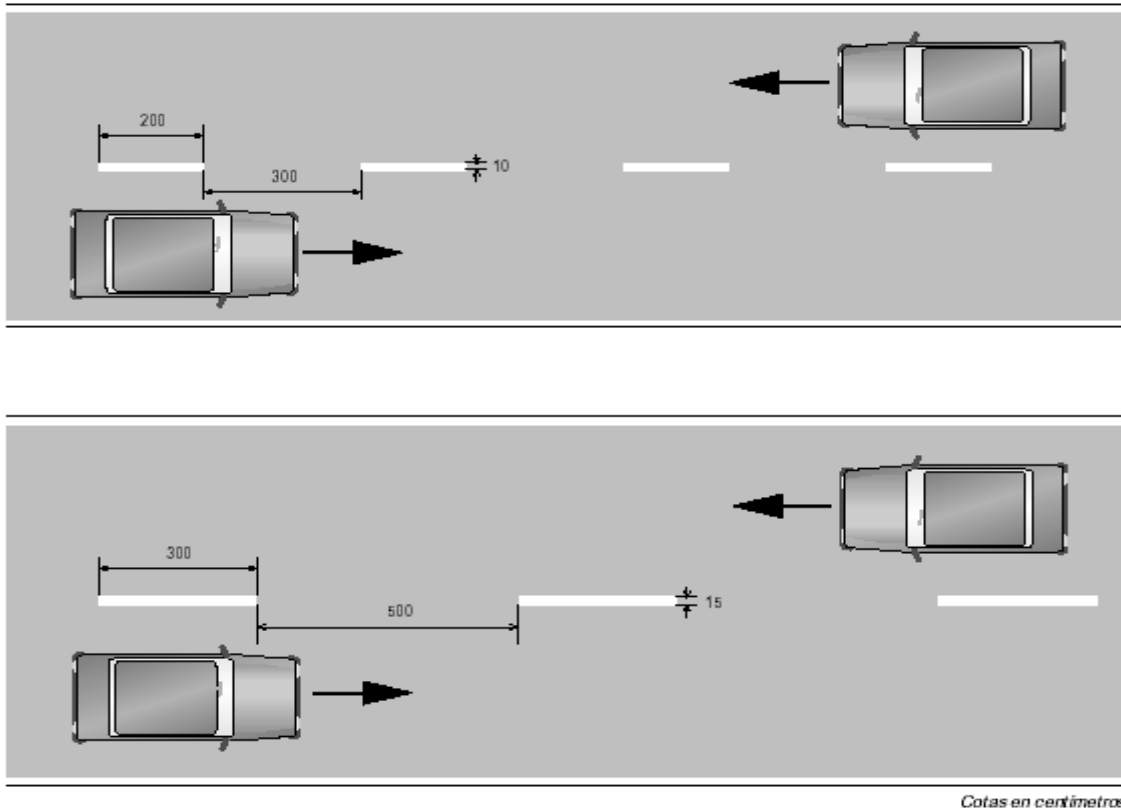


Figura 2.1. Ejemplos Líneas de Eje Central Segmentado

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

Tabla 2.1. Relación Demarcación / Brecha en Línea Central

Velocidad máxima de la vía (Km/h)	Ancho de la línea (cm)	Patrón (m)	Relación demarcación brecha
Mayor a 60	15 mínimo	8 ó 12	1 a 3 ó 3 a 5
Menor o igual a 60	10 mínimo	5 u 8	2 a 3 ó 3 a 5

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

Así, para una vía con velocidad máxima superior a 60 km/h, es posible utilizar un patrón de 12 m y una relación 1 a 3, que se traduce en líneas de 3 m demarcados seguidos de 9 m sin demarcar. Con el mismo patrón, pero con una relación 3 a 5, resultan 4,5 m demarcados y 7,5 m de brecha.

Cuando en una ciclovía se demarque el eje central, se debe utilizar una línea de 10 cm de ancho, con un patrón de 3 m y una relación de 1 a 2.

La demarcación elevada debe ser de color blanco e instalarse centrada en todas las brechas o brecha por medio.

2.1.3.2 Líneas de Eje Central Continuas Dobles

Las líneas de eje central continuas dobles consisten en dos líneas blancas paralelas, de un ancho mínimo de 10 cm cada una, separadas a lo menos por 12 cm. Se emplean en calzadas con doble sentido de tránsito, en donde la visibilidad en la vía se ve reducida por curvas, pendientes u otros, impidiendo efectuar adelantamientos o virajes a la izquierda en forma segura. Ver Figura 2.2. Las condiciones que justifican esta demarcación se entregan en 2.1.3.4.

En calzadas de vías urbanas con velocidades máximas iguales o inferiores a 50 km/h y anchos menores a 6 m, se puede sustituir la línea central continua doble por una sola línea central.

En vías de 4 o más pistas, donde el número de pistas por sentido es el mismo, el eje central debe estar siempre demarcado con línea central continua doble.

En curvas que requieren sobreancho las líneas de eje central continuas dobles pueden no ser paralelas para adaptarlas a la geometría del camino, siempre que se mantengan separadas por más de 12 cm.

La demarcación elevada debe ser de color rojo e instalarse entre las líneas continuas, manteniendo una distancia uniforme entre ellas, la que puede variar entre 5 m y 16 m en vías con velocidad máxima permitida menor o igual a 60 km/h, y entre 8 m y 24 m en vías con velocidades máximas permitidas superiores.

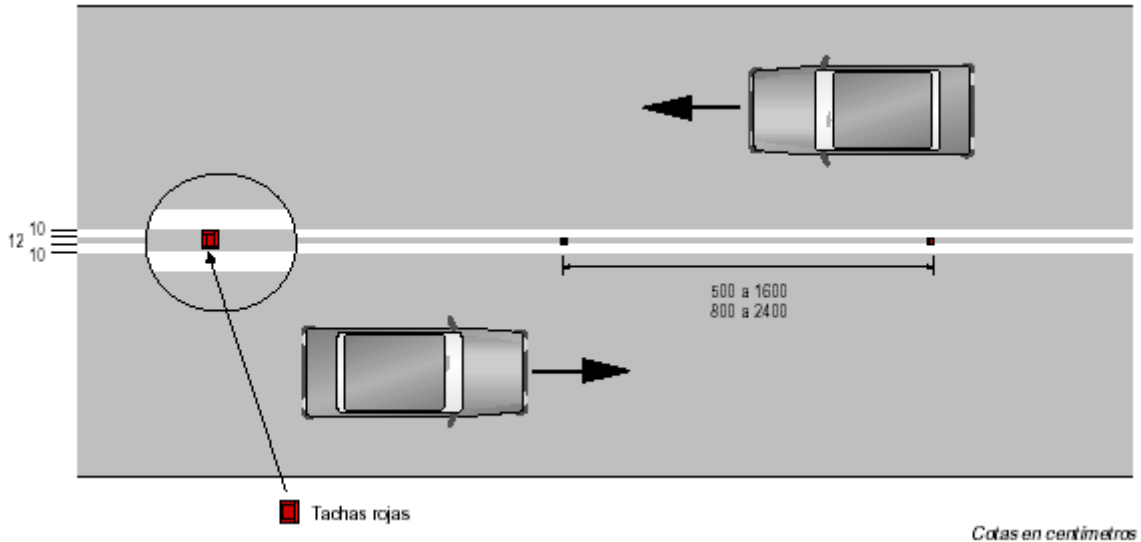


Figura 2.2. Ejemplo líneas de eje central continuas dobles

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

2.1.3.3 Líneas de Eje Central Mixtas

Las líneas centrales mixtas consisten en dos líneas blancas paralelas, una continua y la otra segmentada, de un ancho mínimo de 10 cm cada una, separadas por a lo menos 12 cm. La línea continua se emplea para indicar la prohibición de adelantar y virar a la izquierda para el sentido del tránsito más próximo a ella, cuando se cumplen las condiciones detalladas en 2.1.3.4, sin restringir al otro sentido. En la Figura 2.3 se muestra este tipo de demarcación.

La demarcación elevada debe contar con elementos retroreflectantes rojos y blancos. Los primeros deben enfrentar al flujo de tránsito que no puede adelantar y los segundos, al que puede hacerlo. El cuerpo de la demarcación elevada puede ser bicolor, blanco y rojo, solamente blanco o solamente rojo. Se deben instalar entre las dos líneas centrales a una distancia igual a la del patrón de la línea segmentada o al doble de éste, a la altura del punto medio de cada brecha. Ver Figura 2.3.

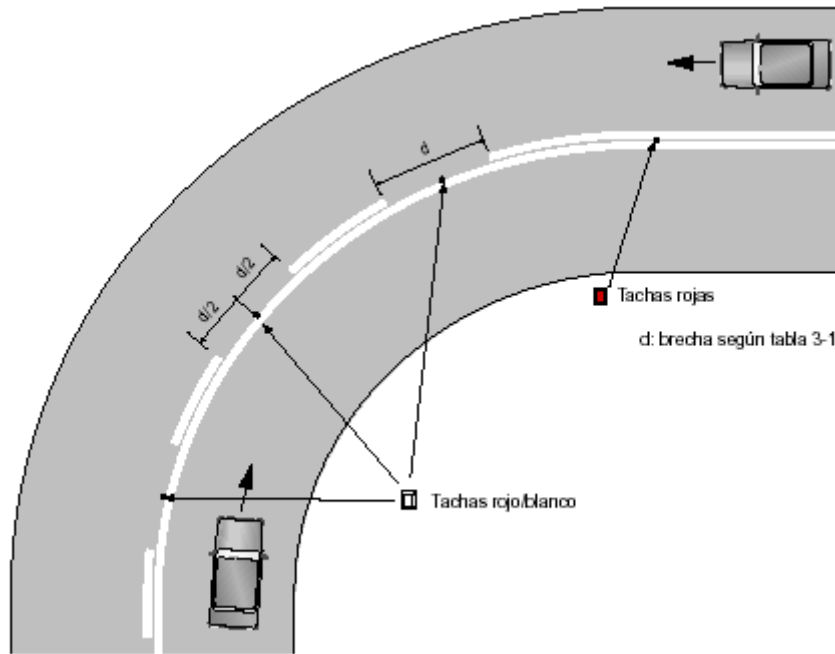


Figura 2.3. Ejemplo líneas de eje central mixtas

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

2.1.3.4 Definición de Zonas de NO ADELANTAR

Dado que la maniobra de adelantamiento es la de mayor riesgo al conducir, las zonas de NO ADELANTAR deben ser definidas cuidadosamente conforme a los criterios especificados a continuación.

Las zonas de NO ADELANTAR deben ser establecidas, además de los lugares que específicamente señala la Ley de Tránsito, en todos aquellos en los que exista una distancia de visibilidad de adelantamiento menor a la distancia de adelantamiento mínima. Esta última distancia es la necesaria para que el vehículo abandone su pista, pase al vehículo que lo precede y retome su pista en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de otro que se desplace en sentido contrario por la pista utilizada para el adelantamiento.

Tratándose de curvas verticales la **distancia de visibilidad de adelantamiento** es la máxima distancia a lo largo de la cual un objeto que se

encuentra 1 m por encima de la superficie del pavimento puede ser visto desde un punto, también a 1 m por encima del pavimento, como se ilustra en la Figura 2.4.

La **distancia de visibilidad de adelantamiento** en una curva horizontal es aquella que se mide a lo largo del centro de la pista más a la derecha en el sentido de circulación, entre dos puntos que se encuentran 1,1 m sobre la superficie del pavimento, en la línea tangencial al radio interno u otra obstrucción que recorte la visibilidad dentro de la curva. Ver Figura 2.5. En la tabla 2.2 se especifican las **distancias de adelantamiento mínima** según la velocidad máxima permitida en la vía.

Tabla 2.2. Distancias de adelantamiento mínima

Velocidad máxima (Km/h)	Distancia de adelantamiento mínima (m)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

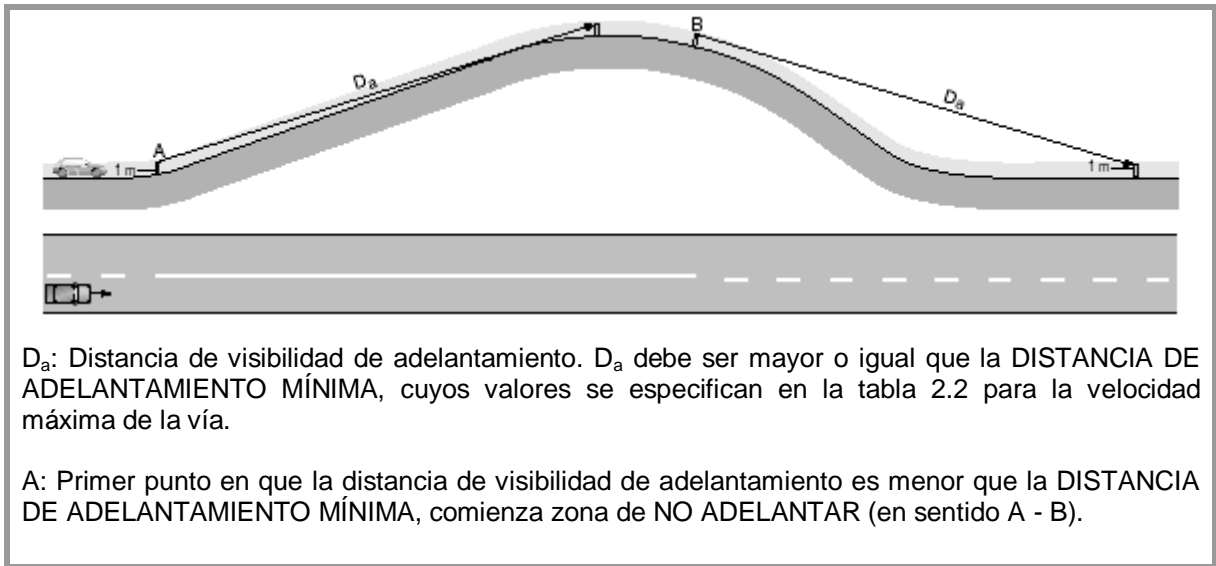


Figura 2.4. Ejemplo Zonas de NO ADELANTAR

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

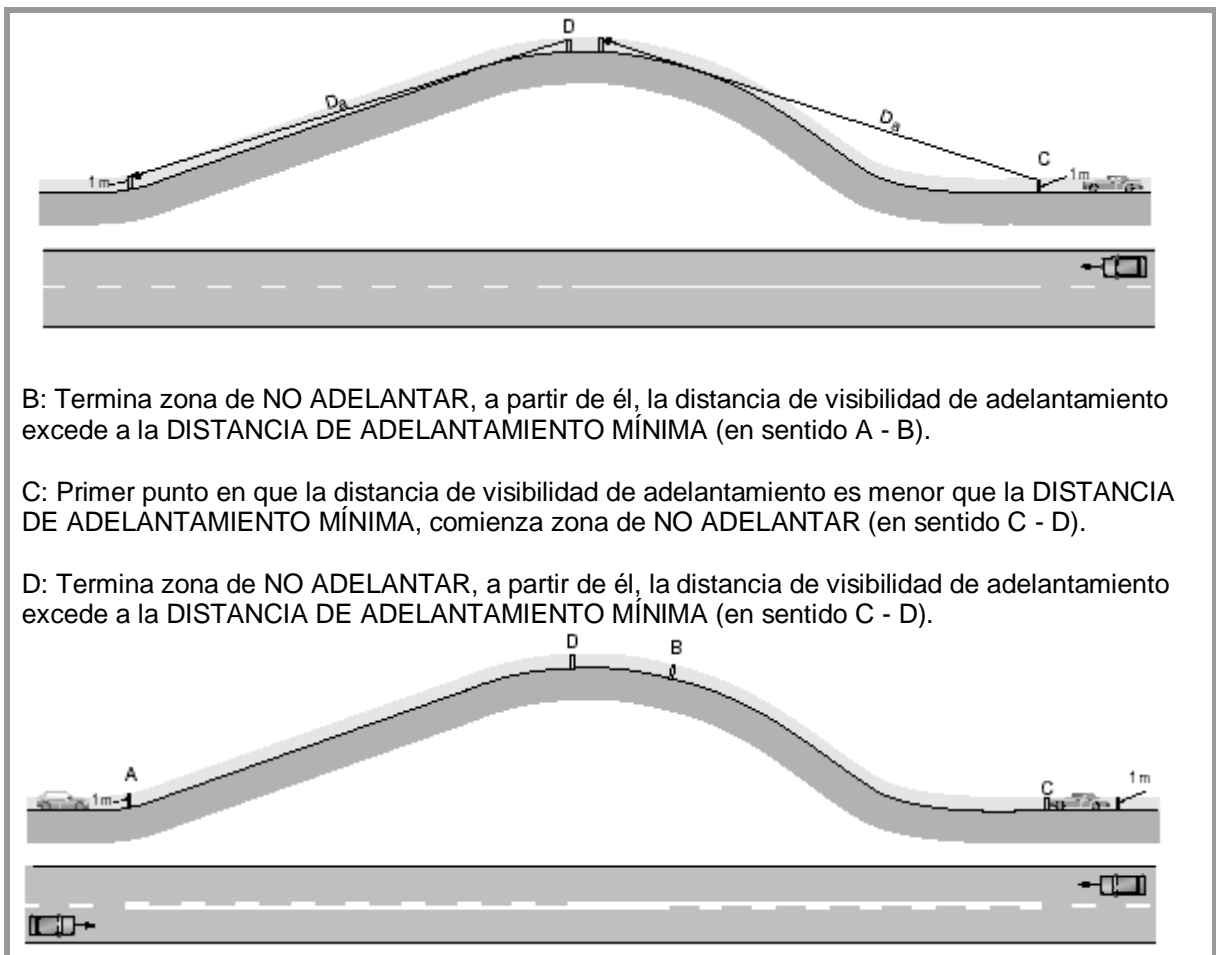


Figura 2.4. Ejemplo Zonas de NO ADELANTAR (Continuación)

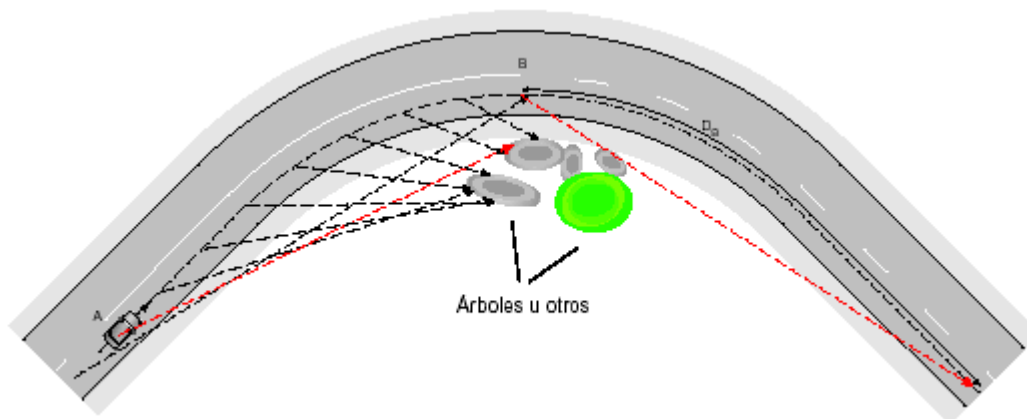
Una zona de NO ADELANTAR se justifica donde la distancia de visibilidad de adelantamiento es menor que la distancia de adelantamiento mínima señalada

en la tabla anterior. Así por ejemplo, en vías con velocidad máxima de 90 km/h, se debe prohibir el adelantamiento en todos aquellos tramos en que la distancia de visibilidad de adelantamiento sea menor a 350 m.

Las zonas de NO ADELANTAR deben ser indicadas mediante demarcación y señales verticales; la primera se extiende a lo largo de todo el tramo en que rige la prohibición y las segundas se instalan donde se inicia la restricción.

Por razones de seguridad, en ningún caso la extensión de un tramo con prohibición de adelantar debe ser inferior a 150 m. Cuando dicha distancia resulta menor, la demarcación continua faltante debe agregarse al inicio de la zona para completar 150 m.

De igual manera, entre dos zonas de adelantamiento prohibido deben existir a lo menos 120 m que lo permitan; si esta distancia resulta menor se debe prolongar la línea doble continua, uniendo ambas zonas.



D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento. D_a debe ser mayor o igual que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA, cuyos valores se especifican en la tabla 2.2 para la velocidad máxima de la vía.

A: Primer punto en que la distancia de visibilidad de adelantamiento es menor que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA, por obstrucción visual de árboles u otros elementos comienza zona de NO ADELANTAR (en sentido A - B).

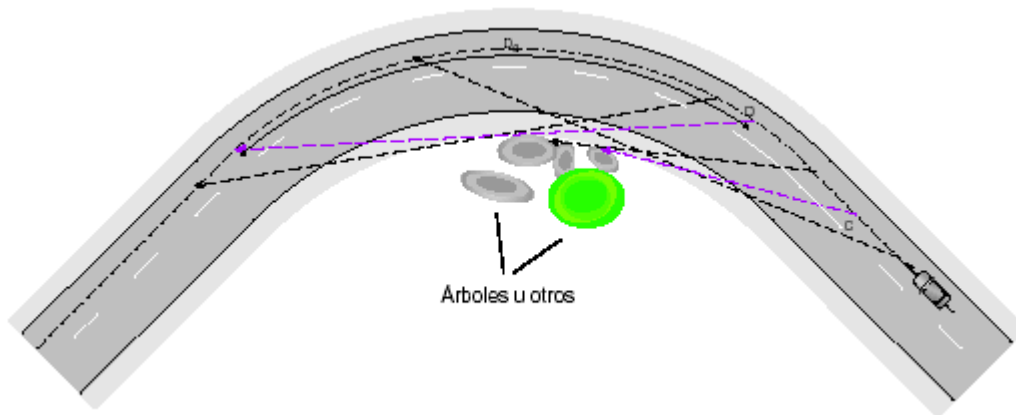


Figura 2.5. Ejemplo zona de NO ADELANTAR

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

B: Termina zona de NO ADELANTAR: a partir de él, la distancia de visibilidad de adelantamiento excede a la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA (en sentido A - B).

C: Primer punto en que la distancia de visibilidad de adelantamiento es menor que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA, por obstrucción visual de árboles u otros elementos comienza zona de NO ADELANTAR (en sentido C - D).

D: Termina zona de NO ADELANTAR: a partir de él, la distancia de visibilidad de adelantamiento excede a la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA (en sentido C - D).

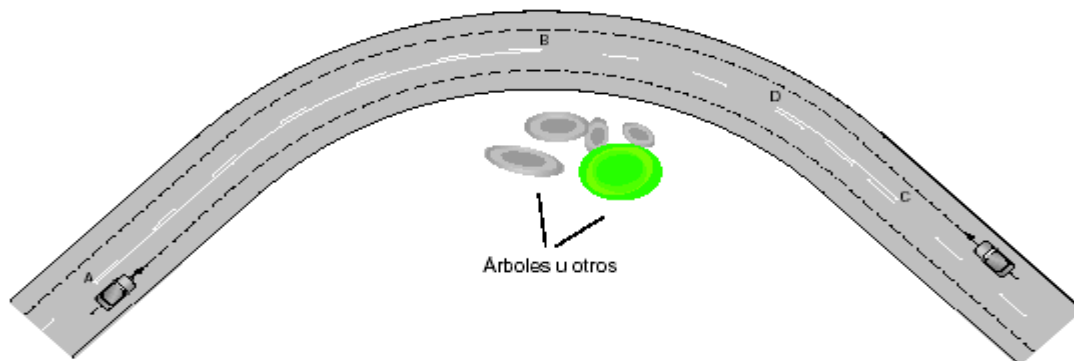


Figura 2.5. Ejemplo zona de NO ADELANTAR (Continuación)

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

2.1.4 LÍNEAS DE PISTAS

Las líneas de pista contribuyen a ordenar el tráfico y posibilitan un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, indicando la senda que deben seguir los vehículos. Generalmente son segmentadas, pudiendo ser continuas en los casos mencionados en 2.1.4.2.

Las líneas de pista tienen un ancho mínimo de 10 cm y máximo de 20 cm; excepcionalmente son de 50 cm cuando se utilizan para delimitar ciclobandas.

2.1.4.1 Líneas de Pista Segmentadas

La relación entre el tramo demarcado y la brecha de una línea de pista segmentada varía según la velocidad máxima de la vía, como se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Relación / Brecha en líneas de pista

Velocidad máxima de la vía (km/h)	Patrón (m)	Relación demarcación brecha
Mayor a 60	8 ó 12	1 a 3 ó 3 a 5
Menor o igual a 60	8	3 a 5

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

Así, para una vía con velocidad máxima inferior a 60 km/h se debe usar un patrón de 8 m y una relación 3 a 5, lo que se traduce en líneas de 3 m demarcados seguidas de 5 m sin demarcar.

La demarcación elevada debe ser de color blanco e instalarse centrada en todas las brechas o brecha por medio. Ver Figura 2.6.

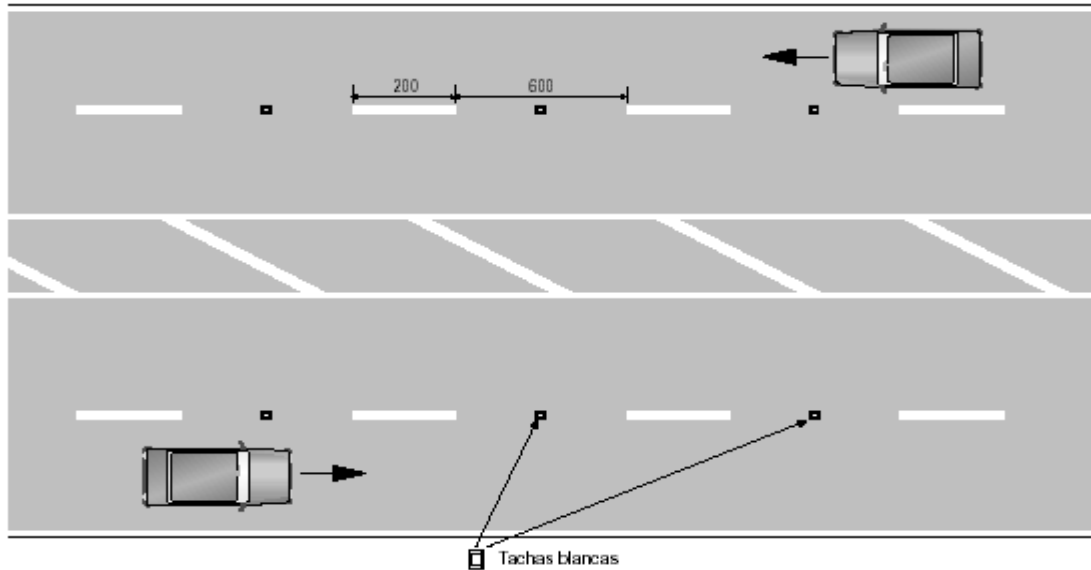


Figura 2.6. Ejemplo líneas de pista segmentadas

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

2.1.4.2 Líneas de Pista Continuas

Las líneas de pista continuas se utilizan para segregar ciclo bandas y pistas SOLO BUSES del resto del flujo vehicular.

También, por razones de seguridad, las líneas de pista deben ser continuas 15 m a 20 m antes de la línea de detención en la vía secundaria de un cruce controlado por la señal CEDA EL PASO o PARE y 12m a 15m en accesos a cruces semaforizados.

2.1.4.3 Ancho de pista

La experiencia internacional demuestra que mayores anchos de las pistas de circulación estimulan velocidades más altas, por ello el ancho de la pista, medido entre centros de líneas, debe establecerse según lo señalado en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Anchos de pista

Velocidad máxima de la vía (Km/h)	Ancho de la pista (m)
Igual o superior a 70	Entre 3.5 y 3.8
50 o 60	Entre 3.0 y 3.5
Menor a 50	Entre 2.5 y 3.0

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

No obstante, cuando se trate de calles que acceden a industrias, donde circulen flujos importantes de vehículos de carga de gran tamaño, así como de buses de locomoción colectiva de más de 8 m de longitud y en salidas de enlaces y empalmes, el ancho de las pistas puede ser superior a lo especificado en la tabla 2.4.

