



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA EN TRANSPORTES

TESIS

PREVIO AL TITULO DE MAGISTER EN INGENIERIA DEL TRANSPORTE

TEMA: PROPUESTA PARA EVALUAR EL NIVEL DE SEGURIDAD EN CRUCES FERROVIARIOS A NIVEL.

PRESENTADO POR: ING CARLOS ORLANDO CABASCANGO LASCANO

DIRECTOR DE TESIS: ING. FREDI PAREDES

QUITO, DICIEMBRE 2013



## **AGRADECIMIENTO:**

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a la plana docente y administrativa de la Facultad de Ingeniería, especialmente de la Maestría en Transportes, por la atención y apoyo recibido.

A mi esposa e hijos quienes han sido la inspiración para llegar al cumplimiento de mis metas trazadas.



## CONTENIDO

CAPITULO 1 .....	1
<b>1. INTRODUCCION Y REVISION LITERATURA SOBRE CRUCES A NIVEL Y NORMATIVA EXISTENTE. ....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACION. ....	1
1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA. ....	2
1.3. OPERACIÓN Y SEGURIDAD EN LOS CRUCES A NIVEL .....	4
1.4. LEGISLACIÓN EXISTENTE EN ECUADOR SOBRE CRUCES A NIVEL. ....	5
CAPITULO 2 .....	8
<b>2. PROTECCION DE CRUCES A NIVEL Y SUS DISPOSITIVOS. ....</b>	<b>8</b>
2.1. PROTECCION PASIVA. ....	8
2.2. PROTECCION ACTIVA. ....	13
2.2.1 DISPOSITIVOS SONORO-LUMINOSOS. ....	13
2.2.2 BARRERAS .....	14
CAPITULO 3 .....	16
<b>3. PROPUESTA METODOLÓGICA .....</b>	<b>16</b>
3.1. FACTORES DE RIESGO .....	18
3.1.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD. ....	18
3.1.1.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA ( $D_{vp}$ ) .....	19
3.1.1.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA TOTAL ( $D_h$ ) .....	19
3.1.1.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA ( $D_t$ ) .....	20
3.1.1.3 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE ( $D_{tc}$ ) .....	21
3.1.1.4 TRIANGULO DE VISIBILIDAD .....	22
3.1.2 GRADIENTE DEL CAMINO .....	23
3.1.3 ANGULO DE CRUCE DEL CAMINO .....	24
3.1.4 CAMINOS LATERALES .....	24
3.1.6 VELOCIDAD EN EL CAMINO. ....	25
3.1.8 RESPLANDOR DE LA LUZ SOLAR. ....	26
3.1.9 NUMERO DE CARRILES. ....	26
3.1.10 SUPERFICIE DE RODAMIENTO. ....	27
3.2. RECOLECCION DE DATOS. ....	27
3.3. ÍNDICE DE PELIGROSIDAD. ....	28



3.4. EVALUACION DE CRUCES A NIVEL.....	31
CAPITULO 4.....	33
4. CASO DE ESTUDIO.....	33
4.1. OBTENCION DE VOLUMENES DE TRÁFICO.....	33
4.2. LEVANTAMIENTO DE DETALLES FISICOS DE LOS CRUCES A NIVEL. 35	
4.3. ANÁLISIS DE DATOS Y OBTENCION DE RESULTADOS.....	35
CAPITULO 5.....	38
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1. PROPUESTA NORMATIVA BASICA.....	38
5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
ANEXO 1.....	47
HOJAS DE CAMPO DE LA INSPECCION DE CRUCES.....	47
ANEXO 2.....	54
LEVANTAMIENTOS PLANIALTIMETRICOS.....	54
BIBLIOGRAFIA.....	58

## TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 SEÑAL INEN P2 18.....	9
ILUSTRACIÓN 2 SEÑAL INEN P2 19.....	10
ILUSTRACIÓN 3 SEÑAL INEN R4-1 (NO ESTACIONAR)	10
ILUSTRACIÓN 4 SEÑAL INEN R5-1	
ILUSTRACIÓN 5 SEÑAL INEN 2 20.....	11
ILUSTRACIÓN 6 LINEA DE PARE EN CRUCE CON DISPOSITIVOS ACTIVOS..	11
ILUSTRACIÓN 7 LINEA DE CEDA EL PASO EN CRUCES CON DISPOSITIVOS PASIVOS.....	12
ILUSTRACIÓN 8 SEÑAL HORIZONTAL DE CRUCE DE FERROCARRIL.....	12
ILUSTRACIÓN 9 UBICACION DE LA SEÑAL HORIZONTAL DE CRUCE DE FERROCARRIL.....	13
<b>ILUSTRACIÓN 10 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE</b> .....	<b>22</b>
ILUSTRACIÓN 11 TRIANGULO DE VISIBILIDAD.....	23
ILUSTRACIÓN 12 GEOMETRIA DE UN CRUCE A NIVEL AASHTO.....	28



## **TABLA DE CUADROS**

CUADRO 1 TASA DE VICTIMAS EN ACCIDENTES FERROVIARIOS EN CRUCES A NIVEL .....	4
CUADRO 2: VALORES BI.....	30
CUADRO 3: CATEGORIZACION DE LOS CRUCES POR SU INDICE DE PELIGROSIDAD.....	31
CUADRO 4: VOLUMENES DE TRAFICO.....	34
CUADRO 5: DETALLES FISICOS DE CRUCES ANALIZADOS .....	35
CUADRO 6: DISTANCIAS DEL TRIANGULO DE VISIBILIDAD.....	36
CUADRO 7: INDICE DE PELIGROSIDAD DE LOS CRUCES ANALIZADOS .....	37

## **TABLA DE ECUACIONES**

ECUACIÓN 1: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA TOTAL .....	19
ECUACIÓN 2: DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA .....	20
ECUACIÓN 3: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE .....	21
ECUACIÓN 4: INDICE DE PELIGROSIDAD .....	29

## **TABLA DE GRAFICOS**

GRAFICO 1: PORCENTAJE DE MORTALIDAD EN ACCIDENTES FERROVIARIOS POR TIPO .....	2
----------------------------------------------------------------------------------	---



## **CAPITULO 1**

### **1. INTRODUCCION Y REVISION LITERATURA SOBRE CRUCES A NIVEL Y NORMATIVA EXISTENTE.**

#### **1.1. OBJETIVO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACION.**

El Objetivo general de la presente investigación, como parte de la tesis previo al título de magister en ingeniería del transporte, es el de proponer y adoptar una metodología o procedimiento y normativas básicas, que permitan evaluar los niveles de seguridad y la regulación del uso e implementación de los cruces a nivel, en base de experiencias utilizadas a nivel latinoamericano.

El paso a nivel está definido como un punto de la red ferroviaria en el cual se produce un cruce a un mismo nivel con una carretera. Estos pasos a nivel son universalmente considerados como puntos débiles en términos de seguridad ferroviaria, ya que, a diferencia de la mayoría de otras partes de la red ferroviaria, la operación segura de los pasos a nivel depende en gran medida del comportamiento correcto de los usuarios de las carreteras.

A lo largo de la red ferroviaria Ecuatoriana, se presentan cruces a nivel con arterias viales, de éstos los de mayor incidencia son los que se encuentran con la red vial estatal, por lo que se ha propuesto que el ámbito del presente documento se ocupe de aquellos cruces formados

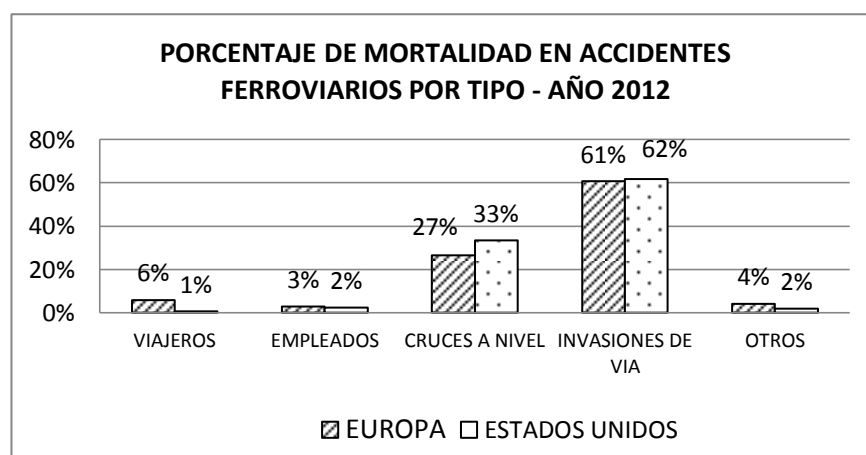


en esta red vial, en el tramo Quito-Latacunga, corredor ferroviario que al momento se halla en operación y que está destinado especialmente al turismo.

## 1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

Las carreteras en el Ecuador fueron construidas con posterioridad a la red ferroviaria y se han diseñado para que estas se crucen a nivel, evitando probablemente los altos costos de construcción que demandaba considerar pasos elevados o deprimidos para uno de los sistemas.

Conforme se ha desarrollado la red vial han ido apareciendo cada vez más cruces a nivel y conforme se incrementan los volúmenes de tráfico que circulan tanto en la red vial como en el sistema ferroviario, se incrementa también los riesgos de que se produzcan accidentes en estos sitios.



FUENTE: FRA, ERA

GRAFICO 1 PORCENTAJE DE MORTALIDAD EN ACCIDENTES FERROVIARIOS POR TIPO



De la totalidad de los accidentes ferroviarios, los que ocurren en los cruces a nivel constituyen uno de los factores de mayor contribución a los problemas de mortalidad, en los países donde el sistema ferroviario se halla en desarrollo y en total operación, siendo cientos de víctimas mortales cada año que forman parte de las estadísticas que se registran en las oficinas de regulación del transporte ferroviario como la Norte Americana Federal Railroad Administration (FRA), la European Railway Agency (ERA) y empresas administradoras de los diferentes sistemas ferroviarios, dando cuenta de la problemática existente a nivel mundial en los cruces a nivel; por ejemplo en Estados Unidos para el año 2012 se registró 1967 colisiones en cruces a nivel de las cuales como consecuencia 233 personas murieron y 939 heridos de consideración; en la Unión Europea para el año 2011 se producen unos 1.200 accidentes en pasos a nivel que se saldaron con más de 330 víctimas mortales; en Latinoamérica no es la excepción y en el caso de Chile se producen un promedio de 40 colisiones anuales y 20 muertes, en Argentina se producen 30 accidentes anuales con un promedio anual de 58 muertes, etc.

En el caso ecuatoriano si bien no ha sido aún un factor serio en comparación con otros países; sin embargo no deja de ser un problema que debe ser necesariamente analizado y considerado tanto desde el punto de vista legislativo como desde el aspecto técnico, especialmente cuando se tiene la alta probabilidad de pérdida de vidas humanas, que dejan los accidentes ferroviarios en los cruces a nivel.



PAIS/REGION	MILLON TRENES.KM	FALLECIDOS	HERIDOS	VICTIMAS/MILLON TRENES.KM
USA	1.150,00	233	939	1,02
REINO UNIDO	349,00	10	32	0,12
AUSTRALIA	363,00	38	432	1,29
CHILE	10,00	20	85	10,50
ECUADOR	0,34	1	2	8,95
UNION EUROPEA	3.250,00	330	336	0,20
CANADA	142,28	28	48	0,53

DATOS: PROMEDIO AÑOS 2011-2012, FUENTE FRA, ERA, EFE, FEPEP, SECTRA

**CUADRO 1 TASA DE VICTIMAS EN ACCIDENTES FERROVIARIOS EN CRUCES A NIVEL**

### **1.3. OPERACIÓN Y SEGURIDAD EN LOS CRUCES A NIVEL**

Los cruces ferroviarios son clasificados en cruces a nivel y cruces separados o a desnivel, siendo los primeros en los cuales las carreteras y las vías férreas atraviesan al mismo nivel y los segundos son aquellos en los cuales el cruce se produce a diferente elevación o diferente nivel generalmente mediante la utilización de pasos elevados o deprimidos.

Los cruces pueden ser clasificados como públicos cuando cruzan con calles y carreteras bajo la jurisdicción de una entidad pública como Ministerios o Consejos Provinciales o Municipios; y privados cuando cruzan con caminos usados exclusivamente para uso de sus propietarios. Estas vía privadas no son destinadas al uso público y consecuentemente no mantenidas por entidad estatal alguna.

Las medidas de seguridad en los cruces a nivel pueden tomar muchas formas que proporcionan los debidos niveles de seguridad a los usuarios, permitiendo una operación ferroviaria segura y eficiente.



