



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA

MAESTRIA EN TRANSPORTES

TESIS

PREVIO AL TITULO DE MAGISTER EN INGENIERIA DEL TRANSPORTE

TEMA: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA VALORACIÓN DE PRECIOS
REFERENCIALES POR KILÓMETRO DE VÍA FÉRREA.

PRESENTADO POR: ING. BYRON ALTAMIRANO LEON

DIRECTOR DE TESIS: ING. FREDDY PAREDES

Quito, 2016



AGRADECIMIENTO:

A Dios, a mi familia y a mis amigos quienes colaboraron de diferente manera para la culminación exitosa de esta disertación.

A la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador y a su Gerencia de Operaciones que me brindaron el apoyo con la información técnica para la realización de este trabajo.

Al Ingeniero Marco Bracho, a la Asociación Hidroplan-Ica y al Sr. Klever Rivera futuro Ingeniero Civil del País, quienes me facilitaron informes y planillas de fiscalización durante la elaboración de la presente investigación.



DEDICATORIA:

Con esfuerzo para Dios y mi bendecida familia.



CONTENIDO

INDICE DE ILUSTRACIONES	vii
INDICE DE TABLAS	x
CAPITULO I	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACION	1
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
CAPITULO II	5
2.1 INTRODUCCIÓN	5
2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA FERROVIARIO	7
2.2.1 CLASIFICACIÓN	7
2.2.2 PERALTE.....	8
2.2.3 PERALTE TEÓRICO	9
2.2.4 PERALTE PRÁCTICO.....	9
2.2.5 SUPERESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA	10
2.2.6 EL RIEL	10
2.2.7 DURMIENTES.....	12
2.2.8 BALASTO.....	17
2.2.9 PLATAFORMA	20
2.2.10 APARATOS DE VÍA.....	20
2.2.11 VEHÍCULO TRACTIVO – LOCOMOTORA	22
2.2.12 EL MEDIO AMBIENTE Y EL FERROCARRIL.....	27
2.3 BREVE RESEÑA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS FÉRREAS EN ECUADOR	28
CAPITULO III	30
3.1 ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA DEL TRAMO DE VÍA FÉRREA PALMIRA – RIOBAMBA	30
3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO	34
3.2 ENSAYOS EXPERIMENTALES PARA EL ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA	35
3.2.1 COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO A NIVEL SUB-BALASTO	35
3.2.2 GRANULOMETRÍAS A NIVEL DE BALASTO.....	36



3.2.3	DENSIDADES DE CAMPO - MÉTODO CONO DE ARENA.....	37
3.3	TABULACIÓN DE DATOS	39
3.4	ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA VÍA FÉRREA.....	40
3.4.1	CRITERIOS DE DISEÑO.....	40
3.5	RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES	42
3.6	SECCIONES TÍPICAS ADOPTADAS.....	43
3.6.1	ANCHO DE VÍA	43
3.7	ESTRUCTURA DE LA VÍA.....	46
3.7.1	SUB-BALASTO	46
3.7.2	BALASTO.....	47
3.7.3	DURMIENTES.....	48
3.8	RIGIDEZ DE LA VÍA FÉRREA	54
3.8.1	GENERALIDADES.....	55
3.8.2	FACTORES DE INFLUENCIA	56
3.8.3	DEPENDENCIA ENTRE LA RIGIDEZ DE LA LÍNEA FÉRREA Y LA RIGIDEZ DEL SISTEMA DE LA VÍA FÉRREA.....	57
3.8.4	SEPARACIÓN ENTRE DURMIENTES	57
	CAPITULO IV	61
4.1	PROPUESTA METODOLOGICA S-G (SUELO-GEOMETRIA DE TRAZADO) PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE VÍAS FÉRREAS.	61
4.1.1	FUNDAMENTO DE LA PROPUESTA	62
4.2	CONDICIONES INICIALES.....	64
4.2.1	IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL PROYECTO	65
4.2.2	PROPÓSITO DE LA VALORACIÓN	66
4.3	GESTIÓN TÉCNICA Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS.....	66
4.3.1	LIMITES DE CONTORNO DE LA PROPUESTA.....	68
4.3.2	INFORMACION DE APOYO	70
4.4	VALIDACIÓN DE RESULTADOS	72
	CAPITULO V	74
5.1	IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN V.E.V.F 1.0 MEDIANTE LA METODOLOGÍA SG (SUELO-GEOMETRÍA DE TRAZADO) PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA VÍA FÉRREA.....	74
5.1.1	INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN V.E.V. 1.0	74
5.1.2	UTILIZACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE LA APLICACIÓN V.E.V.F 1.0	75
5.2	DATOS REFERENCIALES DE GUÍA	91



5.3	GENERACION DE REPORTE	95
5.3.1	REPORTE GENERADO PARA DURMIENTES DE HORMIGON	97
5.3.2	REPORTE GENERADO PARA DURMIENTES DE MADERA	100
5.4	RESULTADOS OBTENIDOS	103
5.4.1	RELACIÓN COSTO-BENEFICIO	107
CAPITULO VI		117
6.1	CONCLUSIONES	117
6.2	RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFIA		128
ANEXOS.....		130



INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 2.1 IMPLANTACION DE LA VIA FERREA TRAMO PALMIRA – RIOBAMBA.....	6
ILUSTRACIÓN 2.2 TROCHA DE LA VÍA	7
ILUSTRACIÓN 2.3 TROCHA DE LA VÍA-PERALTE	9
ILUSTRACIÓN 2.4 ANTIGUOS RIELES DE VIENTRE DE PEZ, SOBRE DADOS DE PIEDRA.....	11
ILUSTRACIÓN 2.5 SECCION DEL RIEL Y COJINETES.....	11
ILUSTRACIÓN 2.6 SECCION TRANSVERSAL DEL RIEL.....	11
ILUSTRACIÓN 2.7 SECCION TRANSVERSAL DEL RIEL.....	12
ILUSTRACIÓN 2.8 TIPOS DE SECCIONES TRANSVERSALES DE DURMIENTES DE MADERA....	12
ILUSTRACIÓN 2.9 APOYO DEL RIEL SOBRE EL DURMIENTE.....	13
ILUSTRACIÓN 2.10 VIA FERREA PARA UN FERROCARRIL CON DURMIENTES DE MADERA....	14
ILUSTRACIÓN 2.11 SECCIÓN LONGITUDINAL Y PLANTA DE UN DURMIENTE METÁLICO.....	14
ILUSTRACIÓN 2.12 SECCIÓN LONGITUDINAL Y PLANTA DE UN DURMIENTE METÁLICO.....	15
ILUSTRACIÓN 2.13 SECCIÓN LONGITUDINAL Y PLANTA DE UN DURMIENTE METÁLICO.....	15
ILUSTRACIÓN 2.14 DURMIENTES DE HORMIGÓN.....	16
ILUSTRACIÓN 2.15 LINEA FÉRREA DE DURMIENTES DE HORMIGÓN.....	16
ILUSTRACIÓN 2.16 VÍA SOBRE DURMIENTES MIXTOS DE MADERA Y DE HORMIGÓN.....	17
ILUSTRACIÓN 2.17 DURMIENTE MIXTO DE ACERO Y DE HORMIGÓN.....	17
ILUSTRACIÓN 2.18 DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES EN LA CAPA DE BALASTO.....	18
ILUSTRACIÓN 2.19 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VIA.....	19
ILUSTRACIÓN 2.20 SECCIÓN TRANSVERSAL DE DOBLE VÍA EN RECTA.....	19
ILUSTRACIÓN 2.21 SECCIÓN TRANSVERSAL DE VÍA CON DURMIENTES AL DESCUBIERTO Y CUBIERTO POR BALASTO.....	19
ILUSTRACIÓN 2.22 PLATAFORMA DE LA VÍA CON UNA SOLA INCLINACIÓN.....	20
ILUSTRACIÓN 2.23 PLATAFORMA DE LA VÍA CON DOS AGUAS.....	20
ILUSTRACIÓN 2.24 APARATOS DE VÍA – SAPO.....	21
ILUSTRACIÓN 2.25 CRUZAMIENTO DOBLE O ENTRADA OBLICUA.....	21
ILUSTRACIÓN 2.26 LOCOMOTORA A VAPOR.....	22
ILUSTRACIÓN 2.27 LOCOMOTORA ELECTRICA.....	23
ILUSTRACIÓN 2.28 LOCOMOTORA DIESEL – ELÉCTRICA.....	24
ILUSTRACIÓN 2.29 TIPOS DE BOGUIES USUALES EN LOCOMOTORAS.....	25
ILUSTRACIÓN 2.30 LOCOMOTORA BO – BO, DOS BUGUIES CON DOS EJES.....	26
ILUSTRACIÓN 2.31 LOCOMOTORA CO – CO, DOS BUGUIES CON TRES EJES.....	26
ILUSTRACIÓN 3.a SECCIÓN TÍPICA ADOPTADA	31
ILUSTRACIÓN 3.b IMPLANTACIÓN DELTRAMO DE VÍA FÉRREA PALMIRA – RIOBAMBA....	33
ILUSTRACIÓN 3.c PERFIL DE ALTIMETRÍA PALMIRA – RIOBAMBA.....	34
ILUSTRACIÓN 3.d ESQUEMA CONCEPTUAL DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.....	35
ILUSTRACIÓN 3.1 SECCIÓN TÍPICA EN ZONA RURAL.....	44
ILUSTRACIÓN 3.2 SECCIÓN TÍPICA 1 EN SEPARADOR – PARTERRE.....	44
ILUSTRACIÓN 3.3 SECCIÓN TÍPICA 2 EN SEPARADOR – PARTERRE.....	45
ILUSTRACIÓN 3.4 SECCIÓN TÍPICA 3 EN INTERSECCIÓN CON VÍAS.....	45
ILUSTRACIÓN 3.5 SUPERFICIE Y TENSIONES DE ELEMENTOS DE SOPORTE DE VIA.....	46
ILUSTRACIÓN 4.1 PROPUESTA METODOLÓGICA S-G (SUELO-GEOMETRÍA DETRAZADO)....	61
ILUSTRACIÓN 4.2 FUNDAMENTO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA.....	63



ILUSTRACIÓN 4.3 CONDICIONES INICIALES.....	64
ILUSTRACIÓN 4.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	65
ILUSTRACIÓN 4.5 GESTIÓN TÉCNICA Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS.....	68
ILUSTRACIÓN 4.6 LÍMITES DE CONTORNO.....	70
ILUSTRACIÓN 4.7 INFORMACIÓN DE APOYO.....	71
ILUSTRACIÓN 4.8 VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	73
ILUSTRACIÓN 5.1 PANTALLA DE VISUAL BASIC 2008 EXPRESS EDITION.....	74
ILUSTRACIÓN 5.2 INSTALACIÓN DE VISUAL BASIC 2008 EXPRESS EDITION.....	75
ILUSTRACIÓN 5.3 PROGRESO DE INSTALACIÓN - VISUAL BASIC 2008 EXPRESS EDITION....	75
ILUSTRACIÓN 5.4 ACCESO DIRECTO DE LA APLICACIÓN V.E.V.F 1.0.....	76
ILUSTRACIÓN 5.5 PANTALLA DE INICIO DE V.E.V.F 1.0.....	76
ILUSTRACIÓN 5.6 PANTALLA CON INGRESO DE DATOS.....	77
ILUSTRACIÓN 5.7 PANTALLA DE BIENVENIDA V.E.V.F 1.0.....	77
ILUSTRACIÓN 5.8 PANTALLA DE USUARIO DESCONOCIDO V.E.V.F 1.0.....	78
ILUSTRACIÓN 5.9 PANTALLA DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS V.E.V.F 1.0.....	78
ILUSTRACIÓN 5.10 PANTALLA DE ALTERNATIVA HORMIGON V.E.V.F 1.0.....	79
ILUSTRACIÓN 5.11 PANTALLA DE ALTERNATIVA MADERA V.E.V.F 1.0.....	79
ILUSTRACIÓN 5.12 PANTALLA DE DATO ERRONEO V.E.V.F 1.0.....	80
ILUSTRACIÓN 5.13 PANTALLA DE GEOTECNIA Y TRAZADO V.E.V.F 1.0.....	81
ILUSTRACIÓN 5.14 PANTALLA DE DISEÑO DE BALASTO-SUBBALASTO-SUBRASANTE CBR 6% V.E.V.F 1.0.....	82
ILUSTRACIÓN 5.15 PANTALLA DE DISEÑO DE BALASTO-SUBBALASTO-SUBRASANTE CBR 14% V.E.V.F 1.0.....	83
ILUSTRACIÓN 5.16 PANTALLA DE DISEÑO DE BALASTO-SUBBALASTO-SUBRASANTE CBR 35% V.E.V.F 1.0.....	84
ILUSTRACIÓN 5.17 PANTALLA DE GEOMETRIA DE TRAZADO RADIO DE CURVA 60M V.E.V.F 1.0.....	86
ILUSTRACIÓN 5.18 PANTALLA DE GEOMETRIA DE TRAZADO RADIO DE CURVA 150M V.E.V.F 1.0.....	87
ILUSTRACIÓN 5.19 PANTALLA DE GEOMETRIA DE TRAZADO RADIO DE CURVA 1000M V.E.V.F 1.0.....	89
ILUSTRACIÓN 5.20 PANTALLA DE GEOMETRIA DE TRAZADO TROCHA 1800MM V.E.V.F 1.0.....	90
ILUSTRACIÓN 5.21 PANTALLA DE DATOS REFERENCIALES DE GUÍA V.E.V.F 1.0.....	92
ILUSTRACIÓN 5.22 PANTALLA DE AYUDA FORMULA TALBOT V.E.V.F 1.0.....	92
ILUSTRACIÓN 5.23 PANTALLA DE AYUDA FORMULA FERROCARRILES JAPONESES.....	93
ILUSTRACIÓN 5.24 PANTALLA DE AYUDA CBR QUITO LATACUNGA V.E.V.F 1.0.....	93
ILUSTRACIÓN 5.25 PANTALLA DE AYUDA VALORES RECOMENDABLES V.E.V.F 1.0.....	94
ILUSTRACIÓN 5.26 PANTALLA DE AYUDA COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO V.E.V.F 1.0.....	94
ILUSTRACIÓN 5.27 PANTALLA DE AYUDA TABLA CBR V.E.V.F 1.0.....	95
ILUSTRACIÓN 5.28 PANTALLA GENERACION DE RESULTADOS HORMIGÓN V.E.V.F 1.0.....	96
ILUSTRACIÓN 5.29 PANTALLA DE GENERACION DE RESULTADOS MADERA V.E.V.F 1.0.....	96
ILUSTRACIÓN 5.30 PANTALLA- REPORTE Y SALIDA DE DATOS HORMIGÓN-REFERENCIAL 1 Y 20% DE C.I V.E.V.F 1.0.....	98
ILUSTRACIÓN 5.31 PANTALLA- REPORTE Y SALIDA DE DATOS HORMIGÓN-REFERENCIAL 2 Y 20% DE C.I V.E.V.F 1.0.....	99



ILUSTRACIÓN 5.32 PANTALLA- REPORTE Y SALIDA DE DATOS HORMIGÓN-REFERENCIAL 2 Y 25% DE C.I V.E.V.F 1.0.....	99
ILUSTRACIÓN 5.33 PANTALLA DEL REPORTE Y SALIDA DE DATOS MADERA-REFERENCIAL 1 Y 20% DE C.I V.E.V.F 1.0.....	101
ILUSTRACIÓN 5.34 PANTALLA DEL REPORTE Y SALIDA DE DATOS MADERA-REFERENCIAL 2 Y 20% DE C.I V.E.V.F 1.0.....	102
ILUSTRACIÓN 5.35 PANTALLA DEL REPORTE Y SALIDA DE DATOS MADERA-REFERENCIAL 2 Y 25% DE C.I V.E.V.F 1.0.....	102
ILUSTRACIÓN 5.36 PANTALLA DE ECUACION DURMIENTES DE HORMIGÓN V.E.V.F 1.0.....	104
ILUSTRACIÓN 5.37 PANTALLA DE ECUACION DURMIENTES DE MADERA V.E.V.F 1.0.....	105
ILUSTRACIÓN 5.38 ARTIFICIO DE ENLACE DEL VPN CON METODOLOGÍA S-G.....	112
ILUSTRACIÓN 5.39 EJEMPLO DEL ARTIFICIO DE ENLACE VPN CON METODOLOGÍA S-G.....	113
ILUSTRACIÓN 5.40 ARTIFICIO DE TRASLADO A UNA LINEA DE TIEMPO.....	113



INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 DIMENSIONES DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS DURMIENTES DE MADERA EN (MM)	13
TABLA 2.2 DIMENSIONES DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS DURMIENTES DE MADERA EN (MM).....	15
TABLA 2.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS LOCOMOTORAS DIESEL – ELÉCTRICAS.	27
TABLA 3.a TABULACIÓN DE DATOS 1 - COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO.....	39
TABLA 3.b TABULACIÓN DE DATOS 2 – GRANULOMETRÍAS.....	39
TABLA 3.c TABULACIÓN DE DATOS 3 – DENSIDADES DE CAMPO.....	40
TABLA 3.1 MATERIAL SUBRASANTE Y ESPESOR DE SUB – BALASTO RECOMENDADO.....	47
TABLA 3.2 INESTABILIDAD DE LA VÍA CON DURMIENTES DE MADERA.....	59
TABLA 3.3 INESTABILIDAD DE LA VÍA CON DURMIENTES DE HORMIGÓN.....	60
TABLA 5.1 RESULTADOS DE V.E.V.F 1.0 CON DURMIENTES DE HORMIGÓN Y MADERA...	103
TABLA 5.2 RESULTADOS DE LA ECUACIÓN CON DURMIENTES DE HORMIGÓN.....	106
TABLA 5.3 RESULTADOS DE LA ECUACIÓN CON DURMIENTES DE MADERA.....	106
TABLA 5.4 RESUMEN DE OPCIONES PLANTEADAS.....	108
TABLA 5.5 RESUMEN COSTO POR KILÓMETRO.....	109
TABLA 5.6 COSTO TOTAL EN 100KM DE VÍA-OPCIONES 1 Y 2.....	109
TABLA 5.7 ESCENARIO BASE EN 100KMSIN METODOLOGÍA S-G.....	110
TABLA 5.8 AHORRO EN RELACIÓN AL ESCENARIO BASE.....	110
TABLA 5.9 INTERÉS GENÉRICO DE TRASLADO VPN CON METODOLOGÍA S-G.....	114
TABLA 5.10 VALOR PRESENTE NETO.....	114

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS. PRECIOS UNITARIOS-ENSAYOS.....	130
--	-----



CAPITULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador FEEP, específicamente en el Área Técnica, no registra en su base de datos valores actualizados de los precios referenciales para la rehabilitación de un kilómetro de vía férrea; más bien se cuenta con registros de valores contractuales de las diferentes empresas nacionales e internacionales que participaron en los diferentes proyectos de rehabilitación del trazado de la red vial férrea, realizada por el Gobierno Nacional en el período 2011-2013, aproximadamente en 446,8 Kilómetros desde la ciudad de Latacunga hasta la ciudad de Durán; consecuentemente es necesario obtener una metodología para la valoración de los precios referenciales por kilómetro de vía férrea rehabilitada en base a la experiencia obtenida en las diferentes rehabilitaciones de la vía férrea, tomando en cuenta condiciones geométricas y geotécnicas del suelo de las diferentes zonas del trazado vial ferroviario, que permitan presupuestar futuros proyectos de rehabilitación vial férrea optimizando costos en beneficio de la Institución.

1.2 JUSTIFICACION

La importancia de obtener los presupuestos actualizados de los rubros que intervienen en la rehabilitación y/o reconstrucción de un kilómetro de vía férrea, facilitará al Área de Infraestructura de la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador, la cuantificación de presupuestos para diferentes proyectos viales férreos a nivel nacional, como los siguientes: líneas secundarias, desvíos ciegos, triángulos de inversión y tornamesas.



Dado el aumento de las rutas turísticas en el sistema ferroviario nacional, es necesario rehabilitar y/o reconstruir a futuro inmediato, varios desvíos para cubrir ciertas micros rutas y tener la posibilidad de realizar maniobras y movimientos con las unidades férreas, para lo cual se hace indispensable contar con la valoración de precios referenciales, ya sea para realizar mediante procesos de administración directa y/o contratación.

Para tal fin, se procederá en base a la experiencia obtenida por la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador, la cual ha ejecutado por intermedio de varios contratistas a nivel nacional y extranjero, los estudios y rehabilitación Integral de la Red Vial Ferroviaria del Tramo Latacunga-Durán; el presente trabajo permitirá un estudio más real del análisis de precios unitarios con la ayuda de la aplicación del programa (**Valoración Económica Vía Férrea Versión No.1**) V.E.V.F 1.0 que implementa la metodología SG (**Suelo-Geometría de trazado**).

Por consiguiente, se procederá a obtener los datos técnicos referenciales del estudio de la rehabilitación integral de la vía férrea del tramo Riobamba-Palmira, realizados por la Empresa Consultora Hidroplan-Ica, este tramo se lo ha seleccionado por tener mucha diversidad sobre todo en su topografía y en las condiciones geotécnicas del suelo, parámetros que influyen directamente en la valoración del estudio de la capacidad soportante del suelo y de la geometría de la vía.

Con la información técnica proporcionada del estudio realizado por la Consultora, se realizará el análisis de precios unitarios actualizados, determinando los rendimientos reales de mano de obra, equipos y maquinaria, de la experiencia constructiva realizada en los diferentes tramos de la vía férrea rehabilitada.



La finalidad de los resultados obtenidos permitirá al Área de Infraestructura de la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador, valorar la rehabilitación y/o reconstrucción de un kilómetro de vía férrea, de forma más efectiva mediante la implementación de la aplicación V.E.V.F 1.0 (Valoración Económica Vía Férrea Versión No.1) y la metodología SG (suelo-geometría de trazado), lo que facilitará que los presupuestos de los proyectos a ejecutarse a futuro, obtengan partidas presupuestarias más confiables.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología apropiada para valorar los precios referenciales por kilómetro de vía férrea rehabilitada y/o reconstruida.

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir los elementos constitutivos para conformar el armado de una vía férrea.
- Analizar los precios unitarios de los rubros considerados en la vía férrea para establecer el presupuesto referencial de un kilómetro de vía rehabilitada y/o reconstruida con respecto a las diferentes condiciones del suelo y geometría de la vía mediante la implementación y aplicación del programa V.E.V.F 1.0 (Valoración Económica Vía Férrea Versión No.1) que implementa la metodología S-G(suelo-geometría).
- Establecer diferencias en la valoración referencial de acuerdo a las condiciones anteriores a través de un cuadro comparativo.



- Establecer ayudas referenciales con los tipos de suelos encontrados en el tramo Riobamba-Palmira.
- Analizar e Interpretar los resultados obtenidos.



CAPITULO II

2.1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación se basa en los estudios de consultoría realizados para la rehabilitación de la vía férrea del tramo Riobamba-Palmira, por parte de la Asociación Hidroplan-Ica, empresa consultora contratada por la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador; los datos técnicos obtenidos con respecto a la mecánica de suelos son avalados por una serie de ensayos de campo y de laboratorio para el aval de los diseños presentados para la infra y súper estructura de una vía férrea.

El Área de Infraestructura de la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador, es la encargada de la propuesta de los diseños, construcción, operación y mantenimiento de vías secundarias auxiliares a la red principal del tramo Quito-Durán, la necesidad de operar en vías auxiliares o secundarias es por la necesidad de realizar maniobras de las unidades férreas, de los trayectos de las micro rutas turísticas, por tal razón es indispensable contar con una base de datos actualizados de precios unitarios; la experiencia que ha obtenido FEED durante la ejecución de toda la rehabilitación de la red vial ferroviaria de 446,800 kilómetros acompañado de la metodología propuesta, permite establecer rendimientos, costos de materiales, equipos y herramientas de forma más fidedigna.

Las variables que se considera para la valoración de la rehabilitación y/o reconstrucción de un kilómetro de vía férrea se enfocan primordialmente en la infraestructura y superestructura, haciendo énfasis en la geotecnia de los suelos y la geometría del trazado de la vía, como tangentes y curvas.



La Rehabilitación de la vía férrea tramo Palmira - Riobamba se ubica dentro de la provincia de Chimborazo, entre las abscisas 166+000 a 230+500 respectivamente, el cual se desarrolla en zona montañosa, sin túneles, con un trazado en su mayoría con largas tangentes y curvas amplias, radio mínimo promedio aproximado de 70 m, con pendientes que oscilan entre el 2% y 5%.

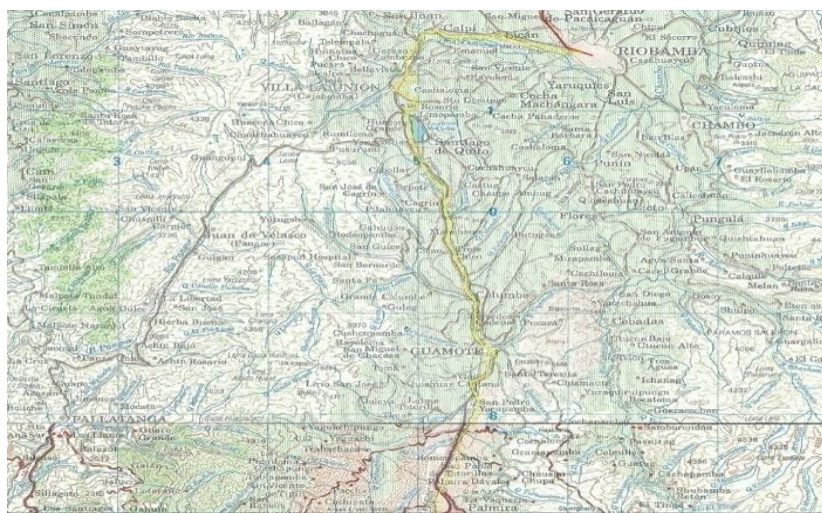


Ilustración 2.1 IMPLANTACION DE LA VIA FERREA TRAMO PALMIRA - RIOBAMBA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

En el sector de Colta, abscisa 203+440 está la cota del punto más alto del tramo Palmira – Riobamba: 3312,40 msnm.

En el sector de Riobamba, abscisa 230+500 está la cota del punto más bajo del tramo Palmira – Riobamba: 2778.00 msnm.

En el sector de Palmira, abscisa 166+000, la cota es: 3244,76 msnm.



2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA FERROVIARIO

Un ferrocarril se define como el camino provisto de perfiles paralelos denominados rieles, sobre los que se deslizan una serie de vehículos movidos por tracción eléctrica, motores eléctricos o motores diésel - eléctricos.¹

2.2.1 CLASIFICACIÓN

En la actualidad no se cuenta con una clasificación unificada de las líneas del ferrocarril, debido a que las mismas presentan una gran variedad en sus características.

2.2.1.1 LINEAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS

Las líneas principales son aquellas que forman las grandes líneas tróncales, y las líneas secundarias las que complementan la red formada por las anteriores dando así un sistema completo de líneas férreas.

2.2.1.2 LINEAS DE VIA ANGOSTA Y VIA ANCHA

Esta clasificación corresponde al nivel de servicio que prestan las líneas férreas, sin tener en cuenta si es una línea principal o secundaria.

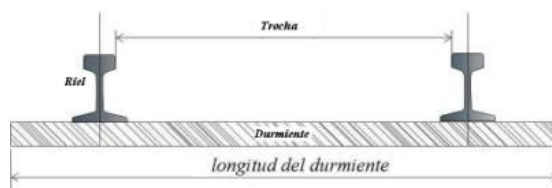


Ilustración 2.2 TROCHA DE LA VÍA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

¹<https://es.scribd.com/doc/204879361/capitulo1vias>



2.2.1.3 LINEAS DE TRANSITO GENERAL URBANAS Y SUB – URBANAS

Esta es una clasificación relativa al servicio público que prestan. Así se tiene que las líneas de tránsito general corresponden al servicio nacional o internacional de larga distancia. A pesar que el estudio del trazado geométrico de la vía, no ha sido considerado en el presente estudio, es necesario introducir al menos el análisis del peralte de la vía, como un criterio práctico, ya que al no satisfacer este criterio, no se aseguraría ciertas condiciones en el cálculo de la seguridad, donde este peralte tiene influencia indirecta; razón por la cual la aplicación V.E.V.F 1.0 se constituye una buena herramienta para tal propósito.

2.2.2 PERALTE

Se denomina peralte a la diferencia de cota entre los dos rieles de la vía en curva, para una sección normal al eje de la vía. Se proporciona mediante la elevación gradual del riel exterior sobre el interior, manteniendo éste a su nivel original en la recta. Las principales misiones del peralte son:

- Producir una mejor distribución de cargas en ambos rieles.
- Reducir la degradación y desgaste de los rieles y del material rodante.
- Compensar parcial o totalmente el efecto de la fuerza centrífuga con la consiguiente reducción de sus consecuencias.
- Proporcionar confort a los viajeros.²

²http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents

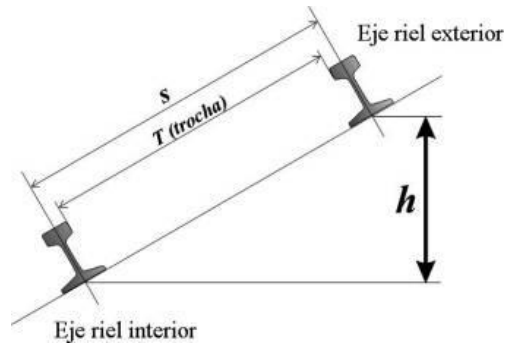


Ilustración 2.3 TROCHA DE LA VÍA-PERALTE
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

2.2.3 PERALTE TEÓRICO

Este peralte debe considerarse solo como teórico, ya que en la práctica el peralte que se puede dar a la vía se encuentra limitado por la coexistencia de trenes rápidos y trenes lentos; en estos últimos, que se encuentran con exceso de peralte, el apoyo de las pestañas con el riel interior, agravado por la resultante de las fuerzas de tracción, origina el desgaste de tales elementos y, sobre todo, aumenta notablemente la resistencia a la rodadura, hasta el punto de hacer difícil el arranque en caso de parada imprevista en curva. Debe observarse que, por efecto del peralte, la presión del vehículo sobre los rieles aumenta.³

$$h = \frac{V^2 \cdot s}{127 \cdot R}$$

2.2.4 PERALTE PRÁCTICO

Se tomara al peralte práctico a los 2/3 del valor del teórico.

³http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



$$h_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{V^2 \cdot s}{127 \cdot R}$$
$$s = T + 2 \cdot \left(\frac{g}{2} \right)$$

Donde:

h = Peralte teórico.

h_1 = Peralte práctico.

V = Velocidad.

R = Radio de curvatura.

s = Ancho de vía más dos veces el semiancho de la cabeza del riel.

g = Ancho de la cabeza del riel.

El límite del peralte se encuentra entre: $\frac{1}{9} \cdot T$ y $\frac{1}{12} \cdot T$

2.2.5 SUPERESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA

La superestructura es la vía propiamente dicha, con el balasto, los durmientes, los rieles, los aparatos de vía, y también los elementos precisos para asegurar la circulación de los trenes, como las señales, y enclavamientos.⁴

2.2.6 EL RIEL

A la vía, cuando en España se empezó a tratar de ferrocarriles, se le llamó camino de fierro o riel de hierro. Se daba este nombre de camino, porque el riel es el perfil de hierro que sirve de huella a las ruedas de un carro.

⁴http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents

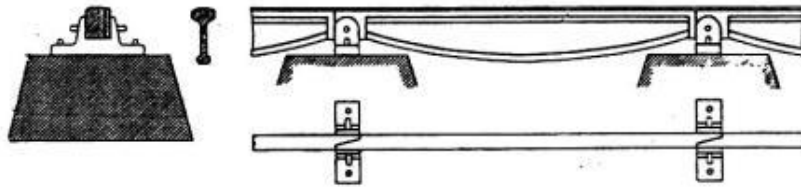


Ilustración 2.4 ANTIGUOS RIELES DE VIENTRE DE PEZ, SOBRE DADOS DE PIEDRA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

A las barras de hierro se las llamaba riel, tomando del inglés y del francés esta palabra, que tiene su raíz en la latina “regula”, que quiere decir regla. En la actualidad, lo corriente es llamar riel a las barras de acero que se asientan sobre los durmientes⁵.

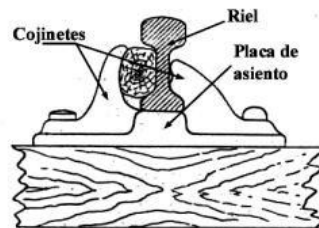


Ilustración 2.5 SECCION DEL RIEL Y COJINETES
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

El alma del riel debe tener una altura en relación con el ancho del patín, a fin de resistir lo mejor posible los esfuerzos transversales⁶.

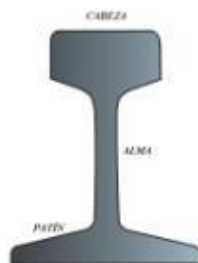


Ilustración 2.6 SECCION TRANSVERSAL DEL RIEL
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

⁵http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents

⁶http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents

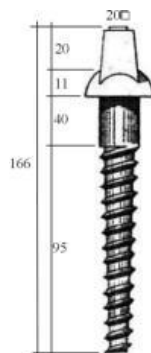


Ilustración 2.7 SUJECIÓN DEL RIEL
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

2.2.7 DURMIENTES

2.2.7.1 DURMIENTES DE MADERA

Los durmientes que mayormente se emplean son los de madera. No se precisa, sin embargo, una sección perfectamente escuadrada, sino que la cara inferior sea plana y la superior ofrezca también una superficie plana de al menos 21 cm de ancho, que servirá de asiento para el patín del riel. En la ilustración 2.8 y la tabla 2.1 se tiene los tipos de secciones transversales y sus dimensiones para durmientes de madera en RENFE.

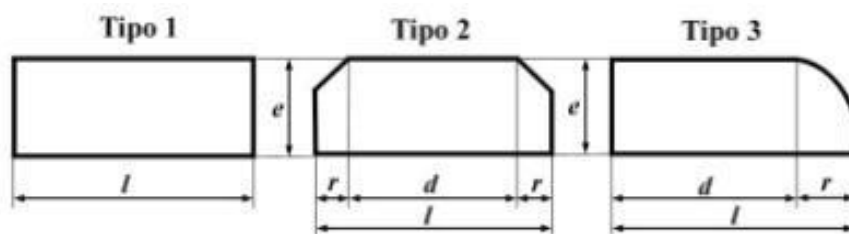


Ilustración 2.8 TIPOS DE SECCIONES TRANSVERSALES DE DURMIENTES DE MADERA
Fuente: R.E.N.F.E



Categoría	Tipo 1				Tipo 2				Tipo 3			
	<i>l</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>r</i>
Primera	230	140	0	0	230	140	150	40	240	140	160	80
Segunda	210	130	0	0	210	130	140	35	220	130	150	70
Primera	240	150	0	0	240	150	160	40	245	150	165	80
Segunda	230	140	0	0	230	140	160	35	235	140	165	70

Tabla 2.1 DIMENSIONES DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS DURMIENTES DE MADERA EN (mm)
Realizado por: R.E.N.F.E

Las maderas más corrientemente empleadas en la fabricación de durmientes son las de quebracho, cuchi, haya, pino, eucalipto.