Dado que siempre es conveniente mantener constante el número de pistas a lo largo de una vía, cuando la calzada no presenta un ancho uniforme es preferible variar los anchos de las pistas, dentro de los rangos permitidos, en lugar de aumentar o disminuir la cantidad de éstas.

El ancho de las pistas debe corresponder siempre al del máximo límite de velocidad permitido en la vía.

Si al distribuir las pistas proyectadas en la calzada, una o más de éstas resultan de anchos superiores a los máximos especificados en la tabla 2.4, el sobreancho debe ser achurado de tal manera que las pistas no superen los anchos máximos permitidos, distribuyéndolo a los costados o centro de la calzada.

2.1.4.4 Demarcación de Pistas en Intersecciones

Existen vías urbanas que en ciertas intersecciones presentan situaciones complejas, como desalineamientos entre la entrada y salida del cruce. En estos casos se pueden extender las **líneas de pistas** de la vía, atravesando la intersección, con líneas **segmentadas**, lo que permite guiar apropiadamente al usuario, facilitando un flujo más ordenado y seguro.

Dichas líneas de pista deben ser, dentro de la intersección, de 1 m demarcado seguido de 1 m sin demarcar, como se muestra en la Figura 2.7.

Para asegurar la efectividad de este tipo de demarcación se debe demarcar las pistas de una sola de las vías que cruzan la intersección.

Esta demarcación **no** debe reforzarse con demarcación elevada.

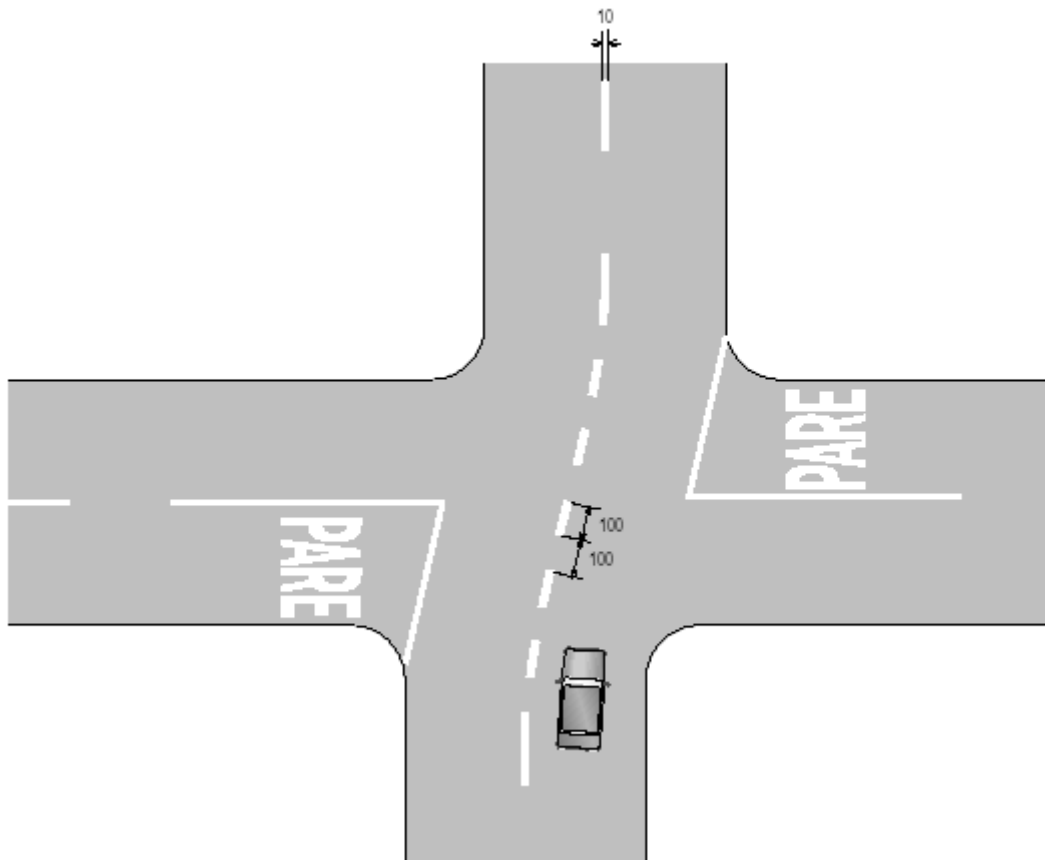


Figura 2.7. Demarcación pista en intersección

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

2.1.5 LÍNEAS DE BORDE DE CALZADA

Estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les

permite posicionarse correctamente respecto de éste. Cuando un conductor es encandilado por un vehículo que transita en el sentido contrario, estas demarcaciones son la única orientación con que aquél cuenta, por lo que son imprescindibles en vías rurales.

Se deben demarcar los bordes de calzada en las vías urbanas cuya velocidad máxima permitida sea igual o superior a 70 km/h; en aquellas vías que no cuenten con soleras y su velocidad máxima permitida sea igual o superior a 50 km/h, así como en túneles y puentes.

También se debe utilizar esta demarcación en áreas urbanas cuando las características geométricas de la vía generan condiciones de riesgo, como curvas cerradas, variaciones de ancho de calzada o cuando no existe iluminación apropiada, entre otros casos.

En vías rurales de menos de 5 m de ancho de calzada, donde resulta difícil conducir un vehículo sin invadir continuamente la pista de sentido de circulación contrario, se recomienda demarcar solamente los bordes de calzada.

Las líneas de borde de calzada son blancas y se ubican en el borde de la calzada, nunca fuera de ella.

2.1.5.1 Líneas de Borde de Calzada Continuas

Estas líneas continuas son las más usadas para señalar el borde de la calzada; su ancho mínimo en vías convencionales debe ser de 10 cm y en autopistas y autovías de 20 cm. Ver Figura 2.8.

Si se refuerzan con demarcación elevada, ésta debe ser amarilla; excepcionalmente debe ser roja cuando se trata de bordes de calzada que no deben ser sobrepasados en ninguna circunstancia. En todo caso, no se recomienda instalarla sobre la línea de borde de calzada.

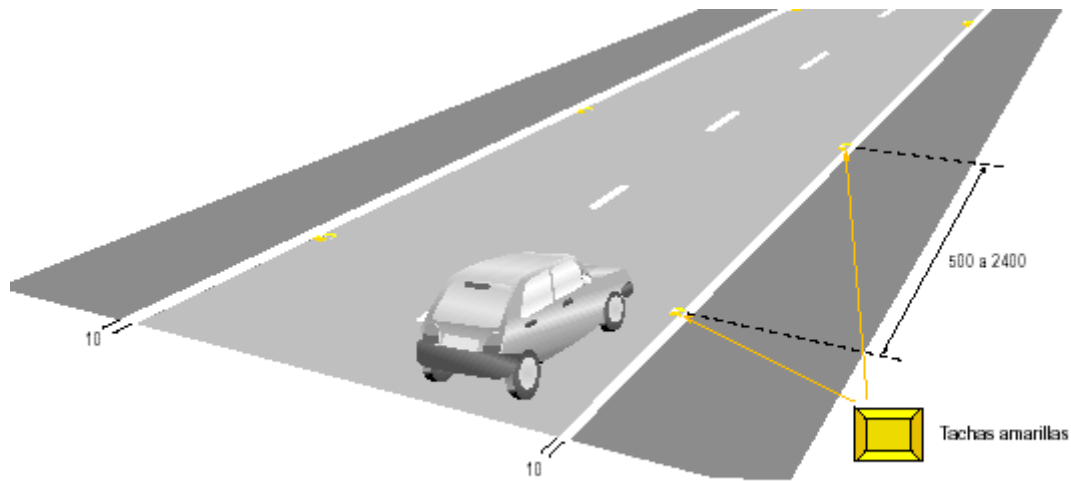


Figura 2.8. Ejemplo de líneas de bordes de calzada continuas

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

2.1.5.2 Líneas de Borde de Calzada Segmentadas

Las líneas de borde de calzada segmentadas se emplean para limitar el ancho disponible de calzada en accesos a intersecciones con boca muy ancha; para delimitar ensanchamientos de calzada destinados al estacionamiento o detención de vehículos o para delimitar pistas de desaceleración de salida o aceleración en enlaces de autopistas y autovías. Ver Figura 2.9.

En la tabla 2.5 se especifica el ancho, patrón y relación demarcación – brecha para distintos tipos de vía.

Tabla 2.5. Dimensión de líneas de borde de calzadas segmentadas

Tipo de vía o pista	Ancho de la línea (cm)	Patrón (m)	Relación demarcación brecha
Pistas de desaceleración de salida de autopistas y autovías	≥ 50	3	1 a 2
Vía convencional con velocidad máxima mayor a 60 Km/h	15 mínimo	2 a 3	1 a 1 o 1 a 2

Vía convencional con velocidad máxima menor o igual a 60 Km/h	10 mínimo	2	1 a 1
---	-----------	---	-------

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

Estas líneas pueden ser reforzadas con demarcación elevada blanca, ubicada en el punto medio de cada brecha.

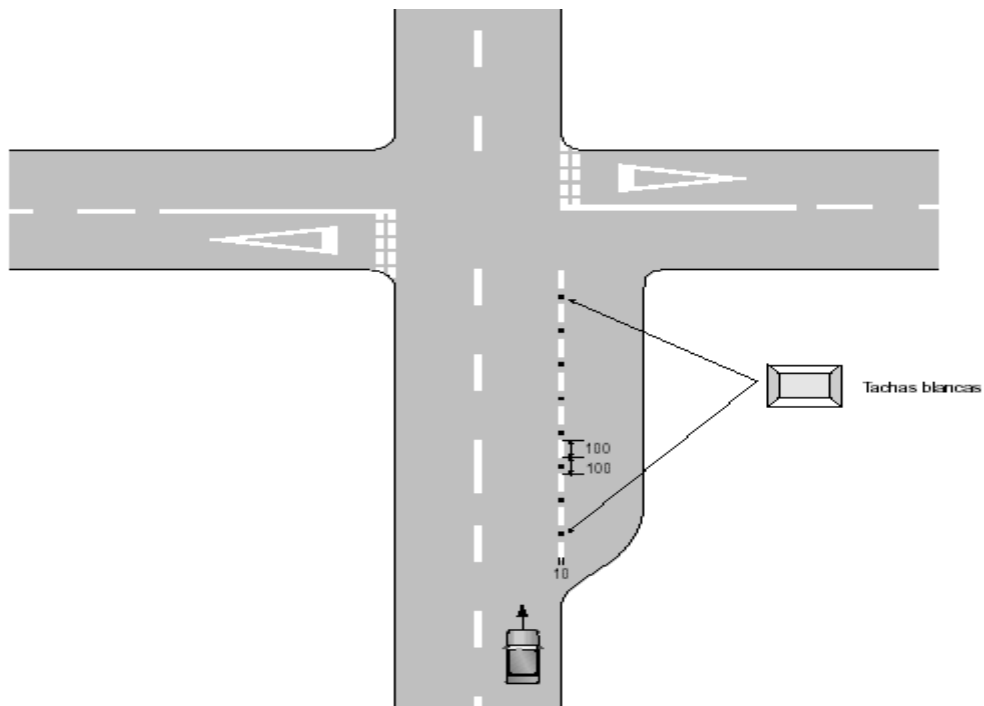


Figura 2.9. Ejemplo línea de borde de calzada segmentada

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

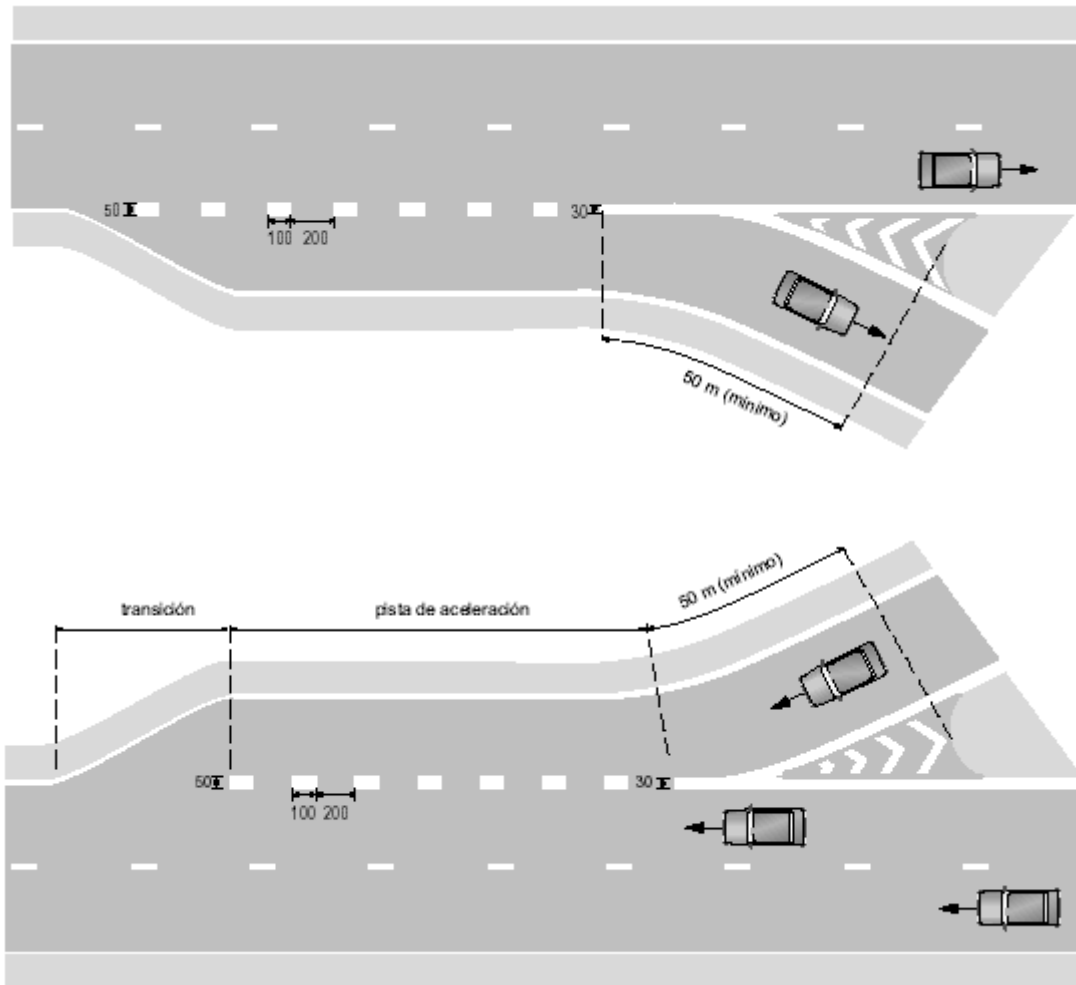


Figura 2.9. Ejemplo línea de borde de calzada segmentada (Continuación)

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

2.1.6 OTRAS LÍNEAS LONGITUDINALES

2.1.6.1 Líneas de prohibición de estacionamiento

Estas líneas indican la prohibición de estacionar permanentemente a lo largo de un tramo de vía; son continuas, amarillas y se ubican junto al borde de la calzada o en la solera cuando ésta existe. Se recomienda utilizarlas junto con la señal vertical PROHIBIDO ESTACIONAR.

En general se recomienda para estas líneas un ancho de 10 cm; sin embargo, cuando se demarque esta prohibición no debe demarcarse línea de borde de calzada.

Estas líneas no deben ser reforzadas con demarcación elevada.

2.1.6.2 Transiciones por reducción de pistas

Cuando el ancho de la calzada se reduce disminuyendo el número de pistas disponibles, se debe demarcar una zona de transición con líneas de eje y de borde de calzada convergentes que indiquen al conductor dicha reducción.

En la zona de transición siempre se debe señalar la prohibición de adelantar al flujo que circula en la dirección de la convergencia, demarcando con línea continua la línea de eje más próxima a dicho flujo.

El largo mínimo de la zona de transición queda determinado por las siguientes relaciones:

- $D = A \cdot V/1,6$; en vías cuya velocidad máxima permitida sea mayor de 60 km/h.
- $D = A \cdot V^2/150$; en vías cuya velocidad máxima permitida sea igual o menor a 60 km/h.

Donde:

D = longitud de transición en metros. En todo caso D no debe ser nunca menor a 10 m.

A = diferencia de ancho de la calzada, entre los extremos de la zona de transición, en metros.

V = velocidad máxima permitida en km/h.

La demarcación de la transición depende también del número y tipo de pistas que son eliminadas. Algunas de las situaciones posibles se muestran en la Figura 2.10.

Antes de la transición se debe instalar una señal de advertencia de peligro, a una distancia determinada. Las líneas de pista se deben interrumpir más allá

de dicha señal, a un cuarto de la distancia que separa a la señal del inicio de la transición.

Dado el riesgo que involucran estas transiciones es conveniente que las líneas de borde de calzada en estas zonas sean lo más anchas posibles, para garantizar su visibilidad en toda circunstancia. También es conveniente reforzarlas con demarcación elevada instalada uniformemente, manteniendo una distancia de 8 m a 12 m entre cada elemento.

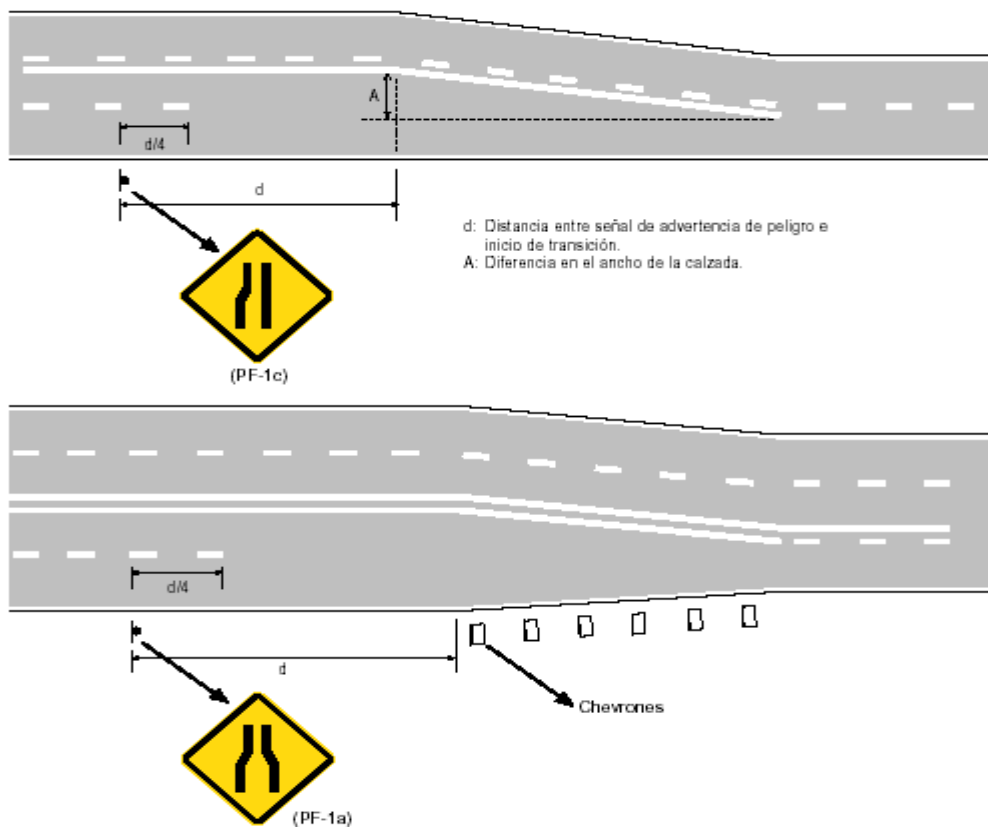


Figura 2.10. Ejemplo de transiciones

Fuente: Marcas Permanentes de Pavimento sección 705, Dirección Nacional de Tránsito

2.2 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA PINTURA DE SEÑALIZACIÓN

2.2.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación trata de la aplicación de una capa de pintura reflectiva acrílica, conteniendo microesferas premezcladas, de 0.6 mm. de espesor

húmedo por métodos mecánicos, sobre la superficie de los pavimentos con el fin de efectuar la demarcación horizontal para el mayor ordenamiento y encauzamiento del tránsito de vehículos y personas.

2.2.2 MATERIALES

2.2.2.1 Pintura

El material a utilizar para la demarcación horizontal, será una pintura de base de resinas acrílicas de base a agua, premezclada para usar en pavimentos de concreto asfáltico y de cemento Pórtland, que cumpla con las siguientes especificaciones:

- a.** La composición debe ser de una emulsión 100% acrílica conteniendo una emulsión Rohm y Haas E-2706 o una similar aprobada. La formulación exacta será determinada por el fabricante. La pintura no debe contener plomo, cromo o bario y debe cumplir con los siguientes requerimientos:
 - a1.** Pigmentos. Porcentaje en peso entre 57% y 62%
 - a2.** No volátiles. Porcentaje en peso mínimo 77%
 - a3.** Base no volátil. Porcentaje en peso de 100% del polímero acrílico mínimo 44%.
 - a4.** Materia orgánica: el contenido volátil no debe exceder de 150 gramos de materia orgánica volátil por cada litro de material de pintura no volátil.
 - a5.** Volumen de sólidos: mínimo 62%
 - a6.** Peso por galón:
 - blanco: 1.64 - 1.71 Kg./lt
 - amarillo: 1.59 – 1.65 = Kg/lt
- b.** Tiempo de secado. La pintura con 0.7 Kg / lt. de esferas de vidrio a prueba de agua tipo 1, debe secarse en un tiempo máximo de 90 segundos cuando es aplicada con un espesor mojado de 0.38+ /-0.03 mm. a una temperatura de 54°C; o en un máximo de 10 minutos cuando es aplicada a la temperatura ambiente.
- c.** Viscosidad FSS No. 141: 75 – 95 Krb a 25°C.
- d.** Flexibilidad. FSS No. 141: No agrietamientos ni escamas.

- e. Opacidad seca. Tasa de contraste al aplicar con un aplicador tipo pájaro 0.005: mínimo 0.96
- f. Color de pintura. Con espesor curado de 0.38 mm. blanca o amarilla, según norma FHWA.
- g. Reflectancia diurna. FSS No. 141
 - (1) Blanco : mínimo 85%
 - (2) Amarillo (relativo al óxido de magnesio) : mínimo 54%
- h. Resistencia a la abrasión. FSS TTP-1952: se requerirá un mínimo de 210 litros de arena para remover la pintura.
- i. Adhesión de las esferas de vidrio. La pintura, con esferas de vidrio tipo 1 aplicadas a gravedad a una tasa de 0.7 Kg./lt., requerirá un mínimo de 550 litros de arena para remover la capa de esferas. Las esferas serán aplicadas en una operación separada de la pintura, pero al mismo tiempo que ella. El test se efectuará de acuerdo con el literal (h) anterior.
- j. Resistencia al restregado. ASTM D2486: mínimo 300 ciclos
- k. Estabilidad al descongelamiento. La pintura no debe mostrar coagulaciones o cambios en consistencia mayores de 5 Krebs o un decremento en la resistencia al restregado mas del 10% cuando se la ensaye de acuerdo al FSS TT-P-1952.
- l. Test de dilución. La pintura debe poder diluirse en agua a todos los niveles son cuajarse o precipitarse, de tal manera que la pintura fresca pueda ser limpiada rápidamente solo usando agua.
- m. Estabilidad en el almacenamiento. La pintura no debe tener aglutinamientos que no puedan ser mezclados nuevamente hasta llegar a un estado homogéneo, tampoco costras, grumos, ni asentamientos endurecidos luego de haber permanecido almacenados por 30 días en recipientes de $\frac{3}{4}$ llenos.

2.2.2.2 Microesferas

En lo referente a las microesferas a utilizar tanto para el premezclado como para el sembrado sobre la pintura, deberá cumplir con la norma AASHTO M 247 de acuerdo al tipo especificado. Serán tratadas con una capa de adhesivo según la recomendación del fabricante. Las características generales son:

Composición química: vidrio de la calidad (sodacal)

Índice de refracción, ASSHTO M 247: 1.50 – 1.55

Peso específico: 2.3 a 2.6 gramos/cm³

Esfericidad: mínimo 70% en cada malla

Las esferas que serán premezcladas con la pintura, deberán cumplir con la siguiente granulometría: Tipo P-93

Tabla 2.6. Características de las microesferas para premezclado

Malla o Tamiz	Abertura (micrones)	% que pasa
20	850	-
30	600	-
40	425	-
50	300	-
70	212	-
80	180	90 - 100
100	150	-
140	106	-
200	75	-
230	63	0 - 10

Fuente: Pinturas para Señalamiento de Transito sección 826, Dirección Nacional de Tránsito

Las esferas que deberá utilizarse para el sembrado sobre la pintura, deberán cumplir en la siguiente granulometría:

Tabla 2.7. Características de las microesferas para sembrado

Malla o Tamiz	Abertura (micrones)	% que pasa
20	850	-
30	600	90 - 100
40	425	-
50	300	-
70	212	-
80	180	0 - 10
100	150	-
140	106	-
200	75	-
230	63	-

Fuente: Pinturas para Señalamiento de Transito sección. 826, Dirección Nacional de Tránsito

El material una vez aplicado deberá perder su original característica pegajosa para evitar la adhesión de suciedad al mismo.

El tipo de material a aplicar tiene que reunir las condiciones de uso en clima templado y sobre pavimento asfáltico o de hormigón. Deberá resultar igualmente apto para temperaturas de hasta -5°C sin quebrarse ni desprenderse.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SEÑALIZACIÓN

2.3.1 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

2.3.1.1 Generales

Las superficies en las cuales las marcas serán aplicadas, estarán limpias, secas y libres de polvo, de suciedad de acumulación de asfalto, de grasa u otros materiales nocivos.

Cuando las marcas sean colocadas en pavimentos de hormigón de cemento Pórtland, el pavimento deberá ser limpiado de todo residuo, previamente a la colocación de las marcas.

Las franjas serán de un ancho mínimo de 10 cm. Las líneas entrecortadas tendrán una longitud de 4.5 m. con una separación de 7.5. En carreteras que se desarrollen en zonas montañosas, estas longitudes serán de 2.5 m y 4.5. m

respectivamente. Las líneas punteadas tendrán una longitud de 60 cm, con separación de 60 cm.

Las franjas dobles estarán separadas con un espaciamiento de 8 a 14 cm., en función del ancho útil de la capa de rodadura.

Las flechas y las letras tendrán las dimensiones que se indiquen en los planos.

Todas las marcas presentarán un acabado nítido uniforme, y una apariencia satisfactoria tanto de noche como de día, caso contrario, serán corregidas por el Contratista hasta ser aceptadas por el Fiscalizador y sin pago adicional.

2.3.1.2 Marcas de pintura

Las marcas serán aplicadas con métodos aceptables por el Fiscalizador. El cabezal rociador de pintura será del tipo spray y que permita aplicar satisfactoriamente la pintura a presión, con una alimentación uniforme y directa sobre el pavimento. Cada mecanismo tendrá la capacidad de aplicar 2 franjas separadas al mismo tiempo aún en el caso de ser continuas, entrecortadas o punteadas. Todo tanque de pintura estará equipado con un agitador mecánico. Cada boquilla estará equipada con una válvula, que permita aplicar automáticamente líneas entrecortadas o punteadas. La boquilla tendrá un alimentador mecánico de microesferas de vidrio, que opere simultáneamente con el rociador de pintura, y distribuirá dichas microesferas de vidrio con un patrón uniforme a la proporción especificada.

La pintura será mezclada previamente y aplicada cuando la temperatura ambiente esté sobre 4 grados centígrados y como se indica en el numeral 2.3.1.1.

Para franjas continuas de 10 cm. de ancho, la tasa mínima de aplicación será de 39 lt/Km. Para franjas entrecortadas o de líneas punteadas. La tasa mínima de aplicación será de 9.6 lt/Km, y 13lt/Km respectivamente.

La tasa mínima de aplicación para flechas y letras será de 0.4 lt/m² de marcas.

Las microesferas de vidrio serán aplicadas a una tasa mínima de 1.2 Kg. por cada lt de pintura.

Las áreas pintadas estarán protegidas del tráfico hasta que la pintura esté suficientemente seca. Cuando lo apruebe el Fiscalizador, el Contratista podrá aplicar pintura o microesferas de vidrio en dos aplicaciones, para reducir el tiempo de secado en áreas de tráfico congestionado.

2.3.2 EQUIPOS A UTILIZAR EN OBRA

El contratista deberá utilizar equipos en buen estado de funcionamiento y en la cantidad suficiente para realizar los trabajos en el período establecido.