Comúnmente se muestran las señales de advertencia y dispositivos que incluyen entre otros: señales anticipadas de advertencia, marcas en el pavimento, señales verticales de cruce de ferrocarril, luces intermitentes y una combinación de luces y barreras, configurando sistemas de seguridad pasivos y activos y estos a su vez son factibles de ser accionados de forma manual o automática ante la presencia de un vehículo ferroviario acercándose al sitio de cruce y accionado hasta que éste libre el mismo y se habrá la circulación del tráfico automotor.

#### **1.4. LEGISLACIÓN EXISTENTE EN ECUADOR SOBRE CRUCES A NIVEL.**

Revisada la legislación existente sobre los cruces a nivel en el territorio ecuatoriano, se puede ver que en la Ley orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica de Transporte terrestre, tránsito y seguridad vial y su Reglamento de aplicación, se considera la tipificación de contravenciones para los conductores que incumplan normas de circulación sobre cruces a nivel tal el caso de no detener el vehículo antes de cruzar una línea férrea, así como el no respeto a señales de tránsito colocada en las vías públicas, tales como: semáforos, pare, ceda el paso, cruce o preferencia de vías.

De igual manera el Instituto Nacional de Normalización INEN en su Reglamento técnico INEN-004-1:2011 e INEN-004-2:2011 de SEÑALIZACION VIAL, establece de manera general la normativa a ser



considerada en la señalización vertical y horizontal en los cruces a nivel y en la aproximación a los mismos.

En el Reglamento de Tránsito Ferroviario que rige en el Ecuador, se establece una serie de normas de precaución a ser observadas por los maquinistas en la aproximación y circulación de las unidades ferroviarias sobre los cruces a nivel tales como señales reglamentarias, restricción de velocidades, etc.

De lo observado no existe en Ecuador una reglamentación o normativa que regule el tipo de señalización a colocarse dependiendo de los múltiples factores que confluyen en el cruce a nivel ferroviario y que permita clasificarlos para lograr una optimización tanto en su implementación como en su posterior mantenimiento y actualización.

En el mundo las entidades reguladoras del sistema ferroviario se han preocupado en establecer o adoptar normativas de evaluación de cruces a nivel, tal el caso de la denominada ALCAM Australiana (Modelo de evaluación de cruces a nivel) que es una herramienta de evaluación utilizada para identificar posibles riesgos potenciales en los cruces a nivel y que permite priorizar los cruces en función de su relativo riesgo de seguridad. Se utiliza para apoyar un proceso para la toma de decisiones, tanto para los pasos a nivel en carretera así como los pasos a nivel para peatones, identificando el tratamiento a adoptar en cada cruce en función de sus factores de riesgo y sus costos.



En Estados Unidos de Norte América se, utiliza un método sistemático para la identificación de cruces a nivel que permita priorizar la necesidad de intervenir para mejorar su seguridad y/u operatividad en base de los denominados índices de riesgo, para lo cual cada estado desarrolla y adopta fórmulas que identifique mencionados índices y en base de ellos se clasifiquen los pasos a nivel. Estos se usan comúnmente para identificar cruces a nivel a ser investigados en el campo. Algunos índices de riesgo incorporan colisión historia como un factor en la fórmula de clasificación, si no, este factor debe ser considerado subjetivamente.

En general los métodos adoptados para evaluar los cruces a nivel y sus índices de riesgo o peligrosidad contemplan básicamente el denominado momento de circulación que no es sino el producto de la cantidad de vehículos que circulan por la carretera y el número de trenes que transitan por la vía férrea, en un espacio de tiempo determinado. Algunos métodos además afectan este momento de circulación con un valor numérico que representa la incidencia de factores de riesgo que influyen en la seguridad de los cruces a nivel.



## **CAPITULO 2**

### **2. PROTECCION DE CRUCES A NIVEL Y SUS DISPOSITIVOS.**

Los pasos a nivel deben ser protegidos de acuerdo a su importancia y al riesgo de accidentes que se determine en base de una metodología adecuada que tome en cuenta todos los factores de peligro que se presenten en cada cruce a nivel.

Para el efecto de protección los cruces a nivel deben estar dotados de dispositivos de control de tráfico que controlan y advierten a conductores y/o peatones que circulan o se acerca a los pasos a nivel, al riesgo al que están expuestos.

#### **2.1. PROTECCION PASIVA.**

La protección pasiva de un cruce a nivel es aquella que está conformada por un conjunto de señales fijas y marcas en el pavimento (señales verticales y horizontales) puestas en el cruce y sus proximidades y colocadas en los caminos o vías públicas, las mismas que advierten de la existencia de un cruce ferroviario y orientan el criterio del usuario para el tránsito por ellos con seguridad.

De acuerdo al Reglamento Técnico Ecuatoriano emitido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización esta protección contempla las siguientes señales verticales:

- Cruz de San Andrés o cruce de ferrocarriles (P2-18). Se utiliza en un cruce de vía férrea para indicar el sitio donde debe detenerse el vehículo. Irá acompañada con una señal complementaria de número de vías férreas.

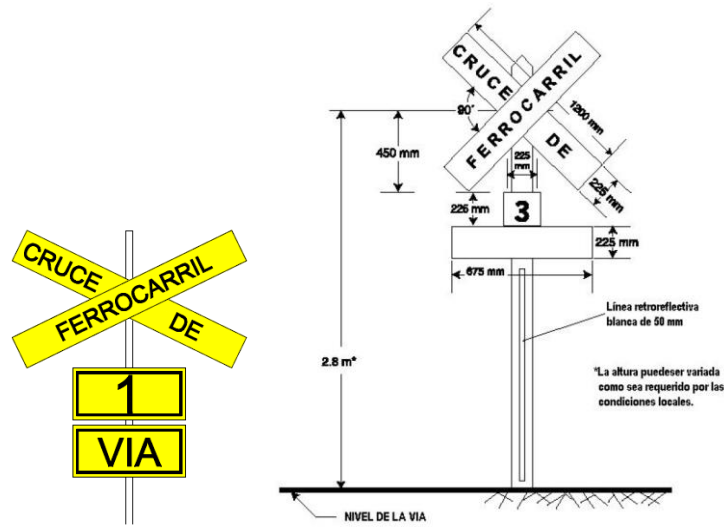


Ilustración 1 SEÑAL INEN P2 18

- Cruce de línea férrea sin barrera (P2-19). Esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de cruce con una línea férrea a nivel y sin barrera. Debe ser utilizada siempre que exista un cruce de las características mencionadas; dependiendo de la configuración geométrica de la vía, ubicación y ángulo del cruce de la línea férrea, debe utilizarse la señal correspondiente. Es recomendable acompañar con señalización complementaria de distancia, límite de velocidad, y señalización horizontal siempre que las condiciones de la vía lo permitan.

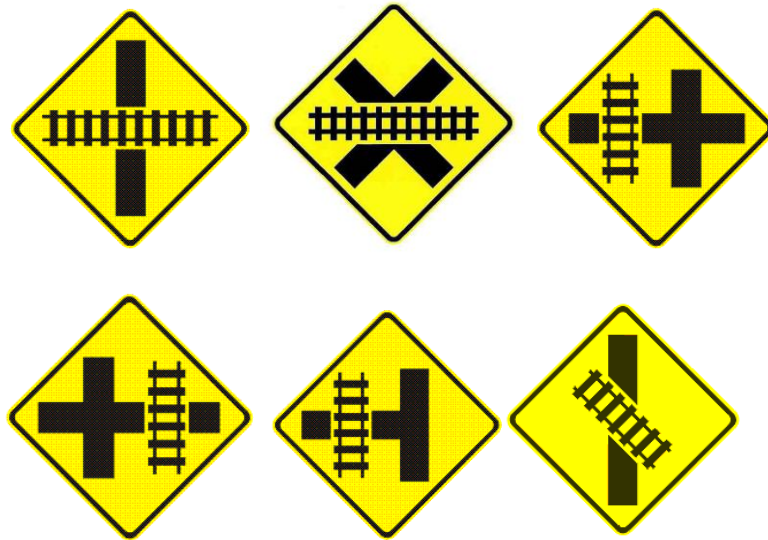


Ilustración 2 SEÑAL INEN P2 19



Ilustración 3 SEÑAL INEN R4-1



Ilustración 4 SEÑAL INEN R5-1 (NO ESTACIONAR)

- Cruce de línea férrea con barreras y semáforos (P2-20). Esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de cruce con una línea férrea a nivel y controlado con barrera. Debe ser utilizada siempre que exista un cruce de las características mencionadas. Es recomendable acompañar con señalización complementaria de distancia, límite de velocidad, y señalización horizontal siempre que las condiciones de la vía lo permitan.



Ilustración 5 SEÑAL INEN 2 20

Y, las siguientes señales horizontales demarcadas en el piso:

- Línea de pare en cruce de trenes a nivel cuando tiene dispositivos activos. La línea de PARADA de vehículos se demarca a una distancia mínima de 7,00 m de los rieles en zona rural y a 6,00 m en zona urbana. Esta distancia, se medirá desde el riel más cercano de aproximación para todo carril en el sentido de circulación evitando así cualquier evento fortuito en el área dinámica o de influencia del ferrocarril.

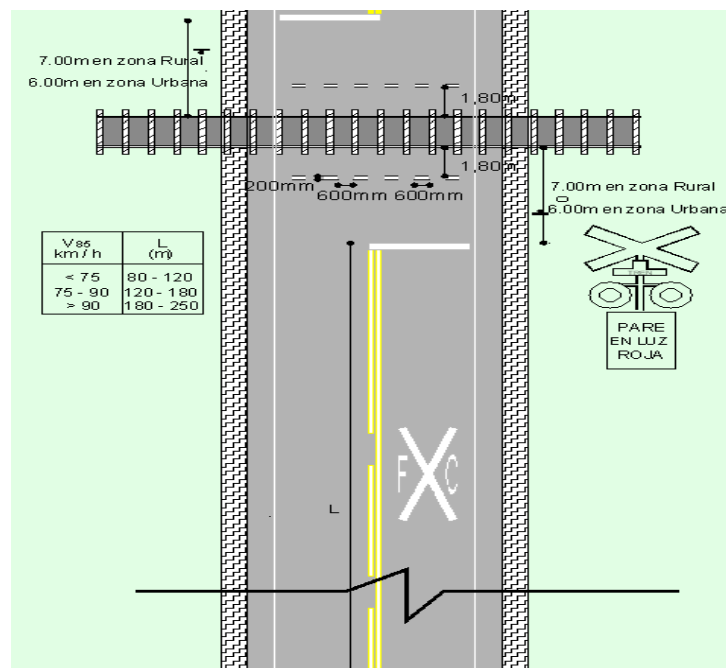


Ilustración 6 LINEA DE PARE EN CRUCE CON DISPOSITIVOS ACTIVOS

- Línea de ceda el paso en cruce de trenes a nivel cuando tiene dispositivos pasivos.

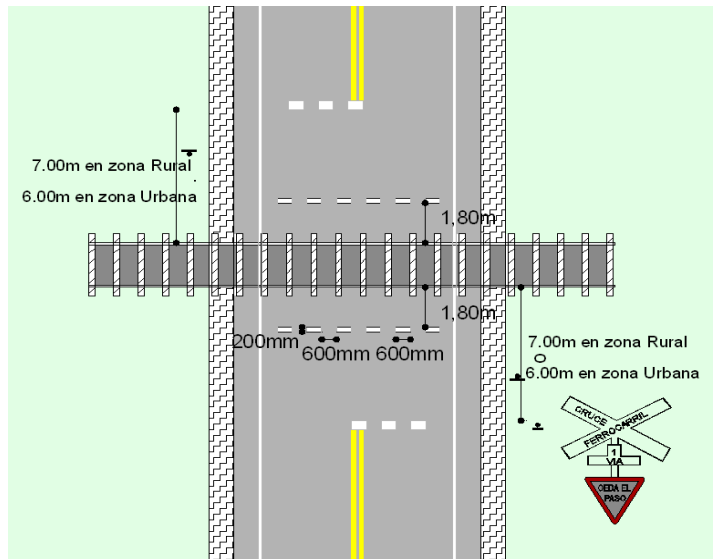


Ilustración 7 LINEA DE CEDA EL PASO EN CRUCES CON DISPOSITIVOS PASIVOS

- Cruce de ferrocarril. Este símbolo se utilizará para advertir a los conductores la proximidad de un cruce ferroviario a nivel, con o sin barreras. La ubicación del mismo se situará al menos a 20,00 m. de la intersección y en cada carril de circulación.