Los durmientes, como todas las piezas de madera, se pueden secar al aire, procedimiento natural y primitivo, o por distintos sistemas de estufa, estos son procedimientos en los que se utiliza el fuego para calentar el aire o producir vapor con que se trata a las maderas, reduciendo el tiempo de su desecación⁷.

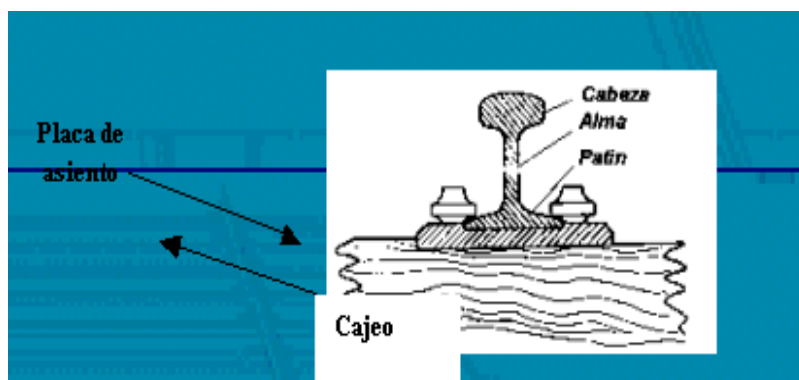


Ilustración 2.9 APOYO DEL RIEL SOBRE EL DURMIENTE
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

⁷http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



Ilustración 2.10 VIA FERREA PARA UN FERROCARRIL CON DURMIENTES DE MADERA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

2.2.7.2 DURMIENTES METÁLICOS Y DE HORMIGÓN

En los durmientes metálicos la unión del riel al durmiente es también muy fuerte por intermedio de placas de asiento; un tornillo sujeta el riel y la placa al durmiente, aventajando en esto al tirafondo del durmiente de madera. Al ser más pesado, el durmiente metálico compite menos con el de madera porque en elasticidad no la iguala⁸.

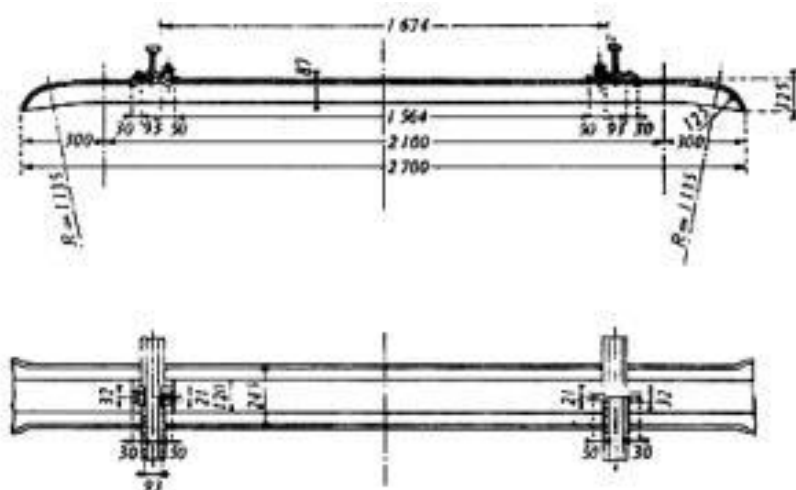


Ilustración 2.11 SECCIÓN LONGITUDINAL Y PLANTA DE UN DURMIENTE METÁLICO
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

⁸http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



Ilustración 2.12 SECCIÓN LONGITUDINAL Y PLANTA DE UN DURMIENTE METÁLICO
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

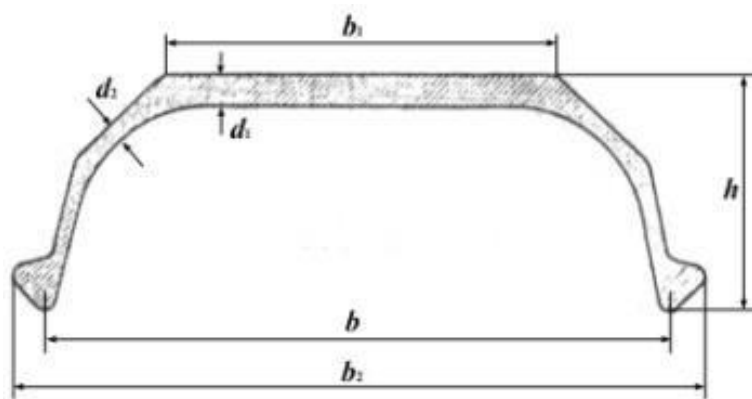


Ilustración 2.13 SECCIÓN LONGITUDINAL Y PLANTA DE UN DURMIENTE METÁLICO
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

A continuación se muestran las dimensiones básicas de la sección de un durmiente metálico.

<i>Durmiente</i>	<i>h mm</i>	<i>d1 mm</i>	<i>d2 mm</i>	<i>b1 mm</i>	<i>b2 mm</i>	<i>b mm</i>
<i>Irani</i>	91	11	7	40	231	212
<i>CFPI</i>	90	11	7	130	240	218
<i>Turca</i>	85	11	8	130	242	225
<i>SNCF (Norte)</i>	80	13	8	140	266	240
<i>Griega</i>	95	12,5	8	130	260	244
<i>UIC 28</i>	90	12	7	130	260	236
<i>DB SW 7</i>	100	9	9	135	272	251
<i>DB SW 1</i>	100	11	8	130	272	251
<i>SNCF (A1)</i>	90	12	7	130	263	238

Tabla 2.2 DIMENSIONES DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS DURMIENTES DE MADERA EN (mm)
Realizado por: R.E.N.F.E



Existen también durmientes de hormigón armado, que empezaron por ser prismáticas y por lo tanto, sumamente pesadas, como se aprecia en la ilustración 2.14. En la ilustración 2.15 se muestra una línea férrea con durmientes de hormigón armado. Después han sido ideados diversos tipos, incluso una combinación de partes metálicas y partes de hormigón⁹.



Ilustración 2.14 DURMIENTES DE HORMIGÓN
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica



Ilustración 2.15 LINEA FÉRREA DE DURMIENTES DE HORMIGÓN
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

Se presentan también tipos compuestos de hormigón y madera, como el de la ilustración 2.16, propuesto en Inglaterra, y que está constituido por dos tacos de hormigón armado con metal, unidos por un tablancillo de unos 25 cm de ancho por 6,5 cm de espesor.

⁹http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents

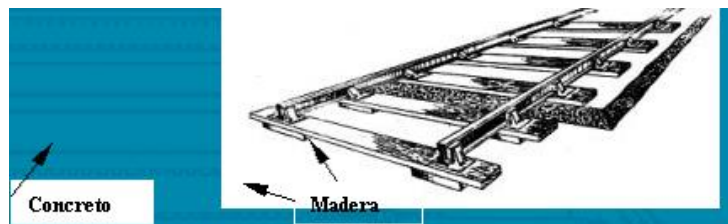


Ilustración 2.16 VÍA SOBRE DURMIENTES MIXTOS DE MADERA Y DE HORMIGÓN
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

Entre otros durmientes mixtos, son frecuentes los de tacos de hormigón. En la ilustración 2.17 se aprecia los durmientes mixtos de hormigón y acero, muy usados en Francia.

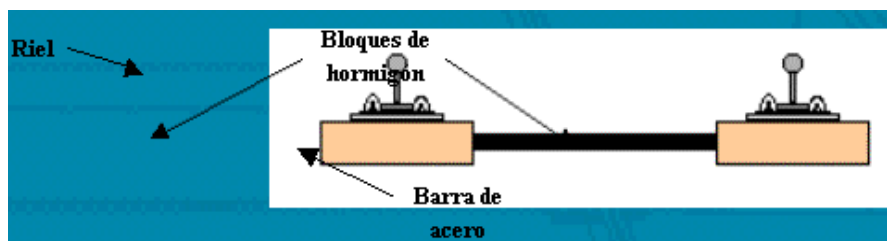


Ilustración 2.17 DURMIENTE MIXTO DE ACERO Y DE HORMIGÓN
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

2.2.8 BALASTO

El balasto es la capa de piedra partida que se tiende sobre la explanación o plataforma y sirve de asiento a los durmientes. La colocación del balasto en la vía, responde a varios fines como:

- Repartir en superficie amplia de la explanación la presión de los durmientes, que apoyando directamente sobre el terreno podrían hundirse en él.



- Constituir con los durmientes un lecho elástico para descanso de los rieles, y para recibir de éstos los esfuerzos que le transmiten, al pasar, los trenes¹⁰.

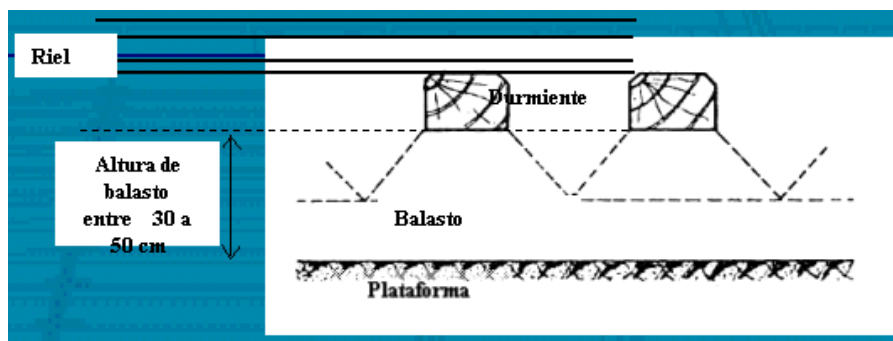


Ilustración 2.18 DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES EN LA CAPA DE BALASTO
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

El balasto se coloca sobre la explanación o plataforma, como se ilustra en la sección transversal de la vía de las figuras 2.19. y 2.20. La superficie de la explanación, sobre la cual el balasto se coloca, debe tener cierta inclinación, en sentido transversal, para dar salida a las aguas, vertiéndolas por uno o dos lados¹¹.

Se coloca el balasto en capa de buen espesor y dimensiones al ancho que, naturalmente, varían con la de la vía y la categoría de la línea.

¹⁰http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents

¹¹http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



Ilustración 2.19 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VIA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica



Ilustración 2.20 SECCIÓN TRANSVERSAL DE DOBLE VÍA EN RECTA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

Entre los rieles, el balasto puede cubrir o no los durmientes, hay partidarios de una y otra solución. Dejando descubierto el durmiente se facilita su vigilancia, en la figura 2.21 se muestra la diferencia entre estas soluciones, la primera para una vía en recta y la segunda en el caso de tener una vía en curva.

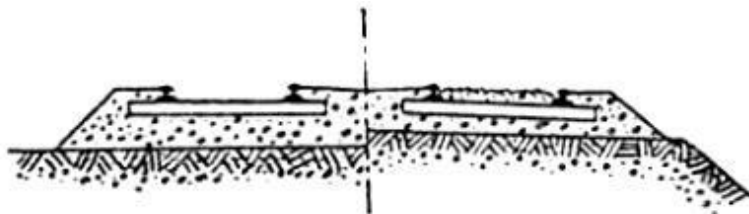


Ilustración 2.21 SECCIÓN TRANSVERSAL DE VÍA CON DURMIENTES AL DESCUBIERTO Y CUBIERTO POR BALASTO
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica



2.2.9 PLATAFORMA

Es la superficie de terreno que se ofrece para que sobre ella se coloque la superestructura. Su anchura depende, como es natural, de que se establezca una o más vías, y del ancho de éstas. Esta superficie de plataforma tiene cierta inclinación transversal, a una o dos aguas para el debido saneamiento, es decir con inclinación para el drenaje¹², como se muestra en las figuras 2.22 y 2.23 respectivamente, inclinación que suele ser de 3%.

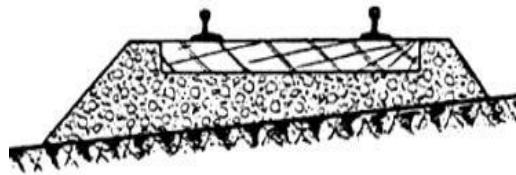


Ilustración 2.22 PLATAFORMA DE LA VÍA CON UNA SOLA INCLINACIÓN
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

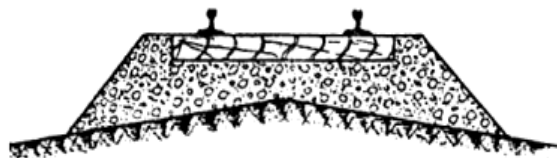


Ilustración 2.23 PLATAFORMA DE LA VÍA CON DOS AGUAS
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

2.2.10 APARATOS DE VÍA

Los aparatos de vía tienen por objeto realizar bien el desdoblamiento o el cruce de las vías, aun cuando adoptan formas variadas, derivan todas ellas de los aparatos fundamentales: el desvío,

¹²http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



que permite el paso de los vehículos de una vía sobre otra y la entrevía, que permite realizar la conexión entre dos vías.

En el desvío los ejes de ambas vías se juntan tangencialmente mientras que en la entrevía dichos ejes se cortan. Para efectuar la separación o el cruce de unas y otras filas de los carriles se emplean dos elementos, llamados cambios de vía y cruzamientos¹³.



Ilustración 2.24 APARATOS DE VÍA - SAPO
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

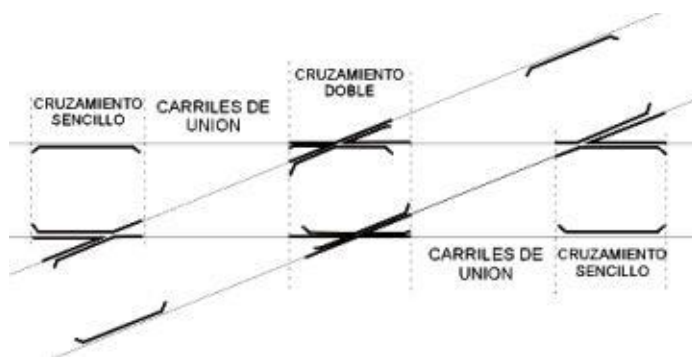


Ilustración 2.25 CRUZAMIENTO DOBLE O ENTRADA OBLICUA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

¹³http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



En una entrevía oblicua se encuentran sucesivamente: un cruzamiento sencillo, análogo al anterior, en el que se cruzan filas de rieles de distinto nombre, es decir, la fila de la derecha de la vía izquierda con la fila de la izquierda de la vía derecha; rieles intermedios de unión; un cruzamiento doble, frente a la intersección de los ejes de ambas vías, compuesta sobre cada vía por un doble cruzamiento, llamado también cruzamiento obtuso, en el que se cruzan filas del mismo nombre; nuevos carriles de unión¹⁴; finalmente, un cruzamiento de salida análogo al cruzamiento de entrada como se aprecia en la ilustración 2.25.

2.2.11 VEHÍCULO TRACTIVO – LOCOMOTORA

Entre los principales vehículos de tracción podemos citar a los más comunes, como son las locomotoras a vapor, diesel-eléctricas y eléctricas. En cuanto a las locomotoras de vapor, como la figura 2.26, que son las locomotoras más antiguas entre las tres mencionadas, su capacidad de tracción queda limitada por la capacidad de la caldera¹⁵.



Ilustración 2.26 LOCOMOTORA A VAPOR
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

¹⁴http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents

¹⁵http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



Asimismo la capacidad de las locomotoras eléctricas queda limitada por la capacidad de la línea de transmisión que a pesar de ser una fuente exterior casi ilimitada, presenta la gran desventaja de la necesidad de construir líneas de transmisión e instalar subestaciones eléctricas, lo que eleva el costo de las mismas¹⁶



Ilustración 2.27 LOCOMOTORA ELECTRICA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

El empleo de las locomotoras diesel-eléctricas y de las eléctricas en las líneas del ferrocarril (principalmente las primeras por ser más económicas), ha eliminado hoy día, prácticamente, a las locomotoras de vapor. Esta preferencia es debida, principalmente, a la gran fuerza de tracción de baja velocidad que tienen las locomotoras diésel-eléctricas y además, a la economía en el funcionamiento de las mismas. La potencia normal de la máquina viene dada por la clasificación del fabricante¹⁷.

¹⁶http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents

¹⁷http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



Ilustración 2.28 LOCOMOTORA DIESEL - ELÉCTRICA
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

Las locomotoras diésel-eléctricas tienen tres partes principales:

- El motor diésel.
- El generador.
- Los motores de tracción.

El motor diésel es el que produce la energía, la cual es transformada por el generador, conectado directamente al motor diésel, en energía eléctrica, la cual es transmitida a los motores de tracción para así accionar las ruedas motrices a través de un tren de engranajes llamado caja de grasas.

El generador está proyectado para que pueda producir, simultáneamente, tanta corriente continua para los motores de tracción, como corriente alterna para iluminación, compresor de aire, motores eléctricos, etc¹⁸.

En la ilustración 2.29 se aprecian locomotoras con ejes B-B, que simbolizan boguies motrices con ejes acoplados, Bo-Bo y Co-Co, que son los tipos de locomotoras diésel-eléctricas más frecuentes.

¹⁸http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



Así, la locomotora 1-Bo-Bo-1 representa una locomotora con cuatro boguies, el primero tiene un eje loco, seguido de dos boguies con dos ejes motrices cada uno en el centro del automóvil y un último boguie que tiene un eje loco al final del vehículo. En la figura 2.30 y 2.31 se ilustran las locomotoras Bo-Bo y Co-Co respectivamente¹⁹.

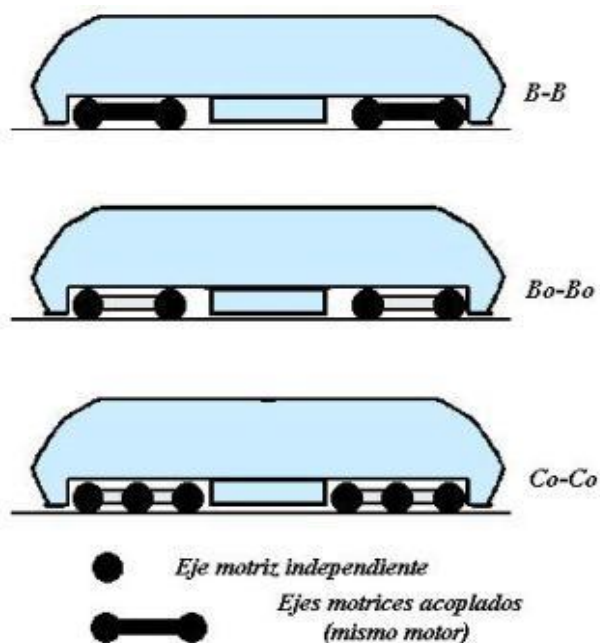


Ilustración 2.29 TIPOS DE BOGUIES USUALES EN LOCOMOTORAS
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

¹⁹http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents



Ilustración 2.30 LOCOMOTORA Bo – Bo, DOS BUGUIES CON DOS EJES
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica



Ilustración 2.31 LOCOMOTORA Co – Co, DOS BUGUIES CON TRES EJES
Fuente: Informe Final Fiscalización Hidroplan-Ica

A continuación se presenta las características primordiales de las locomotoras diésel - eléctricas de la G.E. Universal.



<i>HP bruto</i>	<i>U6B</i>	<i>U8B</i>	<i>U9B</i>	<i>U9C</i>	<i>U13B</i>	<i>U13C</i>
	700	900	990	990	1420	1420
<i>HP para tracción</i>	640	810	900	900	1300	1300
<i>Fuerza tractiva en kg. y en libras</i>	15400	15400	15400	23000	15400	23000
	34000	34000	34000	51000	34000	51000
<i>Peso mínimo cargado Tm. y Ton.</i>	47,5	49	65,5	75	70	80
	52,8	54,6	73	83,2	77,2	88,2
<i>Peso mínimo por eje en Tm. y en Ton.</i>	12	12,4	16,5	12,7	17,6	13,4
	13,2	13,6	18,2	13,9	19,3	14,7
<i>Alto en metros y en pies.</i>	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65
	12	12	12	12	12	12
<i>Ancho en metros y en pies.</i>	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
	9	9	9	9	9	9

Tabla 2.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS LOCOMOTORAS DIESEL - ELÉCTRICAS
Realizado por: G.E. Universal

2.2.12 EL MEDIO AMBIENTE Y EL FERROCARRIL

Estudios efectuados por la Junta de Recursos del Aire (California - CARB), en junio de 1990, revelaron que los ferrocarriles producen menos del uno por ciento de toda la contaminación del aire. Esto se debe a mejoras en la tecnología de las locomotoras, cambios en la operación ferroviaria y significativas mejoras de eficiencia en el consumo de combustible.

"Más tráfico en los ferrocarriles, menos contaminación en el aire".

"Mayor capacidad de transporte sin utilizar más suelo".

"Menos combustible por tonelada / kilómetro de carga transportada".



2.3 BREVE RESEÑA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS FÉRREAS EN ECUADOR

Han transcurrido 106 años desde que el ferrocarril, de la Revolución Liberal, llegó a Quito y con este hecho se selló la aspiración de políticos visionarios, como Eloy Alfaro, de unir la Costa con la Sierra.

Su construcción, símbolo de la unidad nacional, tuvo grandes dificultades, en lo económico, geográfico, político y social, lo que mereció el calificativo de “Tren más difícil del mundo”. Hoy es un referente para el turismo del Ecuador y a escala internacional. Más de un siglo de vida tienen obras emblemáticas como el zig-zag de la Nariz del Diablo o infraestructuras como el Puente Negro, las cuales identifican al cantón Alausí y a la provincia de Chimborazo, pero sobre todo al complejo trazado del ferrocarril ecuatoriano.

A esto se suman túneles, estaciones y talleres de tren que son parte fundamental de la vida ferroviaria del Ecuador y de la operación turística que en la actualidad cumple el tren, hoy considerado patrimonio nacional. En el siglo XXI Ferrocarriles del Ecuador ejecutó la obra de rehabilitación del sistema ferroviario que une Quito con Durán, así como también tramos complementarios en Cañar (El Tambo-Coyoctor) y en Imbabura (Ibarra-Salinas y Otavalo-Ibarra); esto fue posible gracias a la decisión del Gobierno Nacional y el compromiso del Ministerio de Turismo.



Se evidencia la construcción de nuevas obras de ingeniería ferroviaria, entre otras el túnel del Chanchán, el paso por la Bola de Oro, así como también la aplicación de innovación tecnológica en cuanto a maquinaria, uso de nuevas técnicas y de elementos de la superestructura de la vía como el balasto o los durmientes de hormigón, así como también el trabajo de filigrana que implicó la restauración de locomotoras a vapor con vigencia de un siglo.

Todo esto, más la operación turística de este monumento histórico, han hecho posible que el tren genere oportunidades de progreso y desarrollo, a partir de su retorno. Pero también que integre a la comunidad con la recuperación de espacios que estuvieron abandonados por décadas y que ahora son punto de encuentro, de recreación o fuente de empleo para los emprendedores de las localidades por las que pasa.



CAPITULO III

3.1 ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA DEL TRAMO DE VÍA FÉRREA PALMIRA – RIOBAMBA

La problemática de establecer los principios del comportamiento del suelo radica no solamente en determinar sus propiedades físicas y químicas, sino también en caracterizar las adecuadas propiedades mecánicas presentes en el sustrato, que para este trabajo de investigación considera únicamente como guía de referencia los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados por la Asociación Hidroplan-ICA y la ayuda de la aplicación V.E.V.F 1.0 (Valoración Económica Vía Férrea Versión No.1) ; con el objetivo de proponer una metodología para la valoración de precios referenciales por km de línea férrea, será de vital importancia para obtener parámetros adecuados que permitan definir los diseños óptimos en la subestructura de la línea férrea.

El comportamiento que presenta la subestructura se vea afectado principalmente por la necesidad de establecer una capacidad portante adecuada de tal manera que se convierta en un apoyo ideal para la superestructura de vía férrea; así como también la necesidad de evaluar los gastos ocasionados por la influencia geométrica del trazado.

En cuanto a la calidad del suelo se puede diferenciar por la naturaleza del material o las capacidades de resistencia o deformaciones que pueda tener el estrato.



Dadas estas características del suelo, se puede establecer que la subestructura ferroviaria típica está definida de abajo hacia arriba de la siguiente manera:

- Una capa de subrasante
- Una capa de sub-balasto
- Una capa de balasto
- Durmiente
- Cuerpo de terraplén
- Cunetas

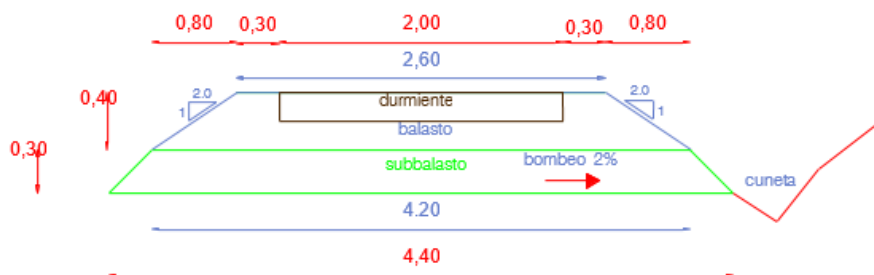


Ilustración 3.a SECCIÓN TÍPICA ADOPTADA
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral

Desde el punto de vista de utilización de materiales para la sección estructural de Vías Férreas, se define la obra por ejecutar según tres tipos de vías.²⁰

- Vías Férreas Tipo I

²⁰ Instituto Mexicano del Transporte(IMT),Manual de Calidad Para Materiales en la Sección Estructural de Vías Férreas.



Son las vías férreas que soportarán el paso de cargas superiores a los 30 millones de toneladas netas/año. Serán incluidas aquí las vías electrificadas.

- Vías Férreas Tipo II

Son las vías férreas que soportarán el paso de cargas entre 10 millones y 30 millones de toneladas netas/año.

- Vías Férreas Tipo III

Son las vías férreas que soportarán el paso de cargas inferiores a los 10 millones de toneladas netas/año.

La utilización de materiales según los tres tipos de vías anteriormente descritas, hacen necesario matizar la calidad de los materiales de acuerdo a tres tipos de calidad definidos (en orden decreciente) como

- Calidad Deseable (óptima)
- Calidad Adecuada (intermedia)
- Calidad Tolerable (mínima aconsejable)²¹

Como la función primordial de la subestructura es transmitir adecuadamente los esfuerzos ocasionados por el paso del tren a estratos más profundos, es indispensable que las deformaciones producidas no ocasionen problemas en la estabilidad y funcionalidad de la

²¹Instituto Mexicano del Transporte(IMT),Manual de Calidad Para Materiales en la Sección Estructural de Vías Férreas.



misma; razón por la cual se hace necesario un análisis de las características mecánicas de los sustratos más representativos ubicados a lo largo del trazado con la ayuda de los ensayos de laboratorio; es así que se ha establecido tres tramos particulares de análisis que comprenden la ruta Riobamba - Palmira :

- Tramo 1: Riobamba-Colta
- Tramo 2: Colta-Guamote
- Tramo 3: Guamote-Palmira

A continuación se presenta la ubicación geográfica de los tres tramos que sirven como guía de referencia para la aplicación V.E.V.F 1.0; así como también un perfil de altimetría obtenidos de un informe de fiscalización ejecutada por la Asociación Edeconsa – Ingeral.



Ilustración 3.b IMPLANTACIÓN DEL TRAMO DE VÍA FÉRREA PALMIRA - RIOBAMBA
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral



Como se evidencia en las ilustraciones 3.2 y 3.3 respectivamente, los tramos elegidos para el análisis de los ensayos de laboratorio corresponden a puntos representativos de la vía férrea y que por sus características y distancias son adecuadas como una guía referencial de valoración de las características del suelo y de geometría de trazado.

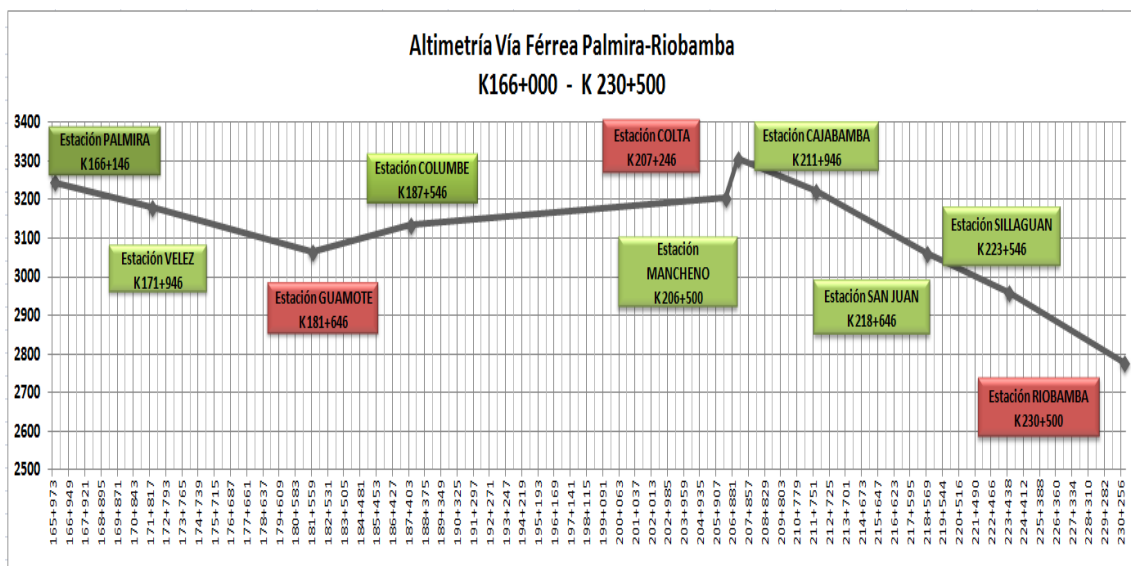


Ilustración 3.c PERFIL DE ALTIMETRÍA PALMIRA - RIOBAMBA
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO

Las particularidades del suelo sobre todo en nuestro país son de vital importancia en proyectos de infraestructura ferroviaria, ya sea en sus fases de rehabilitación, construcción o de fiscalización; razón por la cual se hace necesario identificar parámetros geotécnicos tales como se presenta a continuación.

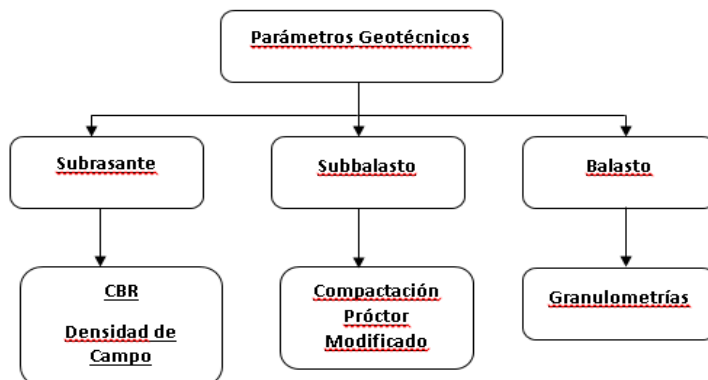


Ilustración 3.d ESQUEMA CONCEPTUAL DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS A CONSIDERARSE
Fuente: Byron Altamirano

Estos factores adquieren particular interés para el desarrollo de una metodología apropiada, acorde a las características y realidad de la infraestructura existente; que ha falta de investigación en este campo relativamente nuevo para nuestro país, se pretende sistematizar los resultados obtenidos con la ayuda de normativas extranjeras y adaptadas a nuestro medio a través de la interfaz gráfica que propone la aplicación V.E.V.F 1.0.

3.2 ENSAYOS EXPERIMENTALES PARA EL ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA

La necesidad de establecer un lineamiento y metodología apropiada para la posterior valoración técnica económica permite recurrir a los resultados de los siguientes ensayos que se describen a continuación.

3.2.1 COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO A NIVEL SUB-BALASTO

En la actualidad la aplicación del método de compactación Próctor Modificado ha permitido de una manera al menos teórica replicar mediante ensayos de laboratorio las condiciones de compactación en el terreno. La característica relevante de este ensayo radica en que la energía



requerida para la compactación es mucho mayor que en el procedimiento de compactación estándar. A continuación se presentan los resultados de laboratorio obtenidos por la Asociación Edeconsa Ingeral con las siguientes ubicaciones:

Tramo: Palmira-Guamote

- Abscisa Km 179+147
- Nivel sub-balasto(ver anexos)

Tramo: Guamote - Colta

- Abscisa Km 197+407
- Nivel sub-balasto(ver anexos)

Tramo: Colta - Riobamba

- Abscisa Km 230+347 al 230+497
- Nivel sub-balasto(ver anexos)

3.2.2 GRANULOMETRÍAS A NIVEL DE BALASTO

El establecimiento de adecuadas granulometrías a lo largo de la línea férrea repercute en parámetros óptimos de drenaje y en la disposición de partículas que facilitan una estabilidad de la superestructura.

A continuación se presentan los resultados de laboratorio obtenidos por la Asociación Edeconsa Ingeral con las siguientes consideraciones:

Tramo: Palmira - Guamote



- Lugar de muestreo: Acopio Chipo
- Nivel balasto(ver anexos)

Tramo: Guamote - Colta

- Abscisa Km 201+500
- Nivel balasto(ver anexos)

Tramo: Colta - Riobamba

- Abscisa Km 207+500
- Nivel balasto(ver anexos)

3.2.3 DENSIDADES DE CAMPO - MÉTODO CONO DE ARENA

Este método permite evaluar parámetros correspondientes a densidad seca y húmeda de un suelo compactado en obra; lo cual permite establecer un grado de compactación del suelo que se desea analizar en obra.

3.2.3.1 NIVEL SUBRASANTE-MATERIAL DE MEJORAMIENTO

Tramo: Palmira-Guamote

- Sector: Vía
- Abscisa Km 177+147 – 177+447
- Uso: Subrasante-Material de Mejoramiento(ver anexos)



Tramo: Guamote-Colta

- Sector: Vía
- Abscisa Km 191+547 - 192+047
- Nivel subrasante(ver anexos)

Tramo: Colta - Riobamba

- Abscisa Km 230+347 al 230+497
- Uso: sub-rasante-Mejoramiento(ver anexos)

3.2.3.2 NIVEL SUB-BALASTO

Tramo: Palmira-Guamote

- Sector: Vía
- Abscisa km 174+647 – 175+047
- Uso: Sub-balasto(ver anexos)

Tramo: Guamote-Colta

- Sector: Vía
- Abscisa km 182+847 – 183+147
- Uso: Sub-balasto(ver anexos)

Tramo: Colta-Riobamba

- Abscisa Km 230+347 al 230+497



- Nivel sub-balasto(ver anexos)

3.3 TABULACIÓN DE DATOS

Se ha procedido la recopilación de datos considerando tres tramos representativos correspondientes a los tramos Palmira-Guamote, Guamote-Colta y Colta-Riobamba. Los datos obtenidos para las tres tabulaciones generadas se han basado en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio ejecutados por la ASOCIACIÓN EDECONSA-INGERAL para realizar la “REHABILITACIÓN DE LA VÍA FÉRREA TRAMO RIOBAMBA-PALMIRA” y cuya entidad contratante corresponde a FERROCARRILES DEL ECUADOR EMPRESA PUBLICA.