El equipo mínimo con que deberá contar cada unidad operativa del contratista para las tareas será el siguiente:

2.3.2.1 Equipo Mecánico para barrido y limpieza del pavimento

Estará constituido por un cepillo mecánico rotativo de un ancho mínimo de 0.50m y por sistema de soplado de acción posterior al cepillo, de un caudal y presión adecuados para asegurar una perfecta limpieza del polvo que ocasione el cepillo. La boca de salida de aire será orientada a los efectos de arrojar el polvo en la dirección que no perjudique el uso del resto de la calzada. Estos equipos podrán estar instalados en la misma máquina de pintado.

2.3.2.2 Condiciones que deben cumplir los equipos de pintado

Las máquinas de demarcación horizontal deberán contar con elementos que impidan la sedimentación de las microesferas de vidrio en los recipientes de

pintura. Los equipos de aplicación propiamente dicha (pistolas o sopletes) deberán dejar bordes claros, sin salpicaduras ni esfumados.

Tendrán una capacidad de proyección tal que puedan aplicar el espesor húmedo indicado en una sola mano sin diluir, aceptándose hasta el máximo en volumen de diluyente. Los compresores de aire deberán proveer un caudal superior a los 0.35 m³/min por cada pistola que alimenten a una presión nominal de atmósferas.

Se deberá prever que el sembrado posterior de las microesferas, se efectúe en el momento adecuado para que su anclaje sea correcto.

2.3.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

2.3.3.1 Aplicación del Material

Para la aplicación del material deberán observarse las siguientes condiciones:

- a.** La superficie del pavimento deberá estar perfectamente seca, libre de aceite o grasa.
- b.** El área en que se realice la aplicación estará perfectamente barrida para remover la tierra y el polvo existente sobre la misma, empleando el equipo mencionado anteriormente.
- c.** El material se aplicará con los dispositivos adecuados para que las franjas resulten perfectamente paralelas, del ancho y espesor uniformes, con las tolerancias exigidas y no se presentarán ondulaciones visibles par el observador que recorra el tramo en automóvil.
- d.** La tolerancia en el paralelismo será del +/- 5% sobre los valores especificados.
- e.** La superficie terminada no deberá ser más resbaladiza que la del pavimento seco o húmedo.
- f.** Previa a la liberación del tránsito, deberá verificarse que la retroreflexión presenta un aspecto uniforme, libre de zonas no reflectivas. Para ello deberá efectuarse un recorrido nocturno.
- g.** No se admitirán diferencias de tonalidades dentro de un mismo tramo.

- h. Cualquier salpicadura, mancha o trazo de prueba efectuado durante la demarcación deberá ser removido por el contratista.
- i. En caso de ser necesario eliminar demarcaciones anteriores (por ejemplo en material termoplástico), deberá utilizarse el método del fresado o picado. Tal actividad no deberá dañar excesivamente la superficie del pavimento.
- j. En los pavimentos de hormigón recientemente construidos deberá procederse a una limpieza cuidadosa con el objeto de eliminar los productos de curado del hormigón.
- k. No se autorizará la aplicación de pintura cuando la temperatura del pavimento sea inferior al 5°C y/o cuando las condiciones climáticas adversas no lo permitan (humedad, nieblas, polvaredas, etc.).
- l. El contratista deberá disponer de los envases vacíos de material usados en una forma ecológicamente responsable.

2.3.3.2 Secuencia de los trabajos

- a. Previo a todo trabajo, el Contratista deberá instalar el señalamiento de seguridad.
- b. El replanteo de la señalización horizontal, se indicará con pintura de corta durabilidad.
- c. El sustrato será cepillado, soplado y secado a efectos de lograr la eliminación de toda materia extraña a la pintura.
- d. La aplicación propiamente dicha de la pintura, se efectuará por medio de los equipos motorizados y la superficie a obtener deberá ser de ancho uniforme, presentar sus lados bien definidos rectos y nítidos, libre de burbujas y cráteres, grietas, surcos, ondulaciones superficiales (piel de naranja), alteraciones del color o cualquier otra anomalía proveniente del material. Simultáneamente con la aplicación de la pintura se procederá al sembrado de esferas de vidrio. Dicha operación se sincronizará de tal forma que las esferas no se sumerjan totalmente ni sufran falta de adherencia por un incorrecto secado superficial de la pintura. Además se deberán dispensar uniformemente en toda superficie de la marca. Si las esferas a sembrar están húmedas o fluyen con dificultad, el Fiscalizador podrá exigir su reemplazo.

- e. La demarcación de líneas de borde se deberá hacer mediante una línea continua de 0.10 m de ancho.

7. CAPITULO 3

8. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE PAVIMENTOS

La tecnología de señalización de pavimentos es un tema que esta evolucionando constantemente. Existen nuevos tipos de materiales que se utilizan hoy en día en este campo, incluyendo pinturas, epóxicos, cintas adhesivas, termoplásticos y termo-endurecibles. Estos materiales tienen diferentes técnicas de aplicación y su propio conjunto de únicas características relacionadas a durabilidad, retro-reflectividad, costo de instalación, y costo de mantenimiento.

En los últimos años se han realizado varias investigaciones llevadas a cabo por instituciones relacionadas con el uso y aplicación de materiales para señalización de pavimentos, las cuales han llegado a las siguientes breves conclusiones:

- Las señales blancas son más reflectivas que las señales amarillas.
- La pintura es por mucho el material mas barato.
- La pintura tiende a degradarse más rápido que otros materiales.
- Termoplásticos y cintas adhesivas tienen mayores características retroreflectivas.

Las señales de pavimento son típicamente reemplazadas o re-trazadas muchas veces antes que el pavimento en si sea renovado. La típica vida útil de las señales de pavimento puede fluctuar en cualquier sitio y dependiendo del tipo de material de 3 meses a varios años, mientras que la típica vida útil de los pavimentos puede ser de 12 a 20 años.

Es deseable que las señales de pavimento posean las siguientes características:

- Bajo precio
- Larga vida.
- Alta reflectividad.
- Corto tiempo de secado.

Aunque para algunos materiales, se ha demostrado que las pinturas de secado lento duran más.

Los principales criterios que se utilizan para evaluar los materiales para señalización de pavimento son:

- Durabilidad
- Retro-reflectividad
- Costo

Otros criterios que se pueden ser usados para esta evaluar los materiales para señalización de pavimento son:

- Iluminación de las carreteras
- Numero y habilidad de los trabajadores
- Equipos de aplicación
- Efectos medio ambientales
- Factores de mantenimiento

3.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

3.2.1 MÉTODOS Y MATERIALES

Esta sección trata los cuatro materiales más comunes para señalización de pavimentos como son: cintas adhesivas, pinturas, materiales termoplásticos y termo-endurecibles.

3.2.1.1 Cintas Adhesivas

Las cintas adhesivas permanentes son cintas plásticas pre-formadas fabricadas en rollos o en tiras con leyendas, los componentes típicos de las cintas adhesivas son resina de cloruro de polivinilo, pigmento, relleno, diluyente y microesferas de vidrio. Dos tipos de cintas para demarcación de pavimentos son mostradas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Especificaciones de dos tipos de cintas.

Componentes	Tipo I (% en peso)	Tipo II (% en peso)
Resinas	40	20
Pigmento y relleno	38	30
Microesferas de vidrio	14	33
Diluyente	18	17

Fuente: <http://www.trafficlab.utah.edu/research/projects/current/acrobat/UDOTfin.pdf>

Las cintas para demarcación de pavimentos son de dos tipos:

1. Cintas regulares o permanentes.
2. Cintas removibles.



Figura 3.1 Cinta adhesiva permanente en rollo

Fuente: <http://www.stop-painting.com/>

Las cintas adhesivas (Figura 3.1), que tienen un papel de respaldo, son normalmente aplicadas en la vía removiendo el papel respaldo y presionando la cinta sobre el pavimento con un rodillo o una llanta de camión. El adhesivo debe ser aplicado al pavimento o a la cinta al momento de su instalación si la cinta no viene con un papel de respaldo. La superficie del pavimento a la que la cinta va a ser adherida debe estar limpia, libre de escombros y ser aplicada a una temperatura mínima de 21 °C. El beneficio de las cintas para señalización vial es que no se necesita o se requiere de poco equipo para su instalación. (Figura 3.2)



Figura 3.2 Cinta adhesiva removible

Fuente: <http://www.dbiservices.com/irm/page6.asp>

3.2.1.2 Pintura

La pintura es el material más ampliamente usado en señalización vial de pavimentos debido a su bajo costo y facilidad de adquisición. La pintura se ha convertido en el referente en cuanto a desempeño y costo por el cual otros materiales son comparados y seleccionados. Sin embargo, el desempeño de las pinturas en zonas donde nieva disminuye y raramente duran un invierno entero, debido a la naturaleza abrasiva de las máquinas quitanieves y su efecto desgastador. Las pinturas para demarcación de pavimentos son a base de agua y a base de solventes.

3.2.1.2.1 Pinturas a base de solventes

La combinación de pigmento, extensor de pigmento e imprimaciones forman el 25% del volumen total de las pinturas a base de solventes. Estos materiales

son completados por un 25% en volumen de aglomerante y un 50% en volumen de algún solvente.

Los pigmentos inorgánicos para pinturas de pavimento son dióxido de titanio para blanco y cromato de plomo para amarillo. El potencial peligro para la salud del cromato de plomo como pigmento lo ha discontinuado siendo reemplazado por pigmentos amarillos de origen orgánico. Sin embargo, el pigmento amarillo de origen orgánico se desvanece rápidamente bajo la luz solar. Los materiales inertes como el carbonato de calcio y el dióxido de silicio son normalmente usados para el pigmento de extensión y relleno, respectivamente. Los más efectivos y baratos aglomerantes de pinturas a base de solventes son las resinas alquídicas y resinas alquídicas modificadas por caucho clorado. Solventes ó thinner son usados en la pintura para mejorar la manufactura y las características de aplicación de la misma, pero no adicionan nada a las características que tiene la pintura ya seca. (Tabla 3.2)

Tabla 3.2 Términos para tiempo de secado de pinturas

Termino	Tiempo de secado
Secado instantáneo	< 30 seg.
Secado acelerado	30 a 120 seg.
Secado rápido	2 a 7 min.
Convencional	7 min.

Fuente: <http://www.trafficlab.utah.edu/research/projects/current/acrobat/UDOTfin.pdf>

Un estudio realizado en 1979 referente a diseño y pautas para control de tráfico para carreteras con poco volumen de circulación de vehículos reveló que el uso de líneas de centro con pintura a base de solventes cuesta \$ 200 por milla, con una vida útil promedio de 18 meses. El rango de accidentes es menor con una línea de centro que sin ella.

3.2.1.2.2 Pinturas a base de agua

Las pinturas a base de agua tienen agua en lugar de solventes químicos. Las pinturas para tráfico, a base de agua son un atractivo recurso que se puede

emplear para eliminar la contaminación que producen los solventes en la calidad del aire. Al momento las pinturas para tráfico son escasamente más caras y tienen un tiempo de secado más largo que las pinturas a base de solventes. Actualmente existen pigmentaciones amarillas libres de plomo para pinturas a base de agua. La mayoría de las actuales formulaciones son a base de resinas acrílicas y de látex, y tienen un tiempo de secado de 10 minutos. Algunas ventajas de las pinturas a base de agua son listadas a continuación:

- Las pinturas a base de agua son una alternativa probada a las pinturas a base de solventes químicos.
- Estas pueden ser aplicadas en frío o en caliente dependiendo del equipo disponible y de las condiciones climáticas.
- Estas proveen un igual o mejor servicio durante su vida útil que las pinturas a base de solventes.
- Estas no tienen un solvente con fuerte olor que molesten a las personas que las manipulen.
- Estas tienen un menor peligro de manejo y transporte debido a su reducida inflamabilidad.



Figura 3.3 Pintado de líneas con pintura a base de agua

Fuente: <http://www.dbiservices.com/irm/page1.asp>

Usar pintura a base de agua a menudo involucra una modificación de los equipos para aplicación de pinturas. Si se pretende rociar pintura a base de agua con un equipo que rocía pinturas a base de solventes es necesario realizar algunos cambios para que el equipo trabaje con la nueva pintura sin problemas (Figura 3.3).

3.2.1.3 Termoplásticos

Los termoplásticos son una combinación de resinas y pigmentos que se convierten en líquido cuando se los calienta. Estos son típicamente entremezclados con microesferas de vidrio para conferirles retro-reflectividad. El aglomerante es una mezcla de plastificante y resinas que mantienen a los otros materiales juntos. Cuando es instalado en superficies porosas, el termoplástico líquido caliente llena los espacios vacíos, formando un enclavamiento mecánico sobre el concreto y una cohesión térmica sobre el asfalto. En general, los termoplásticos son más durables sobre asfalto que sobre concreto debido a la cohesión térmica.

El espesor de los termoplásticos es usualmente 90 mils, lo cual es 10 veces más grueso que las aplicaciones de pintura. Los termoplásticos cuestan de cinco a seis veces más que las pinturas, y típicamente duran de tres a cinco años. La temperatura de aplicación es importante para obtener un fuerte enlace entre el termoplástico y la superficie del pavimento. El material debe ser calentado a una temperatura de entre 400 y 450 °F. La temperatura de la superficie y del aire se recomienda sea 55 °F. Hay dos tipos de termoplásticos: a base de hidrocarburos y a base de alquídicos.

El termoplástico de hidrocarburo está hecho de resinas de derivados de petróleo y sin embargo se degrada ante la presencia de aceites. Por esta razón no dura mucho en carreteras de alto tráfico o en lugares donde el tráfico es estacionario por largos periodos de tiempo.

El termoplástico alquídico se deriva de resinas naturales, las cuales son resistentes al aceite. Los alquídicos son sensibles al calor, por lo que la temperatura debe ser cuidadosamente controlada durante su aplicación, si este es calentado demasiado, el material se vuelve espeso y difícil de aplicar.

Existen dos maneras de aplicar los termoplásticos (a base de hidrocarburos o alquídicos): rociado y extrusión.

Los termoplásticos pueden ser aplicados por un sistema de rociado con aire o un sistema libre de aire. El espesor de la capa de termoplástico aplicada mediante el método de rociado está a menudo entre 1.5 a 2.3 mm, mientras el método de extrusión da un espesor de 2.3 a 3 mm.

La aplicación de termoplástico mediante extrusión tiene 2 métodos: el de troquel arrastrado y el de cinta.

El método de extrusión con troquel, presiona el material a través de una abertura predeterminada de una matriz hacia el pavimento, lo cual da el ancho y espesor de la línea de señalización (Figura 3.4). Esto permite un flujo uniforme de material para lograr un espesor uniforme.



Figura 3.4 Señalización con termoplásticos

Fuente: <http://www.ahsprovia.de/viathgb.htm>

El método de extrusión de cinta coloca una cinta de termoplástico derretido en el pavimento utilizando una pistola presurizada. El método de troquel es el más favorable para la extrusión del termoplástico debido a que no se tiene la necesidad de cintas preformadas.

3.2.1.4 Termo-endurecibles

Los materiales termo-endurecibles son aquellos en los cuales dos materiales reaccionan exotéricamente para producir un material duro y durable. Dos tipos de termo-endurecibles para pavimento son el epóxico y el poliéster.

3.2.1.4.1 Epóxico

El epóxico es una mezcla de dos componentes los cuales reaccionan químicamente en una reacción liberando calor para formar un adhesivo sólido. Usualmente, el primer componente contiene la resina epóxica epichlorohydrin-bisphenol A, el pigmento (dióxido de titanio o amarillo medio de cromo), el pigmento de extensión y la imprimación. El segundo componente, el cual es el catalizador, puede ser uno del gran número de componentes disponibles, una amina del grupo de componentes del nitrógeno, es a menudo usada. La relación de mezcla entre el primer y segundo componente es de 1:1 a 5:1, dependiendo de la química específica del sistema.



Figura 3.5 Señalización con termo-endurecibles.

Fuente: <http://www.ahsprovias.de/FprodGB.htm>

La mayoría de los sistemas de aplicación de los epóxicos bombean los dos componentes con bombas dosificadoras. Ambos componentes se mezclan con un agitador, después de lo cual estos son rociados por una pistola. (Figura 3.5). El espesor del epóxico aplicado es usualmente 0.4 mm. Algunas formulaciones de epóxico pueden ser aplicadas sobre pavimento mojado. La mayoría de las formulaciones de epóxico en uso actualmente curan en 15 a 30 minutos y requieren de una protección de la línea trazada.

3.2.1.4.2 Poliéster

Los termo-endurecibles de poliéster para demarcación de pavimentos están compuestos de dos componentes. El primer componente, el cual es el 95 a 99 % del peso, se compone de una resina de poliéster, un monómero de estireno, el agente humedecedor, un gestor de adhesión, pigmento (dióxido de titanio o cromato de plomo), y carbonato de calcio. El segundo componente es un catalizador de peróxido de metilo-etilo-quetona. Ambos componentes son mezclados usando dos pistolas, el catalizador es rociado hacia el primer componente después de que este ha sido rociado por la pistola, pero antes de que haga contacto con el pavimento.

El poliéster desempeña un buen papel en pavimentos viejos. Este es aplicado a un espesor de aproximadamente 0.4 mm. El tiempo de secado normalmente ocurre en un rango de 10 a 45 minutos y requiere que se proteja la línea demarcada.

En la tabla 3.3 se muestran las características que poseen los materiales para el demarcado.

Tabla 3.3 Características de los materiales para demarcado

Materiales	Tiempo de secado (min.)	Espesor típico (mm)	Expectativa de vida	Costo (por pie lineal instalado)
Pinturas a base de solventes	0.5 - 7	0.2	4 - 10 meses en asfalto 2 - 7 meses en concreto	\$0.03 - 0.06
Pinturas a base agua	10	0.2	≥ a las pinturas a base de solventes	\$0.1
Termoplásticos hidrocarburos y alquídicos	0.01	1.5 - 2.3 rociado 2.3 - 3 extrusión	5 - 9 años en asfalto 3 - 5 años en concreto	\$0.3 - 0.4
Epóxicos	15 - 20	0.4	2 años en ambos tipos de pavimento	\$0.3
Cintas adhesivas	0	1.5 - 2.3	3 - 7 años en ambos tipos de pavimento	\$1 - 1.2

Fuente: <http://www.trafficlab.utah.edu/research/projects/current/acrobat/UDOTfin.pdf>

3.2.2 SISTEMAS DE ROCIADO DE PINTURA

La presurización es la fuerza más común utilizada para trasladar pintura desde un reservorio de pintura a las cabezas rociadoras y de estas al pavimento. Un sistema de rociado con aire atomiza pintura líquida para su aplicación usando aire a presión. Un sistema de rociado libre de aire atomiza pintura usando la presión hidráulica de un fluido. Un sistema de rociado de pintura libre de aire tiene una mayor presión que un sistema de rociado con aire. El sistema de rociado es usualmente instalado en un vehículo y está equipado con una mezcladora y un compresor. Variaciones en la velocidad del vehículo que transporta el equipo de rociado, la temperatura de la pintura, y de la carga hidráulica de la pintura en el reservorio dan como resultado un diferente espesor de la película húmeda de la pintura.

Métodos alternativos de aplicación para pinturas de demarcación de vías son el bombeo, tales como bombas de circulación o bombas de desplazamiento positivo. Las bombas de circulación ofrecen un mejor control en el espesor de la película de pintura sobre un sistema de rociado. Solamente la velocidad de circulación del vehículo que transporta el sistema de rociado varía el espesor de la película de pintura.

3.2.2.1 Rociado por compresor

El sistema de rociado con aire utiliza un compresor para presurizar aire, el cual es suministrado a un recipiente donde este se mezcla con la pintura para luego mediante una pistola, con una boquilla muy pequeña, ser atomizado al ambiente para su aplicación, formando una nube de aire y pintura, por lo que una parte de la pintura se pierde en el ambiente, causando un mayor consumo de pintura y contaminación ambiental. A más de eso no se obtiene una calidad de línea óptima, en especial en sus bordes debido al rociado disparejo que sale de la boquilla de la pistola de pulverización. (Figura 3.6).



Figura 3.6 Sistema de rociado con aire.

Fuente: <http://www.truscomfg.com/interest.htm>

3.2.2.2 Rociado por sistema airless

Un sistema de rociado libre de aire atomiza pintura usando la presión hidráulica de un fluido, esto se lo logra a través de una bomba de alta presión y una boquilla adecuada para este trabajo, lo que permite realizar un trabajo de pintado más preciso y eficiente debido a la ausencia de aire, logrando con esto una repartición uniforme de la pintura sobre la superficie a pintar optimizando de esta manera la utilización de materia prima (pintura), lo que permite reducir costos y realizar los trabajos en un menor tiempo. (Figura 3.7).



Figura 3.7 Sistema de rociado libre de aire.

Fuente: <http://www.ahsprovia.de/FprodGB.htm>

2.3.4 TIPOS DE BOMBAS EN LOS SISTEMAS AIRLESS

3.2.2.3 Bombas de Pistón

En las bombas eléctricas de pistón (Figura 3.8), el motor es la fuente de poder. El motor eléctrico gira a una velocidad que debe ser reducida antes de ser transferida al pistón. Esto se logra utilizando una caja reductora interna. Una vez que la velocidad es reducida, el movimiento circular del motor es convertido en movimiento lineal utilizando un cojinete excéntrico y un yugo. El yugo es conectado a la barra del pistón forzando a este a moverse hacia arriba y hacia abajo.

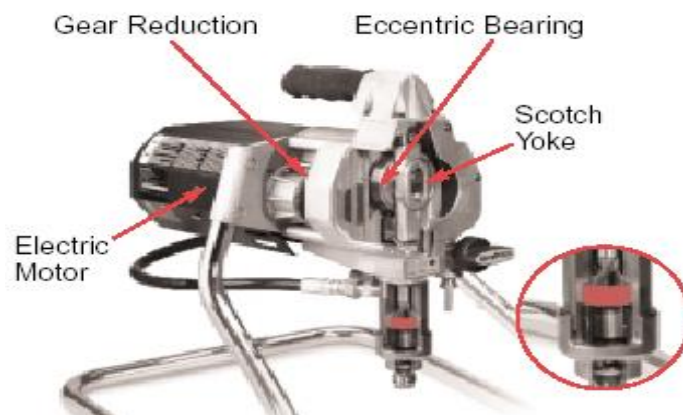


Figura 3.8 Bomba eléctrica de pistón

Fuente: <http://www.www.spraytechinc.com>

La sección de fluido es donde la pintura es presurizada. Una vez presurizada, la pintura es forzada a través de una pequeña abertura (la boquilla) y esparcida en pequeñas gotas (atomizada) haciendo posible el roció de la pintura.

En la carrera de subida del pistón (Figura 3.9), la pintura en la cámara superior es presurizada. Después que la pintura está presurizada, esta es descargada a través de la manguera a la pistola y luego forzada a través de su boquilla. La esfera superior es forzada contra el asiento superior, creando un vacío que atrae la esfera de entrada fuera del sello de entrada, absorbiendo pintura a la cámara inferior.

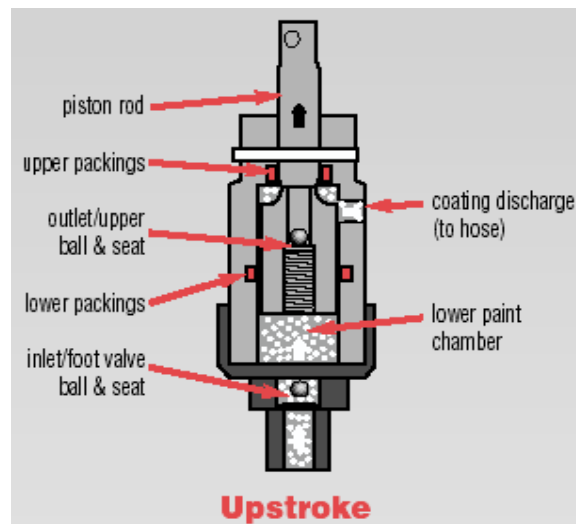


Figura 3.9 Carrera de subida del pistón

Fuente: <http://www.www.spraytechinc.com>

Mientras el pistón se mueve hacia abajo (Figura 3.10), la esfera de ingreso es forzada contra su asiento y la esfera de salida es levantada fuera de su asiento. La pintura en la cámara inferior es forzada por el pistón hacia la cámara superior. Debido a que la cámara superior tiene tan solo la mitad del tamaño de la cámara inferior la pintura es presurizada y descargada a la manguera, a la pistola y a la boquilla.

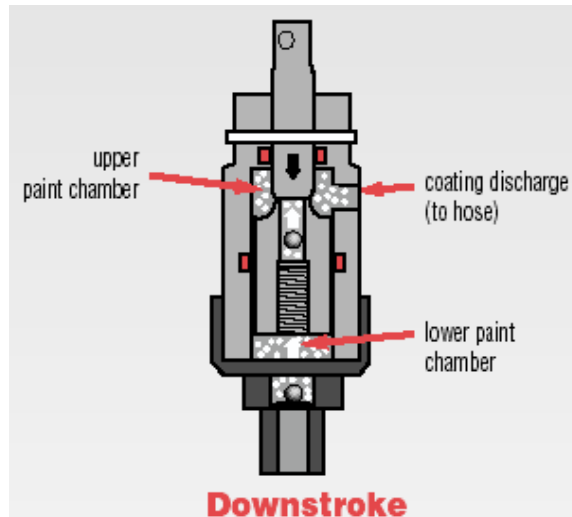


Figura 3.10 Carrera de bajada del pistón

Fuente: <http://www.www.spraytechinc.com>

3.2.2.4 Bombas de Diafragma

Las bombas de diafragma (Figura 3.11), usan un rodamiento de desplazamiento excéntrico y un pistón para ayudar a crear el movimiento que excita el diafragma y origina un flujo de pintura presurizada. Un motor hace girar al cojinete excéntrico, el cual esta en contacto con uno de los extremos de un pistón. La rotación del cojinete excéntrico crea un movimiento de subida y bajada del pistón.

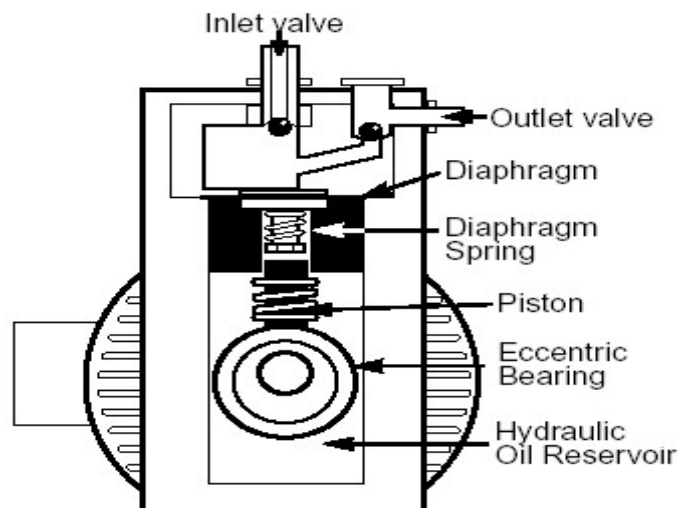


Figura 3.11 Partes de una bomba de diafragma

Fuente: http://www.paint-airless.com/how_diaphragm_works.htm

Cuando el pistón baja, aceite hidráulico es arrastrado dentro del cilindro desde el depósito de aceite hidráulico (Figura 3.12). Mientras el pistón está bajando, un resorte empuja al diafragma hacia abajo. Mientras el diafragma es empujado hacia abajo, la válvula de entrada es atraída para abrirse. Un “trago” de pintura es entonces absorbido por la bomba a través de la válvula de entrada.

Además la rotación del cojinete empuja el pistón hacia arriba (Figura 3.12). El pistón fuerza el aceite hidráulico contra el diafragma, empujándolo a este hacia arriba. Mientras el diafragma es empujado hacia arriba, presuriza la pintura en el otro lado y cierra la válvula de entrada. La pintura presurizada no tiene ahora otro lugar a donde ir, excepto a través de la válvula de salida. Cuando la pistola es activada, la pintura fluye desde válvula de salida, a través de la manguera, y finalmente es atomizada en la boquilla al final de la pistola. Entonces la pintura atomizada es aplicada sobre la superficie deseada.