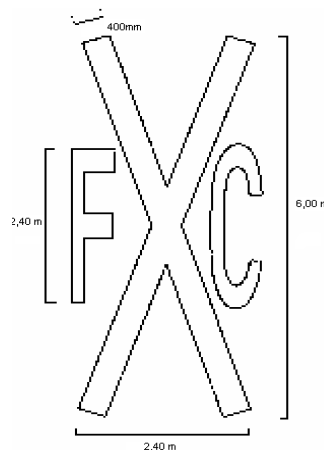


Ilustración 8 SEÑAL HORIZONTAL DE CRUCE DE FERROCARRIL

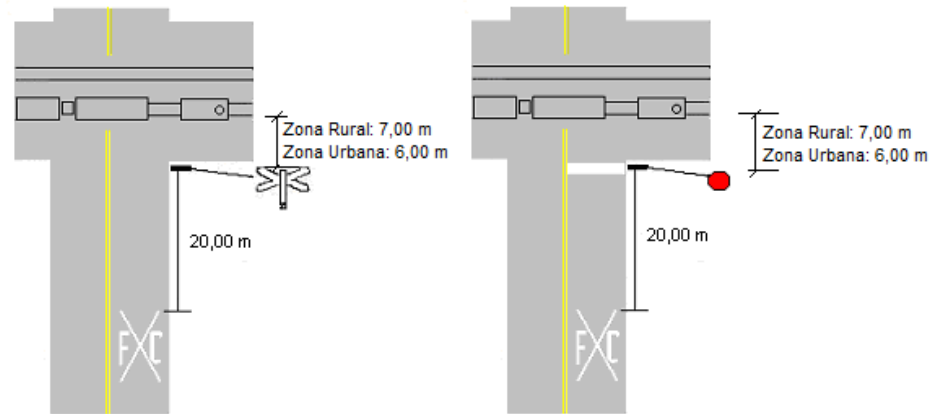


Ilustración 9 UBICACION DE LA SEÑAL HORIZONTAL DE CRUCE DE FERROCARRIL

## 2.2. PROTECCION ACTIVA.

La protección activa es un conjunto de dispositivos de señalización vial que avisan la aproximación u ocupación del cruce a nivel por parte de un tren y en consecuencia se produce el cierre del cruce. Esta protección está conformada por luces intermitentes, elementos acústicos y barreras que se activan o cambian de aspecto ante la aproximación o presencia de un tren.

### 2.2.1 DISPOSITIVOS SONORO-LUMINOSOS.

Estos dispositivos son focos luminosos que emiten luces en forma intermitente, conjuntamente con dispositivos acústicos que avisan la aproximación de un tren. Estos elementos generalmente accionan en conjunción con las cruces de San Andrés.

Estos dispositivos ante la presencia de los trenes se accionan a través de balizas detectores que pueden ser magnéticas o eléctricas conformando



circuitos de vía, los cuales se ubican a determinada distancia del cruce a nivel.

### **2.2.2 BARRERAS**

Los diferentes tipos de barreras sean éstas automáticas o semiautomáticas, constan de los mismos mecanismos y están constituidas por una columna situada fuera del borde de la banquina a un lado de la carretera, anclada en un bloque de hormigón, la pluma va montada sobre la columna y se articula para permitir el movimiento de sube y baja de la pluma.

El sistema es accionado a través de un motor alimentado por energía eléctrica, energía solar, eólica o baterías, lo que permite accionar la pluma.

Las plumas pueden estar diseñadas para cubrir toda la calzada en cuyo caso se denominan barreras completas o cubriendo solo los carriles con el mismo sentido de marcha como semibarreras de entrada, en cuyo caso es conveniente colocar en el centro de la carretera, un bordillo o cordoneta para separar ambos sentidos de marcha.

En algunos cruces de cierta importancia, se deben colocar 4 semibarreras, bajan primero las semibarreras de entrada y luego de 6 segundos bajan las semibarreras de salida, a efectos de permitir la salida del cruce a nivel de los vehículos que lo están trasponiendo en el momento que comienzan a bajar las barreras de entrada.



Cuando las plumas atraviesan la calzada de lado a lado, en el otro extremo de la calzada tienen un soporte fijo llamado horquilla que permite descansar la pluma cuando la barrera está baja. Si se trata de semibarreras la carga se compensa con contrapesos.

Las plumas pueden ser de tubos galvanizados, de madera o de polietileno con fibra de vidrio. Las plumas se pintan con pintura reflectante en sus dos caras con bandas alternadas de dos colores, que pueden ser: negro-blanco; rojo-blanco; negro-amarillo; etc.



## CAPITULO 3

### 3. PROPUESTA METODOLÓGICA

Los niveles de seguridad en los cruces ferroviarios a nivel, deben ser evaluados tomando en cuenta la influencia de factores considerados de riesgo entre los que se hallan los generados por el ser humano, los derivados del diseño ingenieril del cruce y los medioambientales, producto de la ubicación geográfica de los mismos, todos estos de manera individual o en conjunto, pueden contribuir en menor o mayor medida a la ocurrencia de accidentes de tránsito, bajo la acción de los volúmenes de tráfico tanto de la carretera como de la vía férrea que confluyen en el cruce.

La interrelación entre los diferentes factores de riesgo presentes en un cruce, con los volúmenes de tráfico que confluyen en el mismo, se lo expresa a través del denominado Índice de peligrosidad cuyo valor a su vez se relaciona con los diferentes tipos de protección que deben considerarse en un cruce ferroviario.

La base para la presente propuesta ha sido considerando las Normas Uruguayas que rigen a la AFE (Administración de ferrocarriles Uruguayos) y Chilena EFE (Empresa de Ferrocarriles del Estado), cuyas metodologías para análisis de pasos a nivel, parten de la necesidad de considerar factores de riesgo actuantes en los cruces a nivel y su valoración en la determinación de los Índices de Peligrosidad, factores que de la



experiencia personal de muchos años como técnico ferroviario en Ferrocarriles Ecuatorianos Empresa Publica (FEEP Ecuatoriana), hacen presumir como similares a las realidades de los tres países por sus características técnicas operativas tanto de la red vial y ferroviaria como de su equipo tractivo remolcado, lo que supone como verdaderos los valores adoptados por las normas de los países indicados y pueden ser perfectamente aplicables a la realidad ecuatoriana.

La evaluación de los niveles de seguridad por lo tanto se podrá determinar obteniendo el mencionado índice y su relación con los diferentes tipos de protección recomendados para ser considerados en el cruce, para lo cual se propone seguir el siguiente procedimiento:

I. Trabajos de campo:

Se efectuará un levantamiento topográfico.

Se procederá a la Identificación de cada uno de los factores de riesgo presentes en el cruce, para posterior valoración.

Se determinará las longitudes visibles de vía férrea (l<sub>v</sub>) existentes en cada cuadrante del cruce.

Se realizará un conteo vehicular.

II. Trabajos de escritorio:

Determinación de los volúmenes de tráfico vehicular y ferroviario.



Calculo de la Distancia de visibilidad ferroviaria ( $D_t$ )

Calculo de los factores de visibilidad ( $f_n$ )

Calculo de Índice de peligrosidad.

Interrelacionar el índice de peligrosidad del cruce con los tipos de protección recomendados.

### **3.1. FACTORES DE RIESGO**

Los factores de riesgo constituyen todos aquellos aspectos cuya incidencia en menor o mayor medida influyen en la probable ocurrencia de accidentes de tránsito en un cruce a nivel y dentro de ellos se consideran: Aspectos geométricos como número de carriles, número de vías, ángulo de cruce entre la vía férrea y el camino, constitución y estado de las rampas de acceso al cruce; velocidades de los vehículos y equipo ferroviario que circulan por el punto de cruce; distancia de visibilidad tanto desde la ferrovía hacia el camino como del camino a la vía férrea; factores climáticos tales como reflejos de sol, etc. que impidan la visualización o percepción de la proximidad del tren.

#### **3.1.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD.**

Este factor es uno de los de mayor incidencia en la generación de riesgos en la zona de aproximación al cruce a nivel, considerando la visibilidad como la capacidad del conductor para poder mirar hacia



adelante y al estar éste bajo el control de la trayectoria y velocidad del vehículo automotor, de su experticia y formación depende directamente una operación segura y eficiente, siendo por lo tanto necesario disponer de distancias de visibilidad con longitud suficiente para proporcionar seguridad en la zona de aproximación al cruce ferroviario.

### **3.1.1.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (D<sub>vp</sub>)**

Se define como distancia de visibilidad de parada (D<sub>vp</sub>) a la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde la situación en el momento que aparece el objeto que motiva la detención. La D<sub>vp</sub> está constituida por una distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción más la distancia de frenado.

### **3.1.1.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA TOTAL (D<sub>h</sub>)**

Es la distancia de visibilidad mínima de seguridad a lo largo de la carretera, tomando en cuenta la velocidad del vehículo considerado y se determina como la distancia de visibilidad de parada (D<sub>vp</sub>) agregada la distancia desde la línea de pare hasta el riel más cercano (D) y la distancia desde el conductor hasta el frente del vehículo (D<sub>e</sub>).

**Ecuación 1: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA TOTAL**

$$D_h = (A * V_v * t) + (B * V_v^2 / a) + D + D_e$$

Donde:



$D_h$  = Distancia de visibilidad de parada total, metros.

A = constante = 0.278

B = constante = 0.039

$V_v$  = velocidad del vehículo, kilómetros por hora (km/h.)

t = Tiempo de percepción-reacción, segundos, se asume 2.5 segundos.

a = valor de desaceleración, asumida como 3.4 metros por segundo<sup>2</sup>

D = distancia desde la línea de parada hasta el riel más cercano, se asume 7 metros en zona rural y 6 metros en zona urbana.

$D_e$  = distancia desde el frente del vehículo hasta el conductor, se asume 2.4 metros.

### 3.1.1.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA ( $D_t$ )

Es la mínima distancia de visibilidad medida a lo largo de la vía férrea desde el cruce a nivel, distancia que permite que un vehículo atraviese y libre el cruce con seguridad, antes de la llegada del tren.

Ecuación 2: DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA

$$D_t = (V_t / V_v) * (A * V_v * t) + (B * V_v^2 / a) + 2D + L + W$$

Donde:

$D_t$  = Distancia de visibilidad ferroviaria, metros.

A = constante = 0.278

B = constante = 0.039

$V_v$  = velocidad del vehículo, kilómetros por hora (km/h.)

$V_t$  = velocidad del tren, kilómetros por hora (km/h.)

t = Tiempo de percepción-reacción, segundos, se asume 2.5 segundos.

a = valor de desaceleración, asumida como 3.4 metros por segundo<sup>2</sup>

D = distancia desde la línea de parada hasta el riel más cercano, se asume 7 metros en zona rural y 6 metros en zona urbana.

L = Longitud del vehículo, se asume 20 metros.

W = Distancia entre rieles para vía simple, 1.1 metros



### 3.1.1.3 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE ( $D_{tc}$ )

Es la distancia medida a lo largo de cada lado de la vía férrea que requiere un conductor de un vehículo que está detenido en un cruce a nivel y que le permita tener el tiempo suficiente para acelerar y atravesar el cruce antes de que llegue un tren, pese a que éste se asome el momento en que inicie el vehículo su proceso de partida.

Ecuación 3: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE

$$D_{tc} = A * V_t * ( (V_G / a_1) + ((2D + L + W - d_a) / V_G) + J)$$

Donde:

$D_{tc}$  = Distancia de visibilidad de cruce, metros.

A = constante = 0.278

$V_G$  = Máxima velocidad del vehículo seleccionado al iniciar la marcha, se asume 2.7 metros por segundo

J = suma del tiempo de percepción y el tiempo de reacción para activar el embrague, se asume 3 segundos

$V_t$  = velocidad del tren, kilómetros por hora (km/h.)

$d_a$  = Distancia que recorre el vehículo en primera marcha mientras acelera a la máxima velocidad. Se calcula y se asume 8.1 metros

$$d_a = (V_G)^2 / 2a_1$$

$a_1$  = valor de aceleración del vehículo al iniciar la marcha, asumido como 0.45 metros por segundo<sup>2</sup>

D = distancia desde la línea de parada hasta el riel más cercano, se asume 7 metros en zona rural y 6 metros en zona urbana.

L = Longitud del vehículo, se asume 20 metros.

W = Distancia entre rieles para vía simple, 1.1 metros

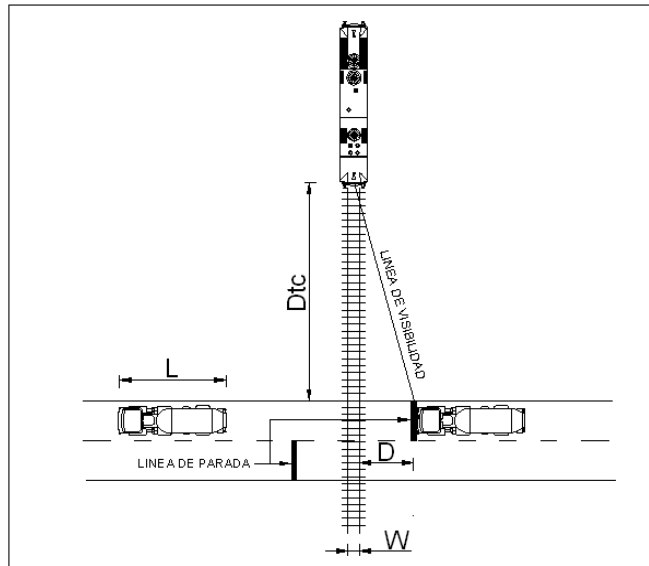


Ilustración 10 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE

#### 3.1.1.4 TRIANGULO DE VISIBILIDAD

Se llama triángulo de visibilidad a la zona libre de obstáculos que permite, a los conductores que se aproximan a un paso a nivel, ver la proximidad de un tren y observar la intersección a una distancia tal que sea posible evitar una eventual colisión.