TABULACION DE DATOS 1				
Compactación (Proctor Modificado)	Ensayos Representativos Adoptados en la Investigación			
	Nivel	Tramo: Palmira-Guamote	Tramo: Guamote-Colta	Tramo: Colta-Riobamba
Kilometraje o sitio del ensayo		179+147	197+407	230+347 al 230+497
Densidad Máxima (Kg/cm ³)	Sub-balasto	2.02	2.08	2.018
Humedad Óptima (%)		7.6	9.0	7.6

Tabla 3.a TABULACIÓN DE DATOS 1 - COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
Realizado por: Byron Altamirano

TABULACION DE DATOS 2				
Granulometrías	Ensayos Representativos Adoptados en la Investigación			
	Nivel	Tramo: Palmira-Guamote	Tramo: Guamote-Colta	Tramo: Colta-Riobamba
Kilometraje o sitio del ensayo		Acopio Chipo	201+500	207+500
% Acumulado que pasa el tamiz 2"	Balasto	98	98	98
% Acumulado que pasa el tamiz 1 1/2"		46	37	36

Tabla 3.b TABULACIÓN DE DATOS 2 - GRANULOMETRÍAS
Realizado por: Byron Altamirano



Considerando la tabulación de datos 3 se evidencia que los valores obtenidos para densidades húmeda, seca, máxima de laboratorio y compactación proceden de aplicar el promedio de los resultados de laboratorio obtenidos para esos tramos con sus correspondientes kilometrajes de análisis.

TABULACION DE DATOS 3				
Densidades de Campo(Método Cono de Arena)	Ensayos Representativos Adoptados en la Investigación			
	Nivel	Tramo: Palmira-Guamote	Tramo: Guamote-Colta	Tramo: Colta-Riobamba
Kilometraje o sitio del ensayo		177+147 al 177+447	182+847 al 183+147	230+347 al 230+497
Densidad Húmeda (Kg/cm ³)		2.194	1.992	2.078
Densidad Seca (Kg/cm ³)	Subrasante /Material de Mejoramiento	1.954	1.762	1.916
Máxima densidad de laboratorio (Kg/cm ³)		2.010	1.832	1.984
Compactación (%)		97	96.166	96.666

Tabla 3.c TABULACIÓN DE DATOS 3 – DENSIDADES DE CAMPO
Realizado por: Byron Altamirano

3.4 ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA VÍA FÉRREA

El diseño geométrico de la vía férrea se basa fundamentalmente en el criterio de rehabilitar la línea férrea en la condición “optimizada”; es decir, proponer el mejoramiento de las condiciones actuales de la vía aprovechando al máximo la capacidad instalada y optimizando las especificaciones técnicas del trazado actual.

3.4.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Como criterios de diseño a considerar se ha elegido tres importantes parámetros que permiten caracterizar adecuadamente el trazado de la vía férrea.



3.4.1.1 DISEÑO HORIZONTAL

Partiendo de la localización y la trocha o separación entre rieles actuales, así como de la ubicación de las obras de drenaje existentes (alcantarillas y puentes), se define un nuevo eje de la vía que nos permita establecer una geometría adecuada de la proyección horizontal de la vía férrea.

Con los alineamientos así definidos y mediante el uso del software Civil 3D se determina las curvas de enlace con sus respectivos elementos, teniendo siempre como prioridad el aprovechamiento al máximo de la mesa existente.

3.4.1.2 DISEÑO VERTICAL

Luego de varias inspecciones en el terreno se constata las dificultades existentes, debido principalmente a las características topográficas de la zona, por lo que se decide tratar de conservar al máximo las gradientes longitudinales del diseño original, sin sacrificar los estándares mínimos de calidad y confort del usuario de la línea férrea.

Consecuentemente, el proyecto de rasante se define a nivel de subbalasto terminado, en forma tal que la rasante de diseño esté muy ajustada a las condiciones existentes. Al ajustarse a la vía existente, las gradientes longitudinales del proyecto están expresadas en cifras con dos decimales; al igual que en el criterio usado para el diseño horizontal se determina como punto obligado o fijo los puentes y las alcantarillas existentes.



3.4.1.3 VELOCIDAD DIRECTRIZ

La velocidad directriz se define como la máxima que en condiciones de seguridad puede mantenerse a lo largo de la sección de la vía. Para este proyecto, según las Normas de Diseño absolutas, es 40 Km/h para terreno llano.

3.5 RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES

La longitud de la distancia entre ejes de las ruedas de la locomotora, vagones, etc., es lo que ejerce una acción decisiva sobre la magnitud de los radios de curvatura. Por tanto se utiliza el trazado existente y se procede a escoger las pendientes y curvas existentes de acuerdo al proyecto existente.

Así, el radio mínimo para líneas de éste orden, es de 60 m., para un terreno entre escarpado y montañoso y una velocidad promedio de 40 km/h. Las curvas que se encuentran en el campo en su mayoría son circulares, ajustando las curvas al centímetro mediante el uso de curvas espirales, curvas múltiples y clotoides, las cuales son una sucesión de arcos con parámetros distintos, curvaturas dirigidas y crecientes en el mismo sentido, tangentes comunes y la misma curvatura para cada dos arcos sucesivos reduciendo así la curvatura, y proporcionándole mayor desarrollo.

Se ha adoptado este tipo de curvas en su mayoría debido a las ventajas que se enumeran a continuación.

- Trayectoria fácil de seguir, de manera que la fuerza centrífuga se incremente y decrezca gradualmente conforme el ferrocarril entra en la curva circular y sale de ella. La fuerza



centrífuga pasa de un valor cero, en el comienzo de la curva espiral, al valor máximo al final de la misma en una forma gradual.

- Como consecuencia de lo anterior, resulta fácil para el ferrocarril mantenerse en la vía sin disminuir la velocidad.

3.6 SECCIONES TÍPICAS ADOPTADAS

3.6.1 ANCHO DE VÍA

Considerando el tipo de vía actual, en el cual el ferrocarril se desarrolla dentro de un ancho de vía de 2.70 m, se adopta la siguiente sección.

- El ancho de vía seleccionada es de 2.70 m, ocupando 2.00 m el durmiente de madera, queda un espacio a cada lado del durmiente de 0,35 m, los cuales son ocupados por el balasto para confinar al durmiente.
- La trocha o, la distancia entre caras internas de los rieles, es de 1.067 m.

Si bien es cierto que en su gran mayoría discurre por zona rural, existen algunos trayectos en zonas urbanas, más concretamente en la población de Guamote y en la ciudad de Riobamba. Basados en la consideración anterior se han definido tres tipos de secciones típicas así tenemos.

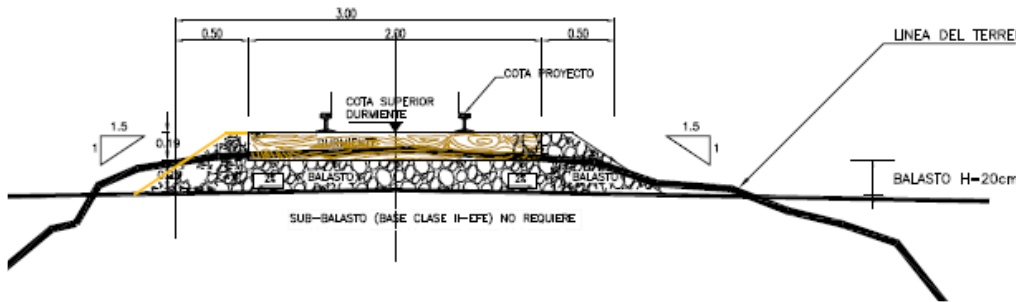
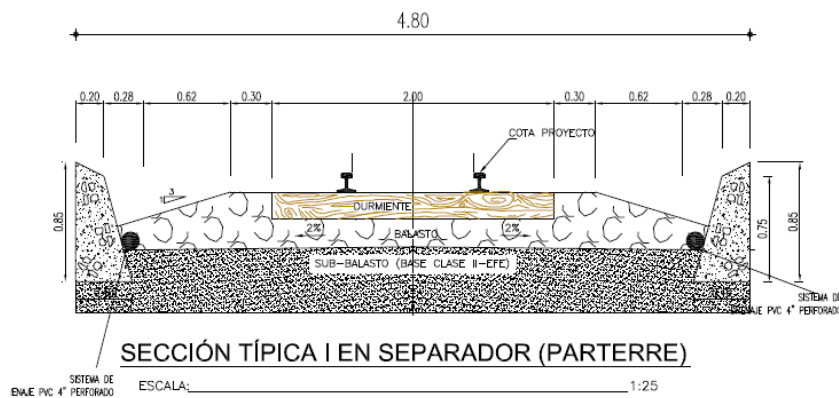


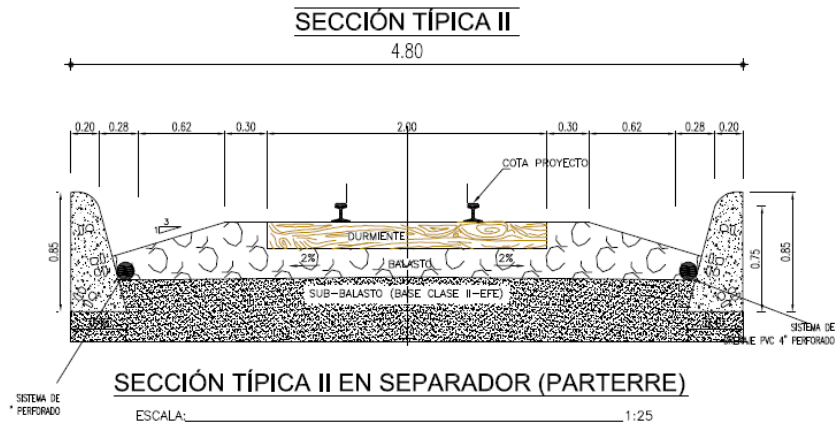
Ilustración 3.1 SECCIÓN TÍPICA EN ZONA RURAL
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral



NOTA:
CBR DE CAMPO < 30, SE COLOCARÁ LA CAPA DE SUB-BALASTO MOSTRADA EN EL DISEÑO, ESTA ESTARÁ CONFORMADA EN UNA RELACIÓN DE 60% DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LA EXCAVACIÓN Y 40% DE MATERIAL SELECCIONADO.

CBR DE CAMPO > 30: NO SE COLOCARÁ CAPA DE SUB-BALASTO

Ilustración 3.2 SECCIÓN TÍPICA 1 EN SEPARADOR - PARTERRE
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral



NOTA:

CBR DE CAMPO < 30, SE COLOCARÁ LA CAPA DE SUB-BALASTO MOSTRADA EN EL DISEÑO, ESTA ESTARÁ CONFORMADA EN UNA RELACIÓN DE 60% DEL MATERIAL PROVENIENTE DE LA EXCAVACIÓN Y 40% DE MATERIAL SELECCIONADO.

CBR DE CAMPO > 30: NO SE COLOCARÁ CAPA DE SUB-BALASTO

Ilustración 3.3 SECCIÓN TÍPICA 2 EN SEPARADOR - PARTERRE

Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral

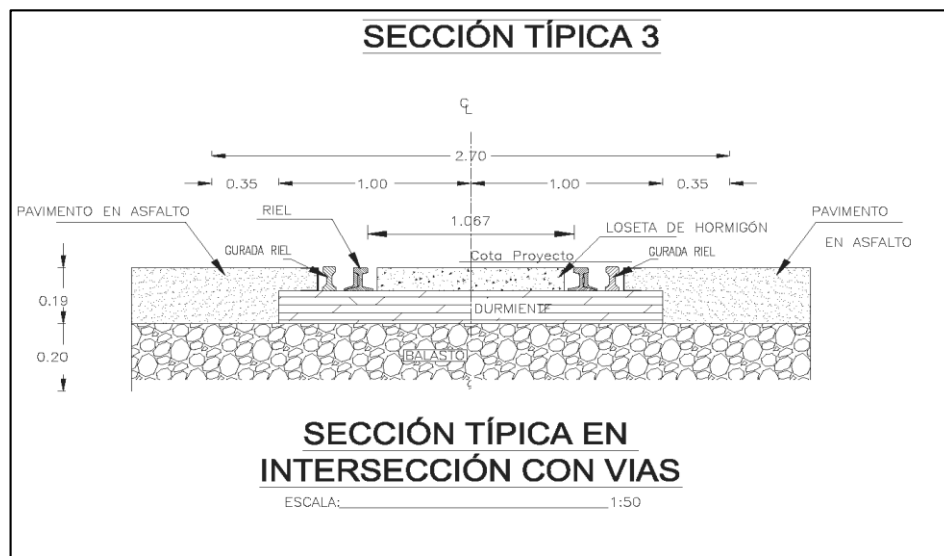


Ilustración 3.4 SECCIÓN TÍPICA 3 EN INTERSECCIÓN CON VÍAS

Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral



3.7 ESTRUCTURA DE LA VÍA

A continuación se representa los diferentes componentes que conforman la estructura de la vía, donde se aprecia parámetros de balasto, placas nervadas, carril y rueda.

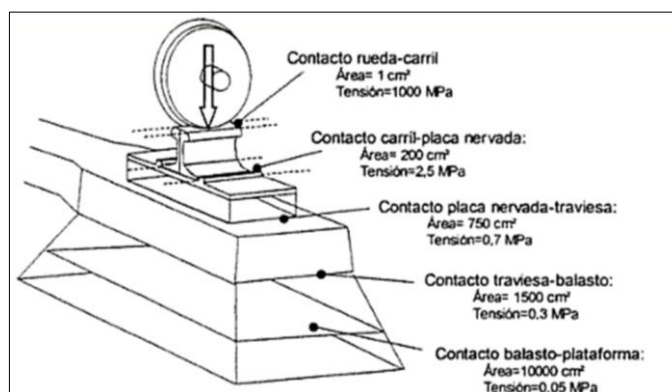


Ilustración 3.5 SUPERFICIE Y TENSIONES ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE SOPORTE DE LA VÍA
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral

3.7.1 SUB-BALASTO

La capa de sub-balasto está constituida por materiales procedentes de suelos, depósitos naturales o rocas alteradas que tengan una granulometría adecuada y con un porcentaje de finos tal, que permita su compactación y la obtención de un C.B.R. mínimo de 30%.

El sub-balasto aparte de cumplir con una función estructural, permite llegar a los niveles definidos en el diseño geométrico de la vía.



Para la determinación del espesor de sub-balasto se debe tomar como premisa su función distribuidora de esfuerzos al terreno natural; es decir que el espesor debe incrementarse mientras menor sea la capacidad portante del terreno natural.

No existe una fórmula racional para la determinación del espesor de sub-balasto. La Secretaría de Obras Públicas de México, basados en datos experimentales, recomienda usar la siguiente tabla.

Material de la capa de subrasante		Espesor de sub-balasto recomendado
Clasificación USCS	Valor de soporte C.B.R.	
GW,GP,GM,SW	Mayor de 40%	No se requiere
GC, SP, SM, SC	de 20 a 40%	No se requiere
CL, ML	de 8 a 20%	30 cms.
OL, MH,CH	Menor de 8%	40 cms.

Tabla 3.1 MATERIAL SUBRASANTE Y ESPESOR DE SUB – BALASTO RECOMENDADO
Realizado por: Secretaría de Obras Públicas de México

3.7.2 BALASTO

El balasto como parte fundamental de la estructura de la vía férrea cumple varios objetivos, dentro de los cuales podemos numerar los siguientes:



- Confinar los durmientes para evitar el desplazamiento de los rieles, tanto en el sentido longitudinal como transversal, producidos por las diferentes fuerzas a las que están expuestos por el simple hecho del movimiento del equipo tractivo y rodante.
- Transmitir los esfuerzos al suelo de subrasante de la vía.
- Capa filtrante de la vía que permite la rápida evacuación de las aguas de escorrentía.
- Capa o elemento nivelante para mantener la geometría de la vía.
- Para la determinación del espesor del balasto existen muchas teorías, todas tienen como punto de partida la calidad del suelo de subrasante.

3.7.3 DURMIENTES

Los durmientes son los apoyos transversales de la vía en la que se descansan los rieles y se colocan a cierta distancia la cual depende de la carga que actuará sobre ellos y está directamente relacionado con la estabilidad de la vía.

En los sitios donde existan líneas de segunda, líneas muertas y triángulos de inversión se podrán colocar durmientes de hormigón.

Los durmientes que son parte fundamental de la infraestructura de la vía férrea pueden ser de madera, de hormigón, de plástico y metálicos. La madera local de buena calidad es cada vez más difícil de conseguir y en algunos casos hasta prohibida por las leyes de nuestro país. Los grupos ambientalistas cada vez más juegan fuerte contra este tipo de deforestación, que, según estadísticas, corta 7 u 8 árboles para conseguir uno con calidad requerida.



Las alternativas a la madera que se presentan hoy, son:

- Durmientes de madera de repoblación: con precio inicial razonable, pero con durabilidad muy baja, su costo económico final es alto por tener un ciclo de vida pequeño.
- Durmientes de compuestos plásticos: todavía con aspectos técnicos por resolver (variación de trocha invierno/verano y problemas en la fijación de los rieles), pero sobre todo con un precio muy elevado.
- Durmientes de acero: con problemas en la instalación por exigir muchos bateos hasta llegar a estabilizar la vía, logrando que el balasto ocupe el espacio hueco del durmiente, problemas de mantenimiento (bateos más frecuentes), problemas técnicos como conductibilidad eléctrica en vías aisladas, fatiga junto a los hombros, problemas de soldadura de hombros, entre otros y otra vez el problema de precio. El enorme consumo de acero en china provoco elevación del precio de este insumo en 2003 y que se mantiene hasta hoy.
- Durmientes de hormigón: no es una alternativa nueva, los durmientes de hormigón tuvieron su primera patente en 1884, en Francia.
- Un desarrollo importante a partir de la 2da. Guerra con los pretensados, que resolvió el problema de las fisuras de hormigón armado, (monobloques, bibloques y articulados)



existen hasta esta época. Países como Inglaterra, Alemania, Suecia, entre otros, desarrollaron los durmientes de hormigón y llegaron a los modernos durmientes monobloques de hormigón pretensado. En comparación a los otros tipos de durmientes, las principales ventajas pueden sintetizarse en:

- Vida útil elevada
- Menor cantidad por kilometro
- Menor costo de mantenimiento de la vía
- Menos costo de mantenimiento del material rodante
- Mejor absorción de los esfuerzos de rieles largos soldados
- Trocha y geometría constantes, menos descarrilamientos
- Admiten mayores velocidades de circulación
- No se queman, no sufren corrosión

3.7.3.1 TIPOS DE DURMIENTES DE HORMIGÓN

Existen varios diseños de durmientes bloques que surgieron al observar que los durmientes de hormigón armado fallaban en el centro debido a su gran rigidez. El acero pareció ser la solución gracias a su resistencia y elasticidad. Sin embargo, el exceso de elasticidad produce sobreanchos, lo que impide su uso en vías de alta velocidad en ferrocarriles de trocha ancha, salvo que se utilice una riostra de elevado momento de inercia, elevando su costo.



En vías de tráfico medio han funcionado bien, por lo que se han colocado más de 200 millones de unidades en el mundo.

3.7.3.1.1 DURMIENTES DE HORMIGÓN BIBLOQUE

Este durmiente está formado por dos bloques de hormigón, donde apoya el carril, unidos por una riostra de hierro en forma de T, por otra parte, al estar compuesto de dos bloques adquieren gran estabilidad, puesto que estos quedan inmersos en el balasto y es posible asentarlos muy bien, evitando cualquier esfuerzo de tracción en el hormigón.

Dependiendo del diseño, el cual está relacionado con la velocidad y con la carga, las dimensiones de cada bloque son del orden de 70cm. De largo por 30cm. De ancho y 18 cm. De altura. Se utiliza hormigón armado de 475 kg/cm² de resistencia a compresión a los 28 días, la armadura está compuesta por dos mallas metálicas, superior e inferior, unidas con un espiral que absorbe el esfuerzo cortante y actúa como zuncho de la riostra, la fabricación se hace sobre mesas vibratoras, se aplicas un curado acelerado. El peso de durmientes se reduce en un 30% en comparación con el durmiente monobloque.

El problema de este tipo de durmientes es que la riostra es un magnifico conductor por lo que las sujeciones que sujetan al carril contra los bloques de hormigón deben se aislantes, lo que incrementa los costos. La manipulación de la traviesa debe hacerse con mucho cuidado, pues el



centro de gravedad de la misma (la riostra) coincide con el punto más débil por lo que es muy fácil doblarla, quedando inservible.

Una vez colocada la traviesa se comporta mal en sitios con mucha humedad por la oxidación de la riostra y rotura de la misma, a todo lo anterior se une su mal comportamiento en descarrilamiento, pues se deforma con mucha facilidad.

3.7.3.1.2 DURMIENTES MONO – BLOQUE DE HORMIGÓN PRETENSADO

Se fabrican normalmente durmientes pretensados y pos tensado, ambos tienen un peso aproximado de 700 lb.

3.7.3.1.2.1 DURMIENTES PRETENSADOS

Generalmente se fabrican en grupos o bancadas de 30 o 35 durmientes, aunque se puede llegar hasta de 60 unidades. Para la fabricación se colocan los moldes laterales, se colocan y tensan los cables, se ponen los separadores y se procede al vaciado del hormigón, compactándolo con vibradores de alta frecuencia. Posteriormente se cubre con una lona y se aplica curado a vapor. Finalmente se sueltan los cables de los anclajes y se separan los durmientes entre sí, cortando individualmente los cables.

3.7.3.1.2.2 DURMIENTES POSTENSADOS



Son durmientes de sección variable, la cual disminuye progresivamente hacia el centro. Esta forma, además de disminuir la cantidad de hormigón, le confiere mayor confinamiento en el balasto. Se fabrican en moldes independientes y se les aplica el tensado cuando el hormigón ha alcanzado cierta resistencia.

Es necesario considerar como la forma de la sección del durmiente provee de una pendiente para el drenaje rápido y fácil del elemento. Pero aun con la multiplicidad de ventajas que hoy se observa en los durmientes de hormigón, existen dudas y cuestionamiento que han sido resueltos a través del tiempo.

- **Peso elevado:** la utilización de maquinaria en la instalación en sustitución al cambio manual de durmientes terminó con el problema de peso elevado, quedando solamente los beneficios que el peso aporta a la estabilidad de la vía la facilidad para el uso de los rieles largos.
- **Descarrilamientos quebran los durmientes:** pueden ocurrir en accidentes muy importantes, pero una vía más estable y equipos de detección y de control de la vía y del material rodante, limitan y/o evitan los descarrilamientos.
- **Defectos en los rieles quebran los durmientes:** mucho más comunes en durmientes bloques. Este problema está resuelto con la utilización de plantillas amortiguadoras, entre el riel y el durmiente, existentes en el mercado y con diferentes niveles de amortiguamiento.



En Sudamérica, ya existe una fuerte presencia de los durmientes de hormigón, países de Europa y Asia trabajan con estos elementos desde hace más de 20 años. La experiencia en nuestro continente se resume así:

- Brasil desde años 60 utiliza durmientes de hormigón. Los bloques empezaron este proceso, pero a partir del final de los años 70 llegaron los monobloques y hoy dominan totalmente el mercado de vías sobre balasto, con más de 3.200.000 durmientes instalados.
- En Venezuela y Colombia se utiliza, hace mucho, durmientes monobloques de hormigón en las renovaciones de vías.
- En Chile, desde 1996, se utiliza el durmiente monobloque de hormigón en su importante programa de remodelación. En poco más de un año serán más de 1 millón de durmientes monobloques instalados.
- En Argentina a partir de 2005 empezaron a instalar los durmientes monobloques en las remodelaciones de las vías de TBA. Otros ferrocarriles de ese país ya estudian instalarlos.

3.8 RIGIDEZ DE LA VÍA FÉRREA



3.8.1 GENERALIDADES

La rigidez de la vía está íntimamente relacionada con el dimensionamiento de los elementos de la infraestructura, en especial del balasto. Esta rigidez viene asociada a una resistencia a la deformación vertical que experimentaría la vía.

Para el cálculo matemático se considera la relación entre acciones y desplazamientos ocurrentes físicamente en cada tramo, procedimiento bastante largo, sin embargo, para facilitar el cálculo, las acciones de las ruedas serán definidas como fuerzas, de manera que serán tomadas como cargas puntuales que producirán un desplazamiento y en la dinámica ferroviaria se consideran dos variables clásicas:

- **Rigidez**

Este concepto tiene relación con el sistema durmiente balasto plataforma, sobre el cual estará apoyado el riel. La rigidez será utilizada para el dimensionamiento de una vía férrea mediante el uso de teorías como las de Zimmermann, Talbot, Timoshenko. La rigidez tiene por unidades dimensionales [Ton/mm], es decir, unidades de fuerza por metro lineal.

- **Amortiguamiento**

Está ligado a la rigidez del conjunto de la vía como un emparrillado. Se emplea un laboratorio, en ensayos in situ utilizando modelos matemáticos que representen el mecanismo de transmisión de esfuerzos.



Esta constante elástica, establecida por Winkler y por él llamada, coeficiente de balasto, posee valores numéricos muy variables. En las masas de piedra suelta que forman el balasto, según su tamaño y la calidad de la plataforma, varía de 3 Kg/cm^3 (gravilla sobre terreno arcilloso) a 8 Kg/cm^3 (buen balasto sobre terreno firme); para terrenos de arena comprimida la constante elástica oscila entre 14 y 20 Kg/cm^3 y llega a cifras de 40 a 60 Kg/cm^3 para la arcilla compacta.

Cuando mayor es el espesor o altura del balasto, tanto más elástica es la vía y además se localiza la acción del esfuerzo de compresión en las proximidades del punto de aplicación de la carga; además este campo de acción posee una estructura distinta en el estado estático y en el estado dinámico, ya que lo mismo que la fatiga de los materiales, las deformaciones elásticas de las vías producidas por las cargas móviles son mayores que las correspondientes a las cargas fijas.

3.8.2 FACTORES DE INFLUENCIA

Los factores que influyen tanto en la resistencia, relacionada con la rigidez, como en el amortiguamiento de una vía férrea, dependen de la construcción y del modo de explotación de la misma.

- La construcción de la estructura, y la infraestructura (rieles, durmientes, balasto, plataforma)



- La organización de la construcción (espesor de balasto, tipo de construcción, maquinaria y equipo de construcción, etc.)
- Referidos al tonelaje a transportar, peso por eje.

3.8.3 DEPENDENCIA ENTRE LA RIGIDEZ DE LA LÍNEA FÉRREA Y LA RIGIDEZ DEL SISTEMA DE LA VÍA FÉRREA

Ya se mencionó que la rigidez estará influenciada por varios factores, entre ellos la misma vía férrea en sí. Esta dependencia puede ser semejante al sistema de un muelle, donde la rigidez particular de los elementos del sistema proporcionara una rigidez al conjunto de la vía, de manera que asociada a las distintas teorías, proporcionará expresiones las mismas que podrán ser graficadas construyendo ábacos que facilitan el cálculo de los elementos de la vía.

3.8.4 SEPARACIÓN ENTRE DURMIENTES

Para determinar la separación entre durmientes se adopta la fórmula desarrollada por los ingenieros de ferrocarriles franceses, en la que definen el índice de inestabilidad como:

$$Li = 100 \left(2R / \left(2R + \frac{T}{d} \right)^2 \right)$$

En donde:

Li = Índice de Inestabilidad

R = Peso o calibre del riel en kilos por metro lineal

T = Peso del durmiente y sus accesorios

D = distancia centro a centro de los durmientes (mts)



Un menor índice de inestabilidad nos indica una mejor capacidad para resistir los esfuerzos del tráfico y de temperatura en las peores condiciones de alineamiento y balasto.

TIPO DE RIEL		PESO DURMIENTE DE MADERA Y ACCESORIOS	DISTANCIA ENTRE DURMIENTES	ÍNDICE DE INESTABILIDAD
Libras / yarda	Kg/m	T	D	Índice Inest.
50	24.87	80	0.4	0.08
60	29.84			0.09
70	34.81			0.1
80	39.79			0.1
90	44.76			0.11
50	24.87	80	0.5	0.11
60	29.84			0.12
70	34.81			0.13
80	39.79			0.14
90	44.76			0.14
50	24.87	80	0.6	0.15
60	29.84			0.16
70	34.81			0.17
80	39.79			0.18



90	44.76			0.18
50	24.87	80	0.7	0.18
60	29.84			0.2
70	34.81			0.21
80	39.79			0.21
90	44.76			0.22

Tabla 3.2 INESTABILIDAD DE LA VÍA CON DURMIENTES DE MADERA
Realizado por: Documento técnico Hidroplan-Ica

TIPO DE RIEL		PESO DURMIENTE DE HORMIGÓN Y ACCESORIOS	DISTANCIA ENTRE DURMIENTES	INDICE DE INESTABILIDAD
Libras / yarda	Kg/m	T	D	Índice Inest.
50	24.87	250	0.4	0.01
60	29.84			0.01
70	34.81			0.01
80	39.79			0.02
90	44.76			0.02
50	24.87			250



60	29.84			0.02
70	34.81			0.02
80	39.79			0.02
90	44.76			0.03
50	24.87	250	0.6	0.02
60	29.84			0.03
70	34.81			0.03
80	39.79			0.03
90	44.76			0.03
50	24.87	250	0.7	0.03
60	29.84			0.03
70	34.81			0.04
80	39.79			0.04
90	44.76			0.04

Tabla 3.3 INESTABILIDAD DE LA VÍA CON DURMIENTES DE HORMIGÓN
Realizado por: Documento técnico Hidroplan-Ica



CAPITULO IV

4.1 PROPUESTA METODOLOGICA S-G (SUELO-GEOMETRIA DE TRAZADO) PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE VÍAS FÉRREAS.

Tomando como base la correcta identificación de los principales elementos que constituyen la implementación de vías férreas tanto en su ejecución como en su mantenimiento, el presente proyecto integra los parámetros más relevantes de una manera esquemática y estructurada. La experiencia adquirida en el ámbito férreo nacional ha sido de vital importancia para establecer una metodología fácil, rápida pero con criterio técnico que sirva de ayuda y apoyo a la valoración económica de vías férreas en el país.

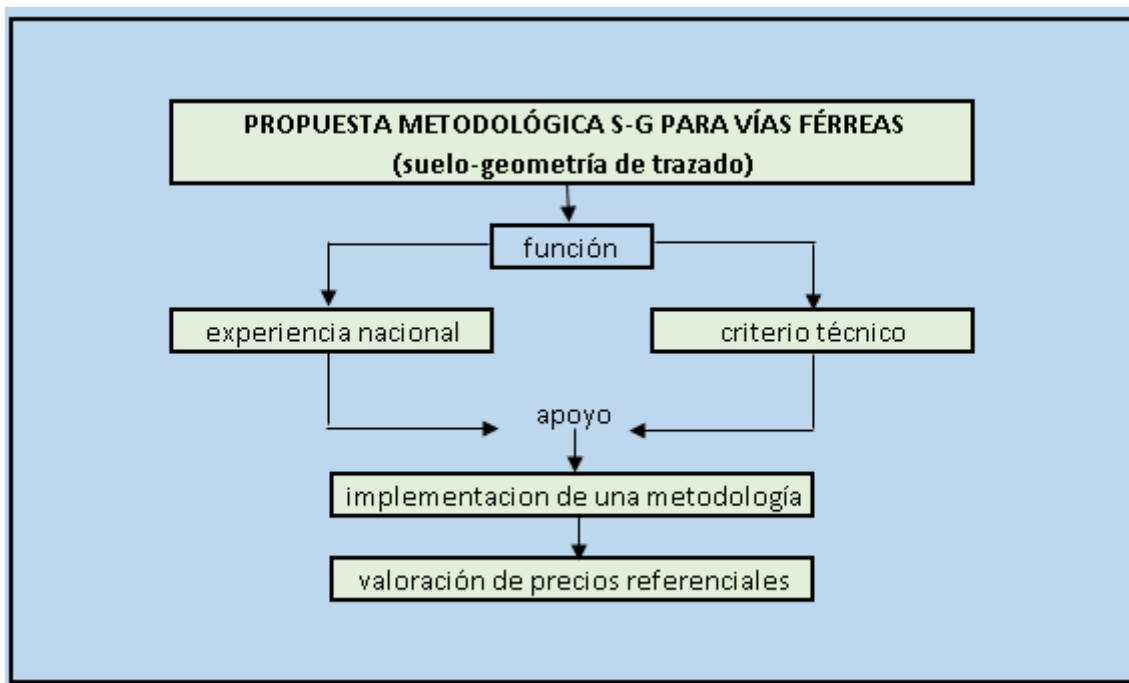


Ilustración 4.1 PROPUESTA METODOLÓGICA S-G (SUELO-GEOMETRÍA DE TRAZADO)
Fuente: Byron Altamirano



4.1.1 FUNDAMENTO DE LA PROPUESTA

La propuesta parte de la premisa de que los parámetros más representativos están relacionados con la geometría de trazado y tipo de suelo, independientemente si se trata de durmientes de hormigón o de madera; en donde evidentemente difieren tanto en concepción como en tipo de análisis.

Sin embargo como resultado de establecer dos parámetros globales para caracterizar el escenario más probable que permita establecer una valoración adecuada económicamente viable de los precios referenciales por kilómetro de vías férreas; se ha hecho necesario recurrir a normativas extranjeras que permitan generar resultados con un orden de magnitud razonable y que sean susceptibles de comprobación y verificación en campo.

Dadas las condiciones y complejidades técnicas que pueden aparecer al momento de relacionar parámetros tan diferentes tanto en su forma como en su origen, se ha recurrido a la implementación de un esquema estructurado que enlaza estos dos componentes S-G(suelo-geometría) de tal manera que no se pretenda realizar un diseño categórico, por el contrario introduzca al presupuesto referencial una metodología basada en preceptos técnicos que otorgan al método simple de un presupuesto referencial un grado de connotación más real y compatible con la ingeniería disponible en nuestro país.