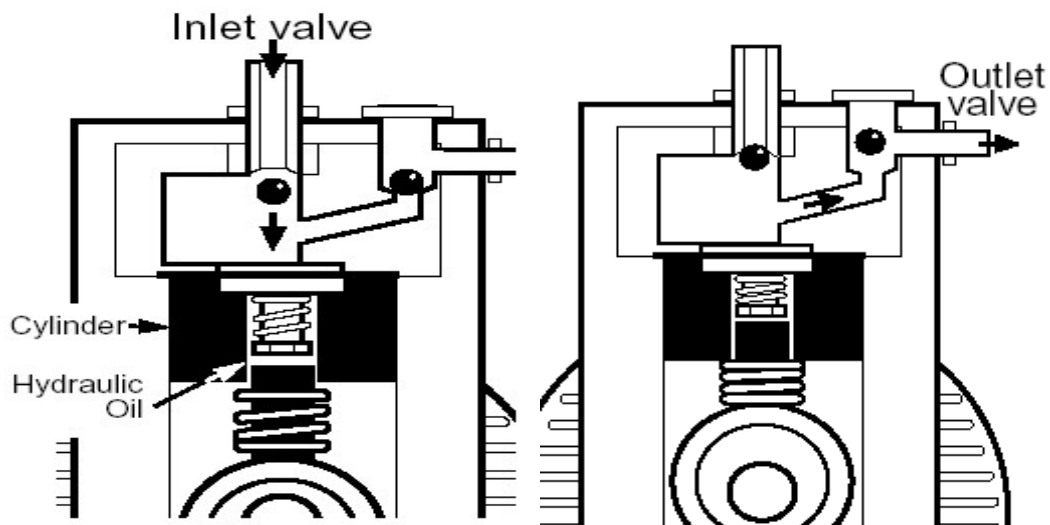


Figura 3.12 Funcionamiento de una bomba de diafragma

Fuente: http://www.paint-airless.com/how_diaphragm_works.htm

El proceso completo de subida y bajada (una revolución completa del cojinete) ocurre aproximadamente 1725 veces por minuto.

3.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA CONVENIENTE

Para realizar una correcta selección de las alternativas antes descritas se utiliza el método de matriz de decisión, el cual primeramente requiere exponer los parámetros más relevantes de cada alternativa, para luego asignarle un porcentaje de importancia o peso, según sea más o menos significativo cada parámetro dentro del diseño. Luego de acuerdo a las investigaciones realizadas se asigna un valor a cada alternativa sobre el peso que se asigno a cada parámetro. Finalmente con los valores antes mencionados se realiza un breve cálculo, el cual determinará la mejor alternativa.

3.3.1 MATERIALES

A continuación se muestra tabla 3.4, en la cual se califica a los diferentes materiales que son utilizados para realizar la demarcación de pavimentos.

Tabla 3.4 Calificación para materiales de demarcación para pavimentos

Peso/ 100%	Parámetros	Alternativas			
		Pintura	Termo - endurecibles	Cintas adhesivas	Termoplásticos
15	Durabilidad.	8	10	12	15
15	Retroreflectividad.	15	10	12	12
15	Costo de material.	8	10	13	15
7	Costo de instalación.	5	6	7	7
12	Facilidad de adquisición de material.	12	8	7	4
8	Equipo de instalación.	8	6	5	4
8	Efectos medio ambientales	8	8	6	6
10	Mantenimiento.	10	8	6	6
10	Habilidad para instalación.	10	8	4	4

Fuente: Parámetros impuestos por Paúl Sánchez y Leonardo Valle

$$\text{Pintura} = 15(8) + 15(15) + 15(8) + 7(5) + 12(12) + 8(8) + 8(8) + 10(10) + 10(10)$$

$$\text{Pintura} = 972$$

Termo-endurecibles = 15(10) + 15(10) + 15(10) + 7(6) + 12(8) + 8(6) + 8(8) + 10(8) + 10(8)

Termo-endurecibles = 860

Cintas adhesivas = 15(12) + 15(12) + 15(13) + 7(7) + 12(7) + 8(5) + 8(6) + 10(6) + 10(4)

Cintas adhesivas = 876

Termoplásticos = 15(15) + 15(12) + 15(15) + 7(7) + 12(4) + 8(4) + 8(6) + 10(6) + 10(4)

Termoplásticos = 907

El mejor material para la demarcación de pavimentos en este caso es la pintura; debido a su bajo costo y su facilidad de adquisición. Hay que tener en cuenta que existen otros materiales como los termoplásticos que tienen una vida útil mayor a la de la pintura, pero esta tecnología no está disponible en nuestro país y la dificultad de adquirir la materia prima e insumos necesarios para su aplicación, elevarían los costos de operación.

3.3.2 SISTEMAS DE ROCIADO

La tabla 3.5, que a continuación se muestra y compara dos tipos de sistema de rociado de pintura, usados para la demarcación de pavimentos.

Tabla 3.5 Sistemas de rociado de pintura

Peso/ 100%	Parámetros	Alternativas	
		Airless	Compresor
15	Calidad de rociado.	15	10
15	Uniformidad en el rociado	15	10
7	Dimensión.	4	7
8	Costo de operación.	8	6
10	Caudal de pintura rociada.	8	8
12	Optimización de pintura.	12	9
10	Peso de los sistemas	6	10
8	Facilidad de operación	8	8
15	Efectos medio ambientales	8	15

Fuente: Parámetros impuestos por Paúl Sánchez y Leonardo Valle

$$\text{Airless} = 15(15) + 15(15) + 7(4) + 8(8) + 10(8) + 12(12) + 10(6) + 8(8) + 15(15)$$

$$\text{Airless} = 1115$$

$$\text{Compresor} = 15(10) + 15(10) + 7(7) + 8(6) + 10(8) + 12(9) + 10(10) + 8(8) + 15(15)$$

$$\text{Compresor} = 974$$

De los sistemas comparados, podemos concluir que el más óptimo para realizar este tipo de trabajo es el sistema de rociado airless, por la calidad de trabajo que se obtiene, así como la optimización de materia prima.

3.3.3 TIPOS DE BOMBAS EN LOS SISTEMAS AIRLESS

La tabla 3.6, que a continuación se muestra y compara los tipos de bombas de sistemas airless.

Tabla 3.6 Tipos de bombas de los sistemas airless

Peso/ 100%	Parámetros	Alternativas	
		Pistón	Diafragma
30	Perdida de presión	20	30
25	Uniformidad en el bombeo	18	24
20	Facilidad de adquisición de repuestos.	13	18
15	Mantenimiento	10	15
10	Tipos de pintura que se pueden bombear.	10	5

Fuente: Parámetros impuestos por Paúl Sánchez y Leonardo Valle

$$\text{Pistón} = 30(20) + 25(18) + 20(13) + 15(10) + 10(10)$$

$$\text{Pistón} = 1560$$

$$\text{Diafragma} = 30(30) + 25(24) + 20(18) + 15(15) + 10(5)$$

$$\text{Diafragma} = 2135$$

El mejor tipo de bomba para el sistema airless es el de diafragma, debido a que posee una presión de trabajo constante, lo que permite obtener una línea más uniforme durante la demarcación.

Dentro de la demarcación de pavimentos existen varias alternativas de acuerdo al tipo de pavimento, a su aplicación y a las condiciones climáticas a las que va estar sujeta. En el país se utiliza solamente pintura para la señalización horizontal, en gran parte debido a la facilidad de adquisición de la materia prima, pero también debido a que es más práctico aplicarlo en pavimentos en mal estado o de mala calidad, ya que al poco tiempo el pavimento tendrá que ser renovado así como su señalización. Lo ideal en pavimentos nuevos sería aplicar materiales más duraderos como los termoplásticos, ya que en promedio la vida útil del termoplástico sobre el asfalto es 7 años.

CAPITULO 4

DISEÑO DE LA MÁQUINA

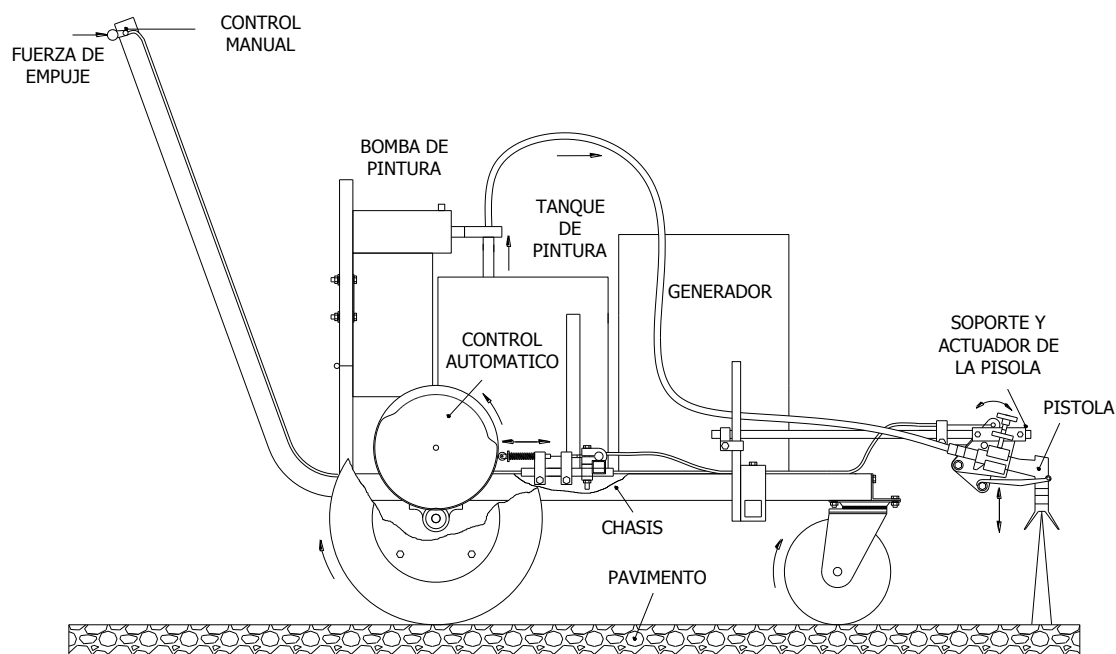


Fig. 4.1 Esquema cinemático de la “Máquina Trazadora de Líneas”

La máquina trazadora de líneas es una máquina que pinta rayas sobre el asfalto para lo que utiliza un sistema de pulverización de pintura que cuenta con un generador que proporciona la energía eléctrica al motor eléctrico de una bomba de diafragma para pintura, la cual se abastece de pintura de un reservorio y la presuriza a presiones tan elevadas como 3000 psi, enviándola a la boquilla de una pistola de rociado para ser pulverizada y depositada sobre el asfalto con una longitud, anchura y espesor especificados en normas existentes, logrando esto en un solo recorrido de la máquina.

En algunos casos la máquina tiene que pintar líneas continuas o discontinuas de diferentes longitudes, para lo cual se necesita un sistema de control para realizar uno de estos dos trabajos según sea lo requerido, haciéndose necesario un sistema de control automático para pintar líneas alternadas y uno manual para las líneas continuas.

El sistema de control manual es activado por una manija en el manubrio de empuje de la máquina en un sistema parecido al de frenado de una bicicleta, mientras que el sistema de control automático ejerce su control mediante un seguidor de rodillo acoplado a una leva y esta a un par de engranes que obtienen su movimiento del eje trasero.

Como elemento complementario se tiene el sistema de aspersion de microesferas las mismas que se depositan sobre la pintura fresca para darle su característica reflectante en las noches, mediante un dispositivo dispensador de microesferas que es activado al mismo tiempo que la pistola de rociado, este dispositivo es abastecido de microesferas por gravedad de su tanque ubicado en la parte superior del generador.

Todos los elementos mencionados anteriormente se montan sobre un bastidor y unos ejes que alojan a las ruedas que dan el movimiento a todo el conjunto, pudiendo este ser impulsado por una persona pero opcionalmente se puede propulsar la maquina con un vehículo.

2.4 DISEÑO PRELIMINAR

La “Máquina Trazadora de Líneas” será del tipo manual para ser operada por una persona, por lo que se debe tomar muy en cuenta este factor durante la selección y diseño de los mecanismos, partes y dispositivos que requiere la máquina para su funcionamiento, entre los que podemos mencionar: bomba de pintura, generador de energía eléctrica, contenedor de las microesferas, estructura soporte, sistema de mecanismos de control de rociado de pintura, ejes y demás dispositivos que sean necesarios para el funcionamiento de esta máquina.

Se deberá considerar también que esta máquina podría ser utilizada sobre carpetas asfálticas viejas, que pueden presentar pequeños baches y grietas que afecten su normal funcionamiento.

Los principales parámetros que se considerarán para el diseño de la “Máquina trazadora de líneas” son:

- Facilidad de operación y control.
- Pintado de líneas claras y precisas.
- Rapidez en su cometido.
- Optimización de recursos.

2.4.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PINTURA

De acuerdo a la norma las máquinas para demarcación horizontal deberán cumplir con requerimientos mínimos para que sean aceptables en el trabajo que van a desempeñar, siendo los más relevantes:

- Tener una capacidad de proyección tal que puedan aplicar el espesor húmedo indicado en una sola mano sin diluir, así como los equipos de aplicación propiamente dicha (pistolas o sopletes) deberán dejar bordes claros, sin salpicaduras ni esfumados.

- Se deberá prever que el sembrado posterior de las microesferas, se efectúe en el momento adecuado para que su anclaje sea correcto.
- Para franjas continuas de 10 cm. de ancho, la tasa mínima de aplicación será de 39 lt/Km. Para franjas entrecortadas o de líneas punteadas. La tasa mínima de aplicación será de 9.6 lt/Km, y 13lt/Km respectivamente.

2.4.1.1 Capacidad del sistema de rociado de pintura

Caudal mínimo de pintura según la norma:

$$Q_n = 39 \text{ lt/Km}$$

$$Q_n = \frac{Q_n}{1000}$$

$$Q_n = 0.039 \text{ lt/m}$$

Calculo de la velocidad a la que camina un hombre empujando una carretilla con 100 Kg. de peso.

$$S = 50 \text{ m} \quad (\text{Distancia de prueba})$$

$t = 62 \text{ seg.}$ (Tiempo promedio que se demora un sujeto de prueba en recorrer una distancia de 50 m)

$$V = \frac{S}{t} \quad (\text{Velocidad}) \quad \text{Ec. 4.2.1}$$

$$V = 0.806 \text{ m/s}$$

$$V = V * 60$$

$$V = 48.39 \text{ m/min}$$

$$Q = Q_n * V \quad (\text{Caudal}) \quad \text{Ec. 4.2.2}$$

$$Q = 1.887 \text{ lt/min}$$

$$Q = \frac{Q}{3.785}$$

$$Q = 0.499 \text{ gpm}$$

Entonces es necesario contar con un sistema que rocíe pintura a una taza mínima de 0,5 gpm; con lo que se procede a escoger el sistema de rociado de pintura airless AL2550 de la casa Campbell-Hausfeld con capacidad 0,6 gpm, cuyas especificaciones se encuentran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Especificaciones del sistema airless Campbell-Hausfeld AL2550

Capacidad	@ 0 psi 0,6 gpm ó 2,3 lt/min @ 2000 psi 0,43 gpm ó 1,63 lt/min
Presión de operación	0-2800 psi (Máx. 3000 psi)
Requerimientos de alimentación	120 V AC 60 Hz. 15 A.
Peso	55 lbs.
Máxima longitud de la manguera	60,9 m.
Máximo tamaño de boquilla	0,48 mm. (0,019 plg)
Pinturas que puede rociar	Tintura a base de aceite, selladores de madera y concreto, esmaltes, barnices látex, pinturas a base de aceite y agua.
Sistemas de seguridad	Seguro del gatillo de la pistola Protección del gatillo de la pistola Difusor de presión de la pistola Válvula para liberar exceso de presión (Cebado/Rocio)

Fuente: <http://www.chpower.com>



Figura 4.2 Rociador airless Campbell-Hausfeld AL2550

Fuente: <http://www.chpower.com>

Cabe mencionar que se escogió este sistema airless no solamente basándose en sus características técnicas y precio sino que también se tomó en cuenta la facilidad de obtener el servicio técnico y los repuestos necesarios para su mantenimiento en el país, puesto que este tipo de sistema de pintura esta siendo recientemente introducido en el mercado.

El sistema airless Campbell-Hausfeld AL2550 con un peso de 65 lb. y dimensiones 15 x 18,5 x 35 cm., cumple con los requerimientos establecidos para el sistema de pintura de tener la mejor relación peso-volumen para el caudal que rocía.

Las pistolas de rociado de los sistemas airless rocían la pintura en una forma de abanico plano depositando la pintura de una manera uniforme sobre la superficie y obteniéndose de esta manera bordes claros y sin difuminados. A más de eso la pintura es rociada a tal presión que las pequeñas basuras que podrían existir son barridas del camino antes de que la pintura se deposite en el asfalto con lo que se obtiene una mayor duración de la señalización.



Figura 4.3 Rociado en forma de abanico plano

Fuente: <http://www.ahsprovia.de/airlGB.htm>

2.4.2 SELECCIÓN DEL GENERADOR

El sistema airless Campbell-Hausfeld AL2550 posee un motor eléctrico de 1HP, por lo que necesitará de una fuente de energía eléctrica portátil, capaz de satisfacer sus requerimientos de energía. Hay que recordar que para arrancar un motor eléctrico se necesita una potencia mayor que la nominal, en este caso según el fabricante del motor eléctrico, el equipo necesita de un circuito conectado a tierra con un voltaje de 120 VAC a 60 Hz y 15 Amps de corriente.

$$P = V_o * I \quad (\text{Potencia}) \quad \text{Ec. 4.2.3}$$

$$P = 120 * 15$$

$$P = 1800 \text{ W}$$

Con lo que se necesitarían 1800 W de potencia para suplir de energía al motor del sistema airless.

Tomando en cuenta este valor de potencia, que no se aplicaran mas cargas al generador que la del motor eléctrico, el peso y volumen ocupado por el generador se escogió el generador Coleman Ultra 2500 como fuente de energía, cuyas especificaciones se detallan en la Tabla 4.2.



Figura 4.4 Generador Coleman.

Fuente: <http://www.colemanpowermate.com>

Tabla 4.2 Especificaciones del generador Coleman Ultra 2500.

Potencia máxima	2500 W
Potencia efectiva	2000 W
Voltaje	120 V
Frecuencia	60 Herz
Motor	5.5 HP Briggs & Stratton
Tanque de combustible	¼ galón
Tiempo de funcionamiento @ 50 % carga	1 hora
Peso	75 lb.

Fuente: <http://www.colemanpowermate.com>

2.5 DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS

2.5.1 SOPORTE Y ACCIONAMIENTO DE LA PISTOLA

Es necesario un dispositivo que sostenga fijamente la pistola mientras se rocía la pintura, un dispositivo que realice el trabajo que haría la mano de una persona mientras pinta, pero con la característica adicional de mantener la pistola bien fija y con su boquilla perpendicular al piso para rociar de manera optima la pintura.

Hay que considerar que el equipo de igual forma debe contar con un dispositivo para variar la posición longitudinal y transversal a la que se encuentra la pistola rociadora, con el objetivo de modificar el ancho de la línea a ser pintada así como la cantidad de pintura a depositarse y el lugar mas adecuado de la pistola para realizar cada trabajo, esto se logra utilizando un dispositivo llamado “doble nuez” la cual sostiene y fija una varilla horizontal a una vertical, permitiendo así desplazar a la pistola y ubicarla en el sitio mas conveniente para realizar un trabajo.

Como característica adicional la pistola de rociado debe ser desmontable para realizar trabajos manuales como el pintado de señalizaciones en donde se utilizan moldes, como por ejemplo para pintar los cruces peatonales, por lo que

el mecanismo de sostén de la pistola debe permitir al operador un rápido montaje y desmontaje de la misma.

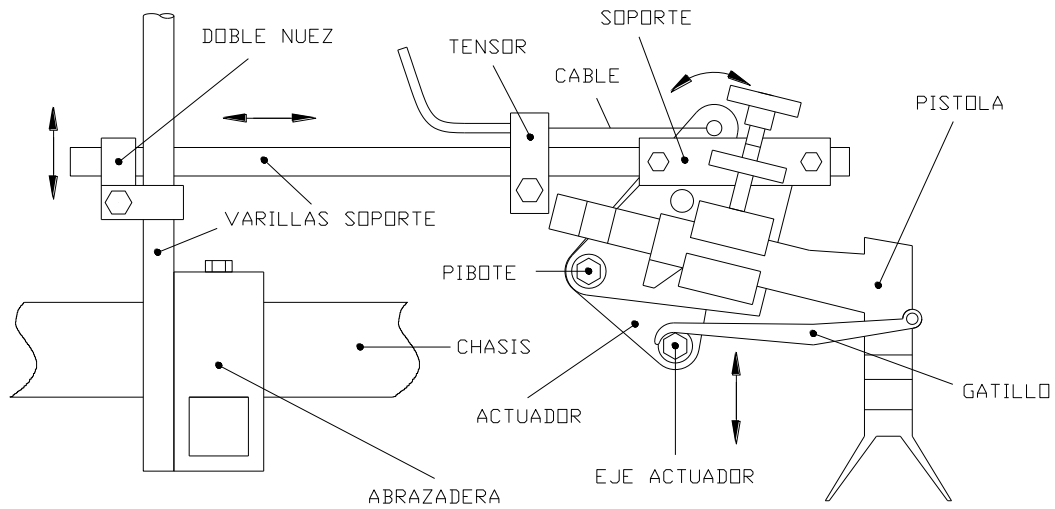


Fig. 4.5 Soporte y actuador de la pistola.

2.5.1.1 Fuerza necesaria en el cable tensor

El gatillo de la pistola de rociado requiere de una fuerza mínima para hacerlo actuar, dicha fuerza se debe a la resistencia del resorte interno que posee la pistola.

Dicho gatillo va a ser presionado por un pequeño “eje actuador”, el cual se encuentra fijo a una placa triangular la cual se mueve debido a la acción de la fuerza proveniente del “cable tensor”.

Para determinar la fuerza necesaria para aplastar el gatillo de la pistola se realizó una prueba de laboratorio para determinar dicha fuerza; el procedimiento fue el siguiente: se colocó la pistola en una pequeña prensa para sujetarla, luego se amarró una pequeña cuerda en el extremo del gatillo y a esta se aplicó una fuerza mediante un dinamómetro como se puede apreciar en la Figura 4.5, luego de varios ensayos se determinó que la fuerza necesaria para activar el gatillo es de 4 Kg.

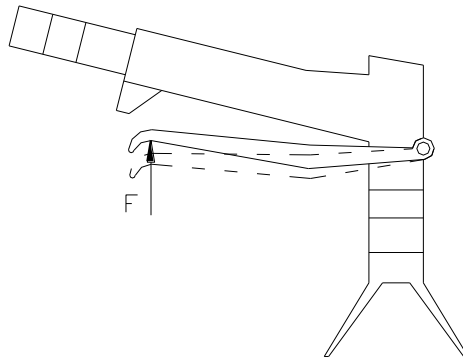


Figura 4.6 Fuerza a aplicar en el gatillo de la pistola

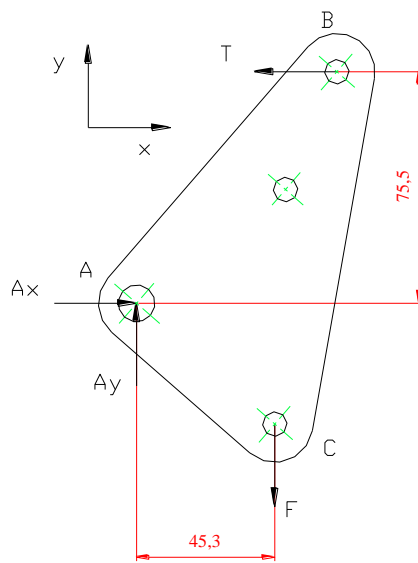


Figura 4.7 Diagrama de cuerpo libre de la placa actuadora

$$F = 4 \text{ Kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y = F$$

$$A_y = 4 \text{ Kg.}$$

Ec. 4.2.1

$$\sum F_x = 0$$

$$A_x = T$$

Ec. 4.2.2

$$\sum M_A = 0$$

$$T \cdot 75.5 = F \cdot 45.3$$

$$T = 2,4 \text{ Kg.}$$

Ec. 4.2.3

2.5.2 CONTROL DE ROCIADO

En virtud de que la “Máquina Trazadora de Líneas” debe trazar tanto líneas continuas como entrecortadas, de acuerdo a lo estipulado en la norma existente al respecto (Ver Tabla 2.1 en el apartado 2.1.3.1), es necesario dotar a la misma de un sistema de control capaz de intercambiar fácilmente las opciones de demarcado de líneas continuas a alternadas según lo requiera el operario de la máquina y el trabajo a realizarse.

El sistema de control constará básicamente de 2 partes: uno manual y otro automático.

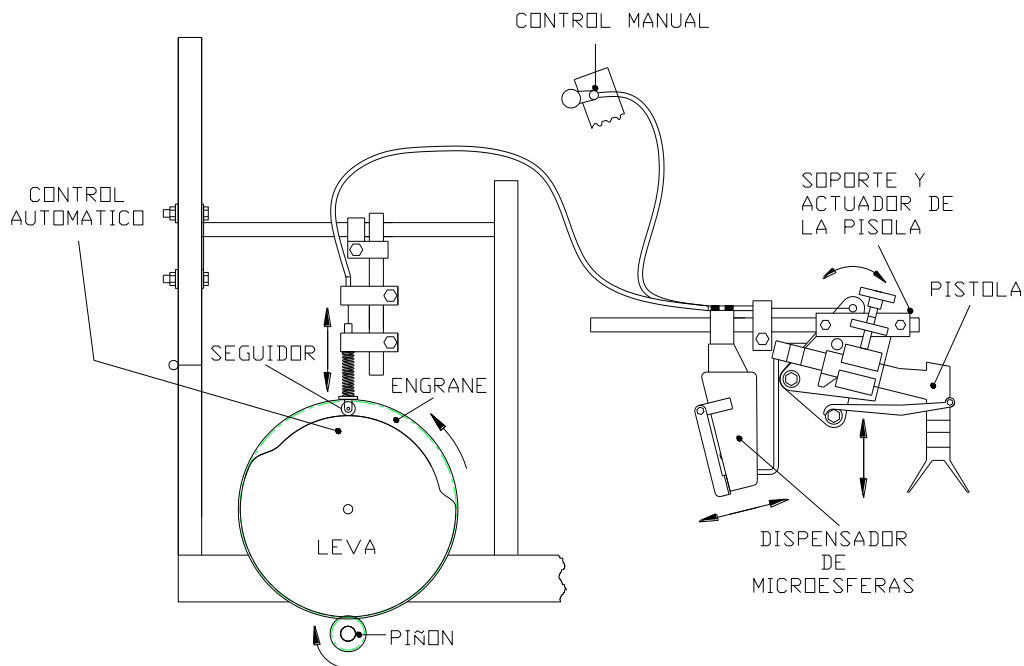


Fig. 4.8 Sistema de control

2.5.2.1 Control manual

El sistema de control manual es activado simplemente por el operario utilizando una manija ubicada en el manubrio desde donde se empuja la máquina, al apretar la manija esta tira de un cable de acero accionando de esta manera la “eje actuador” ubicado en la placa triangular del actuador de la pistola, este mecanismo también sirve para interrumpir el rociado de pintura en el caso de

presentarse algún problema mientras esta ejerciendo el control el sistema automático.

2.5.2.2 Control automático

Básicamente lo que se requiere es ejercer una acción de control ON/OFF sobre el gatillo de la pistola para que éste rocíe o deje de rociar pintura para lograr un patrón de línea entrecortada sobre la calzada.

Debido a que la máquina es del tipo manual esta tendrá su mayor aplicación en vías con circulación menor a 60 Km/h y parqueaderos donde en la practica se utiliza un patrón de 8 m y una relación de demarcado 3 a 5, lo que se traduce en 3 m pintados y 5 m de brecha.