El triángulo mínimo de visibilidad que se considera seguro, corresponde a la zona que tiene como lado, sobre el camino a la distancia de parada total ( $D_h$ ) y sobre la vía férrea, una longitud igual a la distancia visibilidad ferroviaria ( $D_t$ ).

Si el triángulo de visibilidad fuese imposible de obtener, se debe limitar la velocidad de aproximación a valores compatibles con el triángulo de visibilidad existente.

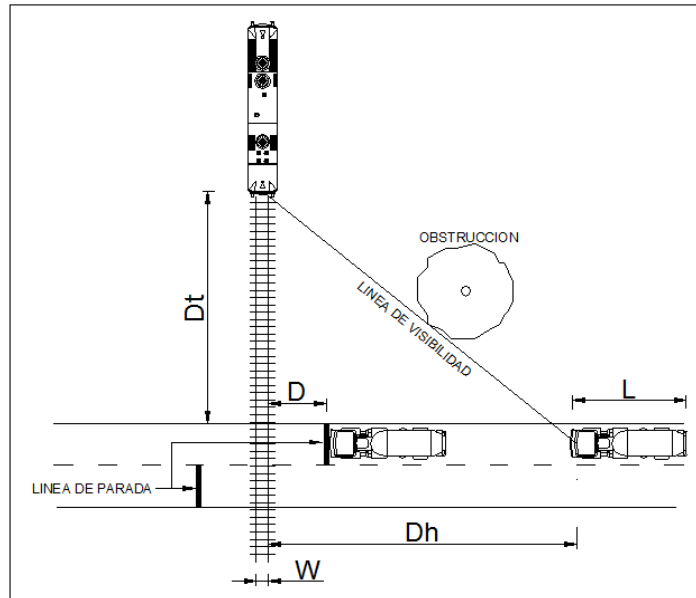


Ilustración 11 TRIANGULO DE VISIBILIDAD

### 3.1.2 GRADIENTE DEL CAMINO

Este factor genera riesgo cuando su valor es diferente de 0, la situación ideal se produce cuando las vías ferroviarias se crucen con los caminos en un mismo plano horizontal.

Gradientes, de aproximación de los caminos al cruce, en descenso pronunciado provocan una obstrucción de la visión adecuada de los vehículos que vienen en dirección contraria, lo que lleva a la distracción de la visual de aproximación de los trenes en la vía férrea.

Tiempos de aceleración excesiva al subir cuestas empinadas y el aumento del tiempo de frenado sobre la aproximación en el descenso, crea la posibilidad de mayores riesgos de colisión. En los caminos, rampas del 4% producen una disminución de la velocidad de los



camiones que puede no ser percibida a tiempo por vehículos más rápidos, con las correspondientes nefastas consecuencias.

### **3.1.3 ANGULO DE CRUCE DEL CAMINO**

Cruces del camino con la vía férrea en ángulo recto son los ideales ya que esto presenta ventajas comparativas en relación a una menor incidencia de accidentes.

La máxima visibilidad de la aproximación de los trenes a los vehículos viales, sumado a la reducción en la extensión de la carpeta de rodamiento del camino y por lo tanto de la interferencia entre la ferrovía y el camino de un cruce ortogonal en relación a un cruce desviado, repercuten en un menor riesgo para la circulación.

### **3.1.4 CAMINOS LATERALES**

Caminos laterales que ingresan al principal muy cerca de un cruce a nivel, se constituyen en factor de riesgo debido a que los vehículos que entran y salen por esa vía pueden distraer a los conductores y pierden la atención al cruce que se halla por delante.

Se recomienda que preferentemente no se autoricen caminos que ingresen al principal, en una posición muy cercana al cruce a nivel, a fin de evitar los riesgos de accidentes; sin embargo de no ser posible estos deben estar al menos a 20 m de un cruce a fin de minimizar el riesgo.



### **3.1.5 VOLUMEN DE TRÁFICO VEHICULAR Y FERROVIARIO.**

El volumen de tráfico vehicular y ferroviario que pasan por un cruce a nivel en un determinado espacio de tiempo, es un factor de riesgo directamente proporcional a su grado de peligrosidad, es decir cuando más vehículos y trenes atraviesan un cruce a nivel mayores son los riesgos involucrados.

### **3.1.6 VELOCIDAD EN EL CAMINO.**

La velocidad con que se desplaza un vehículo que circula por la carretera es un factor de riesgo que tiene íntima relación con la distancia de visibilidad de parada. De la velocidad con que un vehículo se aproxima al cruce depende el tiempo que un conductor dispone para decidir si pasar de manera segura o si se detiene antes de éste.

### **3.1.7 NUMERO DE VIAS FERROVIARIAS.**

El número de vías férreas que atraviesan el cruce a nivel, es un factor directamente relacionado al riesgo presente ya que depende del número de líneas la determinación del tiempo que demora un vehículo en cruzar el paso a nivel, agravándose el riesgo de accidentes cuando dos o más trenes atraviesan el cruce al mismo tiempo.



### **3.1.8 RESPLANDOR DE LA LUZ SOLAR.**

En los cruces a nivel, el resplandor de la luz solar es un factor de riesgo por cuanto éste interfiere directamente con la visibilidad humana y en última instancia con el rendimiento visual del conductor debido a que los reflejos del sol hacen desaparecer las imágenes de la retina.

El deslumbramiento es crítico cuando el sol está bajo hacia el horizonte, esto normalmente ocurre a la salida del sol y antes de la puesta del sol y si se toma en cuenta que el sol sale por el este y se pone por el oeste, todos aquellos caminos que mantengan esta dirección en las zonas de aproximación a los cruces a nivel presentan mayores riesgos.

### **3.1.9 NUMERO DE CARRILES.**

El número de carriles de los caminos que cruzan una vía férrea son un factor de riesgo toda vez que mientras más carriles conforman un camino, se produce una mayor probabilidad de interferencia de la visibilidad, la pérdida de visión en la zona de aproximación al cruce, puede tener efectos muy negativos para el conductor ya que se puede dar el caso que no reciba la información que necesita en ese momento o que la reciba demasiado tarde y sin tiempo para poder reaccionar, situación que se agrava en los caminos que tienen un alto volumen de tráfico.



### **3.1.10 SUPERFICIE DE RODAMIENTO.**

La superficie de rodamiento del camino en el cruce a nivel se convierte en un factor de riesgo cuando la falta de mantenimiento provoca el deterioro de la misma, pudiendo dar lugar a accidentes al dificultar el manejo, llegando incluso a causar averías en el vehículo que pueden provocar su detención sobre la vía férrea o atrapamiento de los vehículos especialmente de baja altura provocados por una mala configuración geométrica de la superficie de rodamiento que atraviesa la vía férrea.

### **3.2. RECOLECCION DE DATOS.**

El levantamiento de información o recolección de datos de un cruce a nivel es importante previo a un proceso de análisis y evaluación del mismo, debiéndose considerar los factores de riesgo arriba señalados.

Mediante un levantamiento topográfico básico plani-altimétrico se pueden obtener datos como pendientes de aproximación del camino, ángulo de cruce, distancias desde el cruce hacia la salida de caminos laterales, orientación del desarrollo del camino en la zona de aproximación del cruce.

El volumen de tráfico vehicular que debe considerarse en la evaluación de un cruce a nivel, es el número de vehículos que circulan por el mismo

en 12 horas de mayor tránsito (6H00-18H00), considerando el flujo promedio de tres días consecutivos (martes, miércoles y jueves), se deben contabilizar todos los móviles, incluyendo los de tracción animal que traspasen el cruce con excepción de bicicletas u otros de tracción humana. De la misma manera se obtiene el volumen de tráfico ferroviario considerando todo móvil que franquee el cruce sean éstos de pasajeros, carga, mantenimiento u otros que se movilicen en los mismos periodos de tiempo en los que se obtienen los flujos vehiculares.

Para estimar las condiciones de la superficie de rodamiento a más de las condiciones de mantenimiento existentes, debe tomarse en cuenta el cumplimiento de la configuración geométrica recomendada por AASHTO (Geometric Design of Highways and Streets).

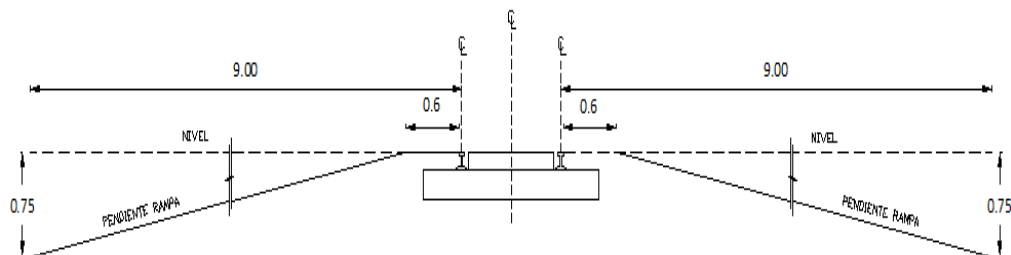


Ilustración 12 GEOMETRIA DE UN CRUCE A NIVEL AASHTO

### 3.3. ÍNDICE DE PELIGROSIDAD.

En los cruces a nivel, se ha encontrado que existe una relación no lineal entre la exposición del tráfico, definido como el producto entre en el flujo vehicular y el ferroviario, la frecuencia esperada de colisiones expresada



como la percepción de peligrosidad del cruce y el tipo de dispositivo de advertencia. Para los cruces pasivos (por ejemplo, sólo señales), se ha encontrado que la velocidad del tren y el flujo del tráfico, explican la frecuencia esperada de colisiones. Para los cruces activos con luces intermitentes, los factores significativos son la velocidad del tren, el ancho del pavimento y el flujo del tráfico. En los cruces con barreras, los factores explicativos más significativos que advierten la frecuencia esperada de colisiones son la velocidad en el camino, el número de vías férreas, y el flujo de tráfico. Si consideramos que la velocidad de circulación en los caminos debe ser la velocidad permitida, en ésta se refleja la incidencia de factores geométricos, como el número de carriles, distancias de visibilidad, alineaciones verticales y horizontales, que afectan a la probabilidad de incidencia de colisiones en los cruces a nivel.

La incidencia de los diferentes factores que se involucran en la percepción de seguridad de un cruce a nivel se puede correlacionar en una expresión matemática cuyo resultado se lo conoce como el Índice de Peligrosidad del cruce a nivel.

**Ecuación 4: INDICE DE PELIGROSIDAD**

$$IP = (T_V * T_F) * \left[ \frac{\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_4}}{4 * \text{sen } \alpha} \right] * (1 + \sum b_i)$$

Donde:



IP = Índice de peligrosidad

$T_v$  = volumen del tráfico vehicular

$T_f$  = volumen del tráfico ferroviario

$\alpha$  = ángulo de cruce del camino

$f_n$  = factores de visibilidad

$b_i$  = factores que consideran las condiciones del camino y la vía férrea.

Para hallar los factores de visibilidad deberán tenerse en cuenta los trechos de vía férrea visibles a ambos lados por un observador colocado en el paso a nivel, a 15 m del primer riel en caminos sin pavimentar y a 30 m cuando el camino es pavimentado ó mejorado, con la altura visual de 1.20 m. sobre el camino.

Los factores de visibilidad  $f_n$  se determinaran mediante la fórmula:

$$f_n = \frac{l_i}{D_t}$$

$l_i$  = longitud visible de vía férrea hasta una distancia equivalente a  $D_t$  en cada uno de las cuatro direcciones del cruce.

$D_t$  = distancia de visibilidad ferroviaria.