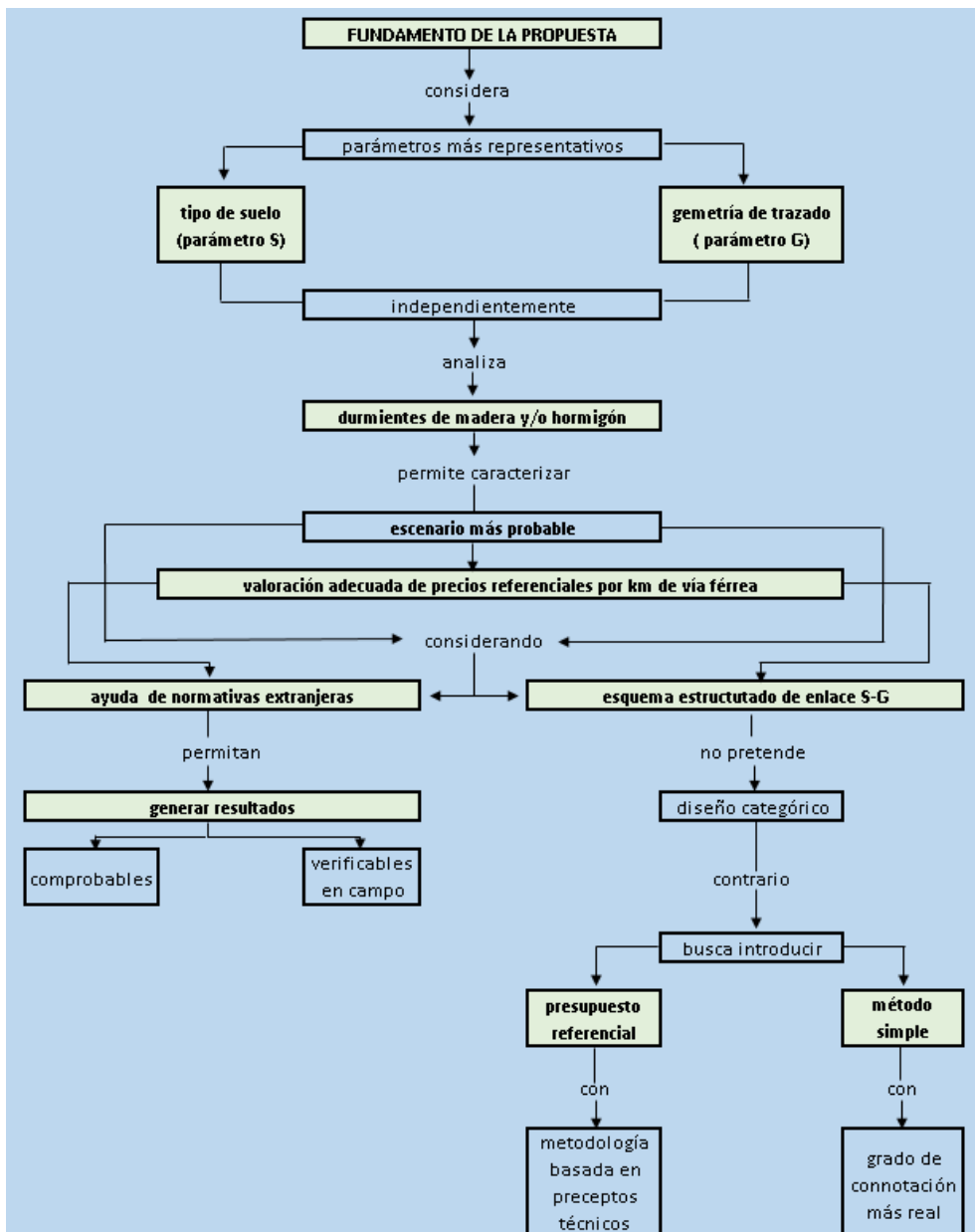


Ilustración 4.2 FUNDAMENTO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA
Fuente: Byron Altamirano



4.2 CONDICIONES INICIALES

Al definir el ámbito en el cual se pretende generar una valoración aproximada del presupuesto referencial, se hace necesario establecer los siguientes lineamientos a seguir:

- Propósito del proyecto
- Caracterización del tipo de durmiente a elegir.
- Implicación del parámetro suelo.
- Estimación de cargas sobre la plataforma.
- Implicación del parámetro geometría.
- Estimación de radios de curvatura y anchos de trocha.

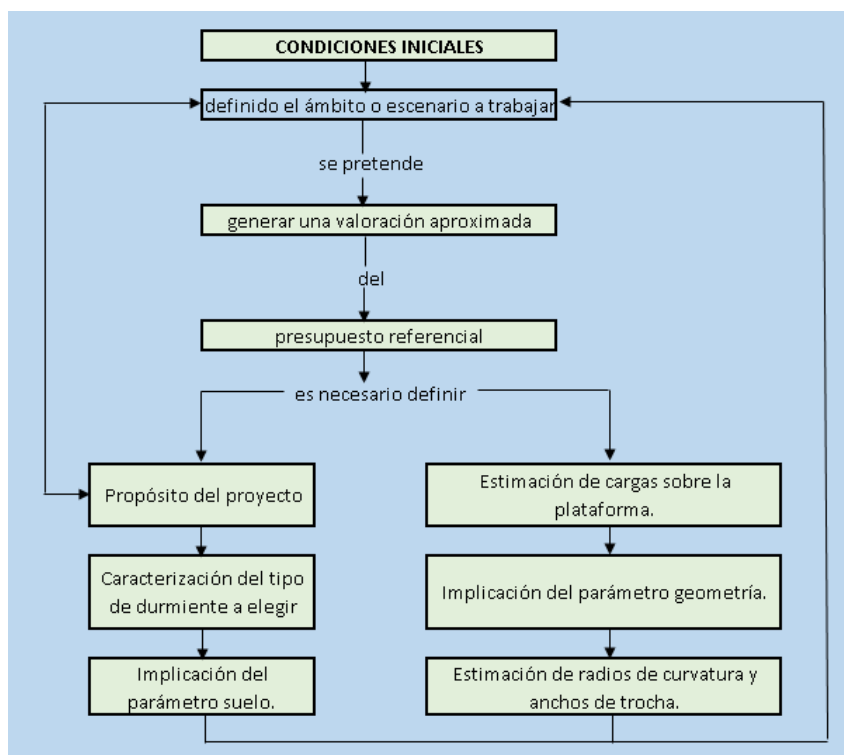


Ilustración 4.3 CONDICIONES INICIALES
Fuente: Byron Altamirano



4.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Dada las circunstancias y tipología de las vías férreas en Ecuador se distinguen dos tipos de variantes de durmientes:

- Durmientes de madera.
- Durmientes de hormigón.

La elección de cualquiera de los tipos de durmiente permite establecer escenarios con resultados diferentes, tal es así que implícitamente se abarca en su mayoría las características propias de cada material, ya que al analizar particularmente cada caso, la generación de resultados permite establecer parámetros razonables para cada escenario establecido.

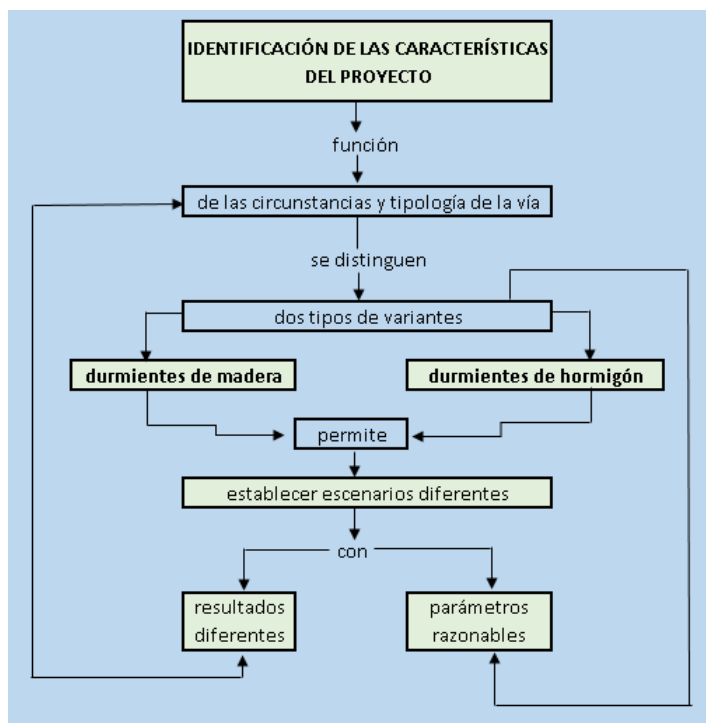


Ilustración 4.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO
Fuente: Byron Altamirano



4.2.2 PROPÓSITO DE LA VALORACIÓN

Es necesario destacar nuevamente, que la propuesta planteada en este proyecto no busca establecer un diseño al detalle de la conformación y análisis de las vías férreas, la metodología permite establecer con cierto grado de confiabilidad una valoración adecuada basada en fundamentos técnicos.

En tal virtud para la adecuada interpretación en el propósito se sugiere seguir el siguiente lineamiento:

- Establecer si el presupuesto tiene que ver con nueva infraestructura férrea o mantenimiento.
- Indicar la región geográfica en la que se pretende realizar la estimación del presupuesto referencial.

4.3 GESTIÓN TÉCNICA Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

Una vez definido el escenario donde se pretende trabajar se procede de la siguiente manera; considerando la influencia que ejerce el suelo y sus características, se sugiere elaborar un módulo espesor balasto-subbalasto (parámetro S).

- Se indica el valor del parámetro CBR% y se estima un espesor de subrasante ayudándose de normativas férreas.



- Se define el valor del parámetro espesor subbalasto con la ayuda de normativas auxiliares.
- A continuación se ingresa el valor de la intensidad de presión de balasto e intensidad máxima de presión en sub-balasto y se establece el espesor del balasto bajo el durmiente apoyándose en normativas extranjeras.

Con respecto a la geometría de trazado, se sugiere elaborar un módulo geometría (parámetro G).

- Es necesario indicar un radio mínimo de curva horizontal que represente la zona de tránsito de la vía férrea.
- Se indica velocidad de directriz en función de los trenes disponibles en el país.
- La implementación de una distancia de trocha adecuada permite identificar satisfactoriamente las condiciones de vías disponibles en el país.
- Establecer una caracterización aproximada del tipo de terreno y pendientes de la vía férrea.
- Se hace necesaria la estimación de peraltes aplicando normativas internacionales o criterios técnicos de otros países que permitan establecer volúmenes razonables.

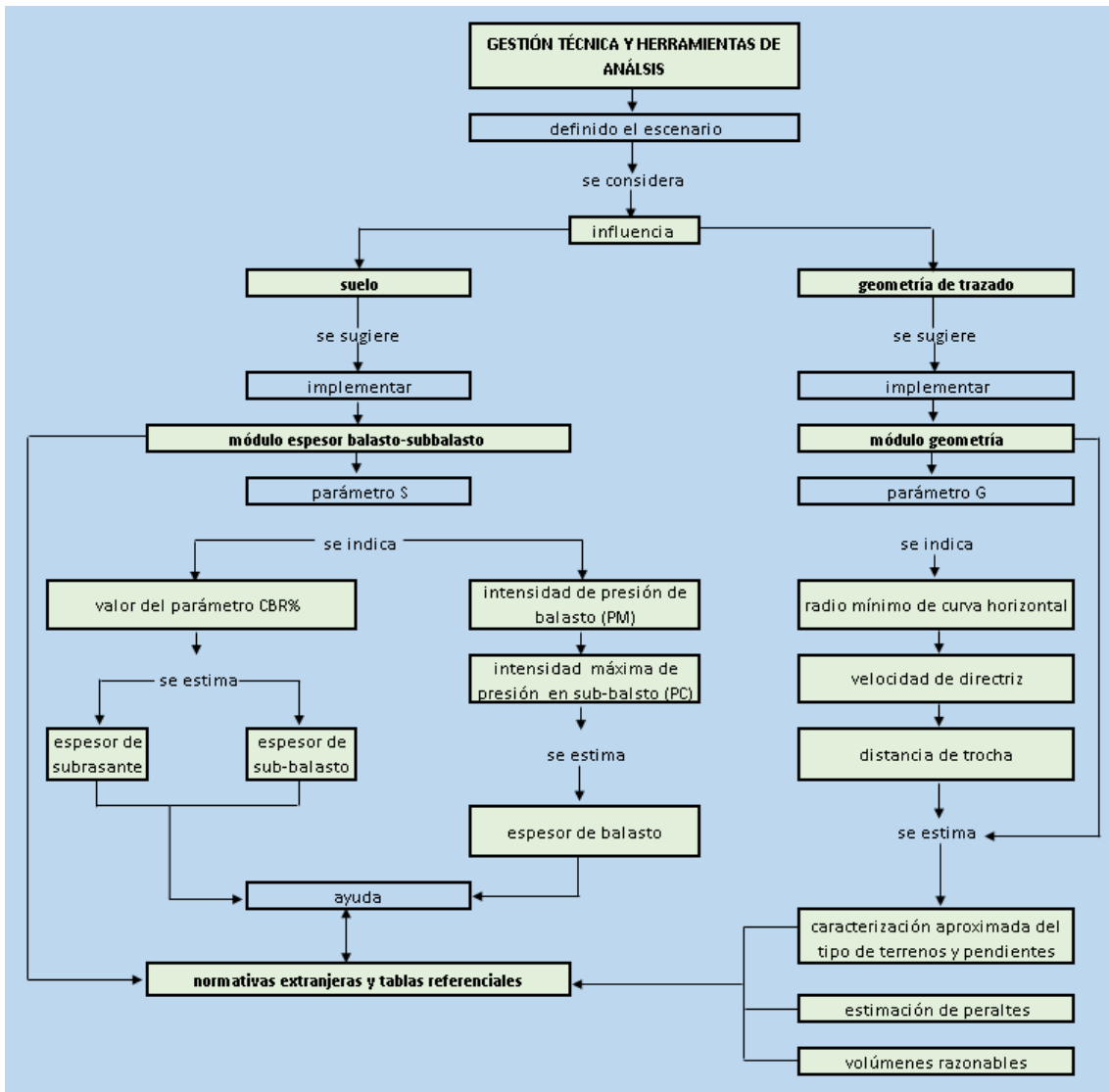


Ilustración 4.5 GESTIÓN TÉCNICA Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

Fuente: Byron Altamirano

4.3.1 LÍMITES DE CONTORNO DE LA PROPUESTA

La condición de frontera con la que la presente propuesta metodológica funciona dentro de parámetros viables permite establecer los siguientes lineamientos:



Dada las evidentes complicaciones que presenta el trazado geométrico y las características intrínsecas del suelo; una apreciación de la influencia de los componentes de la vía más destacados permite generar preceptos con fundamentos técnicos.

- Para el presente proyecto se considera estratégicamente que el presupuesto aproximado generado debe ser establecido por 1km de vía férrea, pero sin considerar volúmenes de corte, terraplén o cambios de pendiente para fines de valoración y suponiendo el caso más general. No obstante como la suposición de que todo el trazado de la vía férrea mantiene esta condición, se ha implementado la estrategia de considerar la influencia del tipo de suelo y la geometría de trazado, de tal manera que afecte al presupuesto referencial de manera acertada.
- Dadas las circunstancias y considerando el objetivo de establecer un presupuesto referencial se ha convenido considerar en el módulo geometría de trazado(G) el análisis para 1 km de vía férrea peraltada.
- Como consecuencia de considerar la zona en la que se analiza el trayecto de la vía se puede asumir un porcentaje del trazado que cumple con la condición de frontera (tramo peraltado) del trazado de la vía y no en su totalidad.
- Los valores que corresponden a rubros y que son afectados en la estimación del presupuesto están relacionados directamente con los volúmenes generados por el módulo de espesor balasto- subbalasto (parámetro S) y por el módulo (parámetro G) única y exclusivamente.

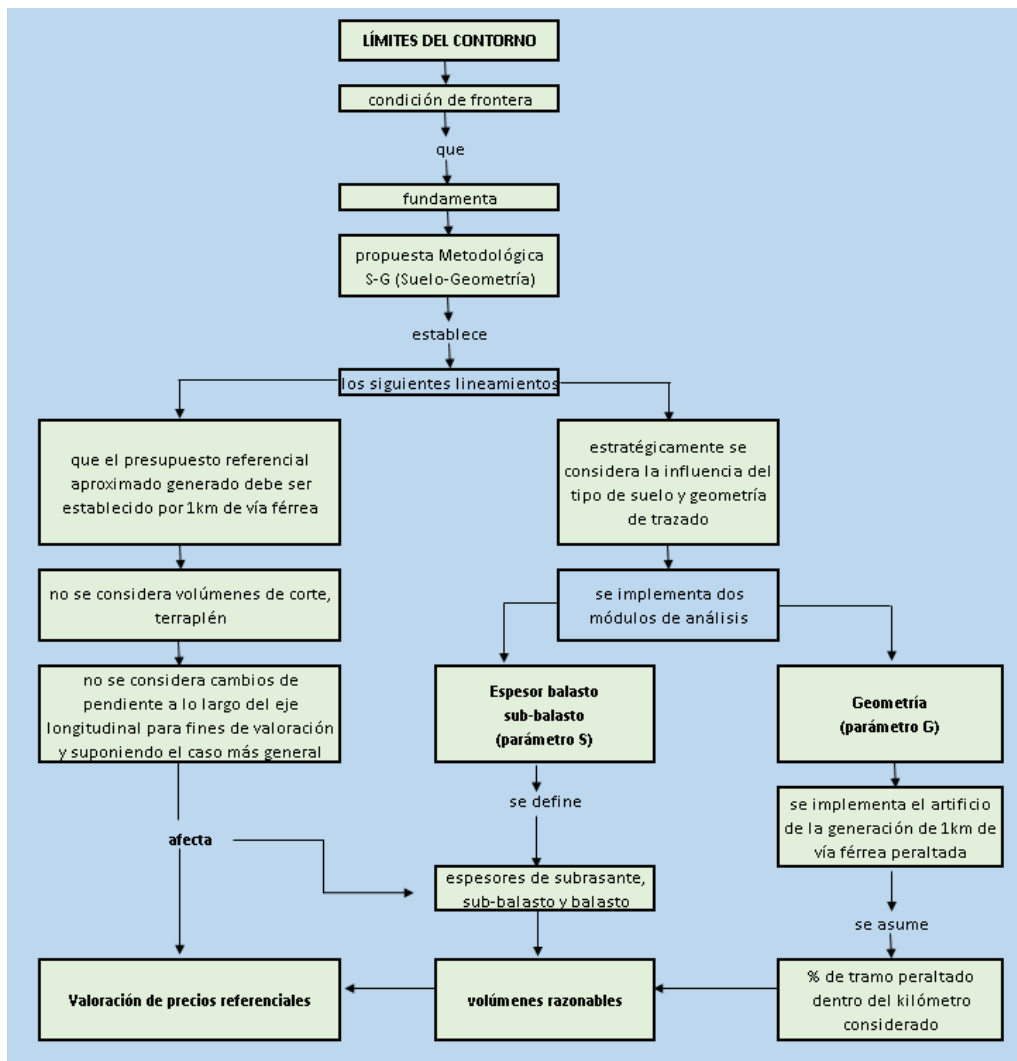


Ilustración 4.6 LÍMITES DE CONTORNO

Fuente: Byron Altamirano

4.3.2 INFORMACION DE APOYO

Se procede con la utilización de datos de información referenciales y de guías técnicas que faciliten la implementación de ecuaciones y/o tablas del proyecto.

Este tipo de información debe tener el siguiente lineamiento:



- Las tablas de apoyo, datos informativos y normativas férreas deben contener información referente a la caracterización del suelo y/o geometría de trazado.
- Con respecto al trazado geométrico de la vía se establece la necesidad de apoyarse en normas y reglamentos extranjeros que permitan definir adecuadamente una referencia razonable con un orden de magnitud aceptable.

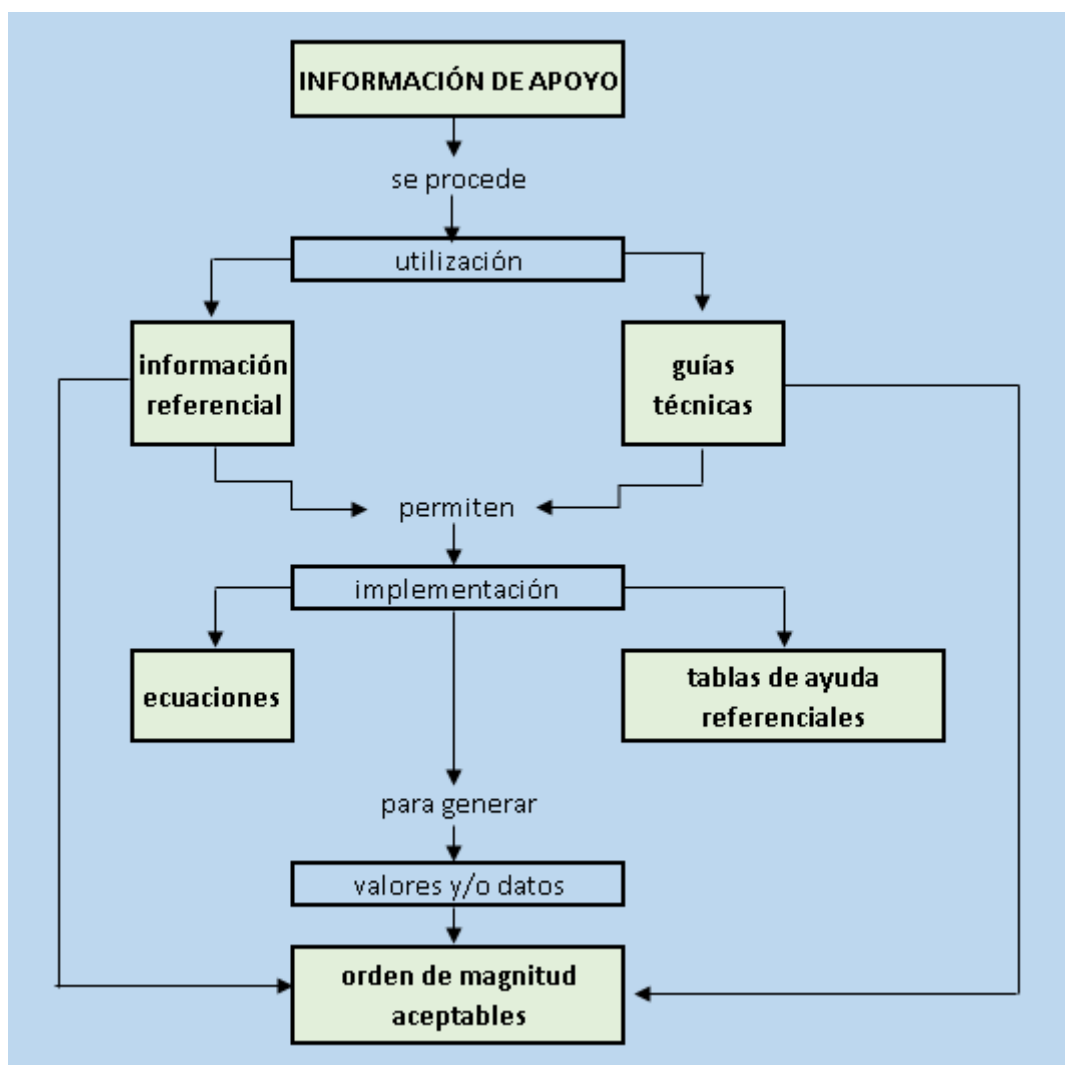


Ilustración 4.7 INFORMACIÓN DE APOYO
Fuente: Byron Altamirano



4.4 VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Una vez conformada la metodología antes descrita y ya con valores y parámetros conocidos se empieza por definir los porcentajes de costos indirectos, costos unitarios y valores totales que arrojan los rubros considerados de la siguiente manera:

- Se implementa un módulo que facilite la visualización global de todos los rubros participantes en la estimación del presupuesto referencial.
- El ingreso de datos diferentes en cuanto a costos unitarios, volúmenes y cantidades de obra deben ser fáciles de modificar y cambiar de acuerdo a los requerimientos.
- La adecuada visualización de los costos totales con y sin cambios por tipo de suelo (parámetro S) y geometría de trazado (parámetro G) debe estar garantizado en todo momento.
- Los escenarios posibles de generar deben permitir elaborar expresiones matemáticas que permitan acceder rápidamente a un presupuesto referencial razonable en función del porcentaje de indirectos que el proyecto necesite.
- Independientemente que se analice durmientes de madera o de hormigón la estimación del presupuesto referencial debe permitir al planificador la toma de decisión más adecuada de acuerdo a las características y requerimientos que la vía férrea demande.

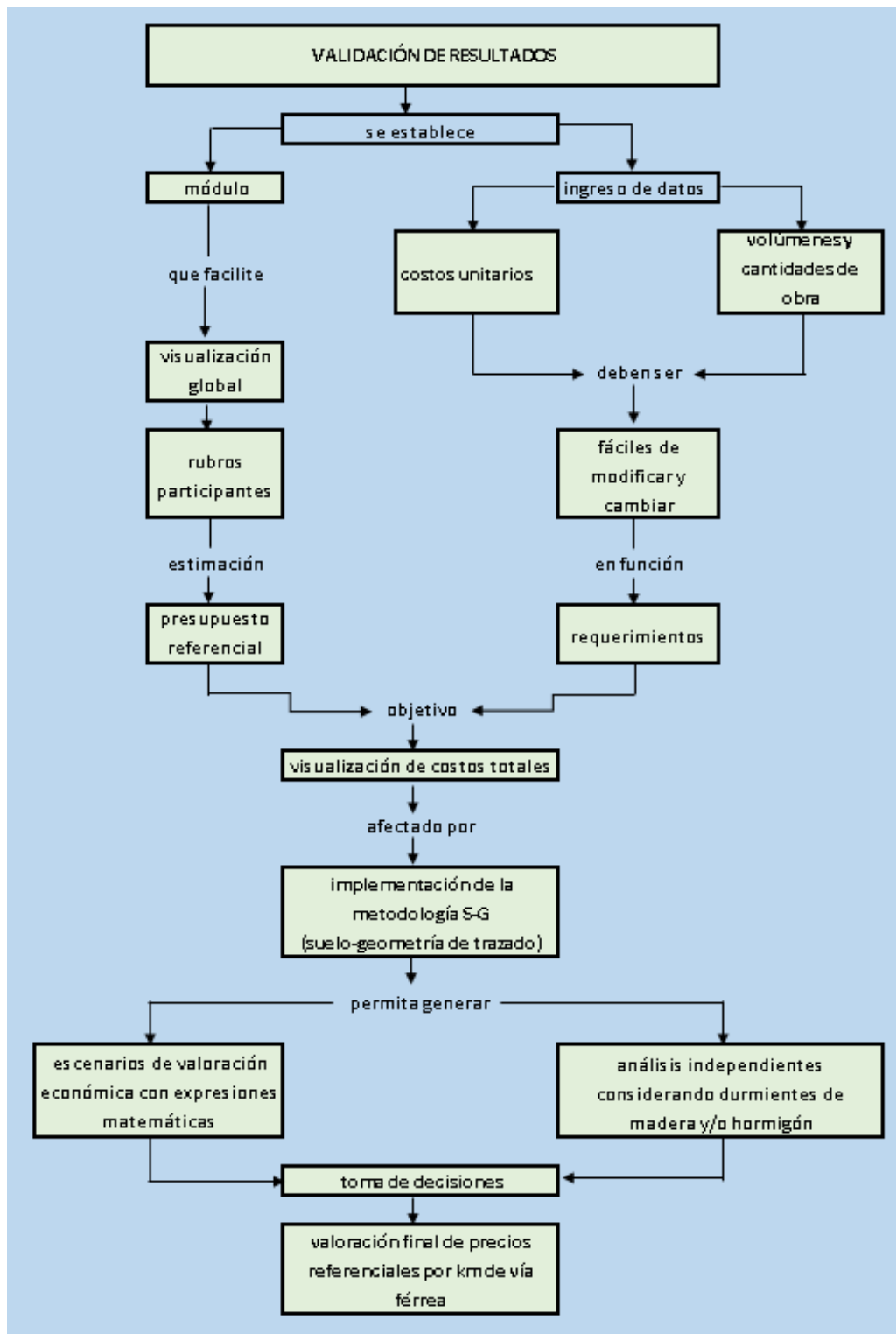


Ilustración 4.8 VALIDACIÓN DE RESULTADOS
Fuente: Byron Altamirano



CAPITULO V

5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN V.E.V.F 1.0 MEDIANTE LA METODOLOGÍA SG (SUELO-GEOMETRÍA DE TRAZADO) PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA VÍA FÉRREA.

La aplicación V.E.V.F 1.0 (valoración económica de vías férreas) ha sido desarrollada mediante la plataforma visual basic 2008 express edition, la misma que es de acceso gratuito en la red y con una licencia de 30 días para su uso.

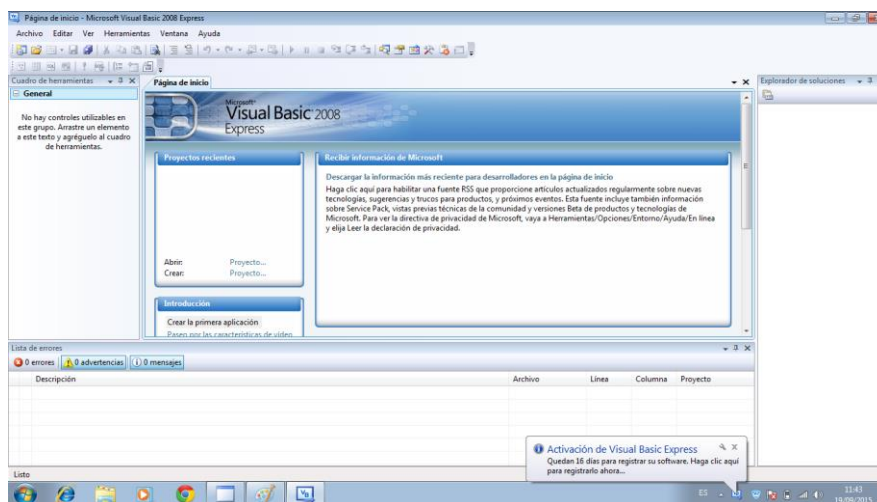


Ilustración 5.1 PANTALLA DE VISUAL BASIC 2008 EXPRESS EDITION
Fuente: Byron Altamirano

5.1.1 INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN V.E.V. 1.0

Como la aplicación funciona bajo el lenguaje de programación visual basic es necesario instalar todos los componentes que trae por defecto el paquete visual basic express 2008, para que la posterior instalación y ejecución se realice sin inconvenientes.

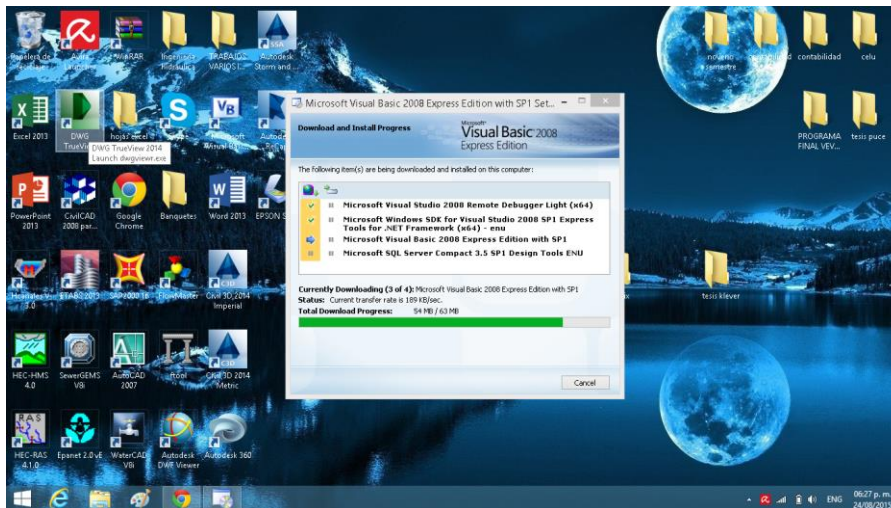


Ilustración 5.2 INSTALACIÓN DE VISUAL BASIC 2008 EXPRESS EDITION
Fuente: Byron Altamirano

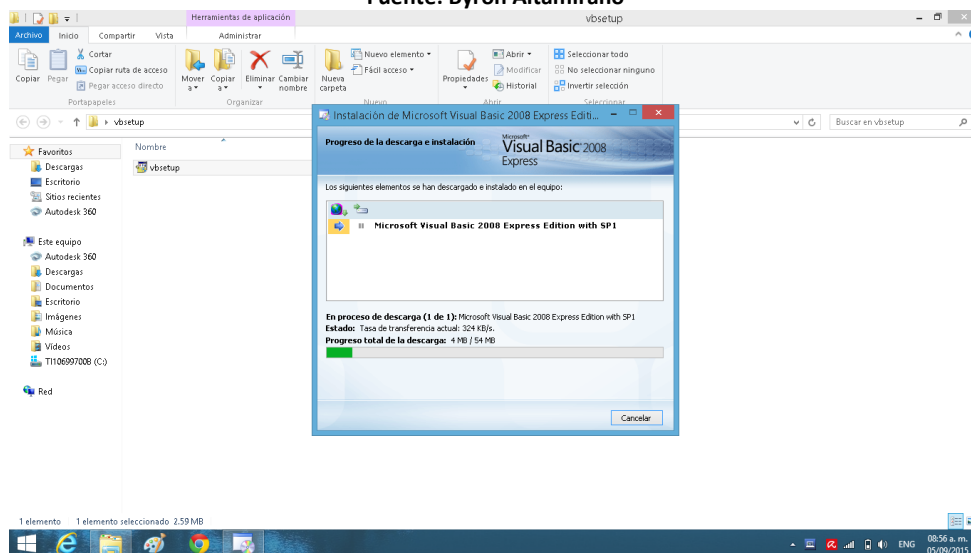


Ilustración 5.3 PROGRESO DE LA INSTALACIÓN DE VISUAL BASIC 2008 EXPRESS EDITION
Fuente: Byron Altamirano

5.1.2 UTILIZACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE LA APLICACIÓN V.E.V.F 1.0

Una vez instalado la aplicación en el equipo procedemos a crear un acceso directo al escritorio para trabajar más dinámicamente.



5.1.2.1 PANTALLA DE INICIO

Se procede a ingresar los datos personales en cada cuadro que aparece en blanco; si la información ingresada es correcta se despliega un aviso de confirmación.

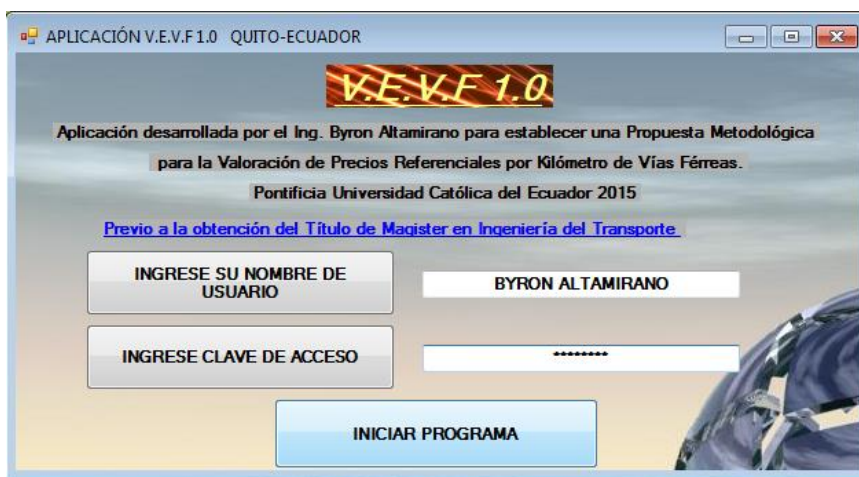


Ilustración 5.6 PANTALLA CON INGRESO DE DATOS
Fuente: Byron Altamirano

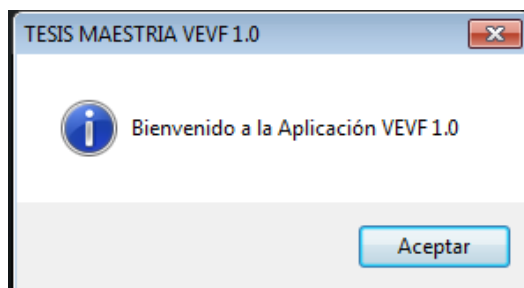


Ilustración 5.7 PANTALLA DE BIENVENIDA V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

Si los datos ingresados no corresponden a la información adecuada para la ejecución del programa se despliega una advertencia y se procede a cerrar automáticamente la aplicación.