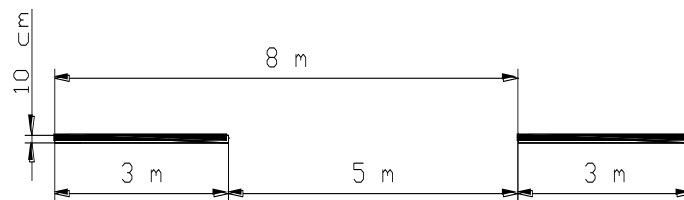


Figura 4.9 Patrón para vías con circulación menor a 60 Km/h

Entonces es necesario censar la distancia recorrida por el carrito sobre la carretera y que cada cierto tramo el equipo pinte o deje de pintar las líneas en el pavimento de acuerdo al tramo mostrado en la Figura 4.6. Para censar la distancia recorrida por el carrito se utilizarán las ruedas posteriores para transformar distancia lineal en revoluciones de la misma, es decir que cada cierto número de vueltas de la rueda representará una distancia lineal recorrida.

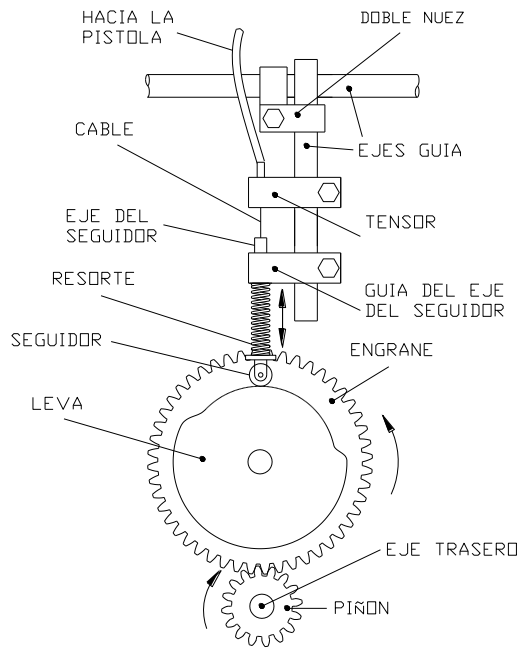


Figura 4.10 Control automático

Para lograr este cometido el eje posterior girará solidario a sus ruedas para que estas transmitan su movimiento al eje; en dicho eje se instalará un piñón que irá conectado a un engrane para reducir la velocidad de giro, de acuerdo a la relación de velocidades antes establecida, con lo que por cada 6.614 revoluciones de la rueda el engrane girará 1 sola vez; en el eje del engrane irá fijo una leva la cual, mediante su seguidor y un cable conectado al mecanismo de accionamiento de la pistola, accionará o desactivará el gatillo de la pistola para pintar o dejar de pintar respectivamente.

2.5.2.2.1 Engranés

El parámetro fundamental para el diseño del par engranes será la relación de velocidad, ya que estos no transmitirán una gran potencia ni estarán girando a altas revoluciones, así como tampoco estarán sometidos a grandes cargas, por lo que no será necesario que los dientes sean de gran módulo, pero se necesita conseguir una relación de transmisión precisa y sin deslizamientos que afecten a la rotación del engrane; es por eso que se optó por utilizar un sistema de engranes, como reductor de velocidad, sobre otros métodos como la rueda de fricción o sistemas de bandas y poleas. A más del problema de

deslizamiento que podrían presentarse en las ruedas de fricción o en las poleas, está el problema de que estos sistemas utilizan la fricción para transmitir el movimiento; y dado que el equipo será propulsado por una persona sería mas difícil de empujar debido al efecto de freno que harían estos sistemas de transmisión sobre el eje de las ruedas posteriores.

2.5.2.2.1.1 Relación de transmisión

Para el patrón de 8 m donde 3 m son pintados y 5 m no lo son, con una rueda posterior de diámetro 38.5 cm. se obtiene:

Perímetro de la rueda

$$D = 0.385 \text{ m} \quad (\text{Diámetro de la rueda motriz trasera})$$

$$P = \pi \cdot D$$

$$P = 1,21 \text{ m}$$

Ec. 4.2.4

Distancia total de un tramo pintado y sin pintar

$$S_p = 3 \text{ m} \quad (\text{Tramo pintado})$$

$$S_b = 5 \text{ m} \quad (\text{Tramo sin pintar})$$

$$S_t = S_p + S_b \quad (\text{Distancia total})$$

Ec. 4.2.5

$$S_t = 8 \text{ m}$$

$$i_r = \frac{S_t}{P} \quad (\text{Relación de transmisión})$$

Ec. 4.2.6

$$i_r = 6,614$$

Esto quiere decir que la rueda tiene que girar 6.614 veces para completar el tramo de 8 m.

2.5.2.2.1.2 Numero de dientes del par de engranes

Utilizando el método de fracciones parciales y con $i_r = 6.614$

$$ie := 6 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}$$

$$ie = 6.667 \quad ie \rightarrow \frac{20}{3}$$

Multiplicando esta relación por 7 se tiene:

$Z_p = 21$ (Número de dientes del piñón)

$Z_g = 140$ (Número de dientes del engrane)

Tomando en consideración que el número mínimo de dientes para un piñón es 16 para un engrane con ángulo de presión normal $\phi_n = 20^\circ$ y dientes de altura completa, según la Tabla 13-1 Pág. 610 Shigley.

2.5.2.2.1.3 Error en la relación de transmisión

$$E := \frac{(ir - ie) \cdot 100}{ie}$$

$$E = -0.787 \quad \%$$

Ec. 4.2.7

Siendo este valor muy pequeño se lo desprecia y se aceptan los valores de los números de dientes del engrane y piñón.

2.5.2.2.1.4 Dimensiones del engrane

Como primer paso en el diseño de los engranes se determinaran las dimensiones del par de engranes y otros valores que serán útiles en el proceso constructivo y de montaje.

$\phi_n := 20\text{deg}$ (ángulo de presión

$m := 1.25$ (módulo)

Distancia entre centros

$$C := m \cdot \left(\frac{Z_p + Z_g}{2} \right) \quad C = 100.625 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.2.8}$$

Diámetros primitivos

$$\begin{aligned} d_g &:= Z_g \cdot m & d_g &= 175 \text{ mm} \\ d_p &:= Z_p \cdot m & d_p &= 26.25 \text{ mm} \end{aligned} \quad \text{Ec. 4.2.9}$$

Adendum

$$a := 1 \cdot m \quad a = 1.25 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.2.10}$$

Dedendum

$$b := 1.25 \cdot m \quad b = 1.563 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.2.11}$$

Espacio libre del fondo

$$c := 0.25 \cdot m \quad c = 0.313 \text{ mm}$$

Profundidad del diente

$$h := 2.25 \cdot m \quad h = 2.813 \text{ mm}$$

Paso circular del diente

$$p := \pi \cdot m \quad p = 3.927 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.2.12}$$

Espesor del diente

$$e := \frac{\pi \cdot m}{2} \quad e = 1.963 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.2.13}$$

Diámetro exterior

$$deg := m \cdot (Zg + 2) \quad deg = 177.5 \quad \text{mm}$$

$$dep := m \cdot (Zp + 2) \quad dep = 28.75 \quad \text{mm} \quad \text{Ec. 4.2.14}$$

Diámetro del fondo

$$dfg := m \cdot (Zg - 2.5) \quad dfg = 171.875 \quad \text{mm}$$

$$dfp := m \cdot (Zp - 2.5) \quad dfp = 23.125 \quad \text{mm} \quad \text{Ec. 4.2.15}$$

Longitud del diente (ancho del engrane

$$B := 8 \cdot m \quad B = 10 \quad \text{mm} \quad \text{Ec. 4.2.16}$$

2.5.2.2.1.5 Verificación de interferencia

Ahora se procederá a comprobar que los engranes giren de manera adecuada sin que exista interferencia, la condición para que exista interferencia es que el contacto entre los dientes del par de engranes se produzca por debajo de la línea imaginaria del diámetro primitivo, ya que en esta parte el diente esta tallado como una recta mas no como una curva involuta.

Datos:

$$dp = 26.25 \quad \text{mm}$$

$$dg = 175 \quad \text{mm}$$

$$C = 100.63 \quad \text{mm}$$

Valor calculado

$$r_{bp} := \frac{d_p}{2} \cdot \cos(\phi_n)$$

$$r_{bp} = 12.33 \text{ mm}$$

$$r_{bg} := \frac{d_g}{2} \cdot \cos(\phi_n)$$

$$r_{bg} = 82.22 \text{ mm}$$

Ec. 4.2.17

$$r_{ap} := \sqrt{r_{bp}^2 + C^2 \cdot (\sin(\phi_n))^2}$$

$$r_{ap} = 36.56 \text{ mm}$$

$$r_{ag} := \sqrt{r_{bg}^2 + C^2 \cdot (\sin(\phi_n))^2}$$

$$r_{ag} = 89.14 \text{ mm}$$

Ec. 4.2.18

Valor real

$$r_{ap} := \frac{d_p}{2} + a$$

$$r_{ap} = 14.38 \text{ mm}$$

$$r_{ag} := \frac{d_g}{2} + a$$

$$r_{ag} = 88.75 \text{ mm}$$

Ec. 4.2.19

Condición

$$r_{a(\text{real})} \leq r_{a(\text{calculado})}$$

Engrane

$$88.75 \leq 89.14 \quad \text{OK}$$

Piñon

$$14.38 \leq 36.56 \quad \text{OK}$$

Entonces no existe interferenci

2.5.2.2.1.6 Diseño de engranes

Ahora se procederá a comprobar que el diseño previo de los engranes soporte las cargas a las que estará sometido, para tener vida infinita.

Velocidad de giro

$$V := 50 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$v := \frac{ie \cdot V}{St}$$

$$v = 41.67 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Ec. 4.2.20

Datos :

$np := v$	$np = 41.67$	rpm	(Velocidad del piñon)
$ng := \frac{np}{ie}$	$ng = 6.25$	rpm	(Velocidad del engrane)
$T := 3.2$		Nm	(Torque transmitido al eje del piñon)
$T := \frac{T}{1.36}$	$T = 2.35$	lb pie	
$Ntp := Zp$	$Ntp = 21$		(Numero de dientes del piñon)
$Ntg := Zg$	$Ntg = 140$		(Numero de dientes del engrane)
$\phi n = 20^\circ$			(Angulo de presión)
$rv := ie$	$rv = 6.667$		(Relación de velocidades)
$dp = 26.25$	mm	$dp := \frac{dp}{25.4}$	
$dp = 1.033$	plg		(Diámetro del piñon)
$dg = 175$	mm	$dg := \frac{dg}{25.4}$	
$dg = 6.89$	plg		(Diámetro del engrane)
$B = 10$	mm	$B := \frac{B}{25.4}$	
$B = 0.394$	plg		(Ancho del engrane)

Factor de Lewis.

De la (Tabla 10.2 Valores del factor de forma de Lewis) se tiene para carga cerca del centro:

para $N_{tp}=21$ y $\phi_n=20^\circ$

$$Y_p := 0.553$$

para $N_{tg}=140$ y $\phi_n=20^\circ$

$$Y_g := 0.755 + \frac{(0.778 - 0.755) \cdot (140 - 100)}{150 - 100}$$

$$Y_g = 0.773$$

Para el piñon se utilizará Acero SAE 1018 cuyas propiedades son:

$$S_y := 69000 \text{ psi}$$

$$S_u := 40000 \text{ psi}$$

$$\text{Dur} := 163 \text{ BHN}$$

$\phi_{\text{max}} = 6 \text{ plg}$ (Disponibilidad en el mercado)

De la Tabla 10-3 Esfuerzos estáticos de seguridad para el acero SAE 1020 que es el que mas se aproxima al acero SAE 1018 se tiene:

$$S_o := 18000 \text{ psi}$$

$$S_o Y_p := S_o \cdot Y_p \quad S_o Y_p = 9954 \text{ psi} \quad \text{Ec. 4.2.21}$$

El material del engrane a utilizarse es hierro colado gris ASTM 50, debido a la disponibilidad de dicho engrane en el mercado, siendo su valor de esfuerzo estático de seguridad:

$$S_o := 15000 \text{ psi}$$

$$S_o Y_g := S_o \cdot Y_g \quad S_o Y_g = 11601 \text{ psi}$$

Paso diametral

modulo:= 1.25

$$P := \frac{25.4}{\text{modulo}}$$

$$P = 20.32 \quad \begin{array}{l} \text{dientes} \\ \text{plg} \end{array}$$

Velocidad en la línea de paso

$$V_p := \frac{\pi}{12} d_p \cdot n_p$$

$$V_p = 11.27 \quad \begin{array}{l} \text{pie} \\ \text{min} \end{array}$$

Ec. 4.2.22

Fuerzas en los dientes de los engranes

$$F_t := \frac{T}{\frac{d_p}{2}} \quad F_t = 4.55 \quad \text{lb}$$

Ec. 4.2.23

$$F_r := F_t \cdot \tan(\phi_n) \quad F_r = 1.66 \quad \text{lb}$$

Ec. 4.2.24

Carga Dinámica

Para determinar la carga dinámica se utiliza la ecuación

$$F_d := \frac{(600 + V_p) \cdot F_t}{600} \quad \text{para } 0 < V_p < 2000 \text{ pie/min}$$

$$F_d = 4.64 \quad \text{lb}$$

Ec. 4.2.25

Carga al desgaste

$$Q := \frac{2d_g}{d_p + d_g}$$

$$Q = 1.739$$

Ec. 4.2.26

De la tabla 10-11 Factor de carga al desgaste K. con Dur = 163 BHN

$$K := 41 + \frac{(58 - 41) \cdot (163 - 150)}{175 - 150}$$

$$K = 49.84$$

$$F_w := dp \cdot B \cdot Q \cdot K$$

$$F_w = 35.27 \quad \text{lb}$$

Ec. 4.2.27

Carga admisible

$$K_f := 1.5 \quad (\text{Concentración de esfuerzos})$$

Para el piñon

$$F_b := \frac{S_o \cdot B \cdot Y_p}{K_f \cdot P}$$

$$F_b = 107.14 \quad \text{lb}$$

Para el engrane

$$F_b := \frac{S_o \cdot B \cdot Y_g}{K_f \cdot P}$$

$$F_b = 149.85 \quad \text{lb}$$

Ec. 4.2.28

Condición de diseño

Resistencia a la flexión

$$F_b \geq F_d$$

$$149.9 > 4.64$$

Resistencia el desgaste

$$F_w \geq F_d$$

$$35.27 > 4.64$$

Cumplidas ambas condiciones se acepta el diseño.

2.5.2.2.2 Leva

Los tramos requeridos de pintado y espacio en blanco estarán controlados por una leva, por lo que se debe pasar las distancias longitudinales a sus equivalentes en grados para una revolución de la leva.

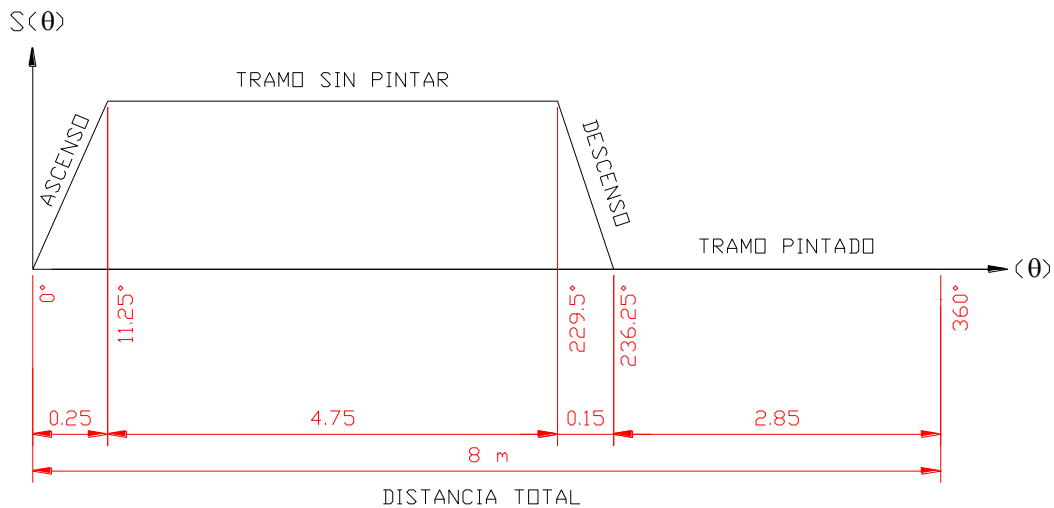


Figura 4.11 Diagrama de temporización.

2.5.2.2.2.1 Transformación de tramos a ángulos

$$T_p := 3 \text{ m} \quad (\text{Tramo pintado})$$

$$T_{sp} := 5 \text{ m} \quad (\text{Tramo sin pintar})$$

$$D_t := T_p + T_{sp} \quad D_t = 8 \text{ m} \quad (\text{Distancia total}) \quad \text{Ec. 4.2.29}$$

$$\beta_p := \frac{360 \cdot T_p}{D_t} \quad \beta_p = 135 \quad (\text{Tramo pintado en grados})$$

$$\beta_{sp} := \frac{360 \cdot T_{sp}}{D_t} \quad \beta_{sp} = 225 \quad (\text{Tramo sin pintar en grados}) \quad \text{Ec. 4.2.30}$$

Sin embargo, son necesarios unos pequeños tramos tanto para la bajada como para la subida del seguidor en la leva, para que no exista atascamiento del seguidor y el recorrido de la leva sea suave y sin discontinuidades que provoquen saltos.

También hay que recordar que solo se puede tener un margen de error de +/- 5% en la longitud de los tramos pintados y sin pintar de acuerdo a la norma.

$$E_{tp} := T_p \cdot 0.05 \quad E_{tp} = 0.15 \text{ m} \quad (\text{Error permitido en el tramo pintado})$$

$$\beta_s := \frac{360 \cdot E_{tp}}{D_t}$$

$$\beta_s = 6.75 \quad (\text{Tramo de subida en grados})$$

$$E_{ts} := T_{sp} \cdot 0.05 \quad E_{ts} = 0.25 \text{ m} \quad (\text{Error permitido en el tramo sin pintar})$$

$$\beta_b := \frac{360 \cdot E_{ts}}{D_t}$$

$$\beta_b = 11.25 \quad (\text{Tramo de bajada en grados})$$

Con lo que se dispone de 18° para ser utilizados en los tramos de subida y bajada del seguidor.

No obstante como el tramo mas critico es el de subida se utilizarán 11.25° para la subida y 6.75° para la bajada.

Entonces los nuevos valores para β_p y β_{sp} son

$$\beta_p := \beta_p - 2\beta_b \quad \beta_p = 112.5$$

$$\beta_{sp} := \beta_{sp} - 2 \cdot \beta_s \quad \beta_{sp} = 211.5$$

Resumen de los valores de los ángulos para cada tramo

$$\beta_1 := 2 \cdot \beta_b \quad \beta_1 = 22.5 \quad ^\circ \quad (\text{Ascenso})$$

$$\beta_2 := \beta_{sp} \quad \beta_2 = 211.5 \quad ^\circ \quad (\text{Detenimiento alto})$$

$$\beta_3 := 2 \cdot \beta_s \quad \beta_3 = 13.5 \quad ^\circ \quad (\text{Descenso})$$

$$\beta_4 := \beta_p \quad \beta_4 = 112.5 \quad ^\circ \quad (\text{Detenimiento bajo})$$

$$h := 8 \text{ mm}$$

$$R_b := 82 \text{ mm}$$

$$\theta := 0, .1 .. 360$$

2.5.2.2.2 Desplazamiento

$$s_1(\theta) := h \cdot \left[\left(\frac{\theta}{\beta_1} \right) - \left(\frac{1}{2\pi} \right) \cdot \sin \left(2\pi \cdot \frac{\theta}{\beta_1} \right) \right] \quad \text{Ec. 4.2.31}$$

$$s_2(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1, h, s_1(\theta))$$

$$g(\theta) := h \cdot \left[1 - \frac{\theta - (\beta_1 + \beta_2)}{\beta_3} + \left(\frac{1}{2\pi} \right) \cdot \sin \left[2\pi \cdot \frac{\theta - (\beta_1 + \beta_2)}{\beta_3} \right] \right] \quad \text{Ec. 4.2.32}$$

$$s_3(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1 + \beta_2, g(\theta), s_2(\theta))$$

$$s(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1 + \beta_2 + \beta_3, 0, s_3(\theta))$$

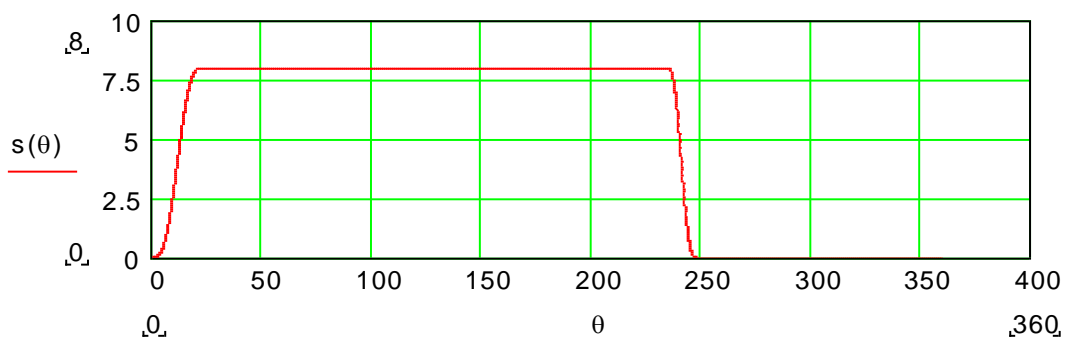


Figura 4.12 Diagrama de desplazamiento

2.5.2.2.3 Velocidad

$$v(\theta) := \frac{d}{d\theta} s(\theta) \quad \begin{matrix} \text{mm} \\ \text{grado} \end{matrix} \quad \text{Ec. 4.2.33}$$

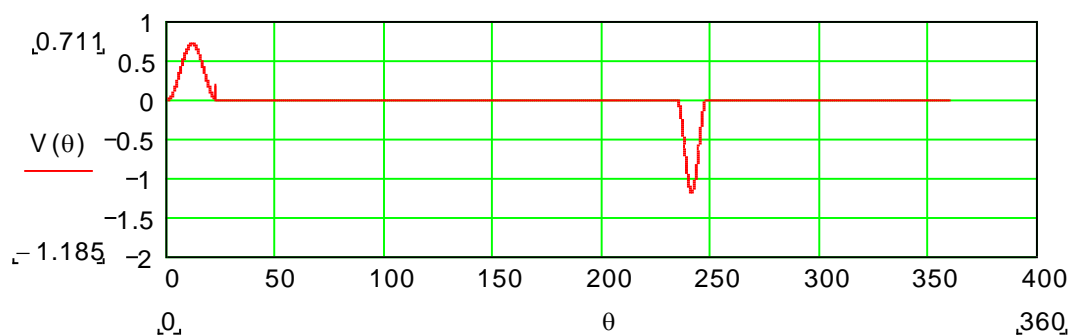


Figura 4.13 Diagrama de velocidad

2.5.2.2.4 Aceleración

$$a(\theta) := \frac{d}{d\theta} v(\theta) \quad \frac{\text{mm}}{\text{grado}^2} \quad \text{Ec. 4.2.34}$$

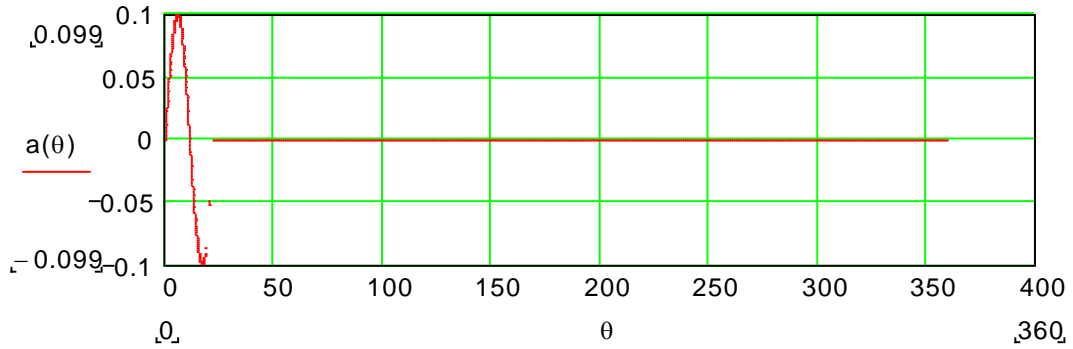


Figura 4.14 Diagrama de aceleración

2.5.2.2.5 Geometría

Una vez definidas las funciones S, V, A, el siguiente paso es dimensionar la leva. Hay dos factores que afectan el dimensionamiento de una leva, el ángulo de presión y el radio de curvatura. En el caso de una leva con seguidor de rodillo se debe considerar el radio de círculo primitivo R_p .

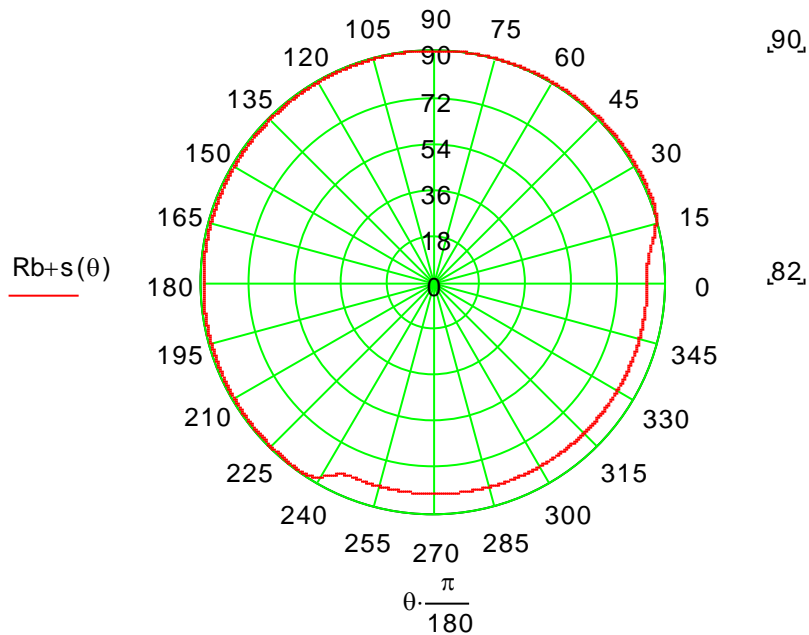


Figura 4.15 Geometría de la leva

2.5.2.2.6 Radio de curvatura

En el caso de una leva con seguidor de rodillo es importante considerar el radio de curvatura ρ del perfil de la leva a lo largo de todo el recorrido para poder determinar un radio adecuado para el seguidor R_r .

El método empírico consiste en mantener el valor absoluto del radio mínimo de curvatura ρ_{\min} de la curvatura de paso de la leva, preferentemente al menos 2 o 3 veces del tamaño del seguidor de l rodillo R_r , $|\rho_{\min}| \gg R_r$.

$$\rho_{\text{paso}}(\theta) := \frac{\left[(R_p + s(\theta))^2 + v(\theta)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{(R_p + s(\theta))^2 + 2 \cdot v(\theta)^2 - a(\theta) \cdot (R_p + s(\theta))} \quad \text{Ec. 4.2.35}$$

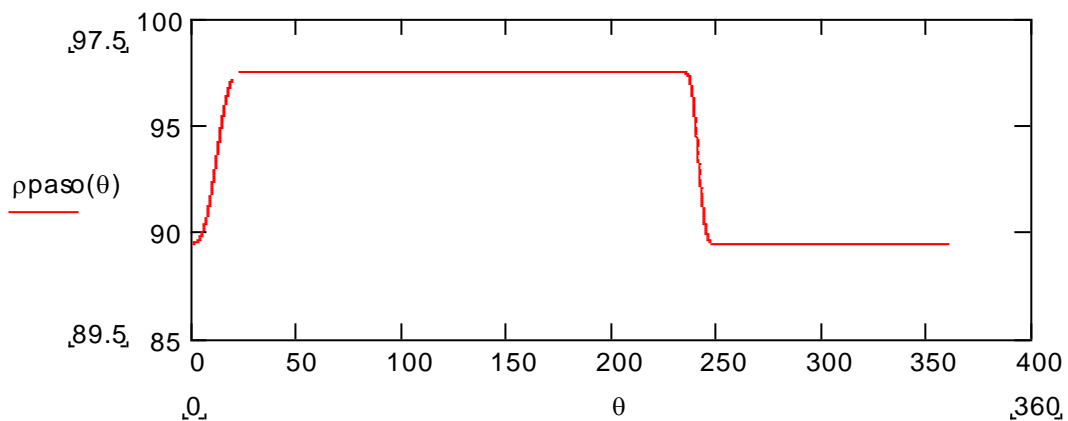


Figura 4.16 Radio de curvatura

Como se puede ver en la gráfica ρ_{\min} es 97,5 entonces el radio de rodillo máximo debe ser:

$$R_r = \frac{\rho_{\min}}{2}$$

$$R_r = \frac{110}{2}$$

$$R_r = 48.75 \text{ mm}$$

Siendo este el caso se utilizará el radio del rodillo $R_r = 7.5$.