<b>VALORES DE <math>b_i</math></b>		HASTA
GRADIENTE DEL CAMINO	TOTAL HASTA 8% EN LOS DOS LADOS	0,30
	TOTAL HASTA 4% EN UN SOLO LADO	0,15
CAMINOS LATERALES	INGRESANDO DENTRO DE LOS 20m DESDE EL CRUCE	0,15
NUMERO DE CARRILES	UN CARRIL POR SENTIDO	0,10
	DOS CARRILES POR SENTIDO	0,15
	TRES O MAS CARRILES POR SENTIDO	0,20
NUMERO DE VIAS FERROVIARIAS	DOBLE VIA	0,10
	TRIPLE VIA	0,20
RESPLANDOR DE LA LUZ SOLAR		0,15

**CUADRO 2: VALORES  $b_i$**

La relación entre el Índice de Peligrosidad calculado utilizando la metodología anteriormente expuesta y las protecciones recomendadas



para los diferentes rangos de índices, se establecen considerando los siguientes datos:

	CRUCE CATEGORIA	VALOR	RECOMENDACION
INDICE DE PELIGROSIDAD (IP)	I	< 12000	PROTECCION PASIVA
	II	>= 12000	PROTECCION ACTIVA CON DISPOSITIVOS
		< 50000	SONORO-LUMINOSOS
	III	>= 50000	PROTECCION ACTIVA CON BARRERAS
	IV	>= 150000	ANALIZAR DESNIVELACION DEL CRUCE

**CUADRO 3: CATEGORIZACION DE LOS CRUCES POR SU INDICE DE PELIGROSIDAD**

### **3.4. EVALUACION DE CRUCES A NIVEL.**

La evaluación de un cruce a nivel se basa en la determinación de su índice de peligrosidad y su interrelación con los diferentes tipos de protecciones y dispositivos de advertencia que deberán ser considerados para su implementación, en cada uno de los cruces analizados. El procedimiento incluye necesariamente visitas al sitio a fin de familiarizarse con las condiciones del cruce y su entorno, luego con las observaciones y trabajos de campo efectuados se llenara el formulario de inspección del cruce (anexo 1), se tomará los datos de los flujos del tráfico vial y ferroviario. Con estos datos debe efectuarse un examen general de los resultados y finalmente se formularán las recomendaciones que correspondan en base de la identificación de las deficiencias de seguridad.

Un factor de seguridad primario a ser considerado en un cruce es la determinación del triángulo de visibilidad, fundamentado en la premisa



de que todas las áreas dentro del triángulo debe estar despejada para que el conductor del vehículo tenga una visibilidad adecuada, consecuentemente deben formularse recomendaciones que permitan mejorar la distancia de visibilidad.

Si la distancia de visibilidad está limitada como resultado de la existencia de obstáculos en el triángulo de visibilidad y si estas obstrucciones se componen de vegetación u otras características naturales, puede ser recomendado su retiro; otras obstrucciones producidas por edificios, torres eléctricas, etc., pueden ser difíciles de eliminar. Para estos casos, medidas de reducción de velocidad pueden ser usadas, para que la velocidad del vehículo llegue a un nivel en el que se proporciona la distancia de visibilidad adecuada.

Un segundo problema de seguridad en los cruces a nivel es el que no se proporciona avisos o advertencias con suficiente anticipación sobre la proximidad de un cruce, requiriéndose recomendaciones basadas en criterios técnicos existentes al respecto.

Otras áreas de interés están relacionadas con el sitio mismo del cruce, deficiencias típicas que incluyen las condiciones de la superficie de rodadura, el drenaje de la superficie del cruce y la iluminación del cruce. Donde se observa que existen condiciones peligrosas referente a estos aspectos, es necesario se realice recomendaciones apropiadas, tendientes a eliminarlas o paliarlas.



## **CAPITULO 4**

### **4. CASO DE ESTUDIO**

De acuerdo a la planificación Estatal, se ha previsto contar con una vía férrea totalmente rehabilitada entre Duran (Guayaquil) y Quito, en una longitud total de 447 Km de extensión.

En esta red ferroviaria existen 213 cruces a nivel en el sub tramo Quito-Riobamba y 197 cruces en el sub tramo Riobamba-Durán; esto es 410 intersecciones, cruces a nivel o puntos de riesgo. De ellos, 100 cruces son intersecciones con vías de importancia y de considerable flujo de tráfico.

El caso de estudio a considerar en el presente documento es la evaluación de los cruces a nivel de la red ferroviaria con la red estatal primaria, siendo estos específicamente los cruces ubicados en los Km 422+900 (sector Tambillo), Km 413+400 (sector Aloag) y Km 369+100 (sector Lasso) de la vía férrea Durán-Quito, tramo Latacunga-Quito.

#### **4.1. OBTENCION DE VOLUMENES DE TRÁFICO.**

Mediante conteo directo se procedió a obtener los flujos de tráfico vehiculares registrándolos en periodos de media hora en el tiempo de doce horas diarias desde las 6H00 hasta las 18H00, durante tres días consecutivos que correspondieron a los días martes, miércoles y jueves.



Los datos de flujos de tráfico ferroviario se obtuvieron de la información proporcionada por la unidad de movilidad de Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública (FEEP).

El resumen de los datos obtenidos se indica en el siguiente cuadro:

**CUADRO 4: VOLUMENES DE TRAFICO**

PERIODO	TRAFICO VEHICULAR												VOLUMEN DE TRAFICO VEHICULAR (TV)	
	CRUCE TAMBILLO				CRUCE ALOAG				CRUCE LASSO					
	DIA	NUMERO DE VEHICULOS	DIA	NUMERO DE VEHICULOS	DIA	NUMERO DE VEHICULOS	DIA	NUMERO DE VEHICULOS	DIA	NUMERO DE VEHICULOS	DIA	NUMERO DE VEHICULOS		
6 H 00 - 6 H 30	903	899	977	353	205	134	95	105	75					
6 H 30 - 7 H 00	1107	1140	1154	305	250	240	91	99	93					
7 H 00 - 7 H 30	563	600	109	310	335	306	122	122	105					
7 H 30 - 8 H 00	1095	1103	1087	143	309	238	110	115	116					
8 H 00 - 8 H 30	913	878	904	147	224	223	115	110	127					
8 H 30 - 9 H 00	829	836	805	227	250	166	105	119	103					
9 H 00 - 9 H 30	818	804	833	295	269	230	115	105	111					
9 H 30 - 10 H 00	701	686	757	240	226	213	109	123	119					
10 H 00 - 10 H 30	823	700	809	221	250	210	120	134	138					
10 H 30 - 11 H 00	670	665	657	245	241	225	95	117	137					
11 H 00 - 11 H 30	653	657	663	235	257	210	115	140	109					
11 H 30 - 12 H 00	602	609	581	310	270	220	85	128	111					
12 H 00 - 12 H 30	610	614	606	310	263	220	75	89	90					
12 H 30 - 13 H 00	608	676	675	225	254	244	110	110	100					
13 H 00 - 13 H 30	654	704	515	225	230	250	130	130	113					
13 H 30 - 14 H 00	612	746	609	219	314	325	108	104	110					
14 H 00 - 14 H 30	619	618	537	245	302	214	115	104	125					
14 H 30 - 15 H 00	618	721	612	339	200	300	125	119	120					
15 H 00 - 15 H 30	576	488	617	209	220	200	115	127	105					
15 H 30 - 16 H 00	649	663	749	218	235	240	100	108	120					
16 H 00 - 16 H 30	703	645	728	405	392	343	100	103	145					
16 H 30 - 17 H 00	699	567	747	210	215	337	110	112	115					
17 H 00 - 17 H 30	721	556	714	347	312	437	121	104	120					
17 H 30 - 18 H 00	625	630	806	193	300	209	117	117	105					
VOLUMEN DE TRAFICO 12 H	17371	17205	17245	6101	6323	5734	2591	2714	2708					
VOLUMEN DE TRAFICO VEHICULAR (TV)	17274												6053	2671
VOLUMEN DE TRAFICO 12 H	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
VOLUMEN DE TRAFICO FERROVIARIO (TF)	4												4	4



#### 4.2. LEVANTAMIENTO DE DETALLES FISICOS DE LOS CRUCES A NIVEL.

El levantamiento de los detalles físicos de los cruces a nivel de Tambillo, Aloag y Laso, se obtuvieron mediante una observación visual y mediciones que se detallan en Hojas de campo (anexo 1) y en el levantamiento plani-altimétrico (anexo 2).

En resumen se obtuvo los siguientes datos:

DATOS	UBICACIÓN DEL CRUCE A NIVEL		
	TAMBILLO	ALOAG	LASO
ANGULO DE CRUCE	36,1	31,28	14,82
GRADIENTE DEL CAMINO	5,47%	4,30%	2,02%
PRESENCIA DE CAMINOS LATERALES DENTRO DE LOS 20 M DEL CRUCE	SI	SI	SI
NUMERO DE CARRILES DEL CAMINO POR SENTIDO	4	2	2
NUMERO DE VIAS FERROVIARIAS	1	1	1
ORIENTACION DEL CAMINO	NOR ESTE - SUR OESTE	NOR OESTE - SUR ESTE	NORTE - SUR

CUADRO 5: DETALLES FISICOS DE CRUCES ANALIZADOS

#### 4.3. ANÁLISIS DE DATOS Y OBTENCION DE RESULTADOS.

En este proceso es necesario obtener previo a la determinación de los factores de visibilidad ( $f_n$ ) y posterior análisis de los índices de peligrosidad, los lados que conforman los triángulos de visibilidad de cada cuadrante del cruce a analizar, para lo cual se utilizan las siguientes distancias: Distancia de parada total ( $D_n$ ) sobre el camino, y



sobre la vía férrea una longitud igual a la distancia de visibilidad ferroviaria ( $D_t$ ).

CALCULO DE LAS DISTANCIAS DEL TRIANGULO DE VISIBILIDAD	A	0,28		VELOCIDAD
	B	0,04		MAXIMA
	Vv	90,00		DEL TREN
	t	2,50		PARA EL
	a	3,40		CRUCE
	D	7,00		ASUMIDA
	De	2,40		(Km/h)
	<b>Dh</b>	<b>165</b>		<b>30</b>
	Vt	70,00	Vt	33,60
	Vv	90,00		
	Vg		Vg	2,70
	A	0,28	A	0,28
	t	2,50		
	B	0,04		
	a	3,40		
	a1		a1	0,45
	J		J	3,00
	D	7,00	D	7,00
	L	20,00	L	20,00
	W	1,10	W	1,10
<b>Dt</b>	<b>177</b>	<b>Dtc</b>	177	

CUADRO 6: DISTANCIAS DEL TRIANGULO DE VISIBILIDAD

Con los resultados obtenidos en el levantamiento de los detalles físicos de los cruces a nivel de Tambillo, Aloag y Laso, cuyos datos se detallan en Hojas de campo (anexo 1) y en el levantamiento plani-altimétrico (anexo 2) y una vez determinadas las longitudes visibles de la vía férrea (li) en cada cuadrante de cada cruce analizado, obtenidas por observación directa desde un punto del camino situado en el paso a nivel, a 30 m del primer riel por ser caminos pavimentados, hace posible la determinación del Índice de Peligrosidad de cada cruce, resultados que se resumen en cuadro 7 adjunto.



	CRUCE TAMBILLO				CRUCE ALOAG				CRUCE LASSO						
	CUADRANTES														
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
LONGITUD VISIBLE DE VIA $l_i$ (m)	57,2	60	48,4	51,4	54	32	56	40,6	77,37	200	171,37	200			
FACTORES DE VISIBILIDAD $f_n$	0,324	0,340	0,274	0,291	0,306	0,181	0,317	0,230	0,438	1,000	0,970	1,000			
$1/f_n$	3,088	2,944	3,650	3,437	3,272	5,521	3,155	4,351	2,283	1,000	1,031	1,000			
$\sum(1/f_n)$	13,12				16,30				5,31						
VOLUMEN DE TRAFICO VEHICULAR $T_v$	17.274,00				6.053,00				2.671,00						
VOLUMEN DE TRAFICO FERROVIARIA $T_f$	4,00				4,00				4,00						
ANGULO DEL CRUCE DEL CAMINO	36,10				31,28				14,82						
VALORES $b_i$ ASUMIDOS	GRADIENTE DEL CAMINO			0,30	0,30			0,15							
	CAMINOS LATERALES			-	-			-							
	NUMERO DE CARRILES			0,20	0,15			0,15							
	NUMERO DE VIAS FERROVIARIAS			-	-			-							
	RESPLANDOR DE LA LUZ SOLAR			-	-			-							
<b>INDICE DE PELIGROSIDAD IP</b>				576.983,64				275.508,02				72.143,09			

**CUADRO 7: INDICE DE PELIGROSIDAD DE LOS CRUCES ANALIZADOS**

Con los datos de Índices de peligrosidad obtenidos se procede a interrelacionarlos con la categorización de los cruces a nivel señalados en el cuadro 3 y se obtiene la recomendación del tipo de señalización a utilizar o la acción a considerar en cada cruce analizado, que para el caso de estudio son las siguientes propuestas:

CRUCE		SEÑALIZACION PROPUESTA Y OBSERVACION
UBICACIÓN	CATEGORIA RESULTANTE	
TAMBILLO	IV	ANALIZAR DESNIVELACION DEL CRUCE
ALOAG	IV	ANALIZAR DESNIVELACION DEL CRUCE
LASSO	III	PROTECCION ACTIVA CON BARRERAS



## **CAPITULO 5**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. PROPUESTA NORMATIVA BASICA**

De acuerdo a lo analizado se puede establecer que, como los cruces a nivel son puntos críticos en la seguridad del tráfico vehicular y ferroviario, éstos deben ser limitados a casos específicos, eliminados o reubicados en otros casos, para lo cual se requiere de una normativa que regule todos estos procesos. En la presente tesis intentaremos proponer una normativa con un alcance básico, en base de las experiencias existentes especialmente a nivel latinoamericano.