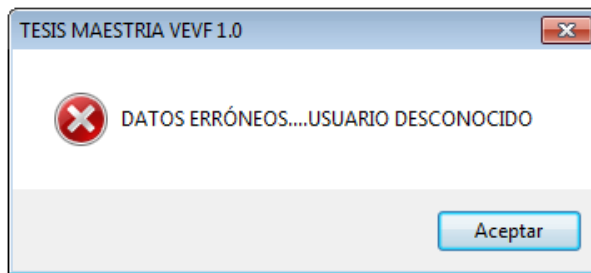


Ilustración 5.8 PANTALLA DE USUARIO DESCONOCIDO V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

5.1.2.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez autorizado el ingreso a la aplicación inmediatamente se despliega una pantalla que permite direccionar por dos posibles alternativas de análisis.

-La primera alternativa hace referencia a durmientes de hormigón

-La segunda alternativa hace referencia a durmientes de madera.



Ilustración 5.9 PANTALLA DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano



Si se opta por la primera alternativa siguiendo la instrucción de pantalla se despliega lo siguiente ventana con un mensaje de confirmación.

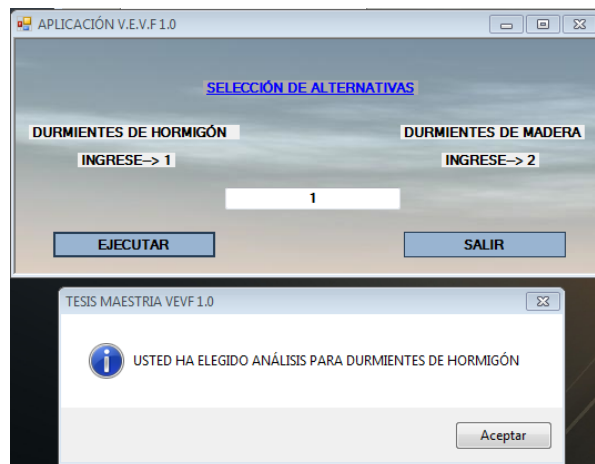


Ilustración 5.10 PANTALLA DE ALTERNATIVA HORMIGON V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

Esta ventana hace referencia a que el análisis a seguir corresponde a durmientes de hormigón. Por otro lado si se considera la segunda alternativa siguiendo la instrucción de pantalla se despliega lo siguiente ventana con un mensaje de confirmación.

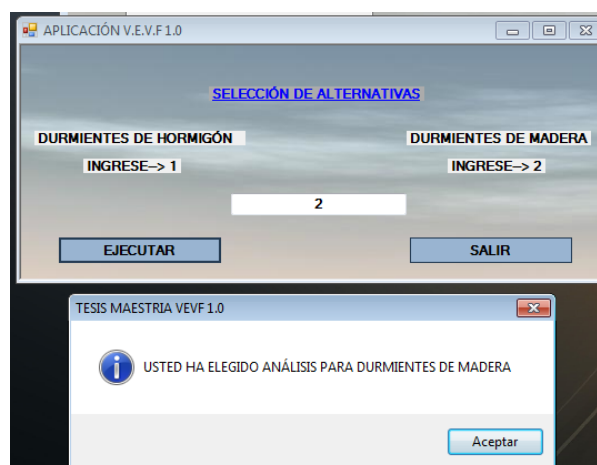


Ilustración 5.11 PANTALLA DE ALTERNATIVA MADERA V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano



Si por alguna razón no se elige una de las dos alternativas o se ingresa equivocadamente el dato, automáticamente la aplicación despliega una ventana de advertencia.

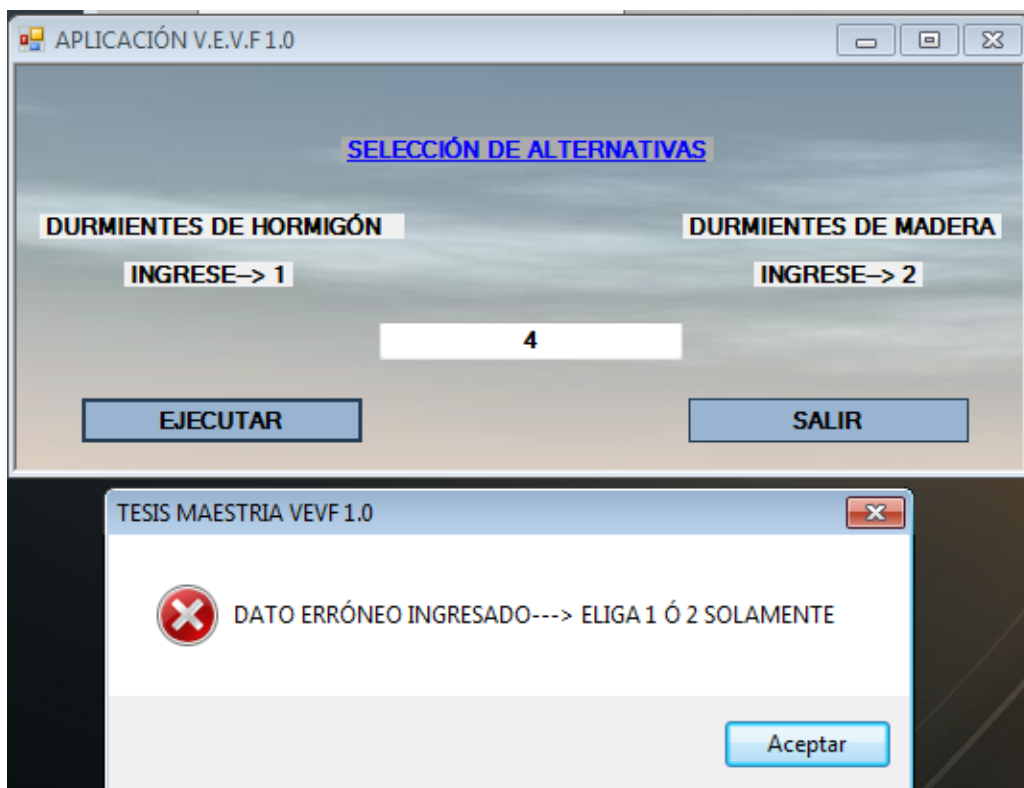


Ilustración 5.12 PANTALLA DE DATO ERRONEO V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

5.1.2.2.1 ALTERNATIVA DURMIENTES DE HORMIGON Y MADERA

Independientemente de que se elija la opción 1 o 2, el programa despliega una pantalla con la siguiente interfaz.

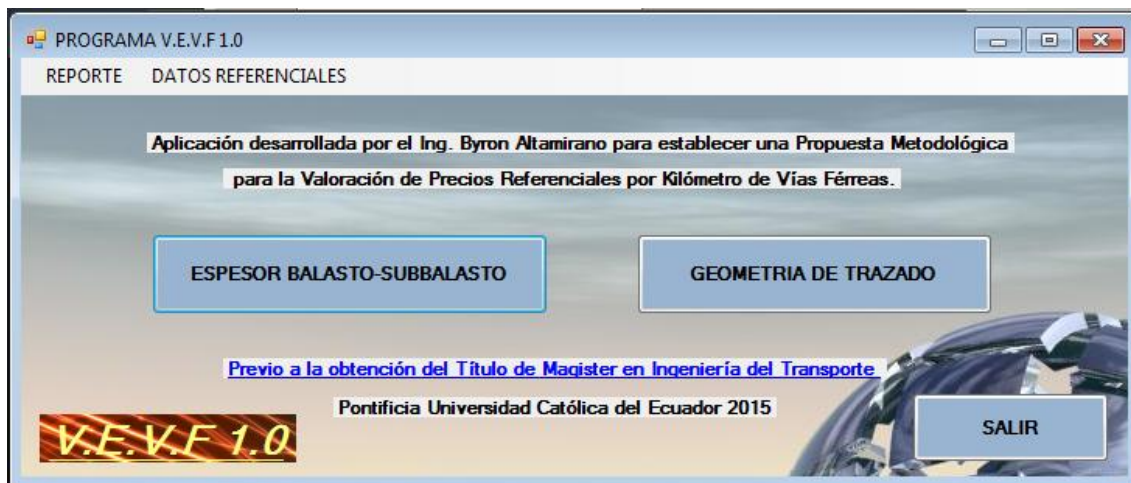


Ilustración 5.13 PANTALLA DE GEOTECNIA Y TRAZADO V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

Aquí en esta ventana se encuentra dos importantes parámetros necesarios para poder realizar un presupuesto referencial aproximado a la realidad.

5.1.2.2.1.1 ESPESOR BALASTO-SUBBALASTO

Al momento de hacer clic sobre el botón “espesor balasto-subbalasto”, aparece una nueva ventana en donde se procede a probar con diferentes valores para evidenciar los resultados de la aplicación en esta etapa, además se considera para fines de aplicación y evaluación de resultados a los parámetros P_m y P_c con valores de 4.5 y 1.5 kg/cm² respectivamente, aunque dependiendo de las condiciones se puede optar por valores diferentes, para fines explicativos de la aplicación se procede únicamente con estos valores.



DISEÑO DE BALASTO-SUBBALASTO-SUBRASANTE

ELABORADO POR: ING BAYRON ALTAMIRANO
PROYECTO: MAESTRIA
FECHA: AÑO 2015

PARAMETRO SUBRASANTE CBR % = 6

ESPESOR SUBBALASTO h = 40 cm

ESPESOR DEL BALASTO BAJO DURMIENTES

FORMULA TALBOT
INGRESAR PM (psi o kg/cm²) = 4.5 Valor máximo recomendado 60 psi
INGRESAR PC (psi o kg/cm²) = 1.5 Limitación a 25 psi presión soportada por la capa de sub-balasto

h = 23.0 cm

[Fuente: Norma AREMA, volumen 1, capítulo 1, parte 2, balasto](#)

FORMULA DE FERROCARRILES NACIONALES JAPONESES
INGRESAR PM = 4.5 Kg/cm²
INGRESAR PC = 1.5 Kg/cm²

h = 52.10 cm

[Fuente: Norma AREMA, volumen 4, capítulo 10, sección 3](#)

PM=intensidad de presión de balasto
PC=intensidad máxima de presión en sub-balasto

NOTA: EL METODO JAPONÉS DETERMINA VALORES CONSERVADORES DE DISEÑO

REFERENCIA

V.E.V.F 1.0

Ilustración 5.14 PANTALLA DE DISEÑO DE BALASTO-SUBBALASTO-SUBRASANTE CBR 6% V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

En esta ventana se introdujo como datos de entrada:

- Información del proyecto
- Cbr % =6
- Pm(intensidad de presión de balasto) =4.5 kg/cm²
- Pc(intensidad máxima de presión en sub-balasto)=1.5 kg/cm²

En esta ventana se obtiene como datos de salida:



- Caracterización del estrato de subrasante como OL-MH-CH
- Espesor subbalasto $h=40\text{cm}$
- Espesor balasto $h=23\text{ cm}$ según Talbot
- Espesor balasto $h=52.10\text{ cm}$ según Ferrocarriles Nacionales Japoneses

Ilustración 5.15 PANTALLA DE DISEÑO DE BALASTO-SUBBALASTO-SUBRASANTE CBR 14% V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

En esta ventana se introdujo como datos de entrada:

- Información del proyecto
- Cbr % =14



- P_m (intensidad de presión de balasto) =4.5 kg/cm²
- P_c (intensidad máxima de presión en sub-balasto)=1.5 kg/cm²

En esta ventana se obtiene como datos de salida:

- Caracterización del estrato de subrasante como CL-ML
- Espesor subbalasto $h=30$ cm
- Espesor $h=23$ cm según Talbot
- Espesor $h=52.10$ cm según Ferrocarriles Nacionales Japoneses

ELABORADO POR: ING BAYRON ALTAMIRANO
PROYECTO: MAESTRIA
FECHA: AÑO 2015

PARAMETRO SUBRASANTE CBR %= 35

ESPESOR SUBBALASTO h= no se requiere sub-balasto cm

ESPESOR DEL BALASTO BAJO DURMIENTES

FORMULA TALBOT
INGRESAR PM (psi o kg/cm2)= 4.5 Valor máximo recomendado 60 psi
INGRESAR PC (psi o kg/cm2)= 1.5 Limitación a 25 psi presión soportada por la capa de sub-balasto
h = 23,0 cm

FORMULA DE FERROCARRILES NACIONALES JAPONESES
INGRESAR PM= 4.5 Kg/cm2
INGRESAR PC= 1.5 Kg/cm2
h = 52,10 cm

REFERENCIA
Tabla 1
Tabla 2
Tabla 3
Tabla 4

PM=intensidad de presión de balasto
PC=intensidad máxima de presión en sub-balasto

NOTA: EL METODO JAPONES DETERMINA VALORES CONSERVADORES DE DISEÑO

Ilustración 5.16 PANTALLA DE DISEÑO DE BALASTO-SUBBALASTO-SUBRASANTE CBR 35% V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano



En esta ventana se introdujo como datos de entrada:

- Información del proyecto
- Cbr % =35
- P_m (intensidad de presión de balasto) =4.5 kg/cm²
- P_c (intensidad máxima de presión en sub-balasto)=1.5 kg/cm²

En esta ventana se obtiene como datos de salida:

- Caracterización del estrato de subrasante como GW-GP-GM-SW o también del tipo GC-SP-SM-SC
- Espesor subbalasto h = no se requiere subbalasto
- Espesor h =23 cm según Talbot
- Espesor h =52.10 cm según Ferrocarriles Nacionales Japoneses

5.1.2.2.1.2 GEOMETRIA DE TRAZADO

Al momento de hacer clic sobre el botón “geometría de trazado”, aparece una nueva ventana en donde se procede a probar con diferentes valores para evidenciar los resultados de la aplicación en esta otra etapa, no obstante es necesario mencionar que se ha recurrido a las normativas AREMA(American Railway Engineering and Maintenance of Way Association), y notas y criterios obtenidos de la Universidad Católica de Argentina, por considerarlas pertinentes para establecer parámetros relevantes de peraltes y volúmenes asociados ; pero se considera para fines de análisis y evaluación la velocidad de directriz de 40km/h únicamente con fines explicativos, aunque puede adoptar cualquier valor sin inconveniente.

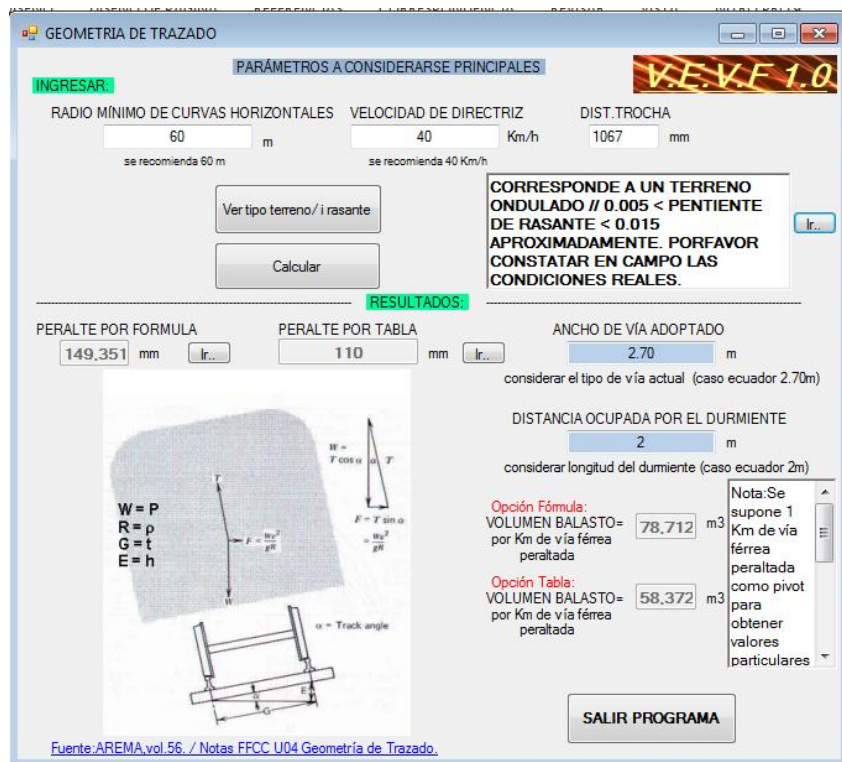


Ilustración 5.17 PANTALLA DE GEOMETRIA DE TRAZADO RADIO DE CURVA 60m V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

En esta ventana se introdujo como datos de entrada:

- Radio mínimo de curva horizontal = 60m
- Velocidad de directriz = 40km/h
- Distancia de trocha = 1067 mm

En esta ventana se obtiene como datos de salida:

- Caracterización aproximada de rasante
- Peralte por formula = 149.35 mm
- Peralte por tabla = 110 mm



- Volumen de balasto aproximado por formula= 78.71m³ (peralte basado en la norma AREMA y aceptada mundialmente), se recomienda adoptar este valor para fines de estimación de volúmenes.
- Volumen de balasto aproximado por tabla = 58.37 m³ (peralte basado en normativa Argentina con rango de aplicación limitado únicamente al ancho de trocha máximo de 1676 mm y avalada por Ferrocarriles del Ecuador para ciertos tramos), en este caso se puede adoptar este valor pero a nivel de prefactibilidad únicamente.

Los datos referentes al ancho de vía adoptado y distancia ocupada por el durmiente únicamente son informativos no inciden en el cálculo de los volúmenes, sirven de guía para el caso que se quisiera experimentar con otros anchos de trochas; para este caso si se adopta un ancho de trocha de 1067mm el ancho de vía que se adopta puede ser de 2.70m.

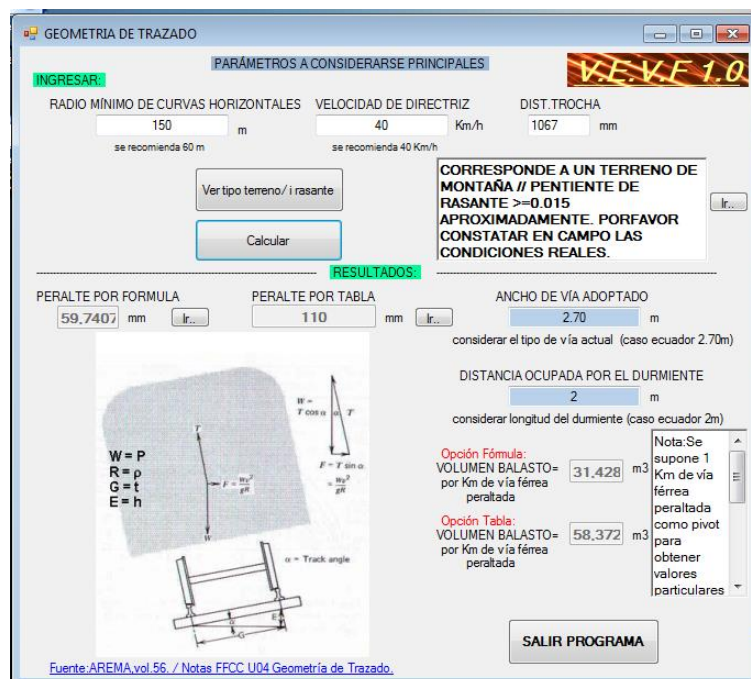


Ilustración 5.18 PANTALLA DE GEOMETRIA DE TRAZADO RADIO DE CURVA 150m V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano



En esta ventana se introdujo como datos de entrada:

- Radio mínimo de curva horizontal = 150m
- Velocidad de directriz =40km/h
- Distancia de trocha =1067 mm

En esta ventana se obtiene como datos de salida:

- Caracterización aproximada de rasante
- Peralte por formula = 59.74 mm
- Peralte por tabla = 110 mm
- Volumen de balasto aproximado por formula= 31.42m³ (peralte basado en la norma AREMA y aceptada mundialmente), se recomienda adoptar este valor para fines de estimación de volúmenes.
- Volumen de balasto aproximado por tabla = 58.37m³ (peralte basado en normativa Argentina con rango de aplicación limitado únicamente al ancho de trocha máximo de 1676 mm y avalada por Ferrocarriles del Ecuador para ciertos tramos), en este caso el volumen es aproximadamente el doble del volumen obtenido por la normativa AREMA.

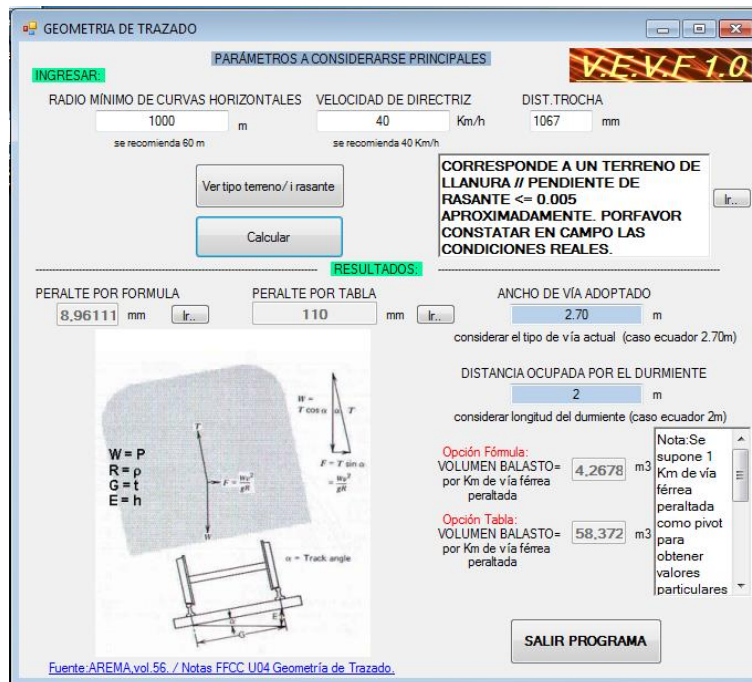


Ilustración 5.19 PANTALLA DE GEOMETRIA DE TRAZADO RADIO DE CURVA 1000m V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

En esta ventana se introdujo como datos de entrada:

- Radio mínimo de curva horizontal = 1000m
- Velocidad de directriz = 40km/h
- Distancia de trocha = 1067 mm

En esta ventana se obtiene como datos de salida:

- Caracterización aproximada de rasante
- Peralte por formula = 8.96 mm
- Peralte por tabla = 110 mm



- Volumen de balasto aproximado por formula= 4.26m³ (peralte basado en la norma AREMA y aceptada mundialmente), se recomienda adoptar este valor para fines de estimación de volúmenes.
- Volumen de balasto aproximado por tabla = 58.37 m³ (peralte basado en normativa Argentina con rango de aplicación limitado únicamente al ancho de trocha máximo de 1676 mm y avalada por Ferrocarriles del Ecuador para ciertos tramos), este valor queda sobredimensionado porque solo considera el ancho de trocha pero no toma en cuenta el radio de curva, peor la velocidad de directriz), por tal razón para fines de estimación de volúmenes **no debe ser considerado**.

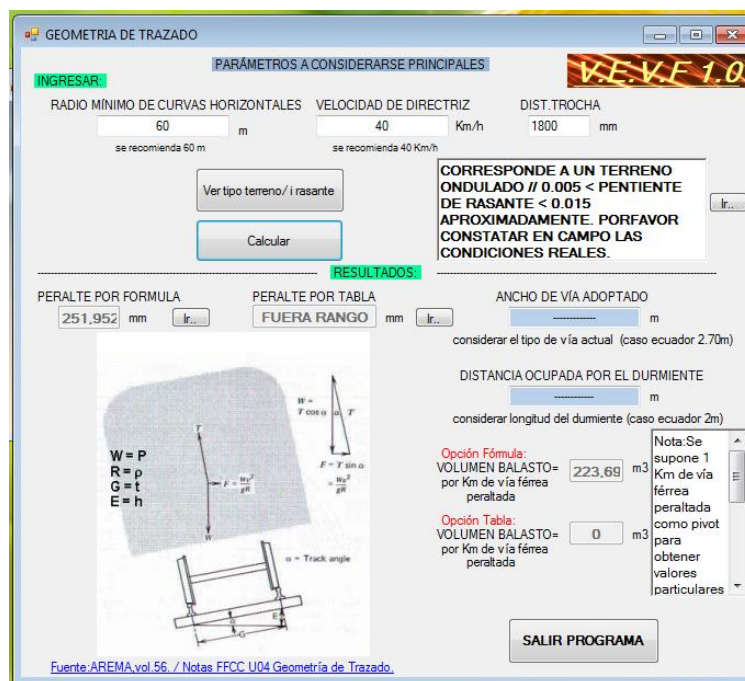


Ilustración 5.20 PANTALLA DE GEOMETRIA DE TRAZADO TROCHA 1800mm V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

En esta ventana se introdujo como datos de entrada:

- Radio mínimo de curva horizontal = 60m



- Velocidad de directriz =40km/h
- Distancia de trocha =1800 mm

En esta ventana se obtiene como datos de salida:

- Caracterización aproximada de rasante
- Peralte por formula = 251.95 mm
- Peralte por tabla = Fuera de rango
- Volumen de balasto aproximado por formula= 223.69m³ (peralte basado en la norma AREMA y aceptada mundialmente), se recomienda adoptar este valor para fines de estimación de volúmenes.
- Volumen de balasto aproximado por tabla = 0 m³ (peralte basado en normativa Argentina con rango de aplicación limitado únicamente al ancho de trocha máximo de 1676 mm y avalada por Ferrocarriles del Ecuador para ciertos tramos), en este caso el valor esta fuera de rango.

5.2 DATOS REFERENCIALES DE GUÍA

Este tipo de información que tiene el programa es el resultado de incluir las fórmulas y tablas con las que el algoritmo del programa funciona; se puede acceder desde la pantalla que a continuación se presenta o desde las ventanas de espesor balasto-subbalasto y geometría de trazado; además sirven como ayuda para determinar mejores criterios técnicos al momento de analizar y evaluar en cada etapa.

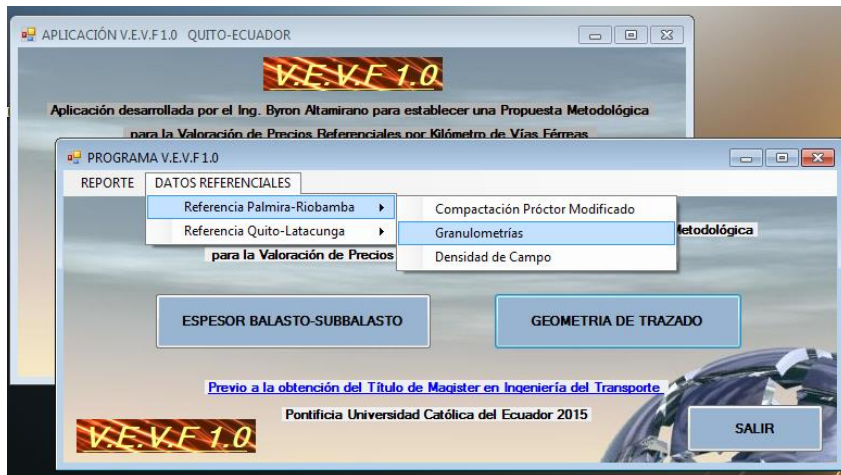


Ilustración 5.21 PANTALLA DE DATOS REFERENCIALES DE GUÍA V.E.V.F. 1.0
Fuente: Byron Altamirano

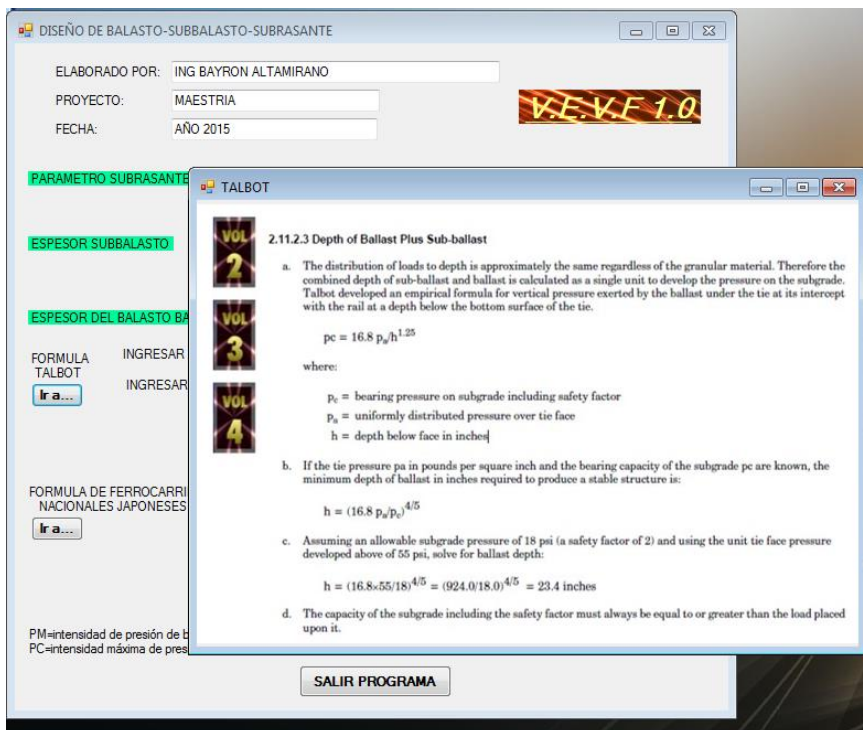


Ilustración 5.22 PANTALLA DE AYUDA FORMULA TALBOT V.E.V.F. 1.0
Fuente: Byron Altamirano

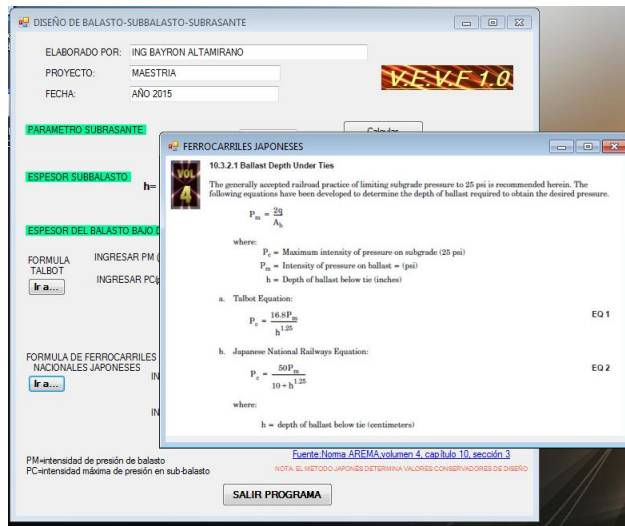


Ilustración 5.23 PANTALLA DE AYUDA FORMULA FERROCARRILES JAPONESES V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

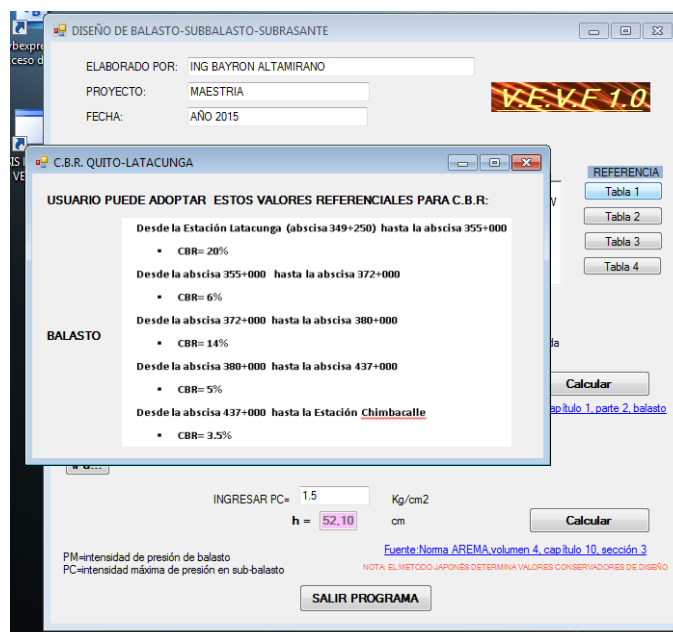


Ilustración 5.24 PANTALLA DE AYUDA CBR QUITO LATACUNGA V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

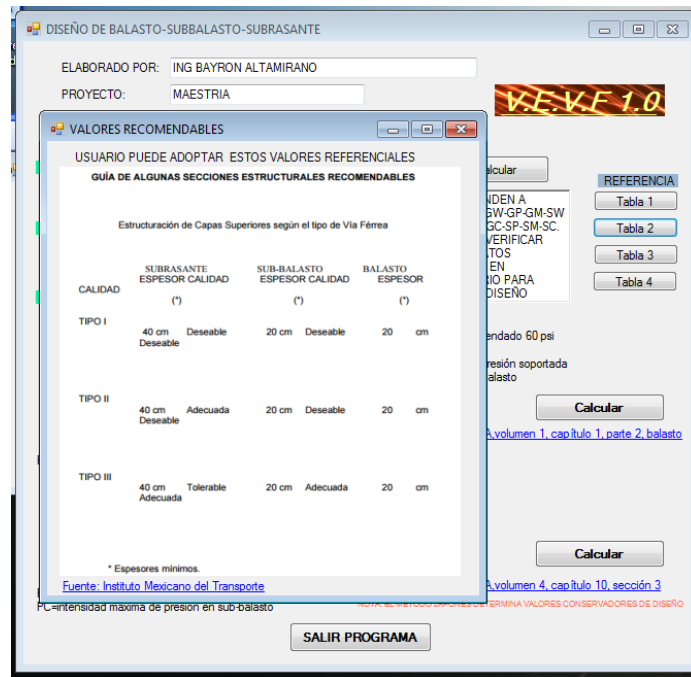


Ilustración 5.25 PANTALLA DE AYUDA VALORES RECOMENDABLES V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