2.5.2.2.7 Ángulo de presión

Como método empírico convendría que el ángulo de presión ϕ esté entre 0° y aproximadamente 30° para los seguidores traslatorios, con lo que se evitaría una carga lateral excesiva sobre el seguidor deslizante. Valores de ϕ mayores a 30° incrementan el deslizamiento del seguidor o la fricción del pivote a niveles no deseados y tienden a atascar el seguidor traslatorio en sus guías.

$R_r := 7.5$ (radio del rodillo)

$R_p := R_b + R_r \quad R_p = 89.5$ (radio primitivo)

$\varepsilon := 0$ (excentricidad)

$$\phi(\theta) := \text{atan} \left[\frac{\left(v(\theta) \cdot \frac{180}{\pi} - \varepsilon \right)}{s(\theta) + \left(\sqrt{R_p^2 - \varepsilon^2} \right)} \right]$$

Ec. 4.2.36

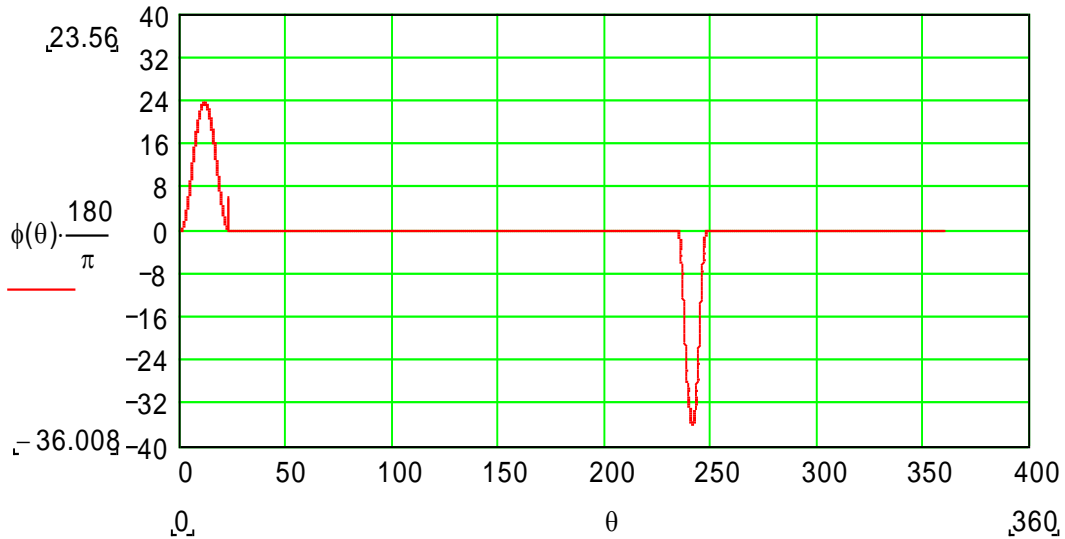


Figura 4.17 Ángulo de presión

2.6 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DEL EQUIPO

2.6.1 ANÁLISIS DE FUERZAS

Sobre el equipo actúan diferentes fuerzas como el peso del sistema de pintura, tanque de pintura, generador, tanque de microesferas y la fuerza de empuje del hombre para movilizar el coche, entre las más importantes, las cuales deben ser soportadas por la estructura y los ejes, confiriendo al equipo una rigidez adecuada para obtener un buen desempeño durante los trabajos de pintado.

2.6.1.1 Cargas

Como primer paso se determinarán todas las cargas que actúan sobre la máquina.

Peso del generador

$$P_g := 75 \text{ lbs} \quad P_g := \frac{P_g}{2.2} \quad P_g = 34.09 \text{ Kg}$$

Peso del sistema airless

$$P_{sa} := 55 \text{ lbs} \quad P_{sa} := \frac{P_{sa}}{2.2} \quad P_{sa} = 25 \text{ Kg}$$

Peso de la pintura

Volumen de la caneca de pintura

$$V_p := 5 \text{ Gal}$$

$$V_p := V_p \cdot 3.875$$

$$V_p = 19.375 \text{ lt}$$

$$\delta_p := 1.71 \frac{\text{Kg}}{\text{lt}}$$

$$P_p := \delta_p \cdot V_p$$

$$P_p = 33.13 \text{ Kg}$$

Ec. 4.3.1

Peso de las microesferas

Cantidad de microesferas por litro de pintura según la norma

$$C_m := 1.2 \frac{\text{Kg}}{\text{lt}}$$

$$C_m := C_m \cdot V_p$$

$$C_m = 23.25 \text{ Kg de microesferas necesarios por caneca de pintura} \quad \text{Ec. 4.3.2}$$

Volumen del contenedor de las microesferas

$$A := 625 \text{ cm}^2$$

$$P := 20 \text{ cm}$$

$$V_m := A \cdot P$$

$$V_m = 12500 \text{ cm}^3$$

Ec. 4.3.3

$$\delta := 2.3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$P_m := \delta \cdot \frac{V_m}{1000}$$

$$P_m = 28.75 \text{ Kg}$$

Ec. 4.3.4

Peso de la estructura

$$P_e := 15 \text{ Kg} \quad (\text{Valor aproximado})$$

Peso total

$$P_T := P_g + P_{sa} + P_p + P_m + P_e$$

$$P_T = 135.97 \text{ Kg}$$

Ec. 4.3.5

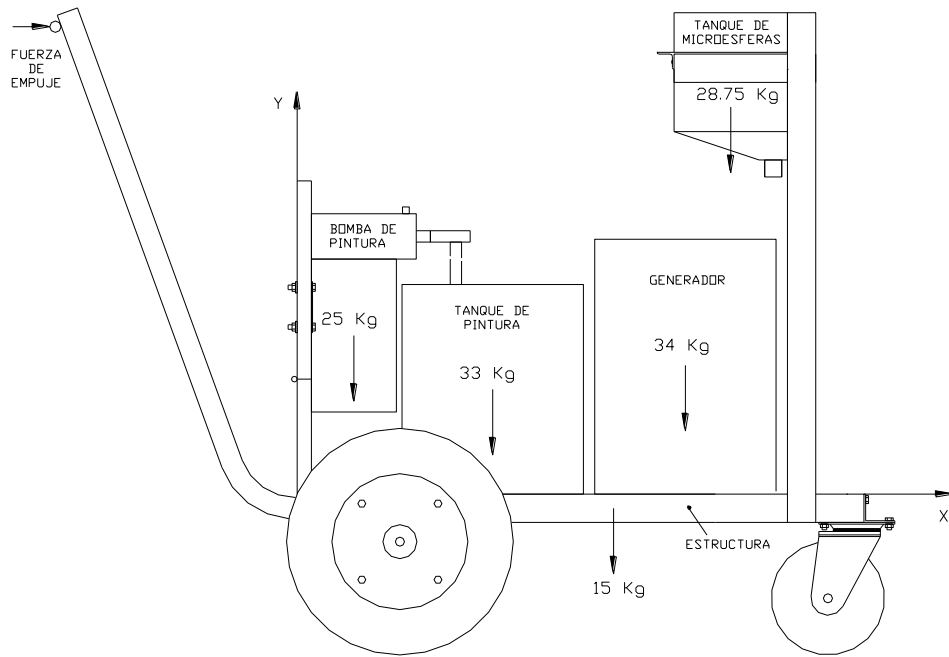


Figura 4.18 Fuerzas en el equipo

2.6.1.2 Centro de gravedad

Para determinar el centro de gravedad se toma como referencia un eje de coordenadas arbitrario en donde se ubican los centros de gravedad de cada peso importante del equipo.

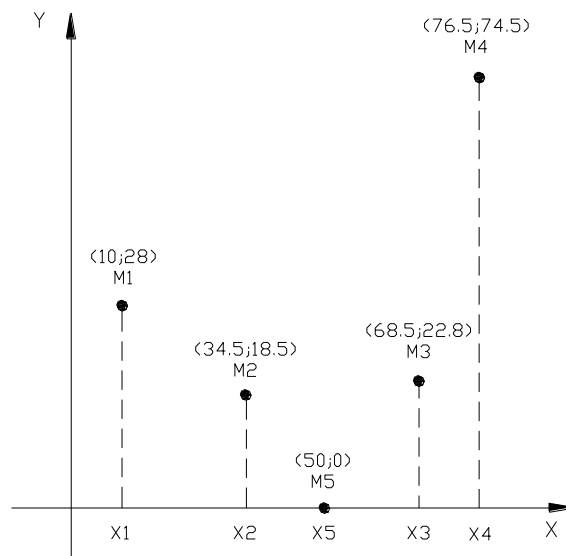


Figura 4.19 Distribución de masas

M1 := 25 Kg	X1 := 10 cm	Y1 := 28 cm	Sistema Airless
M2 := 33.1 Kg	X2 := 34.5 cm	Y2 := 18.5 cm	Tanque Pintura
M3 := 34.1 Kg	X3 := 68.5 cm	Y3 := 22.8 cm	Generador
M4 := 28.75 Kg	X4 := 76.5 cm	Y4 := 74.5 cm	Tanque Microesferas
M5 := 15 Kg	X5 := 50 cm	Y5 := 0 cm	Estructura

M := 135.95 Kg Total

$M_y := \sum M_i \cdot Y_i$

$M_y := M1 \cdot X1 + M2 \cdot X2 + M3 \cdot X3 + M4 \cdot X4 + M5 \cdot X5$

$M_y = 6.677 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

Ec. 4.3.6

$M_x := \sum M_i \cdot X_i$

$M_x := M1 \cdot Y1 + M2 \cdot Y2 + M3 \cdot Y3 + M4 \cdot Y4 + M5 \cdot Y5$

$M_x = 4.232 \times 10^3 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$

Ec. 4.3.7

Centro de gravedad del conjunto

$X := \frac{M_y}{M}$

$Y := \frac{M_x}{M}$

X = 49.11 cm

Y = 31.13 cm

Ec. 4.3.8

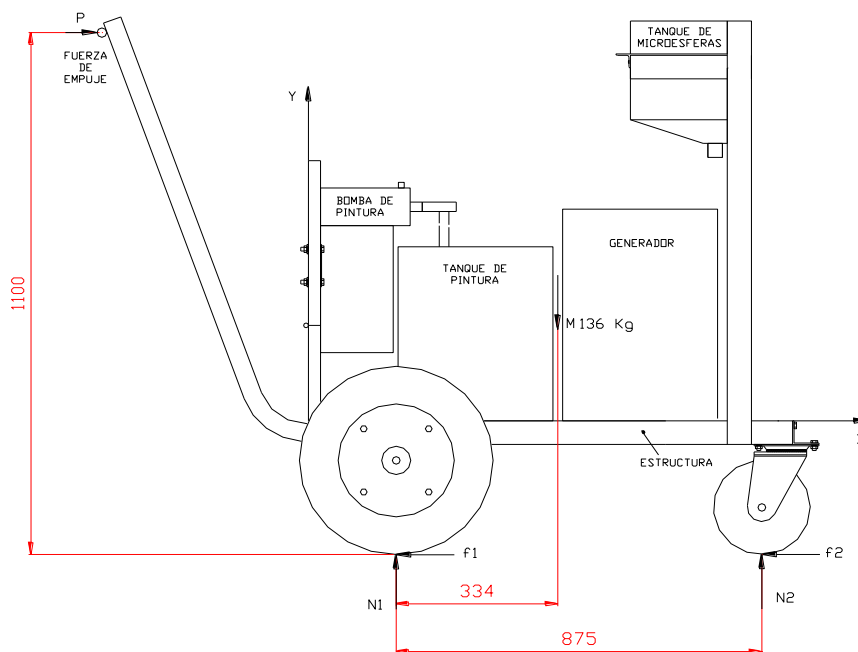


Figura 4.20 Diagrama de cuerpo libre del equipo

2.6.1.3 Análisis estático de fuerzas en el equipo

$$m = 136 \text{ Kg}$$

$$W = m \cdot g \quad \text{Ec. 4.3.9}$$

$$W = 1332,8 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$W = N_1 + N_2 \quad \text{Ec. 4.3.10}$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$0,875 \cdot N_2 = 0,334 \cdot W \quad \text{Ec. 4.3.11}$$

$$N_2 = 52 \text{ Kg}$$

$$N_1 = 84 \text{ Kg}$$

2.6.1.4 Rozamiento en ruedas

Las ruedas hacen posible mover cargas pesadas con un esfuerzo relativamente pequeño, debido a que en cualquier instante el punto de la rueda que está en contacto con el piso, no tiene movimiento relativo con respecto al piso. Sin embargo, en la práctica la rueda no es perfecta y existe alguna resistencia a su movimiento. La resistencia tiene dos causas diferentes: 1) al efecto combinado del rozamiento en el eje y del rozamiento en el aro, y 2) al hecho que la rueda y el piso se deforman, en consecuencia el contacto entre la rueda y el piso no ocurre en un solo punto sino en área determinada.

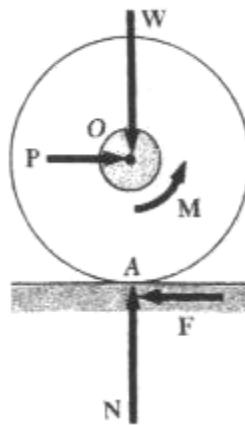


Figura 4.21 Efecto del rozamiento en el eje

A pesar de que la fricción estática se hace presente cuando una rueda comienza a girar, esta tiene un efecto despreciable una vez que la rueda está girando continuamente. La fricción que actúa en una rueda que está girando puede ser muy pequeña, la cual es aprovechada para movilizar objetos, que de lo contrario serían más difíciles de mover por deslizamiento.

El coeficiente de fricción rodante para ruedas que giran sobre una superficie dura es de 100 a 1000 veces menor que el coeficiente de fricción estático o dinámico en la misma superficie para un cuerpo que se desliza y no rueda como un neumático. El coeficiente de fricción rodante de la llanta de un auto sobre pavimento seco es 0,015 y el coeficiente de fricción cinética es 0.8.

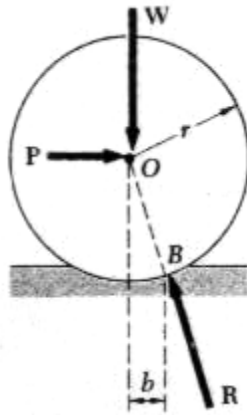


Figura 4.22 Resistencia a la rodadura

Fuerza de fricción Fr en la ruedas

$\mu := 0.015$ (Coeficiente de fricción rodante)

$W1 := 84 \text{ Kg}$ (Peso en el eje trasero)

$Fr1 := \mu \cdot W1$

$Fr1 = 1.26 \text{ Kg}$

$W2 := 52 \text{ Kg}$

$Fr2 := \mu \cdot W2$

$Fr2 = 0.78 \text{ Kg}$

Ec. 4.3.12

Fuerza P de resistencia a la rodadura

Para las ruedas traseras

$b := 1 \text{ mm}$ (Coeficiente de resistencia a la rodadura caucho-asfalto)

$r1 := 192.5 \text{ mm}$

$P1 := \frac{W1 \cdot b}{r1}$

$P1 = 0.436 \text{ Kg}$

Ec. 4.3.13

Para la rueda delantera

$r2 := 104.1 \text{ mm}$

$P2 := \frac{W2 \cdot b}{r2}$

$P2 = 0.5 \text{ Kg}$

Fuerza total de resistencia al movimiento de las ruedas

$$F1 := Fr1 + P1$$

$$F1 = 1.7 \text{ Kg}$$

$$F2 := Fr2 + P2$$

$$F2 = 1.28 \text{ Kg}$$

$$FT := F1 + F2$$

$$FT = 2.98 \text{ Kg}$$

$$FT := FT \cdot 9.8 \quad FT = 29.16 \text{ N} \qquad \text{Ec. 4.3.14}$$

Con lo que en teoría el operario tendría que hacer una fuerza de 30 N al empujar la máquina.

2.6.2 EJES

2.6.2.1 Eje Trasero

2.6.2.1.1 Calculo del torque en el eje trasero

$$F1 := F1 \cdot 9.8 \quad F1 = 16.62 \text{ N}$$

$$T1 := F1 \cdot \frac{r1}{1000}$$

$$T1 = 3.2 \text{ Nm}$$

Ec. 4.3.15

2.6.2.1.2 Calculo del diámetro del eje trasero

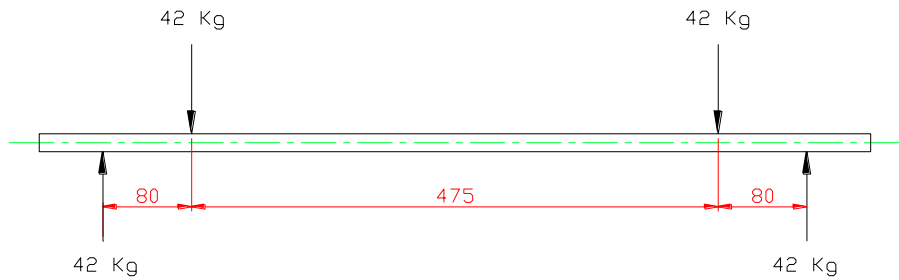


Figura 4.23 DCL Eje trasero

Carga estatica-flexión y torsión

$$S_y := 70000 \text{ psi} \quad \text{SAE 1018}$$

$$S_y := S_y \cdot 6895 \text{ Pa} \quad S_y = 482650000 \text{ Pa}$$

$$N_1 := 84 \text{ kg} \quad N_1 := N_1 \cdot 9.8 \quad N_1 = 823.2 \text{ N}$$

$$M_1 := \frac{N_1}{2} \cdot \frac{80}{1000}$$

$$M_1 = 32.93 \text{ Nm}$$

$$T_1 = 3.2 \text{ Nm}$$

$$n := 2$$

Ec. 4.3.16

$$d_1 := \left[\frac{32 \cdot n}{\pi S_y} \cdot \left(M_1^2 + T_1^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Ec. 4.3.17

$$d_1 = 0.011 \text{ m} \quad d_1 := d_1 \cdot 1000 \quad d_1 = 11.177 \text{ mm}$$

Fatiga

$$S_{ut} := 82000 \text{ psi} \quad \text{SAE 1018}$$

$$S_{ut} := S_{ut} \cdot 6895 \text{ Pa} \quad S_{ut} = 565390000 \text{ Pa}$$

Cálculo del numero de ciclos N

$$n := 42 \text{ rpm}$$

$$N := n \cdot \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot 60 \cdot \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 17 \cdot \frac{\text{h}}{\text{mes}} \cdot 12 \cdot \frac{\text{mes}}{\text{año}} \cdot 7 \cdot \text{años}$$

$$N := n \cdot 60 \cdot 17 \cdot 12 \cdot 10$$

$$N = 5.14 \times 10^6 \text{ ciclos}$$

Cálculo del limite de resistencia a la fatiga

$$S'e := 0.504 \cdot S_{ut}$$

$$S'e = 2.85 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$a := \frac{(0.9 \cdot S_{ut})^2}{S'e} \quad a = 9.087 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$b := \left(\frac{-1}{3} \right) \cdot \log \left(\frac{0.9 \cdot S_{ut}}{S'e} \right) \quad b = -0.084$$

$$S_f := a \cdot N^b \quad S_f = 2.484 \times 10^8 \text{ Pa}$$

Ec. 4.3.18

Calculo del factor de concentración de esfuerzo en fatiga

En la figura A-15-14 pag 850 del libro Diseño en Ingeniería de Shigley, con $D/d=1.33$ y $r/d=0.15$ se tiene $K_t=1.6$

$$K_t := 1.6 \text{ (Factor de esfuerzo de concentración teórico)}$$

En la figura 5-16 pag 244 del libro Diseño en Ingeniería de Shigley, con $r=2 \text{ mm}$ y $S_{ut}=69 \text{ Kpsi}$, se tiene $q=0.75$

$$q := 0.75$$

$$K_f := 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$K_f = 1.45$$

$$M1 = 32.93 \text{ Nm}$$

$$T1 = 3.2 \text{ Nm}$$

$$n := 2$$

$$d1 := \left[\frac{32 \cdot n}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{Kf \cdot M1}{Sf} \right)^2 + \left(\frac{T1}{Sut} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. 4.3.19}$$

$$d1 = 0.016 \text{ m} \quad d1 := d1 \cdot 1000 \quad d1 = 15.765 \text{ mm}$$

$$d1 := \frac{5}{8} \text{ plg} \quad d1 := d1 \cdot 25.4 \quad d1 = 15.875 \text{ mm} \quad (\text{Por agujero de la chumacera})$$

2.6.2.1.3 Deflexión en el eje trasero

Deflexión con cargas gemelas y apoyos simples.

$$Wet := \frac{N1}{2} \quad Wet = 411.6 \text{ N}$$

$$a := \frac{80}{1000} \text{ m}$$

$$L := 0.635 \text{ m}$$

$$E := 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

$$I := \frac{\pi}{64} \cdot \left(\frac{d1}{1000} \right)^4$$

$$I = 3.12 \times 10^{-9} \text{ m}^4 \quad \text{Ec. 4.3.20}$$

$$Y_{\max} := \frac{Wet \cdot a}{24 \cdot E \cdot I} \cdot (4 \cdot a^2 - 3 \cdot L^2) \quad \text{Ec. 4.3.21}$$

$$Y_{\max} = -2.4814 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$Y_{\max} := Y_{\max} \cdot 1000$$

$$Y_{\max} = -2.48 \text{ mm}$$

Hay que tomar en cuenta que este valor solo es referencial, ya que en este caso los apoyos son las llantas y estas no actúan como apoyo simple debido a la fricción presente entre la llanta y el asfalto. Además los prisioneros que sujetan al eje lo mantienen fijo en sus chumaceras y a la estructura, confiriendo más rigidez al mismo.

2.6.2.2 Eje delantero

2.6.2.2.1 Cálculo del torque en el eje delantero

$$F2 := F2 \cdot 9.8 \quad F2 = 12.54 \text{ N}$$

$$T2 := F2 \cdot \frac{r2}{1000}$$

$$T2 = 1.31 \text{ Nm}$$

2.6.2.2.2 Cálculo del diámetro del eje trasero

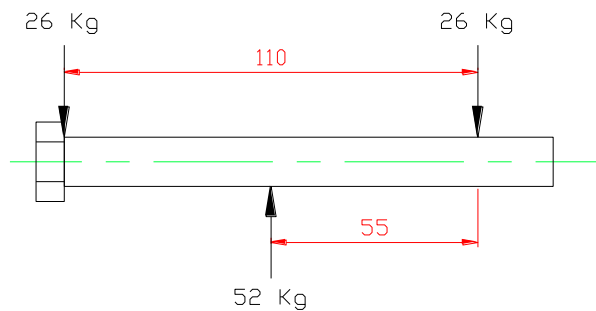


Figura 4.24 DCL Eje delantero

Perno grado SAE 5

$$S_y := 74000 \text{ psi}$$

$$S_y := S_y \cdot 6895 \text{ Pa} \quad S_y = 510230000 \text{ Pa}$$

$$N2 := 52 \text{ Kg} \quad N2 := N2 \cdot 9.8 \quad N2 = 509.6 \text{ N}$$

$$M2 := N2 \cdot \frac{55}{1000}$$

$$M2 = 28.03 \text{ Nm}$$

$$n := 3$$

$$d_2 := \left[\frac{32 \cdot n}{\pi S_y} \cdot (M_2^2 + T_2^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_2 = 0.012 \text{ m} \quad d_2 := d_2 \cdot 1000$$

$$d_2 = 11.889 \text{ mm} \quad \text{entonces } d_2 := \frac{1}{2} \text{ plg}$$

2.6.2.3 Eje engrane

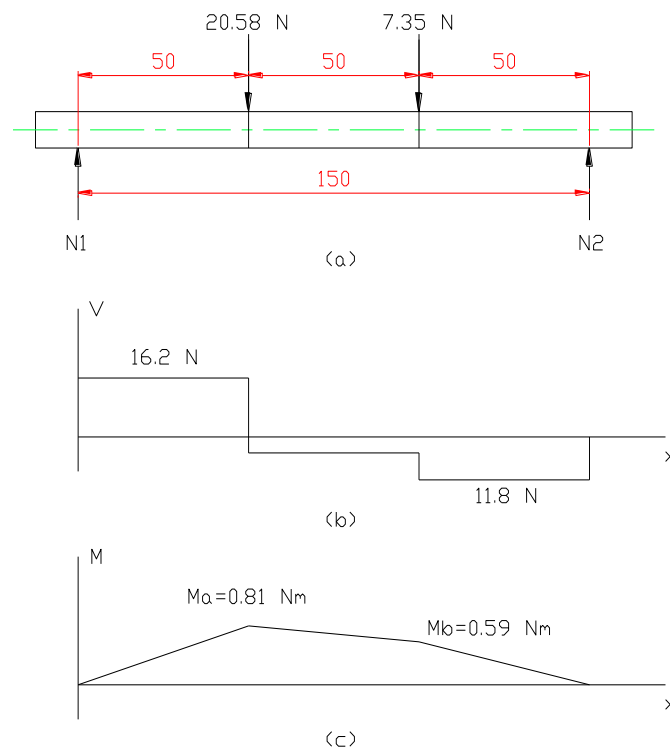


Figura 4.25 Eje engrane. Diagramas: a) Carga b) Fuerza cortante c) Momento flector.

2.6.2.3.1 Cálculo de reacciones

$$\Sigma F_y = 0$$

$$20.58 + 7.35 = N_1 + N_2$$

$$\Sigma M_1 = 0$$

$$20.58 \cdot 0.05 + 7.35 \cdot 0.1 = 0.15 \cdot N_2$$

$$N_2 = 11.76 \text{ N}$$

$$N_1 = 16.17 \text{ N}$$

Ec. 4.3.22

2.6.2.3.2 Calculo del torque en el eje leva-engrane

$$r_p := 0.013125 \text{ m}$$

$$r_g := 0.0875 \text{ m}$$

$$T_1 = 3.2 \text{ Nm}$$

$$F_p := \frac{T_1}{r_p}$$

$$F_p = 243.82 \text{ N}$$

$$T_g := F_p \cdot r_g$$

$$T_g = 21.33 \text{ Nm}$$

2.6.2.3.3 Calculo del diámetro del eje del engrane

$$S_y := 75000 \text{ psi} \quad \text{Acero inoxidable AISI 201}$$

$$S_y := S_y \cdot 6895 \text{ Pa} \quad S_y = 517125000 \text{ Pa}$$

$$N_1 := 16.2 \text{ N}$$

$$M_a := N_1 \cdot \frac{50}{1000} \quad (\text{Momento máximo})$$

$$M_a = 0.81 \text{ Nm}$$

$$n := 2$$

$$d_g := \left[\frac{32 \cdot n}{\pi S_y} \cdot \left(M_a^2 + T_g^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_g = 0.009 \text{ m} \quad d_g := d_g \cdot 1000 \quad d_g = 9.44 \text{ mm}$$

Se utilizará una barra de acero inoxidable de 3/8 plg y 18 cm. de largo para el eje donde se montarán el engrane y la leva.

2.6.3 ESTRUCTURA SOPORTE

La estructura a más de alojar a todos los dispositivos que componen la “Máquina trazadora de líneas” debe tener una rigidez adecuada para su correcto funcionamiento absorbiendo las vibraciones que produce el generador y el sistema de pintura airless, así como las vibraciones que pueden provocar las discontinuidades en la carretera cuando la trazadora de líneas este en funcionamiento, de no darse esto la pistola que rocía la pintura podría vibrar obteniendo con esto un mal acabado de la línea mientras se está demarcando. Además para disminuir las vibraciones que produce el generador este se montará sobre unos soportes de caucho para que absorban dichas vibraciones.