#### **DE LOS CRUCES A NIVEL**

Cuando se construyan nuevos caminos o se modifiquen los existentes se deberá considerar los cruces a diferente nivel. Solo en casos excepcionales se podrá autorizar la ejecución de cruces a nivel y con el carácter temporal.

Cuando cruces a nivel particulares sean autorizados por la Administración ferroviaria a pedido del propietario en virtud de tener carácter precario y por lo tanto se procure garantizar el acceso a predios afectados, estos pasos deberán estar dotados de portones o barreras a ambos lados de la vía con sus respectivos candados.

Las seguridades de los cruces a nivel particulares que sean autorizados, deben mantenerse en buen estado, cerrados los portones y debidamente asegurados, a excepción exclusivamente del tiempo en que sean utilizadas para el uso de paso.



La responsabilidad de mantener aseguradas las barreras de los cruces a nivel particulares corresponde al propietario, si la administración ferroviaria comprueba que no se cumple con las obligaciones de seguridad, en una primera ocasión se advertirá del hecho al propietario y en caso de reincidencia se procederá al retiro de la autorización y la clausura del cruce.

Los cruces a nivel particulares para el servicio de determinadas fincas o de explotaciones de cualquier clase, se regirán por las condiciones fijadas en la correspondiente autorización, quedando expresamente prohibida su utilización por personas distintas o para tráficos o fines diferentes de los comprendidos en la misma.

En casos de ocurrencia de accidentes ocasionados por negligencia en el cuidado de los cruces a nivel particulares, los propietarios serán directamente responsables de los mismos, independientemente de las acciones que por daños y perjuicios puedan demandarse en contra de ellos.

El fraccionamiento o venta del predio que tuviere la autorización de un cruce particular precario, implicará la renuncia al beneficio. La concesión del cruce quedará extinguida con tal acto, aunque no se hiciera pedido expreso para ello.

No se autorizará nuevos cruces a nivel de caminos ya existentes, si el tránsito vehicular no supere los 400 vehículos/día y si ya existen otros ubicados a una distancia menor a 600m.

No se autorizará que se abran nuevos cruces a nivel cuando por ellos circulara un tránsito vehicular menor de 120 vehículos/día.



No se autorizará nuevos cruces a nivel si existe uno, a una distancia menor a la suma de las distancias de visibilidad ferroviarias del existente más el del propuesto.

En cualquier caso, no podrá autorizarse la remodelación de caminos en su cruce sobre vías férreas, sin tener la autorización previa de la entidad administradora ferroviaria.

La administración ferroviaria deberá efectuar periódicamente una revisión y un análisis de los índices de peligrosidad de todos los cruces a nivel existentes en la red ferroviaria, para en base de aquello recomendar la re categorización de los cruces que determina el tipo de señalización horizontal y vertical activa y/o pasiva que corresponda; recomendar la eliminación o reubicación de los que corresponda.

### **DE LA SUPRESION Y/O REUBICACION DE LOS PASOS A NIVEL**

Al determinarse el Índice de peligrosidad de los cruces a nivel existentes y si estos tienen un valor mayor o igual a 150.000, se consideraran para su supresión y el reemplazo por cruces a diferente nivel.

En las vías férreas donde existan cruces a nivel sucesivos, la distancia mínima entre ellos será la suma de las distancias de visibilidad ferroviarias de tal manera que no se superpongan los triángulos de visibilidad. Debiéndose proceder a la supresión de uno de ellos o a la reubicación que permita cumplir el requerimiento mínimo.



Se deberá considerar la clausura de un cruce a nivel existente si se verifica que por el circula un tráfico vial inferior a 120 vehículos/día y si existe otro contiguo que se halle a menos de 600 m de aquél.

## **DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LOS CRUCES A NIVEL**

Los cruces a nivel que resulten subsistentes al análisis que la administración efectúe, deberán contar con los sistemas de protección y señalización adecuados para garantizar su seguridad de acuerdo a la categorización que les correspondan.

Se determinará los Índices de Peligrosidad en base de la fórmula propuesta (ver numeral 3.3)

De acuerdo al Índice de Peligrosidad obtenido se determinará la categorización del cruce y se colocará la señalización que corresponda de acuerdo a lo recomendado en el Cuadro 2.

### **CATEGORIZACION DE LA PROTECCION**

#### **CATEGORIA I: PROTECCION PASIVA**

##### **Para cruces urbanos**

Se aplicará:

1. Señal P2-18 en coincidencia con la línea de parada de vehículos.
2. Señales P2-19 y R4-1 (30 km/h), a no menos de 30 m de la señal P2-18 y en todas las calles concurrentes al cruce.
3. Señal R5-1 aproximadamente a 30 m del conjunto indicado en 2.



### **Para cruces rurales**

- a) En caso que el camino sea de tierra se aplicará:
1. Señal P2-18 en coincidencia con la línea de parada de vehículos.
  2. Señales P2-19 y R4-1 (30 km/h), a 60 m de la señal P2-18.
  3. Señal R5-1 a 80 m de la señal P2-18.
- b) En el caso de que el camino fuera pavimentado, se aplicará:
1. Señal P2-18 en coincidencia con la línea de parada de vehículos.
  2. Señal R4-1 (30 km/h), colocada a 60 m de la señal P2-18.
  3. Señales P2-19 y R4-1 (40 km/h), instaladas a 120 m de la señal P2-18.
  4. Señal R5-1, implantada a 150 m de la señal P2-18.
  5. Señal R4-1 (60 km/h), colocada a 300 m de la señal P2-18.

### **CATEGORIA II, III: PROTECCION ACTIVA**

#### **Para cruces urbanos**

Se aplicará:

1. Los sistemas sonoro-luminosos o los sistemas sonoro-luminosos-barrera en coincidencia con la línea de parada de vehículos.



2. Señales P2-20 y R4-1 (30 km/h), a no menos de 30 m de los sistemas colocados y en todas las calles concurrentes al cruce.
3. Señal R5-1 aproximadamente a 30 m de cada conjunto indicado en 2.

### **Para cruces rurales**

a) En caso que el camino sea de tierra se aplicará:

1. Los sistemas sonoro-luminosos o los sistemas sonoro-luminosos-barrera en coincidencia con la línea de parada de vehículos.
2. Señales P2-20 y R4-1 (30 km/h), a 60 m de los sistemas colocados.
3. Señal R5-1 a 80 m de los sistemas colocados.

b) En el caso de que el camino fuera pavimentado, se aplicará:

1. Los sistemas sonoro-luminosos o los sistemas sonoro-luminosos-barrera en coincidencia con la línea de parada de vehículos.
2. Señal R4-1 (30 km/h), colocada a 60 m de los sistemas colocados.
3. Señales P2-20 y R4-1 (40 km/h), instaladas a 120 m de los sistemas colocados.
4. Señal R5-1, implantada a 150 m de los sistemas colocados.
5. Señal R4-1 (60 km/h), colocada a 300 m de los sistemas colocados.



#### **CATEGORIA IV: DESNIVELACION DEL CRUCE.**

Hasta tanto se efectuó la desnivelación del cruce a nivel existente, en éste se aplicara provisionalmente, la señalización recomendada para la categoría II, III.

#### **SEÑALIZACION HORIZONTAL EN LOS CRUCES A NIVEL**

Para cualquier categorización de un cruce a nivel y siempre y cuando sean caminos pavimentados, será exigible:

##### **Para cruces urbanos y rurales**

##### **1. Línea de pare (protección activa), línea de ceda el paso (protección pasiva).**

Se pintará la línea de pare o de ceda el paso, según corresponda, a 6 m. del primer riel en caso de cruces urbanos y 7m. en caso de cruces rurales. (RTE INEN 004-2:2011)

##### **2. Cruce de ferrocarril.**

Se pintará a no menos de 20m. de la línea de pare o de ceda el paso. (RTE INEN 004-2:2011)

##### **3. Líneas de separación de carriles.**

Se pintaran en una longitud de al menos 100m. a cada lado del cruce a nivel e indicaran la prohibición de rebasamiento. (RTE INEN 004-2:2011)

#### **5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La metodología propuesta para la evaluación, determinación de los índices de peligro y clasificación de los cruces a nivel,



considerados para el presente análisis han arrojado los siguientes resultados:

CRUCE		SEÑALIZACION PROPUESTA Y OBSERVACION
UBICACIÓN	CATEGORIA RESULTANTE	
TAMBILLO	IV	ANALIZAR DESNIVELACION DEL CRUCE
ALOAG	IV	ANALIZAR DESNIVELACION DEL CRUCE
LASSO	III	PROTECCION ACTIVA CON BARRERAS

El momento de circulación, que es el producto del tráfico vehicular y ferroviario, que se obtuvo en los cruces de Tambillo y Aloag son realmente altos, los que afectados por las bajas distancias de visibilidad existentes en los cuadrantes de los cruces, generaron la categorización que obliga al estudio de pasos elevados o deprimidos que buscan mejorar las condiciones de seguridad para los usuarios de los cruces señalados.

Hasta tanto se dé la posibilidad de desnivelar los cruces de Tambillo y Aloag, considerando el costo que ello representa, será necesario colocar protecciones activas con barreras y mejorar las distancias de visibilidad, eliminando obstáculos como vegetaciones altas, guardacaminos que separan los carriles de sentido inverso, eliminar los obstáculos que están dentro del triángulo de visibilidad y generar una configuración geométrica del cruce, especialmente en Aloag, de acuerdo a la recomendación dada por la AASHTO (ver Ilustración 12).

Los desniveles transversales de las calzadas en sentidos opuestos, que al parecer por efectos meramente geométricos han sido considerados en las aproximaciones a los cruces de Tambillo y Aloag, se han constituido en obstáculos que disminuyen considerablemente la visibilidad de los cruces, más aun cuando



para la separación de las calzadas se ha colocado guardacaminos que disminuyen aún más la visibilidad, siendo necesario por lo tanto se vea la posibilidad de eliminar los guardacaminos en primera instancia y eliminar o disminuir la desnivelación transversal entre las calzadas como segundo paso.

En el cruce de Lasso si bien el momento de circulación es relativamente moderado, las distancias de visibilidad de 3 de los 4 cuadrantes es adecuada; sin embargo, el ángulo de cruce bajo (14.82 grados) afecta considerablemente al Índice de peligrosidad, dando como resultado un cruce con categorización III, debiéndose considerar la implementación de una protección activa con barreras.

La instrumentación de las protecciones recomendadas a través de la metodología propuesta en base de la determinación de un índice de peligrosidad, no es una garantía total de circulación segura en los cruces a nivel, ya que siendo el factor humano el que mayor incidencia tiene en los percances de tránsito que ocurren a nivel mundial en estos sitios, necesariamente los organismos de administración y regulación ferroviaria, deben contemplar campañas de concienciación y educación vial, procurando el respeto a las señalizaciones implementadas.