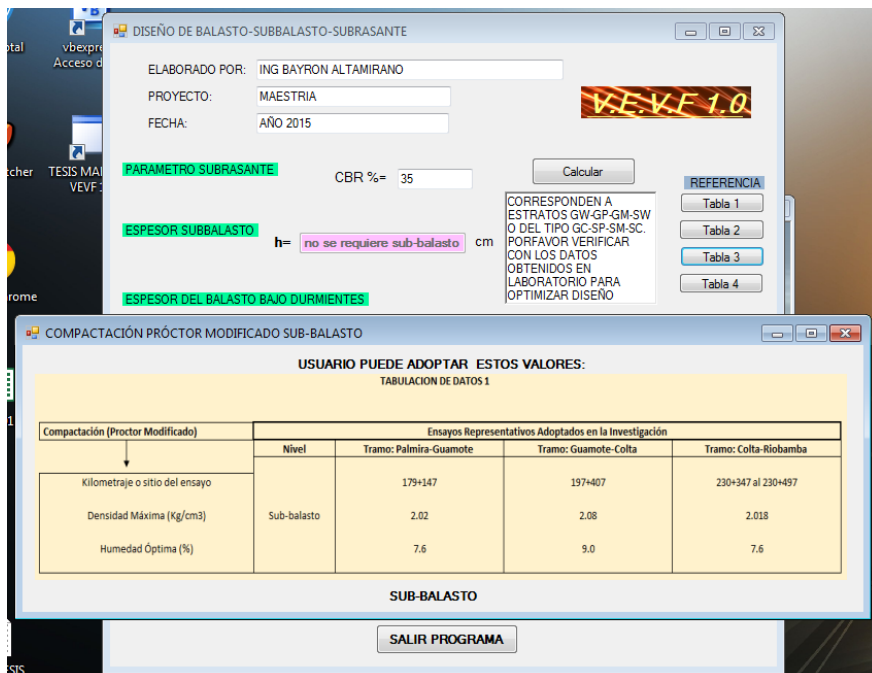


Ilustración 5.26 PANTALLA DE AYUDA COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano



Si la opción elegida es “durmientes de hormigón” la ventana que aparece es la siguiente:

Ilustración 5.28 PANTALLA DE GENERACION DE RESULTADOS HORMIGÓN V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

Si la opción elegida es “durmientes de madera” la ventana que aparece es la siguiente:

Ilustración 5.29 PANTALLA DE GENERACION DE RESULTADOS MADERA V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano



5.3.1 REPORTE GENERADO PARA DURMIENTES DE HORMIGON

Se procede a ingresar los datos de información del proyecto y los valores faltantes en función de la siguiente metodología:

- Ingresar el nombre y autor del proyecto
- Ingresar volumen de suministro y/o transporte de préstamo importado = 1080m³
($0.40 \cdot 1000 \cdot 2.70$, suponiendo 0.40cm basado en la tabla 2 aplicación V.E.V.F 1.0)
- Ingresar volumen de terraplén de préstamo local = 0 (para fines prácticos se asume valor de 0 m³, aunque para fines de elaboración más al detalle este valor debe ser ingresado con el respaldo de estudio geotécnico particular)
- Ingresar volumen de suministro y transporte de sub-balasto = 1080 m³
($0.40 \cdot 1000 \cdot 2.70$, considerando 0.40 m³ obtenido de la aplicación V.E.V.F 1.0)
- Ingresar volumen de suministro y transporte de balasto = 675 m³
($0.25 \cdot 1000 \cdot 2.70$, considerando 0.23 m³ obtenido de la aplicación V.E.V.F 1.0)
- Ingresar volumen de tendido y colocación de sub-balasto = 1080 m³
- Ingresar volumen de colocación, perfilado y bateo = 675 m³

A continuación en Valor Referencial 1

- Hacer clic en botón Run 1
- Ingresar porcentaje de indirectos (se considera 20% de indirectos)
- Hacer clic en botón Run 2



PRECIO REFERENCIAL DURMIENTES EN HORMIGÓN

NOMBRE DEL PROYECTO: MAESTRIA OPCION DURMIENTES DE HORMIGON
 ELABORADO POR: BYRON ALTAMIRANO

V.E.V.F.1.0

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO	VALOR	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. DIRECTO	VALOR
TRABAJOS PRELIMINARES					OBRAS ARTE MENOR				
Desbroce, desbroque y limpieza	Ha	0.44	1472.40	647,856	Excav. cunetas y encauz. laterales	m3	210	4.20	882
Replanteo y nivelación	m	1000	0.86	860	Revestimiento cunetas con hormig.	m3	90	106.81	9612.9
MOVIMIENTO DE TIERRAS					MATERIALES Y ELEMENTOS FERROVIARIOS				
Transporte de material de excavación	m3-Km	360	0.19	68.4	Hormigón estructural	m3	1.14	141.57	161.3898
Acabado de obra básica	m2	4400	0.67	2948	Zanjas de coronación	m3	63	6.24	393.12
Excavación sin clasificar	m3	1200	2.68	3216	DURMIENTES				
Suminist. - transporte m. de prestamo importado	m3	1080	5.11	5518.8	Durmientes	UNI	1667	108.92	181569.64
Terrapién con m. de prestamo local	m3	0	10.35	0	Eclisas	UNI	216	25.2	5443.2
ESTRUCTURA VIAL					MANTENIMIENTO				
Suministro de aparatos y componentes-Súperestructura de la vía					Periodo entrega-recepción				
Suministro y transporte de sub-balasto	m3	1080	8.19	8845.2	Periodo entrega-recepción	GL	1	3111.11	3111.11
Suministro y transporte de balasto	m3	675	14.19	9578.25	RESUMEN DE VALORES				
Carga y descarga de durmientes	UNI	1667	3.935	6559.645	VALOR REFERENCIAL 1		VALOR REFERENCIAL 2		
Suminist. y aplicación soldadura aluminotérmica	UNI	164	98.68	16183.52	RUN 1	\$ SUBTOTAL =	551002	volumen m3 adicional=	
Corte de riel a distancia media centro eclisas	UNI	4	4.28	17.12	RUN 2	Ingreso	%INDIRECTOS =	20	\$ SUBTOTAL =
Elaboración de agujeros misma distancia eclisa	UNI	216	4.28	924.48		\$ VALOR TOTAL =	661202.4	%INDIRECTOS =	
Armado de vía férrea					<input type="button" value="RUN 1"/> <input type="button" value="RUN 2"/> <input type="button" value="RUN 3"/> <input type="button" value="RUN 4"/>				
Ensamblado de vía férrea	m de vía	1000	10.53	10530	<input type="button" value="SALIR PROGRAMA"/>				
Transporte componentes suministran o retiran	Ton-Km	487.45	0.75	365,5875					
Tendido y colocación sub-balasto	m3	1080	3.13	3380.4					
Colocación, perfilado y bateo	m3	675	9.48	6399					
Nivelación y alineación de vía férrea	m	1000	2.52	2520					

Ilustración 5.30 PANTALLA DEL REPORTE Y SALIDA DE DATOS HORMIGÓN-REFERENCIAL 1 Y 20% DE C.I V.E.V.F 1.0
 Fuente: Byron Altamirano

A continuación en Valor Referencial 2

- Ingresar volumen en m3 adicional = 27.54 m3 ($35 * 78.712 * 0.01$,suponiendo un 35% de curvas peraltadas en un kilómetro de vía, con la ayuda del volumen obtenido de la aplicación V.E.V.F 1.0 que genera un valor aproximado de 78.712 m3)
- Hacer clic en botón Run 3
- Ingresar porcentaje de indirectos(se considera dos casos de 20% y 25% de indirectos)
- Hacer clic en botón Run 4

Finalmente comparar resultados.



PRECIO REFERENCIAL DURMIENTES EN HORMIGÓN

NOMBRE DEL PROYECTO: MAESTRIA OPCION DURMIENTES DE HORMIGON
 ELABORADO POR: BYRON ALTAMIRANO

VEVEFO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO	VALOR	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. DIRECTO	VALOR
TRABAJOS PRELIMINARES					OBRAS ARTE MENOR				
Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	0.44	1472.40	647,856	Excav. cunetas y encauz. laterales	m3	210	4.20	882
Replanteo y nivelación	m	1000	0.86	860	Revestimiento cunetas con hormig.	m3	90	106.81	9612.9
MOVIMIENTO DE TIERRAS					Hormigón estructural				
Transporte de material de excavación	m3-Km	360	0.19	68.4	Zanjas de coronación	m3	63	6.24	393.12
Acabado de obra básica	m2	4400	0.67	2948	MATERIALES Y ELEMENTOS FERROVIARIOS				
Excavación sin clasificar	m3	1200	2.68	3216	Durmientes	UNI	1667	108.92	181569.64
Suminst. - transporte m. de prestamo importado	m3	1080	5.11	5518.8	Eclisas	UNI	216	25.2	5443.2
Terraplén con m. de prestamo local	m3	0	10.35	0	Pernos	UNI	432	2.02	872.64
ESTRUCTURA VIAL					Rieles				
Suministro de aparatos y componentes-Súperestructura de la vía					Mantenimiento				
Suministro y transporte de sub-balasto	m3	1080	8.19	8845.2	Periodo entrega-recepción	GL	1	3111.11	3111.11
Suministro y transporte de balasto	m3	675	14.19	9969.042	VALOR REFERENCIAL 1				
Carga y descarga de durmientes	UNI	1667	3.935	6559.645	\$ SUBTOTAL =	551002	VALOR REFERENCIAL 2		
Suminst. y aplicación soldadura aluminotérmica	UNI	164	98.68	16183.52	ingreso %INDIRECTOS =	20	volumen m3 adicional= por trazado = 27.54		
Corte de riel a distancia media centro eclisas	UNI	4	4.28	17.12	\$ VALOR TOTAL =	661202.4	\$ SUBTOTAL = 551654		
Elaboración de agujeros misma distancia eclisa	UNI	216	4.28	924.48	ingreso %INDIRECTOS = 20				
Armado de vía férrea					\$ VALOR TOTAL = 661984.8				
Ensamblado de vía férrea	m de vía	1000	10.53	10530	RUN 1 \$ SUBTOTAL = 551002 RUN 3				
Transporte componentes suministran o retiran	Ton-Km	487.45	0.75	365.5875	RUN 2 \$ VALOR TOTAL = 661202.4 RUN 4				
Tendido y colocación sub-balasto	m3	1080	3.13	3380.4	SALIR PROGRAMA				
Colocación, perfilado y bateo	m3	675	9.48	6660.079					
Nivelación y alineación de vía férrea	m	1000	2.52	2520					

Ilustración 5.31 PANTALLA DEL REPORTE Y SALIDA DE DATOS HORMIGÓN-REFERENCIAL 2 Y 20% DE C.I.V.E.V.F 1.0 Fuente: Byron Altamirano

PRECIO REFERENCIAL DURMIENTES EN HORMIGÓN

NOMBRE DEL PROYECTO: MAESTRIA OPCION DURMIENTES DE HORMIGON
 ELABORADO POR: BYRON ALTAMIRANO

VEVEFO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO	VALOR	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. DIRECTO	VALOR
TRABAJOS PRELIMINARES					OBRAS ARTE MENOR				
Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	0.44	1472.40	647,856	Excav. cunetas y encauz. laterales	m3	210	4.20	882
Replanteo y nivelación	m	1000	0.86	860	Revestimiento cunetas con hormig.	m3	90	106.81	9612.9
MOVIMIENTO DE TIERRAS					Hormigón estructural				
Transporte de material de excavación	m3-Km	360	0.19	68.4	Zanjas de coronación	m3	63	6.24	393.12
Acabado de obra básica	m2	4400	0.67	2948	MATERIALES Y ELEMENTOS FERROVIARIOS				
Excavación sin clasificar	m3	1200	2.68	3216	Durmientes	UNI	1667	108.92	181569.64
Suminst. - transporte m. de prestamo importado	m3	1080	5.11	5518.8	Eclisas	UNI	216	25.2	5443.2
Terraplén con m. de prestamo local	m3	0	10.35	0	Pernos	UNI	432	2.02	872.64
ESTRUCTURA VIAL					Rieles				
Suministro de aparatos y componentes-Súperestructura de la vía					Mantenimiento				
Suministro y transporte de sub-balasto	m3	1080	8.19	8845.2	Periodo entrega-recepción	GL	1	3111.11	3111.11
Suministro y transporte de balasto	m3	675	14.19	9969.042	VALOR REFERENCIAL 1				
Carga y descarga de durmientes	UNI	1667	3.935	6559.645	\$ SUBTOTAL =	551002	VALOR REFERENCIAL 2		
Suminst. y aplicación soldadura aluminotérmica	UNI	164	98.68	16183.52	ingreso %INDIRECTOS =	20	volumen m3 adicional= por trazado = 27.54		
Corte de riel a distancia media centro eclisas	UNI	4	4.28	17.12	\$ VALOR TOTAL =	661202.4	\$ SUBTOTAL = 551654		
Elaboración de agujeros misma distancia eclisa	UNI	216	4.28	924.48	ingreso %INDIRECTOS = 25				
Armado de vía férrea					\$ VALOR TOTAL = 689567.5				
Ensamblado de vía férrea	m de vía	1000	10.53	10530	RUN 1 \$ SUBTOTAL = 551002 RUN 3				
Transporte componentes suministran o retiran	Ton-Km	487.45	0.75	365.5875	RUN 2 \$ VALOR TOTAL = 661202.4 RUN 4				
Tendido y colocación sub-balasto	m3	1080	3.13	3380.4	SALIR PROGRAMA				
Colocación, perfilado y bateo	m3	675	9.48	6660.079					
Nivelación y alineación de vía férrea	m	1000	2.52	2520					

Ilustración 5.32 PANTALLA DEL REPORTE Y SALIDA DE DATOS HORMIGÓN-REFERENCIAL 2 Y 25% DE C.I.V.E.V.F 1.0 Fuente: Byron Altamirano



5.3.2 REPORTE GENERADO PARA DURMIENTES DE MADERA

Se procede a ingresar los datos de información del proyecto y los valores faltantes en función de la siguiente metodología:

- Ingresar el nombre y autor del proyecto
- Ingresar volumen de suministro y/o transporte de préstamo importado = 1080m³
($0.40 \times 1000 \times 2.70$, suponiendo 0.40cm basado en la tabla 2 aplicación V.E.V.F 1.0)
- Ingresar volumen de terraplén de préstamo local = 0 (para fines prácticos se asume valor de 0 m³, aunque para fines de elaboración más al detalle este valor debe ser ingresado con el respaldo de estudio geotécnico particular)
- Ingresar volumen de suministro y transporte de sub-balasto = 1080 m³
($0.40 \times 1000 \times 2.70$, considerando 0.40 m³ obtenido de la aplicación V.E.V.F 1.0)
- Ingresar volumen de suministro y transporte de balasto = 675 m³
($0.25 \times 1000 \times 2.70$, considerando 0.23 m³ obtenido de la aplicación V.E.V.F 1.0)
- Ingresar volumen de tendido y colocación de sub-balasto = 1080m³
- Ingresar volumen de colocación, perfilado y bateo = 675 m³

A continuación en Valor Referencial 1

- Hacer clic en botón Run 1
- Ingresar porcentaje de indirectos(se considera 20% de indirectos)
- Hacer clic en botón Run 2



PRECIO REFERENCIAL-DURMIENTES EN MADERA

NOMBRE DEL PROYECTO: MAESTRIA DURMIENTES DE MADERA

ELABORADO POR: BYRON ALTAMIRANO

VEVEF 1.0

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO	VALOR	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. DIRECTO	VALOR
TRABAJOS PRELIMINARES					OBRAS ARTE MENOR				
Desbroce,desbosque y limpieza	Ha	0.44	1472.40	647,856	Excav.cunetas y encauz. laterales	m3	210	4.20	882
Replanteo y nivelación	m	1000	0.86	860	Revestimiento cunetas con hormig	m3	90	106.81	9612.9
MOVIMIENTO DE TIERRAS					MATERIALES Y ELEMENTOS FERROVIARIOS				
Transporte de material de excavación	m3-Km	360	0.19	68.4	Hormigón estructural	m3	1.14	141.57	161,389.8
Acabado de obra básica	m2	4400	0.67	2948	Zanjas de coronación	m3	63	6.24	393,12
Excavación sin clasificar	m3	1200	2.68	3216	DURMIENTES Y ELEMENTOS FERROVIARIOS				
Suminst.- transporte m. de prestamo importado	m3	1080	5.11	5518,8	Durmientes	UNI	1667	108.92	181569,64
Terraplén con m. de prestamo local	m3	0	10.35	0	Eclisas	UNI	216	25.2	5443,2
ESTRUCTURA VIAL					MANTENIMIENTO				
Suministro de aparatos y componentes-Súperestructura de la vía					Periodo entrega-recepción				
Suministro y transporte de sub-balasto	m3	1080	8.19	8845,2	GL	1	3111.11	3111,11	
Suministro y transporte de balasto	m3	675	14.19	9578,25	VALOR REFERENCIAL 1				
Carga y descarga de durmientes	UNI	1667	1.968	3280,656	RUN 1	\$ SUBTOTAL =	625585	volumen m3 adicional=	RUN 3
Suminst. y/o trans. placas asiento para rieles 70lb/yards	UNI	3334	14	46676	ingresar	%INDIRECTOS =	20	\$ SUBTOTAL =	RUN 4
Suminst. y aplicación soldadura aluminotérmica	UNI	164	98.68	16183,52	\$VALOR TOTAL =	750702	\$VALOR TOTAL =		
Corte de riel a distancia media centro eclisas	UNI	4	4.28	17,12	VALOR REFERENCIAL 2				
Elaboración de agujeros misma distancia eclisa	UNI	216	4.28	924,48	SALIR PROGRAMA				
Armado de vía férrea									
Ensamblado de vía férrea	m de vía	1000	10.53	10530					
Transporte componentes suministran o retiran	Ton-Km	203.23	0.75	152,4225					
Tendido y colocación sub-balasto	m3	1080	3.13	3380,4					
Colocación,perfilado y bateo	m3	675	9.48	6399					
Nivelación y alineación de vía férrea	m	1000	21	21000					

Ilustración 5.33 PANTALLA DEL REPORTE Y SALIDA DE DATOS MADERA-REFERENCIAL 1 Y 20% DE C.I V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

A continuación en Valor Referencial 2

- Ingresar volumen en m3 adicional= 27.54 m^3 ($35 * 78.712 * 0.01$,suponiendo un 35% de curvas peraltadas en un kilómetro de vía, con la ayuda del volumen obtenido de la aplicación V.E.V.F 1.0 que genera un valor aproximado de 78.712 m^3)
- Hacer clic en botón Run 3
- Ingresar porcentaje de indirectos(se considera dos casos de 20% y 25% de indirectos)
- Hacer clic en botón Run 4

Finalmente comparar resultados.



5.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Se ha procedido considerando los casos más desfavorables correspondientes a un $cbr=6\%$ tanto para el análisis de durmientes de hormigón, como para el caso de durmientes de madera.

Los resultados obtenidos se pueden evidenciar en la siguiente tabla de resumen:

PRESUPUESTOS REFERENCIALES POR KILOMETRO DE VIA FERREA						
RESULTADOS DE V.E.V.F 1.0	DURMIENTES DE HORMIGON			DURMIENTES DE MADERA		
	REFERENCIAL 1	REFERENCIAL 2		REFERENCIAL 1	REFERENCIAL 2	
SUBTOTAL (\$) =	551002	551654		625585	626237	
%INDIRECTOS =	20	20	25	20	20	25
TOTAL (\$) =	661202.4	661984.8	689567.5	750702	751484.4	782796.25

Tabla 5.1 RESULTADOS DE V.E.V.F 1.0 CON DURMIENTES DE HORMIGÓN Y MADERA
Realizado por: Byron Altamirano

Los valores totales correspondientes a las columnas “referencial 1”, tanto para los durmientes de hormigón como para los de madera corresponden a valores con un porcentaje de costos indirectos del 20%, no se considera volúmenes de terraplén y la influencia de la geometría no está considerada.

Los valores totales correspondientes a las “columnas referencial 2”, tanto para los durmientes de hormigón como para los de madera corresponden a valores con un porcentaje de costos indirectos del 20% y 25%, no se considera volúmenes de terraplén y la influencia de la geometría esta considera en el volumen adicional generado por la aplicación V.EV.F 1.0.

Dada la facilidad de la aplicación V.E.V.F 1.0 para generar diferentes tipos de escenarios y análisis se ha establecido dos tipos de ecuaciones únicamente para la “columna referencial 2”, que



permiten establecer presupuestos referenciales más próximos a la realidad tanto para vías férreas con durmientes de hormigón como para vías con durmientes de madera.

La propuesta metodológica implementada permite desarrollar ecuaciones matemáticas de tendencia lineal que se ajustan satisfactoriamente para cada caso que el usuario o diseñador desee, para este caso en particular se obtiene las siguientes ecuaciones:

Vías férreas con durmientes de hormigón y con una influencia aproximada del 35% de curvas peraltadas en un km de vía; la ecuación que satisface las condiciones antes planteadas:

$$Y=5516.5X + 551654$$

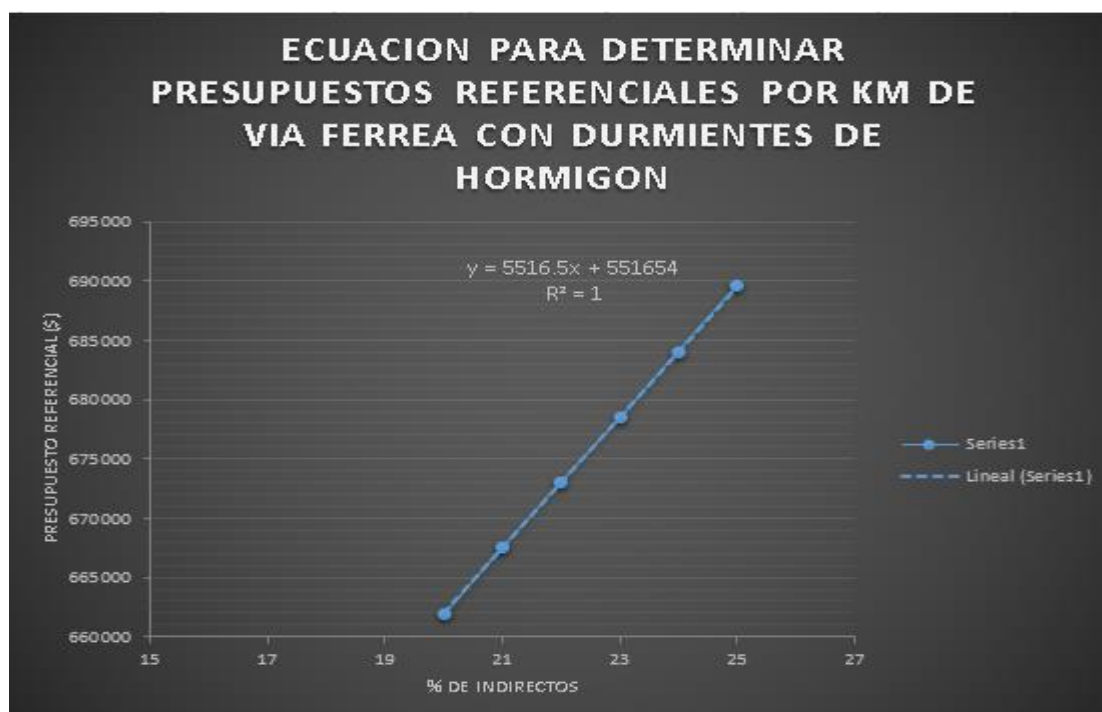


Ilustración 5.36 PANTALLA DE ECUACION DURMIENTES DE HORMIGÓN V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano



Vías férreas con durmientes de madera y con una influencia aproximada del 35% de curvas peraltadas en un km de vía; la ecuación que satisface las condiciones antes planteadas:

$$Y=6262.4X + 626237$$

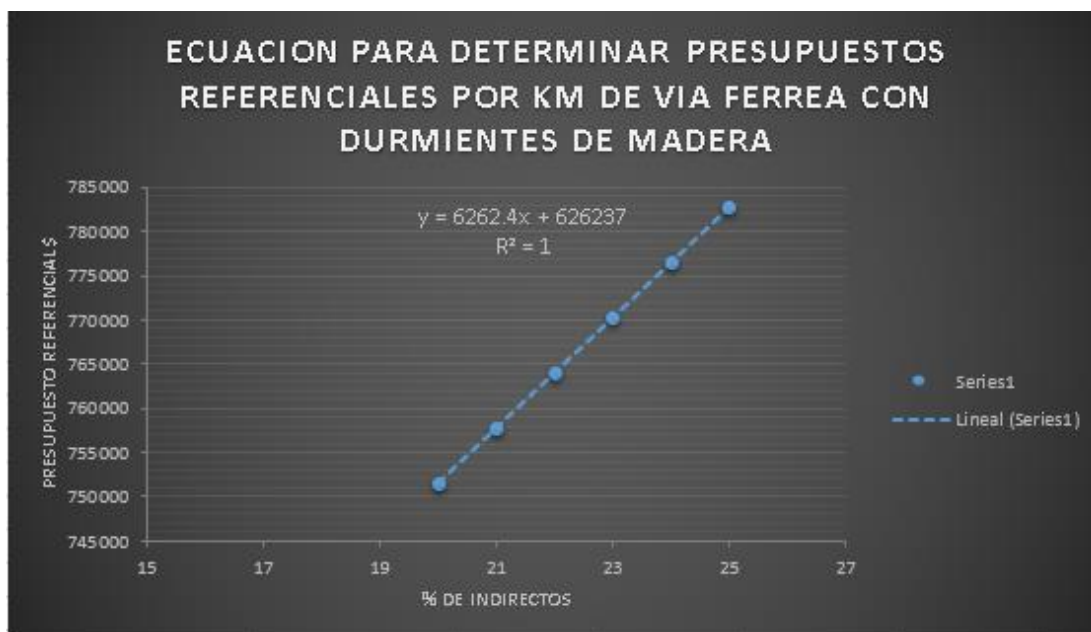


Ilustración 5.37 PANTALLA DE ECUACION DURMIENTES DE MADERA V.E.V.F 1.0
Fuente: Byron Altamirano

Como resultado de aplicar las expresiones antes descritas se puede generar valores de presupuestos referenciales por km de vía férrea para cualquier porcentaje de costos indirectos y con las condiciones antes mencionadas.

Considerando durmientes de hormigón:



% indirectos	Presupuesto referencial(\$)
20	661984
21	667500.5
22	673017
23	678533.5
24	684050
25	689566.5

Tabla 5.2 RESULTADOS DE LA ECUACIÓN CON DURMIENTES DE HORMIGÓN
Realizado por: Byron Altamirano

Considerando durmientes de madera:

% indirectos	Presupuesto referencial(\$)
20	751485
21	757747.4
22	764009.8
23	770272.2
24	776534.6
25	782797

Tabla 5.3 RESULTADOS DE LA ECUACIÓN CON DURMIENTES DE MADERA
Realizado por: Byron Altamirano



5.4.1 RELACIÓN COSTO-BENEFICIO

Considerando que el objetivo de establecer un presupuesto referencial aproximado de un kilómetro de vía férrea debe satisfacer requerimientos específicos o responder a beneficios particulares, originados como resultados de una toma de decisiones con ayuda de la metodología planteada, se ha recurrido a establecer la relación costo-beneficio que permite que la aplicación de la metodología Suelo-Geometría(S-G) planteada en el programa V.E.V.F 1.0(valoración económica de vías férreas)se vuelva rentable y sobretodo genere un impacto tanto social, turístico y cultural.

Los beneficios económicos directos que se generan con la ejecución de la metodología planteada permite establecer los siguientes lineamientos.

- El incremento en el nivel de consumo (mayor uso) del transporte ferroviario ecuatoriano como consecuencia de una adecuada planificación, rehabilitación y mejoramiento de la calidad del servicio, de los equipos, de las frecuencias y de las rutas del ferrocarril.
- El mejoramiento de la calidad del servicio integral del sistema ferroviario.
- Sin embargo como resultado de buscar la calidad y mejoramiento continuo los beneficios a los diferentes tipos de usuarios se ven reflejados en la calidad de los servicios de transporte, turismo, estadía, alimentación y cultura.
- Se evidencia como resultado de la adecuada metodología planteada en este proyecto, que los servicios generados por la disponibilidad de locales comerciales y bienes inmuebles tengan un impacto positivo tanto económico como social.



5.4.1.1 OPCIONES PLANTEADAS

El análisis costo beneficio plantea como escenario base a 1km de vía férrea y sin la implementación de la metodología S-G(suelo-geometría); además de dos alternativas generadas con la ayuda estratégica de la aplicación de V.E.V.F 1.0 (valoración económica de vías férreas) y que son susceptibles de comparación.

Como resultado de un análisis previo por medio de la aplicación V.E.V.F 1.0 (valoración económica de vías férreas) se ha procedido a la elaboración de las siguientes opciones o lineamientos a seguir.

ESCENARIO BASE →	PRECIO REFERENCIAL DE 1KM DE VÍA FÉRREA SIN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA S-G Y EL PROGRAMA V.E.V.F 1.0		
OPCIÓN 1	DURMIENTES DE HORMIGÓN		
	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL
Parámetro vinculante CBR% =	3.5	6	3
OPCIÓN 2	DURMIENTES DE MADERA		
	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL
Parámetro vinculante CBR% =	3.5	6	3

Tabla 5.4 RESUMEN DE OPCIONES PLANTEADAS
Realizado por: Byron Altamirano

5.4.1.2 ESTIMACIÓN ESTRATÉGICA DE LOS COSTOS

La siguiente tabla permite apreciar a manera resumida los costos por kilómetro de vía férrea rehabilitada para cada opción según la metodología planteada en el programa V.E.V. F F1.0. (valoración económica de vías férreas).



TIPO	COSTO /KM (USD \$)		
	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL
DURMIENTES DE HORMIGÓN	661984.8	661514.4	661244.4
	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL
DURMIENTES DE MADERA	751484.4	751014	750744
	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL

Tabla 5.5 RESUMEN COSTO POR KILÓMETRO
Realizado por: Byron Altamirano

5.4.1.3 EL COSTO TOTAL

El costo total considerando cada opción implementada a través de la metodología S-G del programa V.E.V.F 1.0 permite establecer casos particulares de análisis; por tanto para el presente análisis se ha definido una longitud de aproximadamente 100 km de vía férrea a rehabilitarse.

COSTO TOTAL DE REHABILITACIÓN. USD \$	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL
OPCIÓN 1 \$	66198480	66151440	66124440
DURMIENTES DE HORMIGÓN			
OPCIÓN 2 \$	75148440	75101400	75074400
DURMIENTES DE MADERA			

Tabla 5.6 COSTO TOTAL EN 100KM DE VÍA-OPCIONES 1 Y 2
Realizado por: Byron Altamirano

Estos precios globales pueden sufrir alteraciones como consecuencia de la aplicación para casos particulares tanto de geometría de trazado como tipos de suelo; en este punto la aplicación metodológica del programa V.E.V.F 1.0 se convierte en una herramienta simple pero poderosa de simulación de escenarios probables.



5.4.1.4 CÁLCULO DEL BENEFICIO

Como se puede apreciar, se genera un ahorro en los costos de rehabilitación en cada opción respecto al escenario base tomando en cuenta las siguientes consideraciones.

El escenario base ha partido del supuesto que se va a rehabilitar 100 kilómetros escogidos para el presente análisis y se considera además que dichos kilómetros de vía férrea pueden estar ubicados en la filial centro, sur o litoral de FEEP (Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública).

ESCENARIO	D.HORMIGÓN		D.MADERA
BASE PRECIO EN \$	66120240		75070200

Tabla 5.7 ESCENARIO BASE EN 100KMSIN METODOLOGÍA S-G
Realizado por: Byron Altamirano

	VALORES EN DÓLARES (2016)		
	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL
OPCIÓN 1 DURMIENTES DE HORMIGÓN	78240	31200	4200
OPCIÓN 2 DURMIENTES DE MADERA	78240	31200	4200

Tabla 5.8 AHORRO EN RELACIÓN AL ESCENARIO BASE
Realizado por: Byron Altamirano

Por lo tanto claramente las dos alternativas planteadas presentan un ahorro en la rehabilitación del tramo de vía planteada; sin embargo dados las condiciones que fueron ingresadas al programa V.E.V.F 1.0 tanto para la alternativa de durmiente de hormigón como para la de durmiente de madera, se evidencia que generan el mismo valor en ahorro para el mismo tramo de 100km; no obstante se puede establecer erróneamente que para un período de tiempo daría



lo mismo optar por cualquiera de las dos opciones, sin embargo aunque numéricamente el valor es el mismo, el criterio técnico que involucra la selección de cualquiera de las dos opciones influye directamente en la dispersión de datos y valores posibles a obtenerse por tal razón se ha elegido tres filiales para evidenciar la influencia del CBR por zonas de implementación.

Por lo tanto como resultado de implementar la metodología S-G(suelo-geometría) en el programa V.E.V.F (valoración económica de vías férreas versión 1.0) permite una estimación más real del precio referencial evaluado, porque aunque los valores en beneficio o ahorro son los mismos, no ocurre lo mismo con los valores totales del precio referencial, por ejemplo para la opción 1, filial centro y durmientes de hormigón, el valor total es de \$66198480 con metodología S-G y para la misma opción el valor es de \$66120240. En principio resulta evidente que el precio se incrementa con la aplicación de la metodología S-G y el programa V.E.V.F 1.0, pero como resultado de la influencia de la misma metodología planteada, este incremento se convierte automáticamente en un ahorro a futuro ya sea para rehabilitación o mantenimiento, que se ve reflejado en los \$78240 en el tramo de 100km planteado.

Obviamente al momento de introducir estrictamente la influencia del mantenimiento vial ferroviario en el tramo y tiempo establecidos en el análisis, los datos cambian tanto en el origen como en sus valores de tendencia. No obstante, para la presente tesis se ha planteado la implementación metodológica de precios referenciales a través del programa V.E.V.F 1.0 que maneja el método S-G(suelo-geometría) pero orientado única y exclusivamente a la etapa de rehabilitación ferroviaria; por lo tanto cualquier otro tipo de análisis que involucre mantenimiento vial, sale del alcance del presente trabajo.



5.4.1.5 RESULTADO DEL ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO

La relación beneficio-costos de cada opción planteada en este análisis se genera como resultado de recurrir a un artificio planteado por el autor de la presente tesis; dado que, por lo general el análisis del VPN (valor presente neto) se realiza a proyectos de inversión y no a la validación e implementación de métodos de estimación de precios referenciales.

En tal circunstancia se ha procedido de manera estratégica a establecer dos parámetros fundamentales para enlazar el análisis beneficio-costos, con la metodología S-G(propuesto en el programa V.E.V.F1.0) a los cuales se los ha denominado parámetro **sin metodología con costo=A** y al otro **parámetro con metodología con costo=B**.