2.6.3.1 Cargas en la estructura

Existen varias cargas aplicadas al chasis de la máquina, unas fijas como el generador y el sistema de rociado de pinturas, otras variables como la cantidad de pintura y el peso mismo de la estructura y otras cargas que se podrían aplicar en un futuro como un recipiente de microesferas; considerando todos estos factores se analizará la si la estructura es lo suficientemente rígida para lograr su cometido.

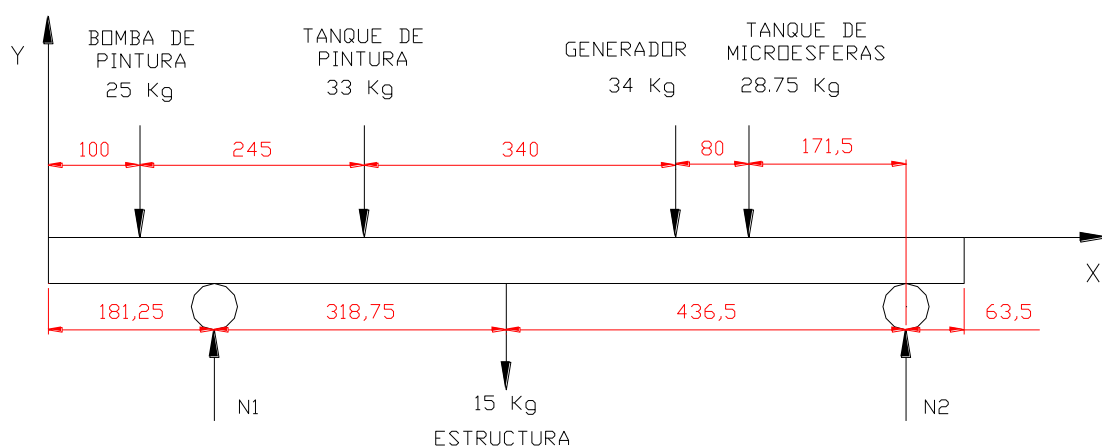


Figura 4.26 Cargas en el chasis

2.6.3.2 Deflexión en una viga longitudinal de la estructura

Para comprobar la rigidez de la estructura se calculará la deflexión que podría presentar la estructura cuando se apliquen todas las cargas sobre la misma.

$$Wt := 136 \text{ kg} \quad Wt := Wt \cdot 9.8 \quad Wt = 1332.8 \text{ N}$$

$$L := 0.755 \text{ m}$$

$$E := 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

Momento de inercia de un tubo rectangular

$$h := 50 \quad b := 25 \quad e := 1.1$$

$$I := \frac{h^3 \cdot b}{12} - \frac{(h - 2 \cdot e)^3 \cdot (b - 2 \cdot e)}{12}$$

$$I := \frac{I}{1000^4} \quad I = 5.291 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Ec. 4.3.23

$$Y_{\max} := \frac{-5Wt \cdot L^4}{384 \cdot EI} \quad \text{con carga distribuida}$$

Ec. 4.3.24

$$Y_{\max} = -5.0752 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$Y_{\max} := Y_{\max} \cdot 1000 \quad Y_{\max} = -0.508 \text{ mm}$$

Como se puede ver la estructura apenas fleja 0.508 mm, y tomando en cuenta que la deflexión máxima permitida ($L/1000$) para la viga de longitud 755 mm es 0.755 mm, se puede concluir que la estructura tiene la rigidez que la máquina necesita para su correcto funcionamiento.

SELECCIÓN DE ACCESORIOS MECÁNICOS

2.6.4 RODAMIENTOS

Es común que en este tipo de coches el eje vaya fijo a la carrocería y sea la rueda la que gire alrededor del eje en sus rodamientos mientras el coche está en movimiento.

En este caso es necesaria la utilización de un par de rodamientos y sus chumaceras para montar en estos el eje trasero, ya que el eje debe girar solidario a las ruedas para transmitir este movimiento al reductor de velocidad. El principal parámetro para la selección de los rodamientos es el diámetro interior del mismo, en vista de que dependía de la disponibilidad del mismo para dimensionar el diámetro del eje trasero.

Debido a que el rodamiento no girará a grandes velocidades ni soportará grandes cargas de ningún tipo, no se hace necesario un mayor análisis.

Tabla 4.3 Especificación del rodamiento

Dimensiones				Rango de cargas		Carga límite de fatiga	Velocidad límite para un eje con tolerancia h6	Masa	Designación
				Dinámica	Estática				
d	D	B	C	C	C ₀	P _u			
mm	mm	mm	mm	kN	kN	kN	r/min	Kg.	-
15	40	27	12	9,56	4,75	0,2	9500	0,099	YAR 203/15-2F

Fuente: Catálogo de rodamientos de la SKF

2.6.5 NEUMÁTICOS

Existieron cuatro parámetros fundamentales al momento de seleccionar las ruedas:

- En el caso de las ruedas traseras estas deben ser grandes para facilitar la movilización de la máquina, debido a que a mayor radio de la rueda motriz menor el esfuerzo de empuje por parte de la persona.
- Al tener una rueda de 40 cm. de diámetro aproximadamente, se redujo la relación de velocidad para el reductor, logrando con esto realizar la reducción de velocidad en un solo paso es decir con un solo par de engranajes.
- Las ruedas también cumple la función de amortiguar los golpes y vibraciones del camino durante su funcionamiento ya que no existe sistema de amortiguación y el aire dentro de las mismas cumple esa función, por lo que estas no deben ser infladas a una presión mayor a 25 psi.
- Las ruedas deben ser anchas para evitar que las mismas sigan el camino de las grietas existentes en la calzada durante el proceso de demarcación.

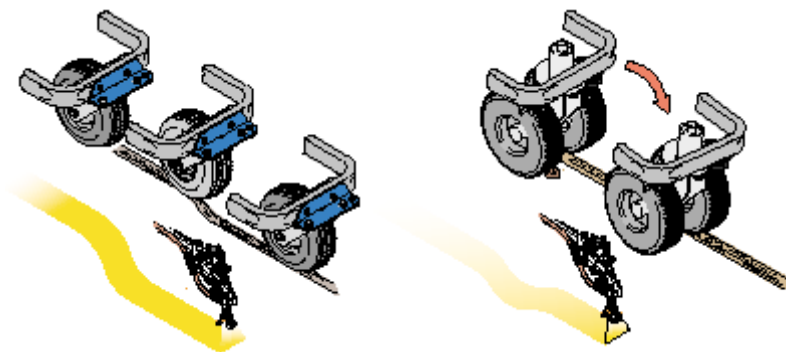


Figura 4.27 Neumáticos delgados siguen la trayectoria de la grieta

Fuente: <http://www.graco.com>

9. CAPITULO 5

CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE

5.1. DISPOSITIVOS MECÁNICOS

5.1.1. Control de rociado

El control de rociado es un dispositivo encargado del intercambio fácil de las opciones de demarcado sean de líneas continuas o entrecortadas, el cuál se lo obtiene mediante el uso del control manual o automático respectivamente.

5.1.1.1. Partes del control de rociado manual

Las partes de las que se encuentra constituido el control de rociado manual se detallarán a continuación :

Fabricadas

- Soporte tensor del cable de control manual
- Cilindro sujetador del cable de control

Adquiridas

- Manija de accionamiento manual
- Cable acero para bicicleta
- Funda para cable de bicicleta

5.1.1.2. Partes del control de rociado automático

A continuación se detallan las partes del control de rociado automático:

Fabricadas

- Soporte tensor del cable seguidor
- Soporte de la guía del eje seguidor de la leva

- Leva
- Caja metálica
- Eje de engrane y leva
- Seguidor

Adquiridas

- Resorte
- Engrane
- Cable acero para motocicleta
- Funda para cable de motocicleta
- Doble nuez
- Rodamientos

5.1.1.3. Materiales

Para la fabricación de las diferentes partes construidas se utilizó los siguientes materiales, que fueron considerados en base a su costo, facilidad de adquisición en el mercado y maleabilidad del material; sin perder de vista sus capacidades de diseño.

- Acero transmisión
- Madera triplex
- Grilón

5.1.1.4. Equipos

Los equipos utilizados en la construcción son:

- Taladro de pedestal
- Torno
- Fresadora
- Sierra de banco

- Sierra automática

5.1.1.5. Diagramas de proceso del control de rociado

5.1.1.5.1. Diagramas de proceso control de rociado manual

5.1.1.5.2. Diagramas de proceso control de rociado automático

5.1.2. SOPORTE DE LA PISTOLA

El soporte de la pistola es el mecanismo encargado de activar y desactivar el paso de la pintura, el cuál puede ser regulado verticalmente para obtener los diferentes anchos de las líneas a ser pintadas.

Este dispositivo presenta la facilidad de ser ubicado en la máquina en el lado izquierdo como derecho según sea la necesidad.

5.1.2.1. Partes del soporte de la pistola

Las partes de las que se encuentra constituido el soporte de la pistola se detallarán a continuación :

Fabricadas

- Placa móvil
- Cojinete manga actuador
- Cilindro de refuerzo de eje actuador
- Cilindro de refuerzo de eje soporte
- Bacín para el eje actuador
- Placa fija
- Placa superior
- Abrazadera superior o móvil
- Abrazadera inferior o fija
- Asidero varilla soporte de la pistola
- Perno sujetador abrazadera móvil
- Varilla horizontal soporte de la pistola
- Varilla vertical soporte de la pistola
- Barra cuadrada móvil
- Abrazadera para barra cuadrada móvil

Adquiridas

- Pistola
- Boquillas de la pistola
- Doble nuez
- Tapones de caucho 1 1/4"
- Graseo 6 mm AM6

5.1.2.2. Materiales

En el desarrollo de este mecanismo para su fabricación se considero los mismos aspectos que en la construcción del control de rociado, los cuales son:

- Acero SAE 1018
- Acero ASTM A36
- Plástico
- Grilón

5.1.2.3. Equipos

Los equipos utilizados en la construcción son:

- Taladro de pedestal
- Torno
- Fresadora
- Sierra automática
- Soldadora eléctrica
- Soldadora autógena
- Entenalla

5.1.2.4. Diagramas de proceso del soporte de la pistola

5.1.3. Eje posterior

En el eje posterior se encuentra acoplado el piñón que da el movimiento al engrane y a su vez a la leva, la cual da el patrón del sistema automático de demarcado de líneas.

5.1.3.1. Partes del eje posterior

El eje posterior cuenta con las siguientes partes:

Fabricadas

- Anillo eje sujetador eje trasero
- Eje

Adquiridas

- Chumaceras
- Ruedas

5.1.3.2. Materiales

El material utilizado para el eje trasero es el Acero SAE 1018, porque es el que cumple con los requerimientos calculados en el capítulo 4.

5.1.3.3. Equipos

Los equipos utilizados en la construcción son:

- Torno
- Sierra automática
- Soldadora eléctrica

5.1.3.4. Diagramas de proceso del eje posterior

5.1.4. Sistema de dirección

Es el que permite dar el direccionamiento a la máquina y cuenta con el puntero que es un elemento adicional ubicado en la parte delantera de la máquina y pistola, sirviendo como guía de referencia al operador para obtener una línea recta.

5.1.4.1. Partes del sistema de dirección

El sistema de dirección esta constituido de las siguientes partes:

Fabricadas

- Tubo cuadrado de la dirección
- Placa unión tubo cuadrado y estructura
- Soporte manubrio
- Varillas soporte mangueras
- Varilla del puntero
- Puntero

Adquiridas

- Tapones de caucho 1 1/2"
- Agarradera espuma polietileno

5.1.4.2. Materiales

Para lo construcción del sistema de dirección se utilizará los siguientes materiales:

- Acero ASTM 36
- Tubo de acero inoxidable

5.1.4.3. Equipos

Para la fabricación de las partes del sistema de dirección utilizamos los equipos a continuación mencionados:

- Dobladora de tubos
- Sierra automática
- Soldadora eléctrica

5.1.4.4. Diagramas de proceso del sistema de dirección

5.2. Estructuras del equipo

5.2.1. Recipiente microesferas

El recipiente de las microesferas no fue necesario construirlo debido a que la máquina fue diseñada para trabajos en la ciudad en donde no se necesita que las líneas demarcadas tengan gran reflectividad, porque estas se encuentran bien iluminadas.

Cabe indicar que la reflectividad es la propiedad principal que proporcionan las microesferas y estas son utilizadas para la demarcación de carreteras.

5.2.2. Estructura soporte

La estructura soporte es el sostén de todos los mecanismos y partes que conforman la máquina, la cual tiene dimensiones acordes para un fácil manejo del operador así como su transporte al lugar que sea requerida.

5.2.2.1. Partes de la estructura soporte

La estructura soporte esta conformada de las siguientes partes :

Fabricadas

- Estructura
- Estructura soporte sistema airless
- Tubo apoyo tanque de pintura

Adquiridas

- Tapones de caucho 1"

5.2.2.2. Materiales

Para la estructura soporte serán utilizados tubos de acero, para una correcta estabilidad de los elementos que irán en esta teniendo presente que no van a flejarse debido al peso.

- Tubo de acero rectangular 2x1"x1,1 mm
- Tubo de acero cuadrado 1" x 1.1 mm

5.2.2.3. Equipos

Los equipos utilizados en la construcción son:

- Taladro de pedestal
- Sierra automática
- Soldadora eléctrica

5.2.2.4. Diagramas de proceso de la estructura soporte

5.3. ENSAMBLAJE DE TODAS LAS PARTES

El ensamblaje de las partes de la máquina se la realizó analizando los siguientes criterios:

- Acceso directo a los controles por parte del operario
- Facilidad de maniobra
- Visibilidad del trabajo realizado
- Fácil abastecimiento de pintura y combustible

5.3.1. Unión de las partes de la máquina

Las partes que conforman la máquina trazadora de líneas se podrán observar de mejor manera en la figura 5.1.

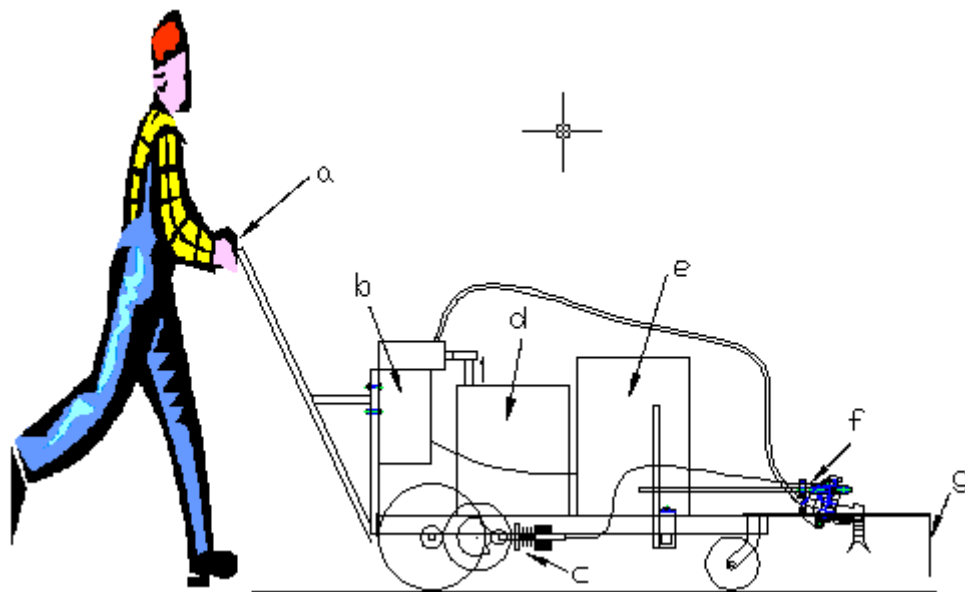


Figura 5.1. Esquema de las partes de la máquina

a. Manubrio de la máquina.- Es el que le permite al operador dar el direccionamiento de la máquina, el mismo que es regulable verticalmente de acuerdo a la necesidad del mismo. Este está ubicado de manera que permita el acceso a los controles de encendido y apagado para casos de emergencia.

b. Sistema airless.- Es una bomba de alta presión, encargada de pulverizar la pintura sin presencia de aire, la cual permite que la pintura se adhiera al área a ser pintada, dando mayor durabilidad de la misma.

c. Sistema de control automático.- Es el encargado de accionar el gatillo de la pistola para el demarcado de líneas mediante un patrón determinado.

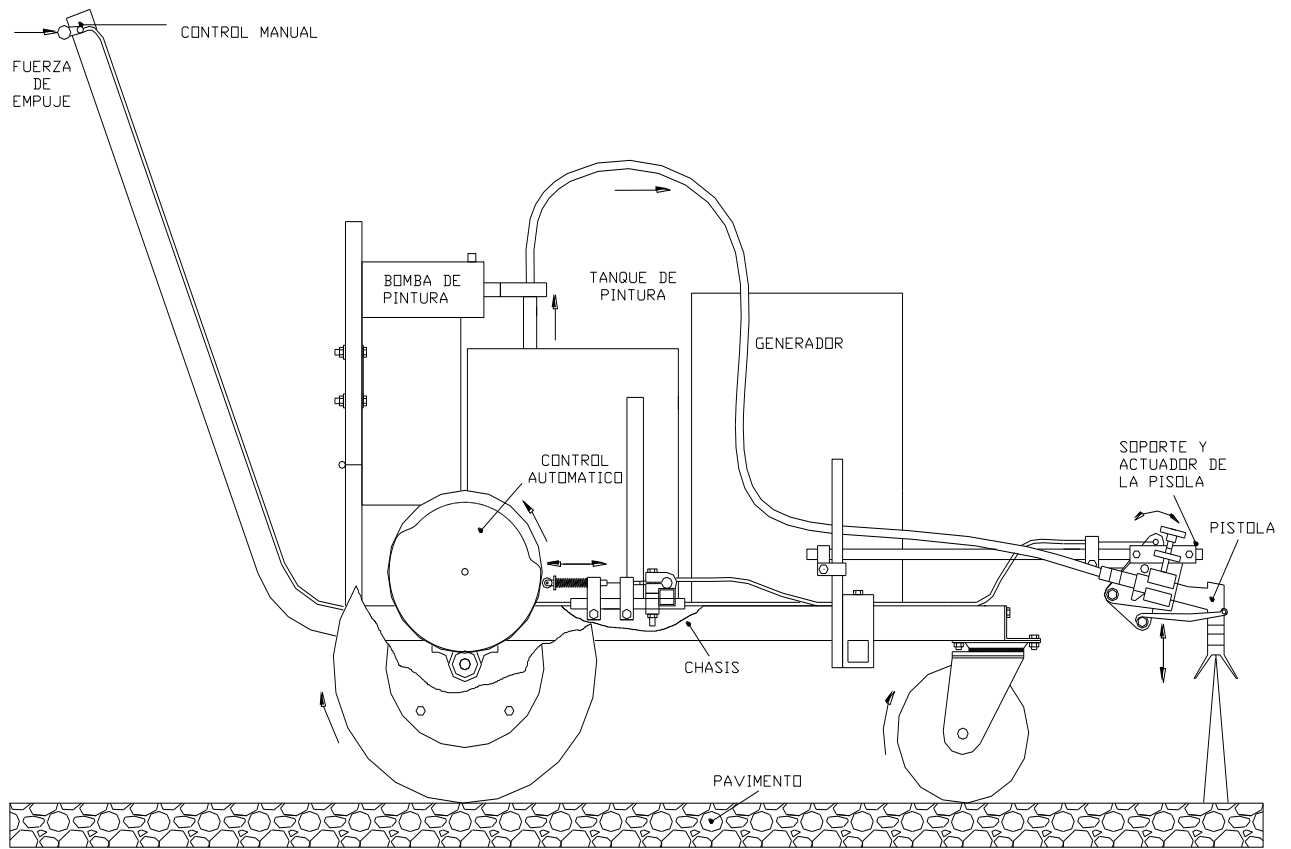
d. Tanque de pintura.- Es el recipiente donde se coloca la pintura a ser utilizado para la demarcación de las líneas, la cuál se puede montar y desmontar con facilidad.

e. Generador .- Es el dispositivo encargado de abastecer de energía al sistema airless, cuyo funcionamiento utiliza como fuente de energía primaria gasolina.

f. Soporte y accionamiento de la pistola.- Este permite dar el ancho de la línea requerida, así como un accionamiento manual o automático de la pistola.

g. Puntero.- Se encuentra ubicado en la parte delantera del equipo, el cuál permite al operador llevar la referencia de la línea a ser demarcada.

5.4. DIAGRAMA CINEMÁTICO



CAPITULO 6

PRUEBAS Y EVALUACIÓN DEL EQUIPO

2.7 PLAN DE PRUEBAS

Al terminar la construcción de la “Máquina Trazadora de líneas”, es necesario realizar una serie de pruebas para comprobar los parámetros que se consideraron durante su concepción, su buen funcionamiento y cumplimiento de las normas de señalización vial en lo que respecta al pintado de líneas sobre la calzada.

2.7.1 PARÁMETROS A COMPROBARSE

Son varios los parámetros a considerarse para verificar el buen funcionamiento de la máquina entre ellos están:

- Buen funcionamiento de todas las partes constituyentes del equipo.
- Efectividad de los mecanismos durante su funcionamiento.
- Volumen efectivo de pintura depositada sobre el asfalto.
- Ancho y longitud de las líneas pintadas.
- Acabado de las líneas pintadas.

Para comprobar el buen funcionamiento del equipo es necesario realizar un breve chequeo visual de todas las partes constituyentes del mismo mientras el equipo no está en funcionamiento, en unos casos y en otros es necesario realizar el chequeo mientras estos están en funcionamiento.

Los mecanismos que se verificarán son los siguientes:

- Soporte y accionamiento de la pistola.
- Control manual.
- Control automático.

El volumen que rocía el equipo de pintura es primordial para conseguir un espesor de línea uniforme y duradera, por lo cual es necesario realizar una comprobación en el tiempo de la uniformidad con la que el equipo rocía la pintura.

Dentro de los parámetros establecidos por las normas de señalización se deben cumplir los valores establecidos de ancho y longitud de las líneas, a pintarse sobre el pavimento.

Para las líneas segmentadas con un patrón de 8 metros y una relación de 3 a 5; la cual es utilizada en vías con velocidad menor o igual a 60 (km/hr), la línea pintada debe tener una longitud de $3 \text{ m} \pm 15 \text{ cm}$, la brecha (tramo no pintado) una longitud de $5 \text{ m} \pm 25 \text{ cm}$ y un ancho de $10 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$

Otro parámetro importante a verificar es la calidad con que la pistola rocía la pintura para obtener una línea clara y sin difuminados.

2.8 EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS

Luego de haber realizado las comprobaciones previas en el equipo se procede, a preparar el equipo para realizar las pruebas pertinentes:

- a.** Cargar combustible en el generador.
- b.** Encender el generador 5 minutos antes de su uso.
- c.** Preparar el equipo de pintura airless para trabajar.
- d.** Colocar una caneca de pintura para tráfico en su lugar correspondiente en el equipo y ajustar sus soportes.

2.8.1 VOLUMEN EFECTIVO DE PINTURA DEPOSITADA SOBRE EL ASFALTO.

Para realizar esta prueba se regula la presión del sistema airless a la presión de trabajo, es decir a la presión requerida por la pintura para ser rociada al ancho de línea requerido, en este caso 10 cm.

Se acciona el gatillo de la pistola y se la mantiene abierta por el lapso de tiempo, luego de esto se mide la cantidad de pintura rociada, este procedimiento se lo realiza por 3 ocasiones.

Al comprobar el volumen efectivo de pintura que rocía el equipo se comprobará el parámetro mínimo de rociado que se obtuvo durante la selección del equipo de rociado de pintura y cuyo valor es 0.487 gpm.

Tabla 6.1. Volumen efectivo rociado al asfalto.

Medición	Volumen	Tiempo	Caudal	Caudal	Volumen por Km	Volumen teórico por Km	Error
	(lt)	(seg)	(Lt/min)	(Lt/m)	(Lt)	(Lt)	(%)
1	0,156	10,20	0,9176	0,0190	18,96	20,00	5,20
2	0,156	10,15	0,9222	0,0191	19,05	20,00	4,73
3	0,152	9,83	0,9278	0,0192	19,17	20,00	4,16
4	0,150	9,57	0,9404	0,0194	19,43	20,00	2,85
Promedio	0,154	9,94	0,9270	0,0192	19,15	20,00	4,23

2.8.2 ANCHO Y LONGITUD DE LAS LÍNEAS PINTADAS

Previa a la realización de esta prueba se prepara el equipo para su funcionamiento, se ajusta el mecanismo de sujeción y accionamiento de la pistola a una altura adecuada para obtener una línea de 10 cm de ancho, se acciona el gatillo de la pistola en un pequeño tramo para medir el ancho y realizar los ajustes necesarios tanto en la ubicación de la pistola, así como en la presión de rociado hasta obtener una línea de 10 cm de ancho ± 0.5 cm.

Hecho esto se procede a realizar la prueba conectando el sistema automático para su funcionamiento.

Se hace recorrer el equipo en un tramo aproximado de 40 m con lo que se obtendrán 5 tramos completos de 8 m en donde se verificará la longitud de $8 \text{ m} \pm 40 \text{ cm}$. por tramo en donde la línea deberá tener $3 \text{ m} \pm 15 \text{ cm}$. y la brecha $5 \text{ m} \pm 25 \text{ cm}$. Se verificará también el ancho inicial de la línea al iniciar y finalizar cada tramo pintado, con el objetivo de apreciar la uniformidad de la misma.

Tabla 6.2. Longitud de líneas

Tramo	Longitud línea (m)	Longitud brecha (m)	Longitud total (m)	Longitud teórica (m)	Error (%)
1	3,10	5,05	8,15	8,00	1,88
2	3,08	5,03	8,11	8,00	1,37
3	3,12	5,10	8,22	8,00	2,75
4	3,04	5,10	8,14	8,00	1,75
5	3,10	5,07	8,17	8,00	2,13
Promedio	3,09	5,07	8,16	8,00	1,97

Tabla 6.3. Ancho de líneas

Tramo	Ancho inicial (cm)	Ancho final (cm)	Ancho practico (cm)	Ancho teórico (cm)	Error (%)
1	10,50	10,00	10,25	10,00	2,50
2	10,80	10,50	10,65	10,00	6,50
3	10,50	10,40	10,45	10,00	4,50
4	10,50	10,00	10,25	10,00	2,50
5	10,00	9,50	9,75	10,00	-2,50
Promedio	10,46	10,08	10,27	10,00	2,70

2.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a las características operacionales o de funcionamiento, se ha comprobado que el equipo puede ser operado mediante el control manual y automático, obteniendo óptimos resultados en ambos casos.

Se comprobó que la fuerza que el operador debe aplicar para que el mecanismo manual de activación de la pistola opere, es mínima.

Analizando los resultados obtenidos en las tablas 6.1, 6.2 y 6.3 se establece que el error obtenido en las diferentes pruebas es bajo (Figuras 6.1, 6.2 y 6.3).