## **ANEXO 1**

### **HOJAS DE CAMPO DE LA INSPECCION DE CRUCES**

### FORMULARIO DE INSPECCION DEL CRUCE

(ANEXO 1)

**DATOS DE LA APROXIMACION**

LIMITE DE VELOCIDAD 50 Km/h  
 GRADIENTE  
 POSITIVA  NEGATIVA  A NIVEL   
 CURVATURA  
 DERECHA  IZQUIERDA  RECTA   
 INGRESO DE CAMINO LATERAL DISTANCIA < 20m  
 SI   
 LONGITUD DESDE EL CRUCE ... 8 ... m  
 NO   
 NUMERO DE CARRILES

**UBICACION DEL CRUCE**

TRAMO FERROVIARIO: LATACUNGA QUITO  
 PROVINCIA: PICHINCHA  
 SECTOR: TAMBILLO  
 ABSCISA: 429+900

SEÑAL DE PROXIMIDAD DE CRUCE A NIVEL  
 SI  NO



**INDICACION DEL NORTE**



**VEGETACION EN EL CUADRANTE**

DENSA   
 LIGERA   
 NINGUNA

36 GRADOS

**VEGETACION EN EL CUADRANTE**

DENSA   
 LIGERA   
 NINGUNA

INDICAR ANGULO APROXIMADO DE CRUCE  
 SOBRE LA LINEA QUE CORRESPONDA

NUMERO DE VIAS FERREAS

**VEGETACION EN EL CUADRANTE**

DENSA   
 LIGERA   
 NINGUNA

**VEGETACION EN EL CUADRANTE**

DENSA   
 LIGERA   
 NINGUNA

**TIPO DE SEÑAL EXISTENTE**

CRUZ DE SAN ANDRES  
 CRUZ DE SAN ANDRES HORIZONTAL  
 SEÑAL DE PARE  
 SEMAFOROS  
 SEÑAL SONORA  
 BARRERA



SEÑAL DE PROXIMIDAD DE CRUCE A NIVEL  
 SI  NO

**SUPERFICIE DE RODADURA**

ASFALTO  
 HORMIGON  
 EMPEDRADO  
 AFIRMADO

**ESTADO**

BUENO  MALO  
 BUENO  MALO  
 BUENO  MALO  
 BUENO  MALO

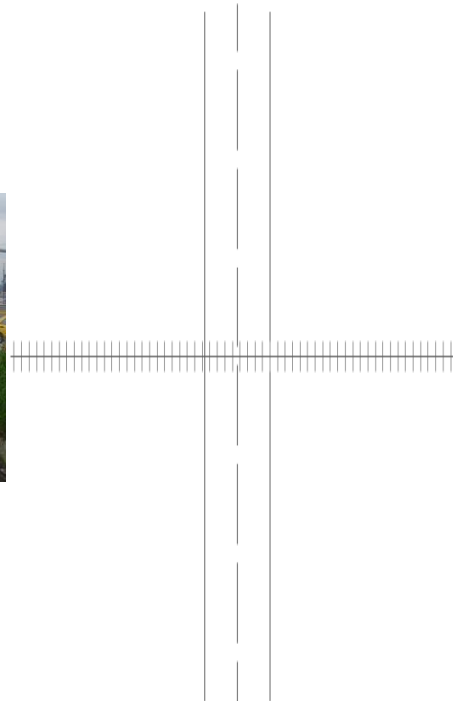
**CUMPLE RECOMENDACION AASHTO (EXHIBIT 9-102)**

SI  NO

**DATOS DE LA APROXIMACION**

LIMITE DE VELOCIDAD 50 Km/h  
 GRADIENTE  
 POSITIVA  NEGATIVA  A NIVEL   
 CURVATURA  
 DERECHA  IZQUIERDA  RECTA   
 INGRESO DE CAMINO LATERAL DISTANCIA < 20m  
 SI   
 LONGITUD DESDE EL CRUCE \_\_\_\_\_ m  
 NO

# ESQUEMA FOTOGRAFICO DEL CRUCE TAMBILLO

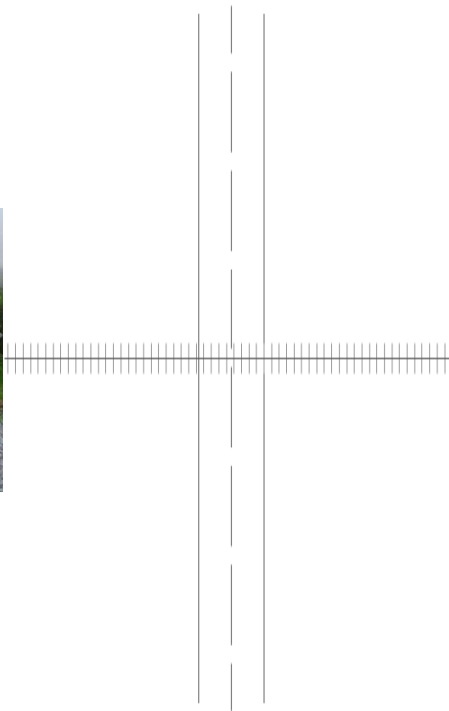


### FORMULARIO DE INSPECCION DEL CRUCE (ANEXO 1)

<p><b>DATOS DE LA APROXIMACION</b></p> <p>LIMITE DE VELOCIDAD 50 Km/h</p> <p>GRADIENTE POSITIVA <input type="checkbox"/> NEGATIVA <input checked="" type="checkbox"/> A NIVEL <input type="checkbox"/></p> <p>CURVATURA DERECHA <input type="checkbox"/> IZQUIERDA <input checked="" type="checkbox"/> RECTA <input type="checkbox"/></p> <p>INGRESO DE CAMINO LATERAL DISTANCIA &lt; 20m SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>LONGITUD DESDE EL CRUCE ...6... m</p> <p>NUMERO DE CARRILES <input type="checkbox"/> 2</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>UBICACION DEL CRUCE</b></p> <p style="margin: 0;">TRAMO FERROVIARIO: LATACUNGA QUITO</p> <p style="margin: 0;">PROVINCIA: PICHINCHA</p> <p style="margin: 0;">SECTOR: ALOAG</p> <p style="margin: 0;">ABSCISA: 413+400</p> </div> <p style="text-align: right;"><b>INDICACION DEL NORTE</b></p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">31 GRADOS</p>								
<p style="text-align: center;"><b>SEÑAL DE PROXIMIDAD DE CRUCE A NIVEL</b></p> <p style="text-align: center;">SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: right; font-size: small;">P2-19 P2-20</p>	<p style="text-align: center;"><b>VEGETACION EN EL CUADRANTE</b></p> <p>DENSA <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>LIGERA <input type="checkbox"/></p> <p>NINGUNA <input type="checkbox"/></p>								
<p style="text-align: center;"><b>INDICAR ANGULO APROXIMADO DE CRUCE SOBRE LA LINEA QUE CORRESPONDA</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>VEGETACION EN EL CUADRANTE</b></p> <p>DENSA <input type="checkbox"/></p> <p>LIGERA <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NINGUNA <input type="checkbox"/></p>								
<p style="text-align: center;"><b>VEGETACION EN EL CUADRANTE</b></p> <p>DENSA <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>LIGERA <input type="checkbox"/></p> <p>NINGUNA <input type="checkbox"/></p>	<p style="text-align: center;"><b>VEGETACION EN EL CUADRANTE</b></p> <p>DENSA <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>LIGERA <input type="checkbox"/></p> <p>NINGUNA <input type="checkbox"/></p>								
<p><b>TIPO DE SEÑAL EXISTENTE</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> CRUZ DE SAN ANDRES</p> <p><input type="checkbox"/> CRUZ DE SAN ANDRÉZ HORIZONTAL</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> SEÑAL DE PARE</p> <p><input type="checkbox"/> SEMAFOROS</p> <p><input type="checkbox"/> SEÑAL SONORA</p> <p><input type="checkbox"/> BARRERA</p>	<p style="text-align: center;"><b>SEÑAL DE PROXIMIDAD DE CRUCE A NIVEL</b></p> <p style="text-align: center;">SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: right; font-size: small;">P2-19 P2-20</p>								
<p><b>SUPERFICIE DE RODADURA</b></p> <p><input type="checkbox"/> ASFALTO</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> HORMIGON</p> <p><input type="checkbox"/> EMPEDRADO</p> <p><input type="checkbox"/> AFIRMADO</p>	<p><b>ESTADO</b></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> BUENO</td> <td><input type="checkbox"/> MALO</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> BUENO</td> <td><input type="checkbox"/> MALO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> BUENO</td> <td><input type="checkbox"/> MALO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> BUENO</td> <td><input type="checkbox"/> MALO</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> MALO	<input checked="" type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> MALO	<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> MALO	<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> MALO
<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> MALO								
<input checked="" type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> MALO								
<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> MALO								
<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> MALO								
<p><b>CUMPLE RECOMENDACION AASHTO (EXHIBIT 9-102)</b></p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p><b>DATOS DE LA APROXIMACION</b></p> <p>LIMITE DE VELOCIDAD 50 Km/h</p> <p>GRADIENTE POSITIVA <input checked="" type="checkbox"/> NEGATIVA <input type="checkbox"/> A NIVEL <input type="checkbox"/></p> <p>CURVATURA DERECHA <input type="checkbox"/> IZQUIERDA <input checked="" type="checkbox"/> RECTA <input type="checkbox"/></p> <p>INGRESO DE CAMINO LATERAL DISTANCIA &lt; 20m SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>LONGITUD DESDE EL CRUCE _____ m</p>								

## ESQUEMA FOTOGRAFICO DEL CRUCE

### ALOAG



### FORMULARIO DE INSPECCION DEL CRUCE (ANEXO 1)

<p><b>DATOS DE LA APROXIMACION</b></p> <p>LIMITE DE VELOCIDAD 45 Km/h</p> <p>GRADIENTE POSITIVA <input type="checkbox"/> NEGATIVA <input checked="" type="checkbox"/> A NIVEL <input type="checkbox"/></p> <p>CURVATURA DERECHA <input type="checkbox"/> IZQUIERDA <input type="checkbox"/> RECTA <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>INGRESO DE CAMINO LATERAL DISTANCIA &lt; 20m SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>LONGITUD DESDE EL CRUCE ___6___ m</p> <p>NUMERO DE CARRILES <input type="text" value="2"/></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>UBICACION DEL CRUCE</b></p> <p style="margin: 0;">TRAMO FERROVIARIO: LATACUNGA QUITO</p> <p style="margin: 0;">PROVINCIA: COTOPAXI</p> <p style="margin: 0;">SECTOR: LASO</p> <p style="margin: 0;">ABSCISA: 369+100</p> </div> <p style="text-align: right;"><b>INDICACION DEL NORTE</b></p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">14 GRADOS</p> <p style="text-align: center;">SEÑAL DE PROXIMIDAD DE CRUCE A NIVEL SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>VEGETACION EN EL CUADRANTE</b></p> <p>DENSA <input type="checkbox"/></p> <p>LIGERA <input type="checkbox"/></p> <p>NINGUNA <input checked="" type="checkbox"/></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>VEGETACION EN EL CUADRANTE</b></p> <p>DENSA <input type="checkbox"/></p> <p>LIGERA <input type="checkbox"/></p> <p>NINGUNA <input checked="" type="checkbox"/></p> </div> </div> <p style="text-align: center;">INDICAR ANGULO APROXIMADO DE CRUCE SOBRE LA LINEA QUE CORRESPONDA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>VEGETACION EN EL CUADRANTE</b></p> <p>DENSA <input type="checkbox"/></p> <p>LIGERA <input type="checkbox"/></p> <p>NINGUNA <input checked="" type="checkbox"/></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>VEGETACION EN EL CUADRANTE</b></p> <p>DENSA <input type="checkbox"/></p> <p>LIGERA <input type="checkbox"/></p> <p>NINGUNA <input checked="" type="checkbox"/></p> </div> </div> <p style="text-align: center;">SEÑAL DE PROXIMIDAD DE CRUCE A NIVEL SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>
<p><b>TIPO DE SEÑAL EXISTENTE</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> CRUZ DE SAN ANDRES</p> <p><input type="checkbox"/> CRUZ DE SAN ANDRES HORIZONTAL</p> <p><input type="checkbox"/> SEÑAL DE PARE</p> <p><input type="checkbox"/> SEMAFOROS</p> <p><input type="checkbox"/> SEÑAL SONORA</p> <p><input type="checkbox"/> BARRERA</p>	<p><b>DATOS DE LA APROXIMACION</b></p> <p>LIMITE DE VELOCIDAD 45 Km/h</p> <p>GRADIENTE POSITIVA <input checked="" type="checkbox"/> NEGATIVA <input type="checkbox"/> A NIVEL <input type="checkbox"/></p> <p>CURVATURA DERECHA <input type="checkbox"/> IZQUIERDA <input type="checkbox"/> RECTA <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>INGRESO DE CAMINO LATERAL DISTANCIA &lt; 20m SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>LONGITUD DESDE EL CRUCE _____ m</p>
<p><b>SUPERFICIE DE RODADURA</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ASFALTO</p> <p><input type="checkbox"/> HORMIGON</p> <p><input type="checkbox"/> EMPEDRADO</p> <p><input type="checkbox"/> AFIRMADO</p>	<p><b>ESTADO</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> MALO</p> <p><input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> MALO</p> <p><input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> MALO</p> <p><input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> MALO</p>
<p><b>CUMPLE RECOMENDACION AASHTO (EXHIBIT 9-102)</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p>	