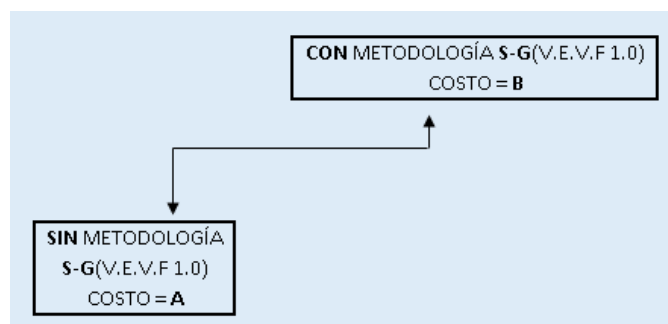


Ilustración 5.38 ARTIFICIO DE ENLACE DEL VPN CON METODOLOGÍA S-G
Fuente: Byron Altamirano

Una vez definido los parámetros globales se procede a la conversión y traslado de los valores propuestos en las opciones 1-2 a una línea de tiempo para las tres filiales planteadas, de tal manera que se pueda implementar el concepto del VPN(valor presente neto) incluyendo intrínsecamente la influencia de la propuesta metodología S-G(suelo-geometría) y la ayuda de



la aplicación V.E.V.F 1.0 (valoración económica de vías férreas); así por ejemplo se procede a realizar el siguiente traslado como se aprecia en la figura para cada caso particular.

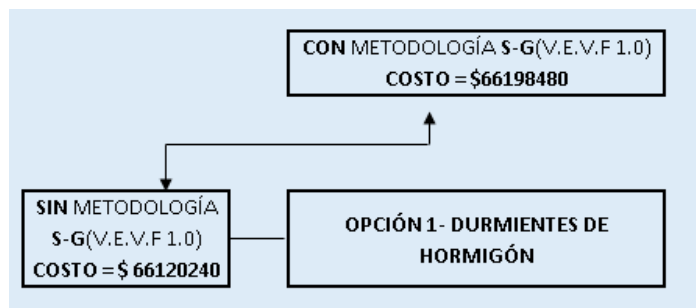


Ilustración 5.39 EJEMPLO DEL ARTIFICIO DE ENLACE VPN CON METODOLOGÍA S-G
Fuente: Byron Altamirano

Sin embargo, aunque se establezca este artificio es necesario recurrir además a una tasa de interés que permita aplicar el principio del VPN(valor presente neto), para lo cual se han generado tasas de interés genéricas con la ayuda de los parámetros **A** y **B**(descritos anteriormente) para todos los casos.

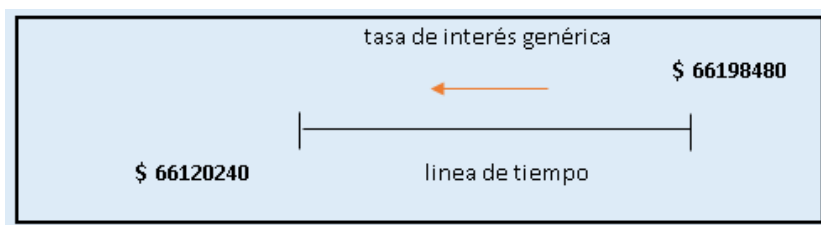


Ilustración 5.40 ARTIFICIO DE TRASLADO A UNA LINEA DE TIEMPO
Fuente: Byron Altamirano



ARTIFICIO	INTERES GENÉRICO PARA PASAR DE LA METODOLOGÍA S-G AL CALCULO VPN		
	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL
OPCIÓN 1 DURMIENTES DE HORMIGÓN %	0.12	0.05	0.01
OPCIÓN 2 DURMIENTES DE MADERA %	0.12	0.05	0.01

Tabla 5.9 INTERÉS GENÉRICO DE TRASLADO VPN CON METODOLOGÍA S-G
Realizado por: Byron Altamirano

Evidentemente resulta inquietante el porcentaje de interés que aporta cada filial en función de las dos opciones planteadas, motivo por lo cual se puede asumir que el porcentaje de interés que aporta a la ecuación general del VPN(valor presente neto) es cero por lo tanto basta con proceder con la diferencia entre el valor del escenario base y la opción 1 o 2 según el caso; así el cálculo del VPN(valor presente neto) queda definido formalmente.

	VPN B-C EN MILES DE USD\$		
	FILIAL CENTRO	FILIAL SUR	FILIAL LITORAL
OPCIÓN 1 DURMIENTES DE HORMIGÓN	78.24	31.2	4.20
OPCIÓN 2 DURMIENTES DE MADERA	78.24	31.20	4.20

Tabla 5.10 VALOR PRESENTE NETO
Realizado por: Byron Altamirano



Como los valores presentes netos calculados son mayores que cero, en primera instancia se concluye que el proyecto de rehabilitación planteado a través de la implementación de la metodología S-G es rentable, por lo cual el proyecto de rehabilitación puede aceptarse.

Una vez definido la rentabilidad de la aplicación de la metodología S-G a través del programa V.E.V.F 1.0, se puede proceder con el análisis costo beneficio que involucre el presupuesto referencial ya validado por el programa, pero ya orientado a un proyecto de inversión formal en donde los indicadores financieros como el VPN(valor presente neto) ya son proyectados con tasa de interés y tiempos concordantes a las necesidades particulares de cada proyecto, sin embargo como el objetivo primordial de este trabajo es establecer una propuesta metodológica que optimice tanto económicamente como técnicamente el precio referencial por kilómetro de vía férrea rehabilitada; el análisis de tipo financiero con indicadores como el V.P.N, el T.I.R y la relación B/C salen del alcance del tema de tesis planteado.

Aunque ya se han establecidos los lineamientos en los cuales la metodología planteada en el programa V.E.V F 1.0 hace que se vuelva rentable técnica y económicamente una rehabilitación, se hace necesario también mencionar el beneficio económico que conlleva la rehabilitación de tramos de vías férreas a nivel de consumo, tal es así que si se toma como referencia a un estudio de evaluación económica realizado por HidroPlan Cia.Ltda en julio del 2010 en el tramo Durán-Quito, salta a la vista que durante los primeros cuatro años de operación del tren, la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador reportó ingresos de alrededor de \$8503742 con respecto al cobro de las tarifas del servicio de transporte. Dadas las condiciones de la rehabilitación planteadas, se justifica nuevamente la aplicación de la metodología S-G planteado en la presente tesis.



Finalmente los ingresos provenientes de los arrendamientos de locales comerciales y bienes inmuebles que presenta el sistema de ferrocarril ecuatoriano durante los mismos primeros cuatro años de operación, ha reportado un beneficio económico de alrededor de \$2124000 de acuerdo a datos proporcionados por HidroPlan Cia.Ltda. De esta manera se confirma nuevamente que el resultado de implementar una rehabilitación de la línea férrea a través de una metodología rentable y técnicamente viable, permite al corto y mediano plazo no solo generar beneficios económicos, sino también contribuye a la dinamización de las economías locales, incentiva al turismo, la inversión privada y ayuda al fortalecimiento de los lazos culturales y de integración de los pueblos por donde el trazado de la línea férrea hace su presencia.



CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES

- De la experiencia adquirida en la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador, se puede aseverar que una rehabilitación de la línea férrea adecuada y técnicamente ejecutada, facilita el funcionamiento de la vía de manera óptima por un período aproximado de tres años; aunque se evidencia que el desgaste de la superestructura ocasionado por la frecuencia de las unidades ferroviarias y la influencia de factores ambientales, ocasiona que los tramos de vías férreas sufran un desgaste paulatino, la implementación de una rehabilitación técnica con la ayuda de la metodología S-G(suelo-geometría), posibilita que los mantenimientos rutinarios y correctivos sean más eficientes tanto económica como técnicamente en los tres años en los cuales la vía rehabilitada cumple satisfactoriamente condiciones de diseño y seguridad tanto para la propia vía como para las unidades turísticas ferroviarias que circulan por la filiales norte, centro, sur y litoral de FEEP(Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública) .
- Se establece, como consecuencia de implementar la metodología S-G(suelo-geometría) en el programa V.E.V.F (valoración económica de vías férreas versión 1.0) se logra una estimación más real del precio referencial por kilómetro de vía rehabilitado, debido a que se conciben criterios técnicos globales que involucran una metodología alternativa para la concepción inicial de un presupuesto referencial de rehabilitación; se evidencia que los valores resultantes son mayores que en un presupuesto normal del mismo tipo, pero este incremento no se constituye en un gasto, por el contrario se transforma en un



beneficio a corto y mediano plazo porque si se analiza los valores totales del precio referencial de un caso particular, para la opción 1, filial centro y durmientes de hormigón, el valor total es de \$66198480 con metodología S-G y para la misma opción el valor es de \$66120240 sin metodología. En principio resulta evidente que el precio se incrementa con la aplicación de la metodología S-G y el programa V.E.V.F 1.0, pero como resultado de la influencia de la misma metodología planteada, este incremento se convierte automáticamente en un ahorro a corto y mediano plazo, ya sea para rehabilitación o mantenimiento, dado que los \$78240 de diferencia se convierten en un beneficio económico debido a que los criterios técnicos usados en la metodología S-G garantizan la vida útil y eficiencia de los diseños de vía férrea; por lo tanto al no optar por la utilización del programa V.E.V.F 1.0 (valoración económica de vías férreas versión 1.0 programado con metodología suelo-geometría) se incurre en una grave decisión técnica, económica e incluso política; porque, aunque en primera instancia se puede elegir establecer un presupuesto referencial de rehabilitación férrea sin la metodología y aparentemente resultar más barato; en el transcurso de semanas y sino de días, la vía férrea tiende a deteriorarse más rápido de lo normal, porque simple y sencillamente un presupuesto inicial concebido sin los parámetros S-G(suelo-geometría) planteados en esta tesis, origina una rehabilitación superficial, que en campo y en la realidad origina a cada momento reajustes de precios, conflictos con contratistas, problemas con entidades fiscalizadoras, falta de calidad en los trabajos de rehabilitación, etc.

- Una vez definido el beneficio económico de la implementación de la simple pero poderosa herramienta metodológica S-G (suelo-geometría) usada en el programa



V.E.V.F 1.0, resulta impactante el alcance que tiene, si se analiza desde la perspectiva de que la mejor inversión es el ahorro, y la mejor manera de ahorrar es gastar lo técnicamente necesario de acuerdo a las exigencias de la vía. Por lo tanto al establecer dos rehabilitaciones al año en dos tramos de las mismas características, en principio como resultado de implementar la metodología antes descrita, se produce un incremento de \$156480, pero fácilmente se justifica si se considera que al año resulta que los rubros de mantenimiento o de reconstrucción fácilmente triplican esa cantidad a \$469440 aproximadamente sin recurrir al método S-G, incurriendo en pérdida económica y afectando directa e indirectamente las economías locales, pérdida de turistas y daños en la vía o trenes como resultado de la mala calidad de la rehabilitación, por lo tanto en este caso de análisis, el ahorro o beneficio económico generado es del orden de \$312960. Es así que este beneficio representa una ventaja para la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador y para posibles contratistas debido a que al conocer y estimar un presupuesto adecuado, la toma de decisiones resulta menos dramática y más técnica.

- Al analizar tres alternativas mediante la metodología descrita, se ha obtenido resultados interesantes para las filiales centro, sur y litoral, debido a que los factores determinantes(suelo-geometría) que producen la variación del presupuesto referencial por kilómetro de vía férrea rehabilitada, ha permitido que se analice valores referenciales tanto para durmientes de hormigón como para durmientes de madera; es así que para rehabilitar 1 km de vía con durmiente de hormigón para la filial centro resulta \$661984.8, mientras que con durmientes de madera es de \$751484.4, es decir



si se opta por durmientes de hormigón resulta \$89499.6 más barato que los de madera, y esta tendencia en ahorro se mantiene también para las filiales sur y litoral, en donde se han adoptado valores de CBR bajos de cada zona característica e ingresado al programa V.E.V.F. 1.0 con metodología S-G.

- Se establece que para los diferentes tipos de suelo y geometría de trazado de vía férrea, la aplicación del programa V.E.V.F 1.0 (Valoración Económica Vía Férrea Versión No.1) diseñado en visual basic 2008 express edition, genera valores referenciales y optimiza costos de mano de obra, equipo, materiales y transporte, consistentes a la realidad económica del País.
- Como resultado de generar valores para el caso más desfavorable mediante la interfaz de V.E.V.F 1.0 (metodología S-G) pero considerando técnicamente lo mejor, un suelo con un CBR=6%, Pm (intensidad de presión de balasto) de 4.5 kg/cm² y Pc (intensidad máxima de presión en sub-balasto) de 1.5 kg/cm²; se obtiene como datos de salida espesores de sub-balasto de 40 cm y un espesor de balasto de 23cm que se lo puede aproximar a 25 cm.
- El valor de 52.10 cm de balasto generado mediante la fórmula de los Ferrocarriles Nacionales Japoneses, representa un valor bastante conservador de diseño y no se ajusta a la realidad de las vías férreas en el Ecuador.



- Se establece en la interfaz de geometría de trazado de V.E.V.F 1.0 (metodología S-G) para el caso de un CBR=6%, con radio mínimo de curva horizontal de 60 m, una velocidad de directriz de 40 km/h y una distancia de trocha de 1067mm; que los valores generados caracterizan al terreno ondulado con una pendiente de rasante entre 0.005 y 0.015, aunque es necesario constatar en campo con condiciones reales; además se obtiene un peralte por fórmula de 149.35 mm, un peralte por tabla de 110 mm, un volumen aproximado de 78.71m³ y 58.37m³ por fórmula y por tabla respectivamente. Para este caso en particular y con fines de generación del reporte del presupuesto referencial se utiliza los valores generados por fórmula.
- Se determina como pivot para la generación de volúmenes por condiciones de geometría de trazado de manera muy aproximada a un kilómetro de vía férrea peraltada, de tal manera que para un kilómetro de vía férrea particular se pueda considerar un porcentaje de curvas peraltas, en el caso del suelo con CBR de 6% y con un porcentaje de curvas peraltadas del 35% se determina un volumen adicional de 27.54 m³.
- Mediante la correcta aplicación de la interfaz “espesor sub-balasto-balasto” y “geometría de trazado” de la aplicación V.E.V.F 1.0; se establece la generación del reporte pero considerando un volumen de terraplén de 0 m³ por facilidad y por necesitar de informes adicionales y particulares dependiendo la situación.



- Para el caso de elegir la opción durmientes de hormigón y con un suelo de CBR de 6% se evidencia que el presupuesto referencial 1 presenta un valor de \$ 661.202,4 con un porcentaje de indirectos del 20%, pero al implementar la interfaz de V.E.V.F 1.0 se incorpora además la ventaja de establecer el “presupuesto referencial 2” considerando un volumen adicional por geometría de trazado; se ha establecido dos casos, el primero hace referencia a un presupuesto de aproximadamente de \$661.984,8 con 20% de costos indirectos y el otro con un valor de \$ 689.567,5 pero con 25% de indirectos.
- Para el caso de elegir la opción durmientes de madera y con un suelo de CBR de 6% se evidencia que el presupuesto referencial 1 presenta un valor de \$750.702,00 con un porcentaje de indirectos del 20%, pero al implementar la interfaz de V.E.V.F 1.0 se incorpora además la ventaja de establecer el “presupuesto referencial 2” considerando un volumen adicional por geometría de trazado; se ha establecido dos casos, el primero hace referencia a un presupuesto de aproximadamente de \$751.484,4 con 20% de costos indirectos y el otro con un valor de \$ 782.796,25 pero con 25% de indirectos.
- Se establece que para un presupuesto más aproximado a la realidad, los valores obtenidos con respecto al “referencial 2” de la aplicación V.E.V.F 1.0 ya sea considerando durmientes de hormigón o madera cumplen de mejor manera con este propósito.
- La aplicación V.E.V.F 1.0 (metodología S-G) permite generar múltiples escenarios y posibilidades en cuanto a determinar los presupuestos referenciales, se ha tomado



como ejemplo a un suelo con CBR de 6%, con 35% de curvas peraltadas y un ancho de trocha de 1067mm; para la generación de expresiones matemáticas que satisfacen las condiciones antes mencionadas; así para realizar un análisis de durmientes de hormigón la ecuación a utilizar corresponde a $Y=5516.5 X + 551654$, mientras que para durmientes de madera la expresión que satisface corresponde a $Y=6262.4 X + 626237$. Ambas ecuaciones son del tipo lineal y se ajustan satisfactoriamente a los valores totales que genera la aplicación V.E.V.F 1.0.

- Al comparar el resultado total de la interfaz de V.E.V.F 1.0 con el obtenido por las ecuaciones antes descritas, el resultado prácticamente es el mismo, así por ejemplo el presupuesto referencial para durmientes de hormigón con 20% de indirectos y con un volumen de 27.54m³ mediante el programa es de \$ 661.984.8 mientras que por las ecuaciones el valor es de \$ 661.984,0 ; si se considera durmientes de madera con 20% de indirectos el valor es de \$ 751.484,4 pero por la ecuación el valor aproximado es de \$ 751.485,0.
- Finalmente como consecuencia de no contar con una normativa ferroviaria propia ecuatoriana normada y con base en otras normativas internacionales como RENFE o AREMA, puede ocasionar que diseñadores o consultores propongan presupuestos referenciales que se ajusten a su propio beneficio económico y no tanto al criterio técnico; por tal motivo la aplicación V.E.V.F 1.0 se constituye en una buena herramienta para detectar estas variaciones presupuestarias.



- La razón fundamental de excluir obras adicionales externas a la infraestructura y superestructura vial, tales como obras de arte mayor y menor, manejo ambiental y señalización ferroviaria vial, en la valoración del kilómetro de vía férrea, es debido a que no se trata de una construcción de una vía nueva como tal , el estudio pretende realizarlo en base a una vía rehabilitada y/o reconstruida , las obras adicionales influirán directamente en el presupuesto definitivo, toda vez que estarán en función de las particularidades propias del diseño y de cada tramo de vía.
- En el análisis de los precios unitarios incluidos en la aplicación V.E.V.F 1.0 (metodología S-G) y que constan como anexos de la presente tesis a considerado los diferentes impuestos que regulan a los materiales importados para la República del Ecuador, estos impuestos son el 12% del IVA, Fondifa, Arancel y Salvaguardia en diferentes porcentajes según el elemento férreo, además de los transportes como el marítimo en el puerto de Ecuador y el terrestre en el Ecuador, más los costos operativos, para así obtener finalmente el costo unitario final.



6.2 RECOMENDACIONES

- La implementación de la aplicación V.E.V.F 1.0 como metodología para la elaboración de presupuestos referenciales por kilómetro de vía férrea rehabilitada y/o reconstruida utilizando la metodología SG (suelo-geometría de trazado), resulta de gran utilidad tanto para fines educativos como empresariales, ya sea a nivel de investigación o a nivel de consultoría pública o privada.
- La correcta utilización de las diferentes opciones que tiene el programa basado en la metodología S-G, depende en gran medida de la experiencia adquirida por el usuario o diseñador, se recomienda usar la interfaz de V.E.V.F 1.0 únicamente como apoyo en la elaboración de presupuestos referenciales que a falta de datos y múltiples variables se constituye en una buena herramienta.
- Los datos obtenidos en función de los ensayos realizados a diferentes estratos ya sea por compactación próctor modificado, granulometrías y densidad de campo que se incluye en el programa pueden servir de ayuda para el momento de decidir por determinada característica en cuanto a espesor o geometría.
- La propuesta metodológica establecida no pretende ser una guía de diseño definitiva más bien busca ser el complemento a las diferentes situaciones y características técnicas propias del trazado de vías ferroviarias.



- La fácil aunque novedosa manera de plantear presupuestos referenciales que se describe en esta tesis, puede servir de base para futuros investigadores, diseñadores, consultores, empresas públicas o privadas que busquen de una manera rápida y sencilla pero con criterio técnico generar presupuestos referenciales ya sea para uso de la entidad que lo requiera o para ganar en procesos de contratación con el Estado Ecuatoriano.
- Se recomienda a la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador y en particular a la Gerencia de Operaciones, poner a prueba la aplicación V.E.V.F.1.0 (Valoración Económica Vía Férrea) y su metodología propuesta para verificar las bondades o las posibles falencias que pudiera tener el software ya sea por programación o por criterios técnicos, para que en un futuro el programa pueda ser utilizado con nuevas herramientas e interfaces mejoradas.
- Como medida para precautelar los intereses de la vía férrea ecuatoriana se exhorta a la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador FEPE, apoyar iniciativas como estas con financiamiento y soporte logístico que permita a corto o mediano plazo la aplicación V.E.V.F 1.0 (Valoración Económica Vía Férrea), se convierta en un referente nacional de la Ingeniería Ferroviaria Ecuatoriana.
- La conveniente implementación de los durmientes de hormigón para la rehabilitación y/o reconstrucción de las vías férreas como son los cambios (líneas segundas, líneas ciegas, triángulos de inversión) y líneas de servicios al interior de los patios de maniobras



en las estaciones de FEED, ya que resulta más eficiente por la vida útil, mantenimiento y estabilidad del material en la vía férrea.

- Es necesario complementar a un futuro inmediato el programa V.E.V.F 1.0 (Valoración Económica Vía Férrea), con nuevas herramientas e interfaces con respecto a la valoración referencial de la ejecución de los trabajos de mantenimiento rutinario, correctivo y especializado, más aún incluir presupuestos de obras adicionales como puentes, muros, drenajes, etc., y así poder establecer una metodología para la valoración referencial de la construcción de un kilómetro de vía férrea.



BIBLIOGRAFIA

- AREMA. Manual of Railway Engineering (2009).United States of America.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. Manual de Calidad Para Materiales en la Sección Estructural de Vías Férreas (1991). México DF.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (2004). Geometric Design of highways and streets. United States of America.
- CONSULTORA ASOCIACIÓN HIDROPLAN-ICA. Estudios para la Rehabilitación Integral de la Vía Férrea del tramo Quito-Durán.
- COMISION NACIONAL DE REGULACION DE TRANSPORTE. Normas de Vías y Obras. NTVO N°3. (1972). Argentina.
- BERNHARD LICHTBERGER. Manual de Vía Infraestructura, Superestructura, Conservación, Rentabilidad. (2007). Rossdorf-Alemania.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Estándares Mínimos de Seguridad para Vías Férreas de Trocha de 914 Milímetros. (2007). Perú.
- RENFE. Normas de Vía y Obras de la Gerencia de Infraestructura de F.A. (1985). España.



- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES. Manual de Diseño de Caminos MOP-001-F. (2002). Ecuador.
- CYBERTESIS. Red de Bibliotecas Universidad del Bio Bio. (2004). <
http://cybertesis.ubiobio.cl:8180/sdx/ubiobio/contenu.xsp?id=ubiobio.2004.bustos_v%7CTH.2&base=documents >
- SCRIBD. Texto Guía Vías Férreas. (2014) <
<https://es.scribd.com/doc/204879361/capitulo1vias>>



ANEXOS



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO EVF-01 UNIDAD M
 DETALLE REPLANTEO Y NIVELACION

EQUIPO						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	0,015	0,01	
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	1,00	5,00	5,00	0,015	0,08	
MANO DE OBRA					SUBTOTAL - EQUIPOS	0,09
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
TOPOGRAFO EST. OCUP. C1	1,00	3,38	3,38	0,015	0,05	
AYUD. MAQ. EST. OCUP. C3	3,00	3,09	9,27	0,015	0,14	
PEON EST. OCUP. E2	1,00	3,01	3,01	0,015	0,05	
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					0,24	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
TIRA DE EUCALIPTO 2,5X2 CM	m	1,00	0,20	0,20		
ESTACAS Y PIOLAS	glb	1,00	0,33	0,33		
SUBTOTAL - MATERIALES					0,53	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
SUBTOTAL - TRANSPORTE						
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS			0,86	
Quito Octubre del 2015		COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20,00%	
		OTROS INDIRECTOS %				
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1,03	
REALIZO		VALOR OFERTADO			1,03	
BYRON ALTAMIRANO						



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 308 - 2 (1) UNIDAD M2
 DETALLE ACABADO DE LA OBRA BASICA EXISTENTE

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
RODILLO LISO VIBRATORIO	1,00	25,00	25,00	0,006	0,15
MOTONIVELADORA	1,00	30,00	30,00	0,006	0,18
TANQUERO	1,00	18,00	18,00	0,006	0,11

MANO DE OBRA SUBTOTAL - EQUIPOS 0,44

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OPERAD. EST. OCUP. C1GI	1,00	3,38	3,38	0,006	0,02
CHOFER. PROFESIONAL EST OCUP. C1	1,00	4,36	4,36	0,006	0,03
OPERAD. EST. OCUP. C2 GII	1,00	3,21	3,21	0,006	0,02
AYUD. MAQ. EST. OCUP. C3	3,00	3,09	9,27	0,006	0,06
PEON EST. OCUP. E2	1,00	3,01	3,01	0,006	0,02

SUBTOTAL - MANO DE OBRA 0,15

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
AGUA	M3	0,12	0,65	0,08

SUBTOTAL - MATERIALES 0,08

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL - TRANSPORTE

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA
 Quito Octubre del 2015

TOTAL COSTOS DIRECTOS		0,67
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20,00%	0,13
OTROS INDIRECTOS %		

EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP
 REALIZO
 BYRON ALTAMIRANO

COSTO TOTAL DEL RUBRO	0,80
VALOR OFERTADO	0,80



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 303 - 2 (1) UNIDAD M3
 DETALLE EXCAVACION SIN CLASIFICAR, TRANSPORTE LIBRE 500 M

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
EXCAVADORA	1,00	35,00	35,00	0,05	1,75

MANO DE OBRA SUBTOTAL - EQUIPOS 1,75

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OPERAD. EST. OCUP. C1G1	1,00	3,38	3,38	0,05	0,17
AYUD. MAQ. EST. OCUP. C3	2,00	3,09	6,18	0,05	0,31
PEON EST. OCUP. E2	3,00	3,01	9,03	0,05	0,45

SUBTOTAL - MANO DE OBRA 0,93

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO

SUBTOTAL - MATERIALES

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL - TRANSPORTE

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA Quito Octubre del 2015	TOTAL COSTOS DIRECTOS	2,68
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20,00%	0,54
	OTROS INDIRECTOS %	
EMPRESA DE FERROCARRIL FEPP REALIZO BYRON ALTAMIRANO	COSTO TOTAL DEL RUBRO	3,22
	VALOR OFERTADO	3,22



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 304 - 1 (2) UNIDAD M3
 DETALLE SUMINISTRO EN PLANTA DE MATERIAL PRESTAMO IMPORTADO

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
EXCAVADORA	1,00	35,00	35,00	0,05	1,75

MANO DE OBRA SUBTOTAL - EQUIPOS 1,75

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OPERAD. EST. OCUP. C1G1	1,00	3,38	3,38	0,05	0,17
AYUD. MAQ. EST. OCUP. C3	1,00	3,09	3,09	0,05	0,15
PEON EST. OCUP. E2	1,00	3,01	3,01	0,05	0,15

SUBTOTAL - MANO DE OBRA 0,47

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	M3	1,30	2,00	2,60
AGUA	M3	0,15	0,65	0,10

SUBTOTAL - MATERIALES 2,70

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL - TRANSPORTE

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA
 Quito Octubre del 2015

TOTAL COSTOS DIRECTOS	4,92
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20,00% 0,98
OTROS INDIRECTOS %	

EMPRESA DE FERROCARRIL FEPP
 REALIZO
 BYRON ALTAMIRANO

COSTO TOTAL DEL RUBRO	5,90
VALOR OFERTADO	5,90



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 309 - 4 (2) UNIDAD M3-KM
 DETALLE TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
VOLQUETA	1,00	20,00	20,00	0,008	0,16

MANO DE OBRA SUBTOTAL - EQUIPOS 0,16

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
CHOFER. PROFESIONAL EST OCUP. C1	1,00	4,36	4,36	0,008	0,03

SUBTOTAL - MANO DE OBRA 0,03

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO

SUBTOTAL - MATERIALES

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL - TRANSPORTE

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA Quito Octubre del 2015	TOTAL COSTOS DIRECTOS	0,19
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20,00% 0,04
	OTROS INDIRECTOS %	

EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP REALIZO BYRON ALTAMIRANO	COSTO TOTAL DEL RUBRO	0,23
	VALOR OFERTADO	0,23



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 305 UNIDAD M3
 DETALLE TERRAPLEN CON MATERIAL DE PRESTAMO LOCAL

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
RODILLO LISO VIBRATORIO	1,00	25,00	25,00	0,08	2,00
MOTONIVELADORA	1,00	30,00	30,00	0,08	2,40
TANQUERO	1,00	18,00	18,00	0,08	1,44
EXCAVADORA	1,00	35,00	35,00	0,08	2,80

MANO DE OBRA SUBTOTAL - EQUIPOS 8,64

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OPERAD. EST. OCUP. C1GI	1,00	3,38	3,38	0,08	0,27
CHOFER PROFESIONAL EST OCU	1,00	4,36	4,36	0,08	0,35
PEON EST. OCUP. E2	1,00	3,01	3,01	0,08	0,24
AYUD. MAQ. EST. OCUP. C3	2,00	3,09	6,18	0,08	0,49
OPERAD. EST. OCUP. C2 GII	1,00	3,21	3,21	0,08	0,26

SUBTOTAL - MANO DE OBRA 1,61

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
AGUA	M3	0,15	0,65	0,10

SUBTOTAL - MATERIALES 0,10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
-------------	--------	----------	--------	-------

SUBTOTAL - TRANSPORTE

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA Quito Octubre del 2015	TOTAL COSTOS DIRECTOS	10,35
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20,00% 2,07
	OTROS INDIRECTOS %	

EMPRESA DE FERROCARRIL FEPP REALIZO BYRON ALTAMIRANO	COSTO TOTAL DEL RUBRO	12,42
	VALOR OFERTADO	12,42



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO EVF - 03 (1) UNIDAD M3
 DETALLE SUMINISTRO DE SUB-BALASTO

EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
MANO DE OBRA			SUBTOTAL - EQUIPOS		
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUB-BALASTO	M3	1,00	8,00	8,00	
SUBTOTAL - MATERIALES					
8,00					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL - TRANSPORTE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS		8,00	
Quito Octubre del 2015		COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %		20,00% 1,60	
		OTROS INDIRECTOS %			
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP		COSTO TOTAL DEL RUBRO		9,60	
REALIZO		VALOR OFERTADO		9,60	
BYRON ALTAMIRANO					



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 309 - 4 (3)E UNIDAD M3-KM
 DETALLE TRANSPORTE DE SUB BALASTO

EQUIPO						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
VOLQUETA	1,00	20,00	20,00	0,008	0,16	
MANO DE OBRA					0,16	
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
CHOFER PROFESIONAL EST OCUP. C1	1,00	4,36	4,36	0,008	0,03	
MANO DE OBRA					0,03	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
MATERIALES						
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
TRANSPORTE						
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					TOTAL COSTOS DIRECTOS	0,19
Quito Octubre del 2015					COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20,00%
					OTROS INDIRECTOS %	
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP					COSTO TOTAL DEL RUBRO	0,23
REALIZO					VALOR OFERTADO	0,23
BYRON ALTAMIRANO						



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO	309 - 4 (4)E	UNIDAD	M3-KM		
DETALLE	TRANSPORTE DE BALASTO				
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
VOLQUETA	1,00	20,00	20,00	0,008	0,16
MANO DE OBRA					0,16
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
CHOFER PROFESIONAL EST.OCCUP. C1	1,00	4,36	4,36	0,008	0,03
SUBTOTAL - EQUIPOS					0,16
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					0,03
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL - MATERIALES					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL - TRANSPORTE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS		0,19	
Quito Octubre del 2015		COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %		20,00%	
		OTROS INDIRECTOS %			
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP		COSTO TOTAL DEL RUBRO		0,23	
REALIZO		VALOR OFERTADO		0,23	
BYRON ALTAMIRANO					



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro No.		Unidad: UNI.	Factor K = 0,10		
EVF-07 A (1)			Costo U = D = C. K.		
Carga y descarga de durmientes de hormigón					
		Rendimiento =	10,00 U/hora		
(1) EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO TOTAL	COSTO U	%
	A	B	C= A*B	D=C*K	
Herramienta menor	4,000	0,610	2,440	0,244	6,20%
Grua ligera	2,000	11,000	22,000	2,200	55,91%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
			SUBTOTAL M	2,444	62,11%
(2) MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO HORA	COSTO UNITARIO	%
	A	B	C= A*B	D=C*K	
Constr. Cat 1	4,000	2,130	8,520	0,852	21,65%
Constr. Cat 4	2,000	2,130	4,260	0,426	10,83%
Operador. Cat 3	1,000	2,130	2,130	0,213	5,41%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
			SUBTOTAL N	1,491	37,89%
			SUBTOTAL M+N	3,935	100,00%
(3) MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
			SUBTOTAL O	0,000	0,00%
(4) TRANSPORTE					
DESCRIPCION	DMT	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
				0,000	0,00%
			SUBTOTAL P	0,000	0,00%
(E) COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)				3,935	100,00%
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS :				3,935	
COSTOS INDIRECTOS					
(H) COSTOS INDIRECTOS				20,00%	0,787
PRECIO UNITARIO TOTAL (E+F+G+H+I)				4,722	



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO EVFS -1002 (1) UNIDAD U
 DETALLE SUMINISTRO DE PLACAS DE ASIENTO PARA RIELES DE 70 LB/YARDA

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO

MANO DE OBRA SUBTOTAL - EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO

SUBTOTAL - MANO DE OBRA

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
SUMINISTRO DE PLACAS DE ASIENTO PARA RIELES DE 70	U	1,00	14,00	14,00

SUBTOTAL - MATERIALES

14,00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL - TRANSPORTE

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA
 Quito Octubre del 2015

TOTAL COSTOS DIRECTOS	14,00
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20,00%
OTROS INDIRECTOS %	

EMPRESA DE FERROCARRIL FEFP
 REALIZO
 BYRON ALTAMIRANO

COSTO TOTAL DEL RUBRO	16,80
VALOR OFERTADO	16,80



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO EVF - 19 UNIDAD U
 DETALLE SUMINISTRO Y APLICACION DE SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

EQUIPO						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50	
MANO DE OBRA					SUBTOTAL - EQUIPOS	0,50
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
OPERADOR BATEADORA ALINEADORA	1,00	12,00	12,00	1,00	12,00	
AYUD. MAQ. EST. OCUP. C3	2,00	3,09	6,18	1,00	6,18	
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					18,18	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
Kit de suelda aluminotérmica	u	1,00	80,00	80,00		
SUBTOTAL - MATERIALES					80,00	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
SUBTOTAL - TRANSPORTE						
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS			98,68	
Quito Octubre del 2015		COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20,00% 19,74	
		OTROS INDIRECTOS %				
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP		COSTO TOTAL DEL RUBRO			118,42	
REALIZO		VALOR OFERTADO			118,42	
BYRON ALTAMIRANO						



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO **J-01** UNIDAD **U**
 DETALLE **CORTE DE RIEL A LA DISTANCIA MEDIA ENTRE CENTROS DE LAS ECLISAS**

EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	0,35	0,18
EQUIPO DE CORTE DE RIELES	1,00	3,00	3,00	0,35	1,05
MANO DE OBRA					1,23
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OP. EQUIPO FERROVIARIO	2,00	4,36	8,72	0,35	3,05
SUBTOTAL - EQUIPOS					1,23
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					3,05
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL - MATERIALES					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL - TRANSPORTE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS			4,28
Quito Octubre del 2015		COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20,00%
		OTROS INDIRECTOS %			
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP		COSTO TOTAL DEL RUBRO			5,14
REALIZO		VALOR OFERTADO			5,14
BYRON ALTAMIRANO					