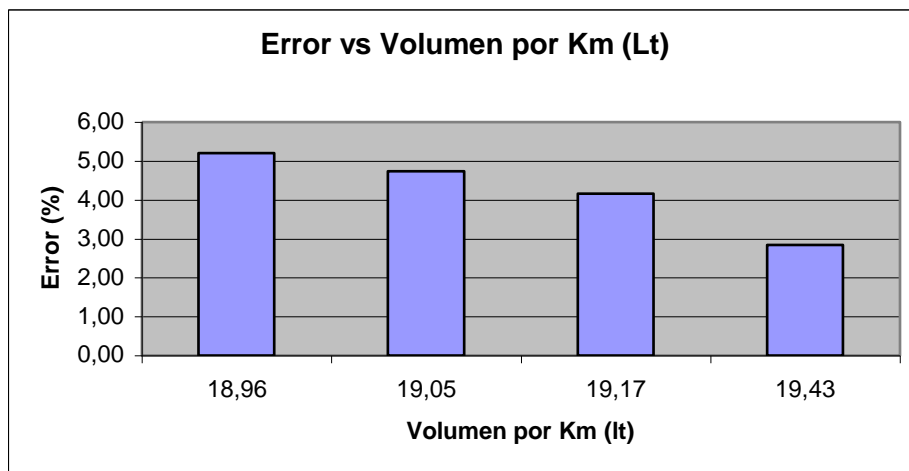


Figura 6.1. Error porcentual Volumen por Km

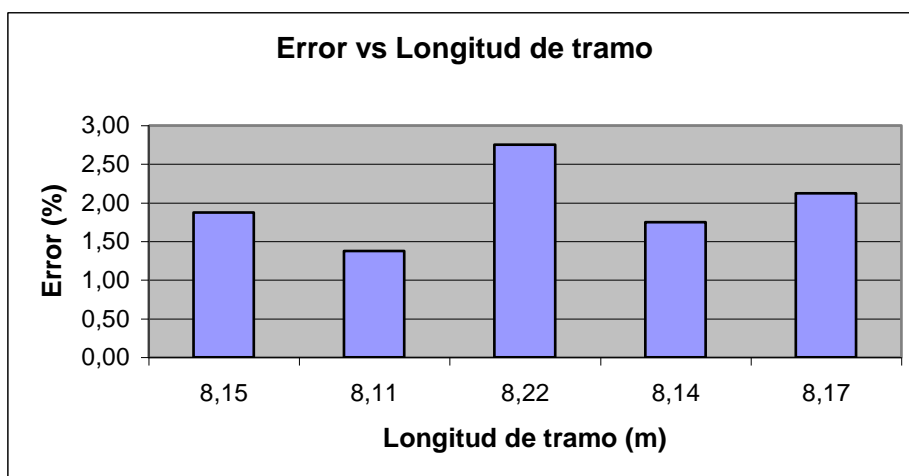


Figura 6.2. Error porcentual longitud de línea en tramos

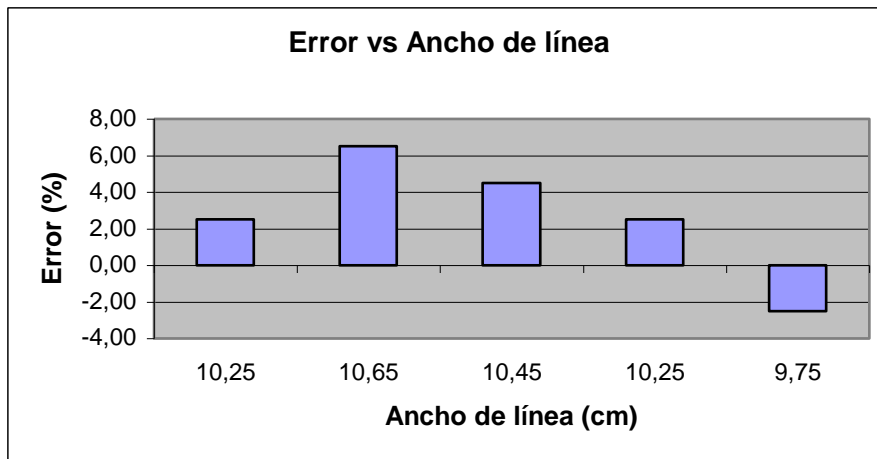


Figura 6.3. Error porcentual ancho de línea en tramos

Según las pruebas realizadas se puede concluir que el equipo construido para la demarcación de líneas se encuentra funcionando correctamente de acuerdo a los objetivos trazados, para la construcción de la misma.

CAPITULO 7

EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Una vez finalizada la etapa de diseño, construcción, prueba del proyecto y habiendo concluido que se tiene un mercado potencialmente que cubrir así como tecnológicamente no existe impedimento para llevar a cabo el proyecto, se debe realizar un estudio y evaluación económica.

2.10 ESTUDIO ECONÓMICO

El estudio económico pretende determinar cual es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuales serán sus costos de operación y mantenimiento, así como otra serie de indicadores que servirán de base para la parte final del proyecto que es su evaluación económica.

2.10.1 INVERSIÓN

2.10.1.1 Costos directos

Tabla 7.1 Adquisición de materiales y equipos

Cant.	Unid.	Descripción	USD	USD
			Valor unit.	Valor tot.
1	u	Generador Coleman 2500W	510,00	510,00
1	u	Airless Sprayer Campbell Hausfeld 0.6 gpm	700,00	700,00
1	u	Tubo de acero rectangular 2x1"x1,1 mm	13,03	13,03
1	u	Tubo de acero cuadrado 1" x 1.1 mm	8,59	8,59
1	m	Tubo de acero cuadrado 1 1/4"x1,5 mm	1,57	1,57
2,5	m	Varilla de acero SAE 1018 5/16 plg	2,50	6,24
1	u	Tubo de acero inoxidable 7/8"x70 cm.	5,00	5,00
2	m	Varilla de acero SAE 1018 5/8 plg	2,00	4,00
1	u	Rueda inflable 4x2,5"	5,70	5,70
2	u	Llanta inflables 16x4,5" – 8	15,20	30,40
1	u	Rueda giratoria 200	6,30	6,30
1	gl	Desoxidante	5,54	5,54

Tabla 7.1 Adquisición de materiales y equipos (continuación)

1	u	Doble nuez USA	4,23	4,23
1	u	Doble nuez COLOMBIA	8,40	8,40
1	u	Engrane de hierro fundido 140 dientes	3,50	3,50
2	u	Anillo de seguridad exterior 10 mm	0,10	0,20
1	u	Anillo de seguridad exterior 8 mm	0,10	0,10
1	u	Anillo de seguridad exterior 6 mm	0,05	0,05
12	u	Perno M6x40	0,02	0,23
4	u	Perno 5/16 grueso x 1 plg	0,04	0,16
1	u	Perno 5/16 fino x 3 plg	0,26	0,26
2	u	Perno 5/16 fino x 1 1/2 plg	0,07	0,14
1	u	Perno 5/16 fino x 4 plg	0,18	0,18
2	u	Perno MM RG 5x0.8x30	0,06	0,11
4	u	Perno MM RG 6x1x30	0,07	0,27
4	u	Perno MM RG 6x1x70	0,34	1,34
4	u	Perno MM RG 8x1.25x80	0,25	0,99
3	u	Perno MM RG 8x1.25x60	0,22	0,67
1	u	Perno MM RG 8x1.25x100	0,34	0,34
1	u	Perno Allen MM 5x0.80x10	0,09	0,09
1	u	Perno Allen MM 4x0.70x12	0,09	0,09
3	u	Tornillo cabeza plana topesa 3/8x21/2"	0,20	0,60
6	u	Tuerca MM paso normal 8x1.25	0,04	0,27
9	u	Tuerca MM paso normal 6x1	0,02	0,20
3	u	Tuerca RF 3/8"	0,05	0,15
2	u	Tuerca RF 5/16"	0,07	0,14
1	u	Tuerca RG 5/16"	0,04	0,04
12	u	Tuerca M6	0,01	0,07
1	u	Tuerca mariposa 3/16"	0,10	0,10
20	u	Arandela plana 1/4 fina	0,01	0,16
16	u	Arandela plana 5/16 fina	0,01	0,16
9	u	Arandela de presión SAE 5/16"	0,01	0,10
1	u	Arandela de presión SAE 1/2"	0,06	0,06
2	u	Arandela de presión SAE 3/16"	0,01	0,02
28	u	Arandela de presión SAE 1/4"	0,01	0,31
2	u	Chumaceras de pie SOGA 5/16	8,05	16,11
2	u	Rodamientos RI 3/8 2RS	2,50	5,00
1	u	Rodamientos RE 16 mm	2,50	2,50
1	u	Resorte	1,00	1,00
2	u	Llaves hexagonales 3 mm	0,14	0,28
2	u	Tapones de caucho 1"	0,22	0,44
2	u	Tapones de caucho 1 1/4"	0,24	0,48

Tabla 7.1 Adquisición de materiales y equipos (continuación)

1	u	Tapones de caucho 1 1/2"	0,26	0,26
1	u	Plancha de grilon D 100 mm x 23 mm	7,00	7,00
3	u	Llave plástica 3/8"	0,43	1,29
2	u	Manija de accionamiento manual	0,50	1,00
2	u	Agarradera espuma polietileno	1,00	2,00
1,5	m	Cable acero para bicicleta	0,50	0,75
2,2	m	Cable acero para motocicleta	0,60	1,32
1,2	m	Funda para cable de bicicleta	0,70	0,84
2	m	Funda para cable de motocicleta	0,80	1,60
0,5	Kg.	Electrodos 6011 3/32	3,36	1,68
2	u	Bisagras 3/8 para soldar	0,20	0,40
2	u	Aldabas 1"	0,30	0,60
1	u	Sierra DISTON grano grueso	1,10	1,10
1	u	Sierra SANFLEX grano fino	1,30	1,30
2	u	Graseros 6 mm AM6	0,17	0,34
2	u	Prisioneros 5/32	0,15	0,29
3	u	Prisioneros 3/16	0,15	0,44
9	u	Prisioneros ¼	0,15	1,31
1	u	Pinturas	18,42	18,42
1	u	Tanque para pintura	1,80	1,80
3	gl	Tinner	3,90	11,69
1	u	Lija N100	0,50	0,50
1	u	Lija N80	0,45	0,45
			SUBT. 1	1402,29

Tabla 7.2 Mano de obra

		USD
Cant	Posición	Valor
2	Diseñadores	800
1	Mecánico	300
1	Pintor	40
2	Cerrajeros	15
SUBTOTAL 2		1155

Tabla 7.3 Trabajos especiales

		USD
Cant.	Descripción	Valor
	Varias piezas (tensores, guía, abrazaderas y puntero)	20,00
1	Caja para reductor	20,00
1	Piñón 21 dientes modulo 1,25 de acero SAE 1018	21,00
1	Leva	5,00
SUBTOTAL 3		66,00

Tabla 7.4 Otros costos directos

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	gl	Gasolina	1,48	1,48
1	lt	Aceite	2,75	2,75
0,1	m ³	Agua	1,00	0,10
SUBTOTAL 4				4,33

2.10.1.2 Costos indirectos

Tabla 7.5 Costos indirectos

		USD
Descripción		Valor
Materiales de apoyo logístico		80
Útiles de oficina		60
Internet (6 meses)		84
Servicios básicos (eléctricos, agua potable, teléfono, otros por 6 meses)		130
Otros gastos de operación		50
SUBTOTAL 5		404
TOTAL INVERSIÓN		3031,62

El total de la inversión para construir la “Máquina Trazadora de Líneas SV 813” es de \$ 3031.62.

A continuación se realizará un análisis económico para una empresa que se dedique a la demarcación y pintado con la “Máquina Trazadora de Líneas SV 813”, para lo cual se analizarán las inversiones necesarias, los ingresos por ventas, los costos de operación, los gastos y depreciaciones para finalmente obtener los indicadores económicos TIR y VAN.

La empresa de demarcación y pintado alquilará un local para oficinas y bodega, adquirirá una camioneta para transportar la equipo de pintado y los insumos necesarios para el trabajo, en la Tabla 7.6 se indica el valor total de la inversión.

Tabla 7.6 Inversión total para la empresa

	USD
Descripción	Valor
Máquina Trazadora de Líneas SV 813	3031,62
Camioneta	12000,00
TOTAL INVERSIÓN	15031,62

2.10.2 DEPRECIACIÓN

La depreciación fue calculada utilizando el método de línea recta con una vida útil indicada y su respectivo valor de rescate.

Tabla 7.7 Depreciación

	AÑOS	USD
Descripción	Vida útil	Valor anual
Generador Coleman 2500W	7	72,86
Airless sprayer Campbell Hausfeld 0.6 gpm	5	140,00
Llantas	5	7,22
Estructura y resto de componentes	10	15,56
Camioneta	10	1200,00
	TOTAL	1435,64
	MENSUAL	119,64
	POR m²	0,0598

2.10.3 COSTOS DE MANTENIMIENTO

A continuación se detallan los costos de mantenimiento que requiere cada máquina para su correcto funcionamiento.

2.10.3.1 Sistema Airless

Tabla 7.8 Sistema Airless cada 25 gl rociados

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	u	Filtro de succión		6,69
1	u	Filtro de la pistola		11,18
SUBTOTAL 1				17,87

Tabla 7.9 Sistema Airless cada 20-75 gl rociados

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	u	Boquilla	33,45	33,45
SUBTOTAL 2				33,45

Tabla 7.10 Sistema Airless cada 250 gl rociados

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	u	Válvula de entrada	57,85	57,85
1	u	Válvula de salida	52,88	52,88
SUBTOTAL 3				110,73

Tabla 7.11 Sistema Airless cada 1000 gl rociados

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	u	Válvula "Prime/Spray"	33,78	33,78
1	u	Válvula de botón	21,54	21,54
1	u	Diafragma	38,70	38,70
SUBTOTAL 4				94,02

Tabla 7.12 Sistema Airless cada 2000 gl rociados

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	u	Aceite protector	11,46	11,46
			SUBTOTAL 5	11,46

Costo por galón rociado	1,93
Costo por m² rociado	0,10

2.10.3.2 Generador eléctrico

Tabla 7.13 Generador eléctrico cada 1000 horas

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor unitario	Valor total
2	u	Escobillas	1,60	3,20
			SUBTOTAL 1	3,20

Tabla 7.14 Motor cada 50 horas o cada estación

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor galón	Valor total
1	lt	Aceite	9,20	2,37
			SUBTOTAL 2	2,37

Tabla 7.15 Motor cada 100 horas o cada estación

			USD	USD
Cant.	Unid.	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	u	Bujía	2,00	2,00
			SUBTOTAL 3	2,00

Costo por hora de funcionamiento	0,07
Costo por m² rociado	0,02

2.10.3.3 Otros

Tabla 7.16 Otros

Cant	Unid	Frecuencia (semanas)	Descripción	Valor USD	
				Unitario	Mensual
0,05	lb.	1	Grasa cojinete	0,5	0,10
1	lt	24	Aceite para partes móviles	2,37	0,40
1	u	96	Trabajo de pintura	80	3,33
1	u	8	Camioneta	45	22,50
				SUBTOTAL 9	3,83
				POR M²	1,914E-03
TOTAL MANTENIMIENTO POR M²					0,12734

2.10.4 COSTOS DE OPERACIÓN

En el mercado ecuatoriano se cotizan los trabajos de demarcación de vías en m² de pavimento pintado, por lo que se estimará los costos de producción en m². Se estima que la máquina pinte un promedio de 2.000 m² por mes.

2.10.4.1 Costos directos

Tabla 7.17 Materiales

Cant.	Unid.	Descripción	USD	USD	USD
			Valor U	Valor por Km.	Valor por m ²
20,0	lt	Pintura	3,92	78,400	0,784
1,6	gl	Tinner	3,90	6,253	0,063
0,2	lt	Combustible	0,38	0,075	0,001
				SUBTOTAL 1	0,847

Tabla 7.18 Mano de obra

Cant	Posición	Horas-H	USD	USD	USD
			Valor H-H	Valor por Km.	Valor por m ²
1	Operario	2	3,25	6,50	0,0650
				SUBTOTAL2	0,0650
				TOTAL	0,9123

2.10.4.2 Costos indirectos

Tabla 7.19 Costos indirectos

	USD	USD
Descripción	Valor mensual	Valor por m ²
Chofer	250,00	0,1250
Combustible	73,00	0,0365
	SUBTOTAL2	0,2365

2.10.4.3 Gastos

Tabla 7.20 Gastos generales

	USD	USD
Descripción	Valor mensual	Valor por m ²
Arriendo	150	0,075
Administración	350,00	0,1750
Luz, agua y teléfono	35,00	0,0175
Ventas y publicidad	100,00	0,0500
	SUBTOTAL2	0,3175

Tabla 7.21 Costo de operación por m² de demarcación

Por m ² de demarcación	USD	
Descripción	Valor	
Costos directos	0,9123	
Costos indirectos.	0,2365	
Gastos	0,3175	
Costos de mantenimiento	0,1273	
Depreciaciones	0,0598	
	TOTAL	1,5784
	MENSUAL	3156,87

2.11 EVALUACIÓN ECONÓMICA

2.11.1 ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

Como se expuso anteriormente en el mercado ecuatoriano se facturan los trabajos de demarcación sobre pavimentos en m². Al realizar un breve sondeo sobre los costos que algunas empresas cobran por brindar sus servicios, se encontró que la empresa que menos cobra por realizar esta labor lo hace a un costo de \$2,00 por metro cuadrado de señalización pintada.

Con el fin de conseguir mercado para este tipo de trabajo se realizaría una propuesta tomando en cuenta el servicio y costo atractivo para los posibles clientes a un valor de \$1,75 el metro cuadrado.

Tabla 7.22 Estado de pérdidas y ganancias

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
M² Pintados	24000,00	26400,00	29040,00	31944,00	35138,40
Costo del M² pintado	1,75	1,75	1,84	1,93	2,03
Ingresos por ventas	42000,00	46200,00	53361,00	61631,96	71184,91

Costos directos					
Materiales de producción	20316,62	24136,14	26549,76	29204,73	32125,21
Mano de obra directa	1560,00	1853,28	2038,61	2242,47	2466,72
Combustible	17,99	21,38	23,52	25,87	28,45
Sumatoria	21894,61	26010,80	28611,88	31473,07	34620,38

Costos indirectos					
Mano de obra indirecta	3000,00	3240,00	3499,20	3779,14	4081,47
Mantenimiento	3056,23	3361,85	3698,03	4067,84	4474,62
Combustible	876,00	1040,69	1144,76	1259,23	1385,16
Depreciaciones	1435,64	1435,64	1435,64	1435,64	1435,64
Sumatoria	8367,86	9078,17	9777,63	10541,84	11376,88

Costos de operación	30262,48	35088,97	38389,51	42014,91	45997,26
----------------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Gastos					
Arriendo	1800,00	1944,00	2099,52	2267,48	2448,88
Luz, agua y teléfono	420,00	453,60	489,89	529,08	571,41
Gastos administrativos	4200,00	4536,00	4898,88	5290,79	5714,05
Gastos de ventas	1200,00	1296,00	1399,68	1511,65	1632,59
Sumatoria	7620,00	8229,60	8887,97	9599,01	10366,93

Tabla 7.22 Estado de pérdidas y ganancias (continuación)

C O N C E P T O	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por ventas	42000,00	46200,00	53361,00	61631,96	71184,91
Costos de producción	30262,48	35088,97	38389,51	42014,91	45997,26
Utilidad marginal	11737,52	11111,03	14971,49	19617,04	25187,65
Gastos	7620,00	8229,60	8887,97	9599,01	10366,93
Utilidad bruta	4117,52	2881,43	6083,52	10018,04	14820,73
Impuesto a la renta 25%	1029,38	720,36	1520,88	2504,51	3705,18
Utilidades empleados 15%	617,63	432,21	912,53	1502,71	2223,11
Utilidad neta	2470,51	1728,86	3650,11	6010,82	8892,44
Depreciaciones	1435,64	1435,64	1435,64	1435,64	1435,64
Flujo de caja	3906,15	3164,49	5085,75	7446,46	10328,07
Inversión inicial	15031,62			Valor venta	7853,44
Flujo neto operacional	-11125,47	3164,49	5085,75	7446,46	18181,51
Flujo acumulado	-11125,47	-7960,98	-2875,23	4571,23	22752,74
TIR (para 5 años)					45%
VAN (después de 5 años al 8% anual)					\$ 14.296,31

Siendo la tasa interna de retorno (TIR) 45% mayor a la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) de 12%, y siendo el VAN \$14296.31, el proyecto es económicamente rentable.

La inversión total aproximada para la construcción de la “Máquina Trazadora de Líneas” es de \$3031,62. Una máquina de similares características (GRACO Line Lazer 3000)¹ se la comercializa en los Estados Unidos a un valor de \$3.100,00, y en el mercado ecuatoriano se la encuentra a un valor aproximado de \$8.000,00.

En ambos casos el costo de la máquina es menor tomando en cuenta que la máquina fue construida como un prototipo lo que aumento su costo, el cual disminuiría si la máquina se la construiría en serie.

1 Fuente: <http://www.graco.com>

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- 8.1.1 Al término del proyecto se han cumplido con los objetivos propuestos de diseñar y construir una máquina trazadora de líneas continuas y alternadas para señalización de vías asfaltadas, que cumple con los parámetros de diseño establecidos y las normas de señalización vial del país.
- 8.1.2 En nuestro país existen personas capacitadas para la investigación y desarrollo de productos que con el respaldo de entidades publicas o privadas, se evitaría la adquisición de maquinaria de origen extranjero. El costo de la “Máquina Trazadora de Líneas SV 813” es de \$3031,62, el cual es muy inferior al precio de la “Graco Line Lazer 3000” de \$8000, que se comercializa en el país.
- 8.1.3 Se elaboró un manual en el cuál constan procedimientos de operación y mantenimiento para el adecuado manejo y mantenimiento de cada uno de los componentes de la “Máquina Trazadora de líneas SV 813”.
- 8.1.4 La capacidad de rociado del sistema airless de 0.6 gpm permite realizar los trabajos de demarcado de líneas a una velocidad de 3 Km/h, teniendo con esto un considerable ahorro de tiempo.
- 8.1.5 Las líneas que pinta el equipo son satisfactorias y cumplen con las expectativas de calidad de pulverización del sistema airless así como de la pistola rociadora, ya que la pintura es rociada uniformemente a lo largo y ancho de la línea y no se presentan salpicaduras ni difuminados.

8.2. RECOMENDACIONES

- 8.2.1 Para una adecuada operación de la máquina el operario debe, antes de poner en funcionamiento la misma, leer detenidamente las instrucciones y recomendaciones que se indican en el “Manual de Operación de la Máquina Trazadora de Líneas SV 813”, a fin de que el operario se familiarice con cada uno de los procedimientos a seguirse y las partes que conforman el equipo, para el equipo opere dentro de sus parámetros de diseño.
- 8.2.2 Se recomienda el uso de materiales alternativos para la construcción de cierto tipo de elementos de máquinas, materiales livianos y de larga duración y que a la vez sean fáciles de maquinar, con lo que se lograría abaratar costos y ganar tiempo en la fabricación de maquinaria.
- 8.2.3 Para lograr que la maquinaria de fabricación nacional sea competitiva a nivel mundial se deben seguir normas tanto durante su concepción como durante su construcción, para que esta pueda ser comercializada también en el exterior.
- 8.2.4 Seguir las recomendaciones de mantenimiento del equipo de demarcación, así como utilizar insumos adecuados para la señalización de vías alarga la vida útil de la demarcación así como la del equipo de señalización.
- 8.2.5 La investigación y la natural curiosidad del ser humano pueden aportar mejoras al mundo en que vivimos, por lo que se recomienda que las instituciones públicas y privadas; así como las universidades y personas naturales impulsen e incentiven a los profesionales a la investigación y desarrollo de tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Manual on uniform traffic control devices for streets and highways (Manual de dispositivos de control de tráfico uniforme para calles y carreteras). Federal Highway Administration. ed. 2003.
- INEN. Código de prácticas para señalización de vías. INEN-CP16-1.1994
- MOP. Marcas permanentes de pavimento. Especificación 705.1990.
- MOP. Pinturas para señalización del tránsito. Especificación 826.4. 1990.
- LARBURU, N Máquinas Prontuario. 10a. Ed. España. Paraninfo. 1998.
- SHIGLEY, JE Y MISCKE C. Diseño en ingeniería mecánica. Traducido del inglés por Mc Graw-Hill. Inc. 5ta ed. México. Mc Graw-Hill. 1999. 884 p.
- NORTON, R. Diseño de elementos de máquinas. Traducido del inglés por Gabriel Sánchez. Primera ed. México. Prentice may. 1995. 780 p.
- ROBERT L. MOTT. Diseño de Elementos de Máquinas. Prentice may, 1995.
- GIECK. Manual de fórmulas técnicas. 19ª edición. México DF Alfaomega. 1993.
- NSK. Catálogo de Rodamientos.
- IVAN BOHMAN C.A. Catalogo de Aceros. Ecuador 2000.
- PRESSISO. Catalogo de Ángulos perfiles y tubos. Novacero Aceropaxi Ecuador 2001.

PAGINAS WEB

- <http://www.chpower.com>
- <http://www.ahsprovia.de>
- <http://www.colemanpowermate.com>
- <http://www.trafficlab.utah.edu>
- <http://www.dbiservices.com>
- <http://www.truscomfg.com>
- <http://www.www.spraytechinc.com>
- <http://www.paint-airless.com>

ANEXO E

FOTOS

ANEXOS

10. MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

Para una mayor vida útil del equipo es necesario que se sigan con los pasos y recomendaciones que a continuación se mencionan antes de poner en funcionamiento el equipo:

1. Comprobar que todos los elementos que conforman el equipo se encuentren bien ajustados y en correcta posición.
2. Cargar combustible en el generador.
3. Encender y calentar el generador por 5 min. En su primera encendida antes de colocar cualquier carga.
4. Antes de encender el sistema airless se deben de realizar lo siguientes pasos, utilizando primero algún tipo de solvente:
 - a) Girar el control de presión totalmente en sentido contrario a las manecillas del reloj.
 - b) Colocar el interruptor de encender en ON.
 - c) Colocar el control prime / spray en prime.
 - d) Oprimir el botón Outlet tres veces para cerciorarse de que la válvula de salida este funcionando correctamente.
 - e) Retirar el sistema de succión de la tapa de la válvula de entrada y con el dedo índice oprima el vástago para comprobar su correcto funcionamiento.
 - f) Vuelva a conectar el sistema de succión y luego sumerja este y el de desvío en el tanque de solvente.
 - g) Luego de realizados estos pasos estamos casi listos para comenzar a hacer funcionar la bomba; así que giramos el control de presión totalmente en el sentido de las agujas del reloj, hasta alcanzar la posición High Pressure, y en este momento podemos notar que el solvente comienza a circular por el tubo de succión.

- h) Dejamos que el solvente circule por 1 minuto para permitir de este modo que todo el aire salga de la bomba.
- i) Colocamos el control prime / spray, en spray y la boquilla de la pistola en la posición de limpieza, apuntamos la pistola hacia un envase vacío y presionamos el gatillo.
- j) Después de esto se reemplaza el solvente por pintura y se repiten los pasos anteriores, cuando notemos que empieza a salir solo pintura, coloque la boquilla en spray y estamos listos para pintar.

NOTA: Cuele y diluya la pintura antes de usarla, debido que todas las pinturas tienen partículas que podrían obstruir el filtro o la boquilla; así también se deben quitar las costras que se forman al exponer la pintura al aire.

En caso de diluir la pintura siga las recomendaciones del fabricante para diluir esta.

5. Colocar una caneca de pintura para tráfico mezclada y filtrada en su lugar correspondiente en el equipo y ajustar sus soportes.
6. Se recomienda que al momento de agotarse el combustible del generador y volver a cargarse este, se lo deje unos dos minutos antes de conectarle cualquier tipo de carga.
7. Siempre sostenga la pistola perpendicularmente a la superficie con la boquilla a unos 30.5 cm, de la superficie, si la sostiene con un ángulo de arriba hacia abajo o de lado habrá desperdicio de pintura y el acabado no será de primera.
8. Para lograr un buen acabado mantenga la pistola a una velocidad uniforme y no abanique esta; esto se lo realiza al momento de pintar los pasos peatonales.
9. Para obtener un acabado parejo y evitar la acumulación excesiva de pintura, comience a mover la pistola antes de oprimir el gatillo.
10. Si está rociando y decide parar por unos minutos, póngale el seguro al gatillo y sumerja la boquilla en un envase con el solvente adecuado, para evitar que la pintura se endurezca.

Al momento de darle servicio o descansar se deben tener presente las siguientes indicaciones:

11. Coloque el control de prime / spray en prime.
12. Coloque el control de presión en low pressure.
13. Ponga el interruptor en OFF.
14. Apunte la pistola hacia un área donde no haya peligro y oprima el gatillo.
15. El hecho de apagar el motor de la bomba no liberará la presión del sistema.

ADVERTENCIAS:

16. Nunca apunte la pistola ni rocíe hacia usted u otras personas ya que podría ocasionarle heridas de gravedad.
17. Nunca rocíe materiales inflamables cerca de llamas al descubierto o fuentes de ignición. Los motores, equipos eléctricos y controles podrían ocasionar arcos eléctricos que provocarían la explosión de gases o vapores inflamables.
18. Nunca almacene líquidos o gases inflamables cerca de la unidad.
19. Nunca rocíe ácidos, materiales corrosivos, químicos tóxicos, fertilizantes o pesticidas. Si utiliza estos materiales podrían ocasionarle la muerte o heridas de gravedad.
20. Mantenga las mangueras alejadas de objetos afilados.