## ESQUEMA FOTOGRAFICO DEL CRUCE

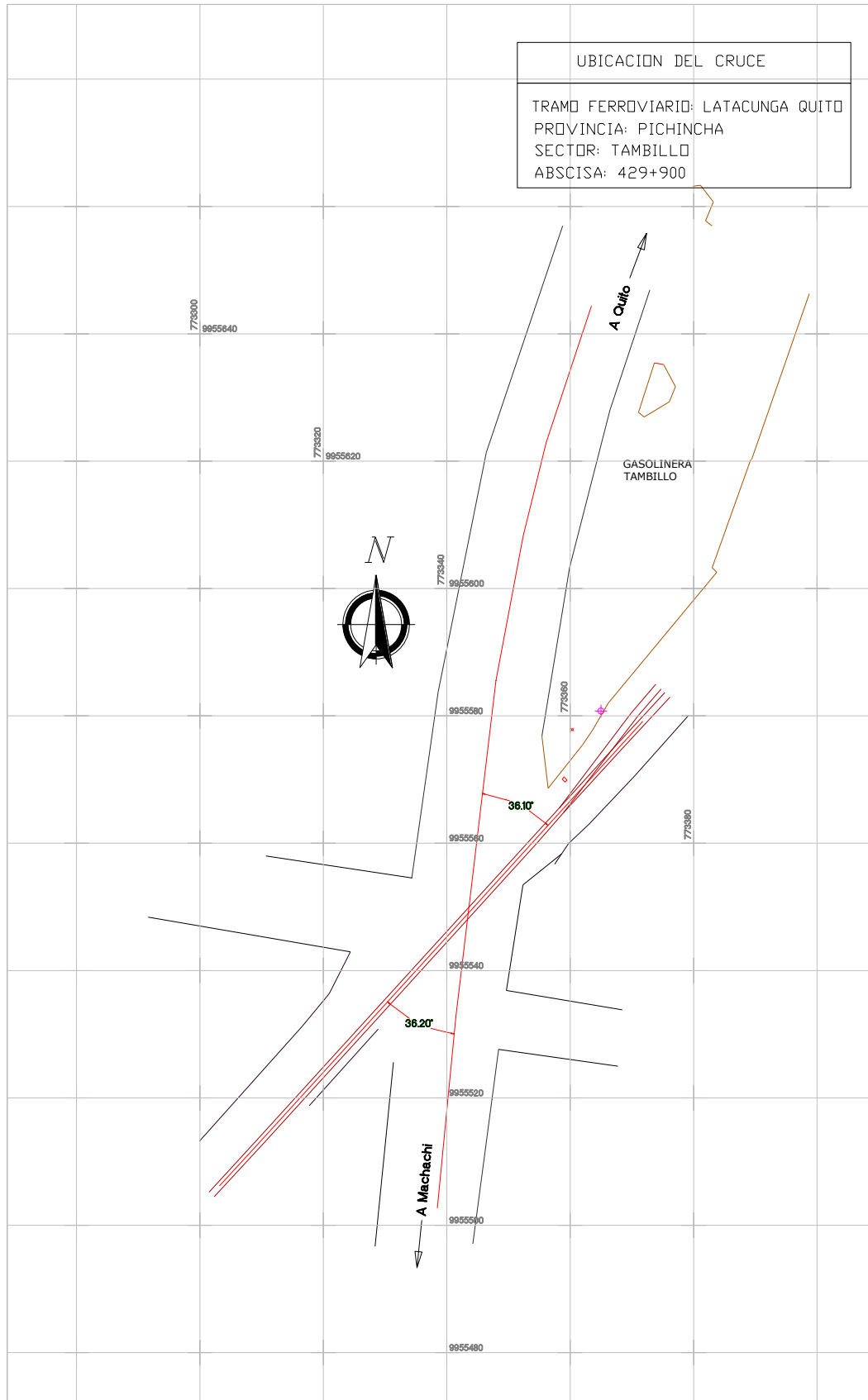
### LASO

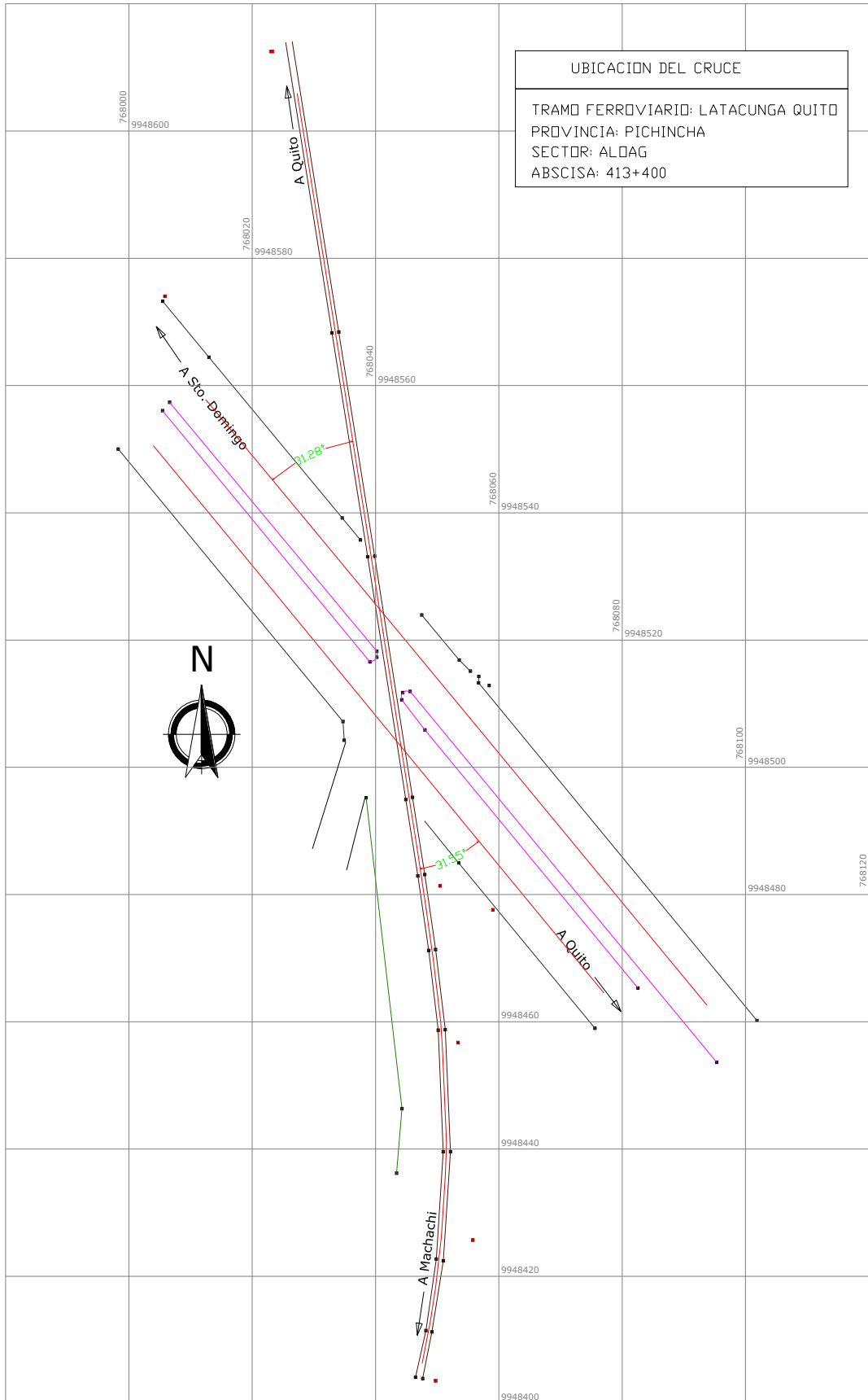




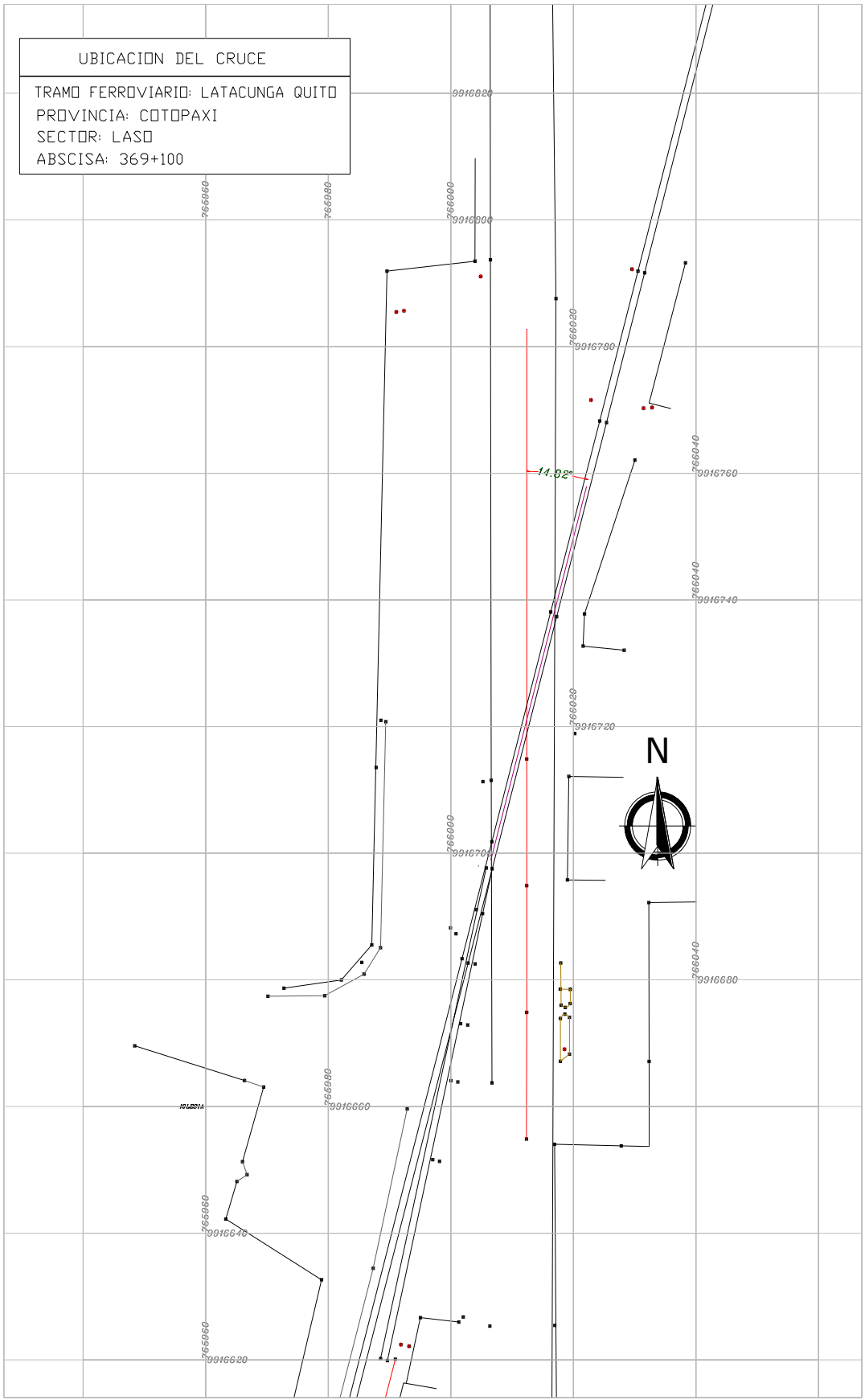
## **ANEXO 2**

### **LEVANTAMIENTOS PLANIALTIMETRICOS**





UBICACION DEL CRUCE
TRAMO FERROVIARIO: LATACUNGA QUITO
PROVINCIA: COTOPAXI
SECTOR: LASO
ABSCISA: 369+100





## BIBLIOGRAFIA

- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1 (2011). Quito. Ecuador.
- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2 (2011). Quito. Ecuador.
- León Rodríguez C. (2010). Transporte Ferroviario. Montevideo. Uruguay.
- Brent D. Ogden, Korve Engineering. Federal Highway Administration (2007). Railroad-Highway Grade Crossing Handbook. Washington. Estados Unidos de América. Revised Second.
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Libra Ingenieros Consultores (2008). Análisis de la Seguridad en el Transporte Ferroviario. Santiago. Chile.
- Renata do Carmo (2006). Método para evaluación de cruces a nivel. Rio de Janeiro. Brasil.
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias ADIF. (2005). Pasos a Nivel. Madrid. España.
- American Association of state highway and Transportation officials (2004). Geometric Design of highways and streets. Estados Unidos de America.
- Ministerio de Planificación y Cooperación. Sectra (2003). Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria. Santiago. Chile.
- Departamento de Transporte y Carreteras principales (2002). Manual de Planificación y diseño vial. Queensland. Australia.
- AREMA. Manual of Railway Engineering (2001). Estados Unidos de America.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2001). Norma Oficial mexicana NOM-050-SCT2-2001, Disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas. México DF.
- Secretaria de Estado de Transporte y Obras Públicas (1999). Normas para los cruces entre caminos y vías férreas. Buenos Aires. Argentina.