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO **J-02** UNIDAD **U**
 DETALLE **ELABORACION DE AGUJEROS A LA MISMA DISTANCIA DE LA ECLISA**

EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	0,35	0,18
EQUIPO DE PERFORACION DE RIE	1,00	3,00	3,00	0,35	1,05
MANO DE OBRA					1,23
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OP. EQUIPO FERROVIARIO	2,00	4,36	8,72	0,35	3,05
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					3,05
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL - MATERIALES					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL - TRANSPORTE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS			4,28
Quito Octubre del 2015		COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20,00%
		OTROS INDIRECTOS %			0,86
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP		COSTO TOTAL DEL RUBRO			5,14
REALIZO		VALOR OFERTADO			5,14
BYRON ALTAMIRANO					



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO **EVF - 24** UNIDAD **TON*KM**
 DETALLE **TRANSPORTE DE COMPONENTES (DURMIENTES Y ELEMENTOS METALICOS)**

EQUIPO						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
CABEZAL Y PLATAFORMA	1,00	18,00	18,00	0,02	0,36	
MONTACARGAS	1,00	6,00	6,00	0,02	0,12	
MANO DE OBRA					0,48	
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
CHOFER PROFESIONAL EST OCUP. C1	1,00	4,36	4,36	0,02	0,09	
PEON EST. OCUP. E2	3,00	3,01	9,03	0,02	0,18	
MANO DE OBRA					0,27	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
TRANSPORTE						
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					TOTAL COSTOS DIRECTOS	0,75
Quito Octubre del 2015					COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20,00% 0,15
					OTROS INDIRECTOS %	
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP					COSTO TOTAL DEL RUBRO	0,90
REALIZO					VALOR OFERTADO	0,90
BYRON ALTAMIRANO						



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO EVF - 25 UNIDAD M3
 DETALLE TENDIDO Y COLOCACIÓN SUB-BALASTO

EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	0,035	0,02
TANQUERO	1,00	18,00	18,00	0,035	0,63
RODILLO LISO VIBRATORIO	1,00	25,00	25,00	0,035	0,88
MOTONIVELADORA	1,00	30,00	30,00	0,035	1,05
MANO DE OBRA					2,58
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OPERAD. EST. OCUP. C1GI	1,00	3,38	3,38	0,035	0,12
OPERAD. EST. OCUP. C2 GII	1,00	3,21	3,21	0,035	0,11
AYUD. MAQ. EST. OCUP. C3	1,00	3,09	3,09	0,035	0,11
PEON EST. OCUP. E2	1,00	3,01	3,01	0,035	0,11
MANO DE OBRA					0,45
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
AGUA	M3	0,15	0,65	0,10	
MATERIALES					0,10
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
TRANSPORTE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Quito Octubre del 2015					
TOTAL COSTOS DIRECTOS					3,13
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20,00%		0,63
OTROS INDIRECTOS %					
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP					
REALIZO					
BYRON ALTAMIRANO					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3,76
VALOR OFERTADO					3,76



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO **EVF - 27 (2)** UNIDAD **M**
 DETALLE **NIVELACION Y ALINEACION DE VIA FERREA**

EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	1,00	5,00	5,00	0,018	0,09
EQUIPO DE BATEO NIVELACION Y ALINEACION LASER - BATEADORA DE CARRILES	1,00	110,00	110,00	0,018	1,98

MANO DE OBRA					2,07
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
TOPOGRAFO EST. OCUP. C1	1,00	3,38	3,38	0,018	0,06
OPERADOR BATEADORA ALINEADORA NIVELADORA	1,00	12,00	12,00	0,018	0,22
MAESTRO OBRA EST. OCUP. C1	1,00	3,38	3,38	0,018	0,06
AYUD. MAQ. EST. OCUP. C3	2,00	3,09	6,18	0,018	0,11
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					0,45

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL - MATERIALES					

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL - TRANSPORTE					

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA Quito Octubre del 2015	TOTAL COSTOS DIRECTOS			2,52
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20,00% 0,50
	OTROS INDIRECTOS %			
EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP REALIZO BYRON ALTAMIRANO	COSTO TOTAL DEL RUBRO			3,02
	VALOR OFERTADO			3,02



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 307 - 3 (1) UNIDAD M3
 DETALLE EXCAVACION PARA CUNETAS Y ENCAUZAMIENTOS

EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	0,12	0,06
RETROEXCAVADORA	1,00	25,00	25,00	0,12	3,00
SUBTOTAL - EQUIPOS					3,06
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OPERAD. EST. OCUP. C1GI	1,00	3,38	3,38	0,12	0,41
PEON EST. OCUP. E2	1,00	3,01	3,01	0,12	0,36
ALBAÑIL EST. OCUP. D2	1,00	3,05	3,05	0,12	0,37
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					1,14
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL - MATERIALES					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL - TRANSPORTE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS			4,20
Quito Octubre del 2015		COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20,00%
		OTROS INDIRECTOS %			
EMPRESA DE FERROCARRIL FEPP		COSTO TOTAL DEL RUBRO			5,04
REALIZO		VALOR OFERTADO			5,04
BYRON ALTAMIRANO					



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 503(2) a UNIDAD M3
 DETALLE HORMIGON 180 KG/CM2 SITIO

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
CONCRETERA	1,00	5,00	5,00	0,70	3,50
VIBRADOR	1,00	3,00	3,00	0,70	2,10
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	0,70	0,35

MANO DE OBRA SUBTOTAL - EQUIPOS 5,95

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON EST. OCUP. E2	10,00	3,01	30,10	0,70	21,07
ALBAÑIL EST. OCUP. D2	4,00	3,05	12,20	0,70	8,54
MAESTRO OBRA EST. OCUP C1	1,00	3,38	3,38	0,70	2,37

SUBTOTAL - MANO DE OBRA 31,98

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
CEMENTO	Kg	300,00	0,16	48,00
ARENA	m3	0,60	10,00	6,00
RIPIO	m3	0,90	10,00	9,00
AGUA	M3	0,30	0,65	0,20
ADITIVO	Kg	1,40	1,20	1,68
ENCOFRADO	M2	2,00	2,00	4,00

SUBTOTAL - MATERIALES 68,88

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL - TRANSPORTE

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA Quito Octubre del 2015	TOTAL COSTOS DIRECTOS	106,81
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20,00%	21,36
	OTROS INDIRECTOS %	

EMPRESA DE FERROCARRIL FEPP REALIZO BYRON ALTAMIRANO	COSTO TOTAL DEL RUBRO	128,17
	VALOR OFERTADO	128,17



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO 503 (2)c UNIDAD M3
 DETALLE HORMIGON 240 KG/CM2 SITIO PARA MUROS

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
CONCRETERA	1,00	5,00	5,00	1,00	5,00
VIBRADOR	1,00	3,00	3,00	1,00	3,00
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50
MINICARGADORA	1,00	5,00	5,00	1,00	5,00

MANO DE OBRA SUBTOTAL - EQUIPOS 13,50

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON EST. OCUP. E2	8,00	3,01	24,08	1,00	24,08
ALBAÑIL EST. OCUP. D2	3,00	3,05	9,15	1,00	9,15
MAESTRO OBRA EST. OCUP C1	1,00	3,38	3,38	1,00	3,38
ALBAÑIL C EST. OCUP. D2	2,00	3,05	6,10	1,00	6,10

SUBTOTAL - MANO DE OBRA 42,71

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
CEMENTO	Kg	400,00	0,16	64,00
ARENA	m3	0,60	10,00	6,00
RIPIO	m3	0,90	10,00	9,00
AGUA	M3	0,30	0,65	0,20
ADITIVO	Kg	1,80	1,20	2,16
ENCOFRADO	M2	2,00	2,00	4,00

SUBTOTAL - MATERIALES 85,36

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL - TRANSPORTE

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA
 Quito 02 de junio de 2014

TOTAL COSTOS DIRECTOS	141,57
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20,00% 28,31
OTROS INDIRECTOS %	

EMPRESA DE FERROCARRIL FEEP
 REALIZO
 BYRON ALTAMIRANO

COSTO TOTAL DEL RUBRO	169,88
VALOR OFERTADO	169,88



FORMULARIO N° 4

COTIZACION ACTUALIZADA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO EVF - 28 UNIDAD M3
 DETALLE ZANJAS DE CONORONACIÓN

EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1,00	0,50	0,50	0,40	0,20
MANO DE OBRA					0,20
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON EST. OCUP. E2	4,00	3,01	12,04	0,40	4,82
ALBAÑIL EST. OCUP. D2	1,00	3,05	3,05	0,40	1,22
SUBTOTAL - MANO DE OBRA					6,04
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL - MATERIALES					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL - TRANSPORTE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS			6,24
Quito Octubre del 2015		COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20,00%
		OTROS INDIRECTOS %			
EMPRESA DE FERROCARRIL FEPP		COSTO TOTAL DEL RUBRO			7,49
REALIZO		VALOR OFERTADO			7,49
BYRON ALTAMIRANO					



Nº	DESCRIPCION	PRECIO PROFORMA	TRANSPORTE MARITIMO	PRECIO EN PUERTO ECUADOR	IMPUESTOS						TRANSPORTE TERRESTRE ECUADOR		COSTO OPERATIVOS		TOTAL COSTOS		
					IVA		FONDIFA		ARANCEL		SALVAGUARDIA		% VALOR	% VALOR		% VALOR	% VALOR
					% VALOR	VALOR	% VALOR	VALOR	% VALOR	VALOR	% VALOR	VALOR					
1	RIELES DE 70 LB/YD*	987,00	59,22	1.046,22	12	125,55	0,5	5,231	0	-	0	-	-	46,12	1,65	17,26	1.240,38
2	DURMIENTE DE MADERA 2,00X0,19X0,18**	60	3,60	63,6	12	7,63	0,5	0,318	10	6,36	45	28,62		1,25		1,14	108,92
3	PLACA DE ASIENTO 70 LB/YD*	10,54	0,56	11,10	12	1,33	0,5	0,056	0	-	0	-	1,89	0,21	4,04	0,45	13,15
4	TIRAFONDO*	0,83	0,05	0,88	12	0,11	0,5	0,004	25	0,22	15	0,13	0,12	0,08	6,12	0,05	1,42
Nota:																	
* ORIGEN CHINA																	
** ORIGEN RUMANIA																	

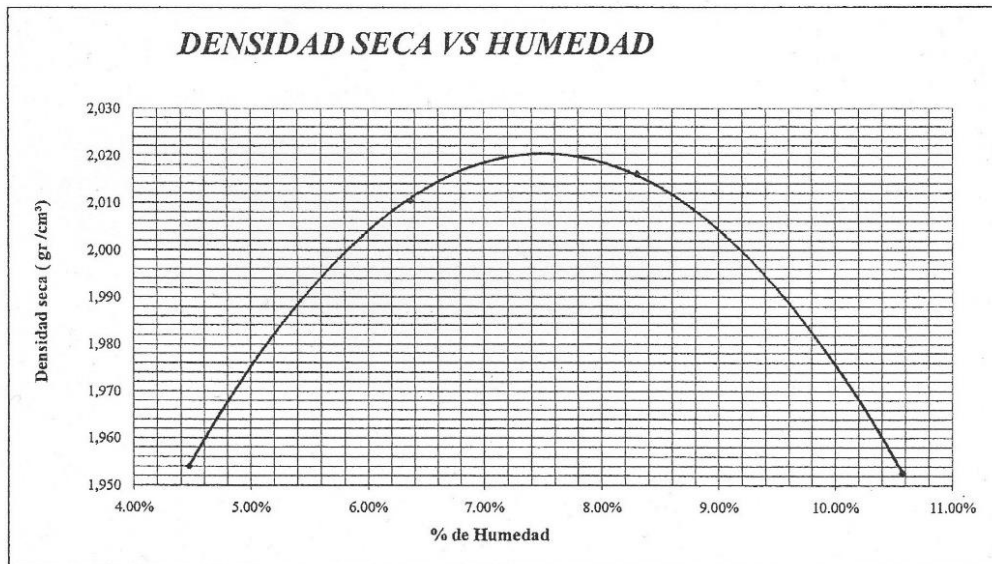


COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO A NIVEL SUB-BALASTO

Tramo: Palmira-Guamote

- Abscisa Km 179+147
- Nivel sub-balasto

RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
6	66	10 lb	18"	7000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.									
Agua aumentada	cm ³	280	420	560	700				
Porcentaje de agua	%	4	6	8	10				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	A	9,787	9,994	10,090	10,038				
Peso del molde (gr)	B	5,435	5,435	5,435	5,435				
Peso suelo húmedo (gr)	C=A-B	4,352	4,559	4,655	4,603				
Volúmen del molde (cm ³)	D	2,132	2,132	2,132	2,132				
Densidad húmeda (gr/cm ³)	E=C/D	2,041	2,138	2,183	2,159				
Cápsula No.		9	10	11	12	1	2	3	4
Cápsula + suelo húmedo (gr)	F	260.30	260.30	264.20	264.20	266.80	266.80	268.20	268.20
Cápsula + suelo seco (gr)	G	251.70	251.10	251.40	251.40	249.40	249.60	247.50	247.90
Peso de agua (gr)	H=F-G	8.60	9.20	12.80	12.80	16.40	16.20	20.70	20.30
Peso de la Cápsula (gr)	I	47.40	56.10	50.00	50.30	54.60	51.50	63.30	64.40
Peso del suelo seco (gr)	J=G-I	204.30	195.00	201.40	201.10	194.80	198.10	194.20	193.50
Contenido de agua (%)	K=H/J	4.21%	4.72%	6.36%	6.36%	8.42%	8.18%	10.66%	10.49%
Contenido de agua promedio (%)		4.46%		6.36%		8.30%		10.58%	
Densidad seca (gr/cm ³)	δ _s	1,954		2,010		2,016		1,953	



Densidad Máxima: 2.020 kg/cm³

Humedad Optima =7,6 %

RESULTADOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO TRAMO PALMIRA - GUAMOTE

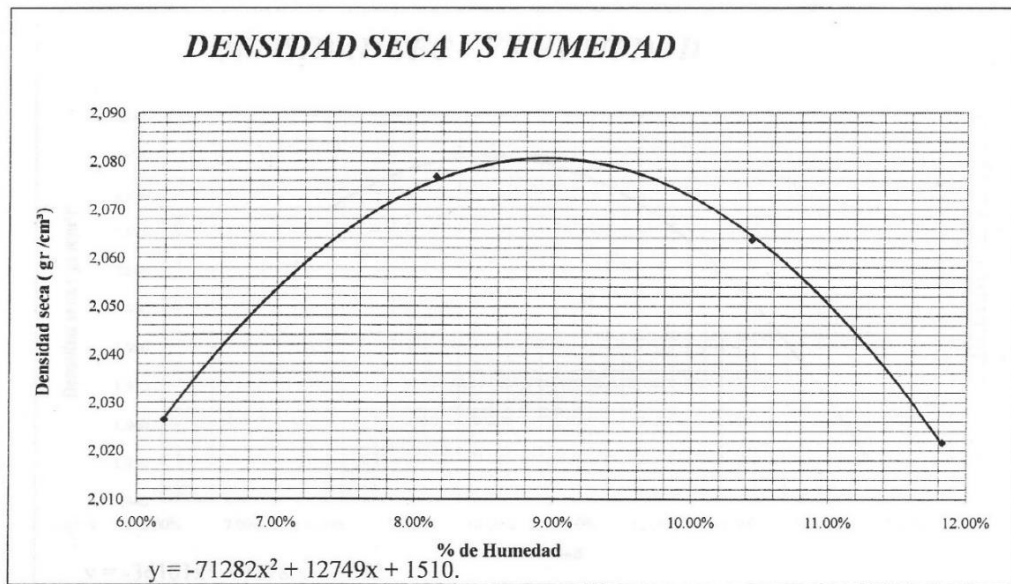
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral



Tramo: Guamote - Colta

- Abscisa Km 197+407
- Nivel sub-balasto

RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD											
No. de Capas 5	Golpes por capa 56		Peso Martillo 10 lb	Altura caída 18"	PESO INICIAL DE LA MUESTRA 7000 g						
MUESTRA >>>			1	2	3	4					
Molde No.											
Agua aumentada	cm ³		280	140	210	210					
Porcentaje de agua	%		4	2	3	3					
Peso suelo húmedo + molde	(GR)	A	10,023	10,224	10,294	10,255					
Peso del molde	(GF)	B	5,435	5,435	5,435	5,435					
Peso suelo húmedo	(GR)	C=A-B	4,588	4,789	4,859	4,820					
Volumen del molde	(cm ³)		2,132	2,132	2,132	2,132					
Densidad húmeda	(GR/cm ³)		E=C/D	2,152	2,246	2,279	2,261				
Cápsula No.			9	10	11	12	1	2	3	4	
Cápsula + suelo	(GR)	F	270.70	270.80	255.70	255.90	256.40	256.50	270.90	271.00	
Cápsula + suelo	(GR)	G	257.30	258.50	240.60	240.40	236.40	237.80	247.60	247.60	
Peso de agua	(GR)	H=F-G	13.40	12.30	15.10	15.50	20.00	18.70	23.30	23.40	
Peso de la Cápsula	(GR)	I	49.20	51.80	54.60	50.90	47.40	56.10	50.00	50.30	
Peso del suelo si	(GR)	J=G-I	208.10	206.70	186.00	189.50	189.00	181.70	197.60	197.30	
Contenido de agu	%		K=H/J	6.44%	5.95%	8.12%	8.18%	10.58%	10.29%	11.79%	11.86%
Contenido de agua promedio				6.19%	8.15%	10.44%	11.83%				
Densidad seca	(GR/cm ³)		δ s	2,026	2,077	2,064	2,022				



Densidad Máxima: 2.080 kg/cm³

Humedad Óptima =9,0 %

RESULTADOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO TRAMO GUAMOTE - COLTA

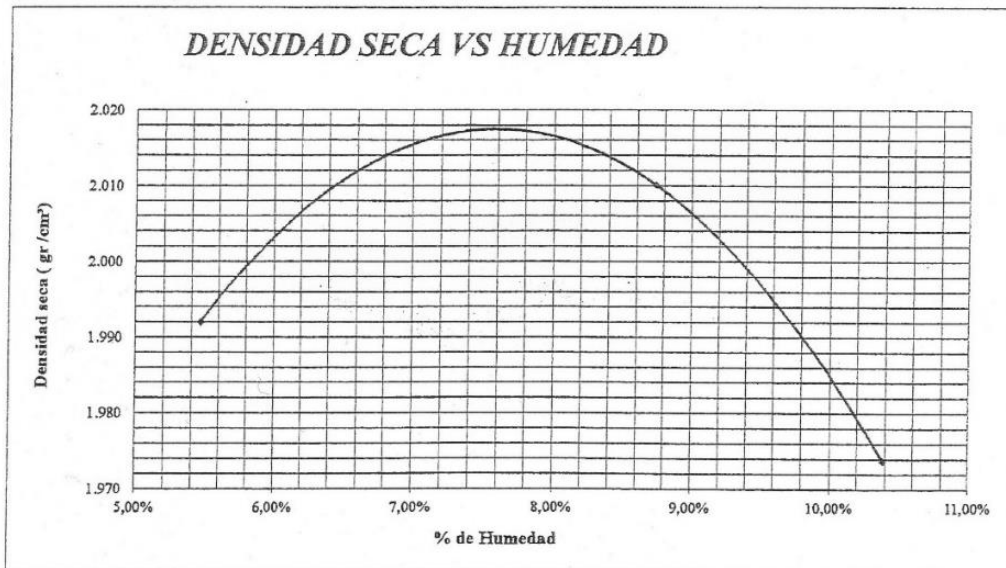
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral



Tramo: Colta - Riobamba

- Abscisa Km 230+347 al 230+497
- Nivel sub-balasto

RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD							
No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo		Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA		
5	56	10 lb		18"	7000 g		
MUESTRA >>>		1		2	3		4
Molde No.							
Agua aumentada	cm ³	420		560	700		
Porcentaje de agua	%	6		8	10		
Peso suelo húmedo + molde (gr)	A	9.914		10.096	10.080		
Peso del molde (gr)	B	5.435		5.435	5.435		
Peso suelo húmedo (gr)	C=A-B	4.479		4.660	4.645		
Volumen del molde (cm ³)	D	2.132		2.132	2.132		
Densidad húmeda (gr/cm ³)	E=C/D	2.101		2.186	2.179		
Cápsula No.		3	4	5	6	7	8
Cápsula + suelo húmedo (gr)	F	257,08	257,10	260,17	260,17	239,15	239,14
Cápsula + suelo seco (gr)	G	246,65	246,09	243,41	243,65	221,23	222,20
Peso de agua (gr)	H=F-G	10,43	11,01	16,76	16,52	17,92	16,94
Peso de la Cápsula (gr)	I	50,00	50,30	54,80	51,50	53,30	54,40
Peso del suelo seco (gr)	J=G-I	196,65	195,79	188,61	192,15	167,93	167,80
Contenido de agua (%)	K=H/J	5,30%	5,62%	8,88%	8,60%	10,67%	10,10%
Contenido de agua promedio (%)		5,46%		8,74%	10,38%		
Densidad seca (gr/cm ³)	δ _s	1,992		2,010	1,974		



Densidad Máxima: 2,018 kg/cm³

Humedad Óptima = 7,8 %

RESULTADOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO TRAMO COLTA - RIOBAMBA
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral



GRANULOMETRÍAS A NIVEL DE BALASTO

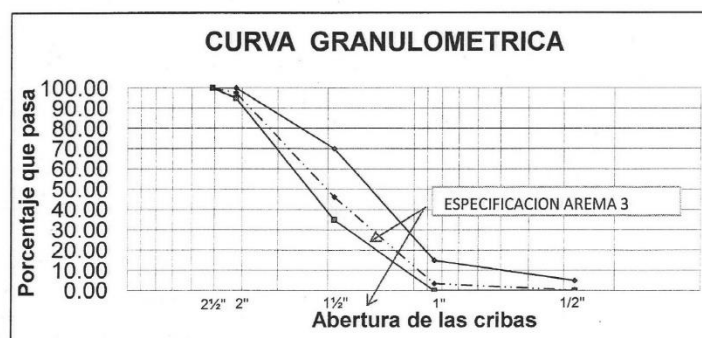
Tramo: Palmira - Guamote

- Lugar de muestreo: Acopio Chipo
- Nivel balasto

GRANULOMETRIA: AASHO T-11 T-27

ASTM: C-11T C-133

TAMIZ (mm)	No.	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	ESPECIFICACIONES AREMA 3	
2 1/2"	63.350	0	0	100	100	
2"	50.800	487	2	98	95	100
1 1/2"	38.100	11240	54	46	35	70
1"	25.400	20183	97	3	0	15
1/2"	12.500	20840	100	0	0	5
> 1/2"	0.000	61	0			
TOTAL		20901				
PESO TOTAL DE LA MUESTRA				20901		



RESULTADOS DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA TRAMO PALMIRA - GUAMOTE

Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral

Tramo: Guamote - Colta

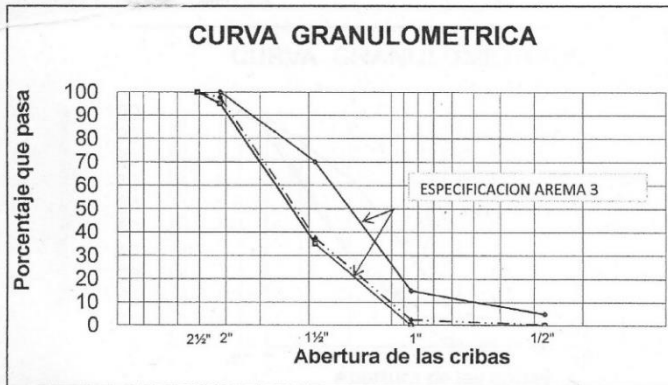
- Abscisa Km 201+500
- Nivel balasto



GRANULOMETRIA: AASHO T-11 T-27

ASTM: C-11T C-133

TAMIZ No.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	ESPECIFICACIONES AREMA 3	
2 1/2"	63.350	0	0	100	100	
2"	50.800	525	2	98	95	100
1 1/2"	38.100	14379	63	37	35	70
1"	25.400	22424	98	2	0	15
1/2"	12.500	22916	100	0	0	5
> 1/2"	0.000	78	0			
TOTAL		22994				
PESO TOTAL DE LA MUESTRA				22994		



RESULTADOS DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA TRAMO GUAMOTE - COLTA
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral

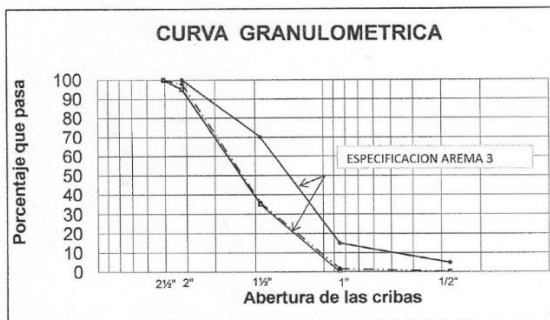
Tramo: Colta - Riobamba

- Abscisa Km 207+500
- Nivel balasto

GRANULOMETRIA: AASHO T-11 T-27

ASTM: C-11T C-133

TAMIZ No.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	ESPECIFICACIONES AREMA 3	
2 1/2"	63.350	0	0	100	100	
2"	50.800	580	2	98	95	100
1 1/2"	38.100	17325	64	36	35	70
1"	25.400	26590	96	2	0	15
1/2"	12.500	27010	100	0	0	5
> 1/2"	0.000	53	0			
TOTAL		27063				
PESO TOTAL DE LA MUESTRA				27063		



RESULTADOS DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA COLTA - RIOBAMBA
Fuente: Asociación Edeconsa Ingeral



DENSIDADES DE CAMPO - MÉTODO CONO DE ARENA

NIVEL SUBRASANTE-MATERIAL DE MEJORAMIENTO

Tramo: Palmira-Guamote

- Sector: Vía
- Abscisa Km 177+147 – 177+447
- Uso: Subrasante-Material de Mejoramiento

Hueco No.			1	2	3	4
Abscisa			177+147	177+247	177+347	177+447
Punto Fijo			11+000	11+100	11+200	11+300
Lado		DER/ CENT./ IZQ.	CNT	CNT	CNT	CNT
Peso Equipo + Arena (antes)	A	Gr.	7002	6991	6982	6970
Peso Equipo + Arena (después)	B	Gr.	3965	3861	3912	3900
Peso de la Arena que queda en el Cono	C	Gr.	1889	1889	1889	1889
Peso Material húmedo Extraído	D	Gr.	1643	1758	1710	1694
Peso Específico de la Arena	E	Kg./ cm ³	1.532	1.532	1.532	1.532
Volumen de la Caja	$F = ((A-B-C) / E)$	cm ³	749.35	810.05	770.89	770.89
Porcentaje de humedad (Speedy)	$L = (I / K) * 100$	%	12.30	12.30	12.40	12.30
Densidad Húmeda	$M = D / F$	Kg./ cm ³	2.193	2.170	2.218	2.197
Densidad Seca	$N = M / (1 + (L / 100))$	Kg./ cm ³	1.952	1.933	1.974	1.957
Máxima Densidad de Laboratorio		Kg./ cm ³	2.010	2.010	2.010	2.010
Compactación	$(\text{Dens. Seca} / \text{Max. Dens. Lab.}) * 100$	%	97	96	98	97

RESULTADO DE DENSIDAD DE CAMPO – CONO DE ARENA, TRAMO PALMIRA GUAMOTE Realizado por: Asociación Edeconsa Ingeral

Tramo: Guamote-Colta

- Sector: Vía
- Abscisa Km 191+547 - 192+047
- Nivel subrasante



Hueco No.			11	12	13	14	15	16
Abscisa			191+547	191+647	191+747	191+847	191+947	192+047
Punto Fijo			25+400	25+500	25+600	25+700	25+800	25+900
Lado		DER/ CENT./ IZQ.	CNT	CNT	CNT	CNT	CNT	CNT
Peso Equipo + Arena (antes)	A	Gr.	7850	7837	7821	7808	7796	7785
Peso Equipo + Arena (después)	B	Gr.	4782	4744	4766	4780	4723	4744
Peso de la Arena que queda en el Cono	C	Gr.	1889	1889	1889	1889	1889	1889
Peso Material húmedo Extraído	D	Gr.	1545	1552	1528	1474	1548	1488
Peso Específico de la Arena	E	Kg / cm ³	1.532	1.532	1.532	1.532	1.532	1.532
Volumen de la Cala	$F = ((A-B-C) / E)$	cm ³	769.58	785.90	761.10	743.47	772.85	751.96
Porcentaje de humedad (Speedy)	$L = (I / K) * 100$	%	13.20	13.00	12.80	13.20	13.00	13.40
Densidad Húmeda	$M = D / F$	Kg / cm ³	2.008	1.975	2.008	1.983	2.003	1.979
Densidad Seca	$N = M / (1 + (L / 100))$	Kg / cm ³	1.773	1.748	1.780	1.751	1.773	1.745
Máxima Densidad de Laboratorio		Kg / cm ³	1.832	1.832	1.832	1.832	1.832	1.832
Compactación	(Dens. Seca / Max. Dens. Lab.) * 100	%	97	95	97	96	97	95

RESULTADO DE DENSIDAD DE CAMPO – CONO DE ARENA, TRAMO GUAMOTE - COLTA
Realizado por: Asociación Edeconsa Ingeral

Tramo: Colta - Riobamba

- Abscisa Km 230+347 al 230+497
- Uso: sub-rasante-Mejoramiento

Hueco No.			1	2	3
Abscisa			230+347	230+447	230+497
Punto Fijo			64+200	64+300	64+350
Lado		DER/ CENT./ IZQ.	CNT	CNT	CNT
Peso Equipo + Arena (antes)	A	Gr.	6300	6292	6280
Peso Equipo + Arena (después)	B	Gr.	3190	3245	3266
Peso de la Arena que queda en el Cono	C	Gr.	1889	1889	1889
Peso Material húmedo Extraído	D	Gr.	1645	1572	1535
Peso Específico de la Arena	E	Kg / cm ³	1,532	1,532	1,532
Volumen de la Cala	$F = ((A-B-C) / E)$	cm ³	797,00	755,87	734,33
Porcentaje de humedad (Speedy)	$L = (I / K) * 100$	%	8,40	8,60	8,40
Densidad Húmeda	$M = D / F$	Kg / cm ³	2,064	2,080	2,090
Densidad Seca	$N = M / (1 + (L / 100))$	Kg / cm ³	1,904	1,915	1,928
Máxima Densidad de Laboratorio		Kg / cm ³	1,984	1,984	1,984
Compactación	(Dens. Seca / Max. Dens. Lab.) * 100	%	96	97	97

RESULTADO DE DENSIDAD DE CAMPO – CONO DE ARENA, TRAMO COLTA - RIOBAMBA
Realizado por: Asociación Edeconsa Ingeral



NIVEL SUB-BALASTO

Tramo: Palmira-Guamote

- Sector: Vía
- Abscisa km 174+647 – 175+047
- Uso: Sub-balasto

Hueco No.			1	2	3	4	5
Abscisa			174+647	174+747	174+847	174+947	175+047
Punto Fijo			8+500	8+600	8+700	8+800	8+900
Lado		DER/ CENT./ IZQ.	CNT	CNT	CNT	CNT	CNT
Peso Equipo + Arena (antes)	A	Gr.	7570	7562	7554	7548	7540
Peso Equipo + Arena (después)	B	Gr.	4475	4632	4538	4694	4538
Peso de la Arena que queda en el Cono	C	Gr.	1889	1889	1889	1889	1889
Peso Material húmedo Extraído	D	Gr.	1732	1519	1640	1400	1605
Peso Especifico de la Arena	E	Kg./ cm ³	1.532	1.532	1.532	1.532	1.532
Volumen de la Cala	$F = ((A-B-C) / E)$	cm ³	787.21	679.50	735.64	629.90	726.50
Porcentaje de humedad (Speedy)	$L = (I / K) * 100$	%	9.50	9.60	9.50	9.40	9.50
Densidad Húmeda	$M = D / F$	Kg./ cm ³	2.200	2.235	2.229	2.223	2.209
Densidad Seca	$N = M / (1 + (L / 100))$	Kg./ cm ³	2.009	2.040	2.036	2.032	2.018
Máxima Densidad de Laboratorio		Kg./ cm ³	2.010	2.010	2.010	2.010	2.010
Compactación	$(\text{Dens. Seca} / \text{Max. Dens. Lab.}) * 100$	%	100	101	101	101	100

RESULTADO DE DENSIDAD DE CAMPO – CONO DE ARENA, TRAMO PALMIRA - GUAMOTE
Realizado por: Asociación Edeconsa Ingeral

Tramo: Guamote-Colta

- Sector: Vía
- Abscisa km 182+847 – 183+147
- Uso: Sub-balasto



Hueco No.			1	2	3	4
Abscisa			182+847	182+847	183+047	183+147
Punto Fijo			16+700	16+800	16+900	17+000
Lado		DER/ CENT./ IZQ.	CNT	CNT	CNT	CNT
Peso Equipo + Arena (antes)	A	Gr.	7000	6992	6978	6970
Peso Equipo + Arena (después)	B	Gr.	3965	3867	4004	3975
Peso de la Arena que queda en el Cono	C	Gr.	1889	1889	1889	1889
Peso Material húmedo Extraído	D	Gr.	1635	1746	1555	1566
Peso Específico de la Arena	E	Kg./ cm ³	1.532	1.532	1.532	1.532
Volumen de la Cala	$F = ((A-B-C) / E)$	cm ³	748.04	806.79	708.22	721.93
Porcentaje de humedad (Speedy)	$L = (I / K) * 100$	%	7.00	6.80	7.00	7.00
Densidad Húmeda	$M = D / F$	Kg./ cm ³	2.186	2.164	2.196	2.169
Densidad Seca	$N = M / (1 + (L / 100))$	Kg./ cm ³	2.043	2.026	2.052	2.027
Máxima Densidad de Laboratorio		Kg./ cm ³	2.024	2.024	2.024	2.024
Compactación	$(\text{Dens. Seca} / \text{Max. Dens. Lab.}) * 100$	%	101	100	101	100

RESULTADO DE DENSIDAD DE CAMPO – CONO DE ARENA, TRAMO GUAMOTE - COLTA
Realizado por: Asociación Edeconsa Ingeral

Tramo: Colta-Riobamba

- Abscisa Km 230+347 al 230+497
- Nivel sub-balasto

Hueco No.			1	2	3
Abscisa			230+347	230+447	230+497
Punto Fijo			64+200	64+300	64+350
Lado		DER/ CENT./ IZQ.	CNT	CNT	CNT
Peso Equipo + Arena (antes)	A	Gr.	6252	6246	6230
Peso Equipo + Arena (después)	B	Gr.	3250	3278	3231
Peso de la Arena que queda en el Cono	C	Gr.	1889	1889	1889
Peso Material húmedo Extraído	D	Gr.	1572	1550	1588
Peso Específico de la Arena	E	Kg./ cm ³	1,532	1,532	1,532
Volumen de la Cala	$F = ((A-B-C) / E)$	cm ³	726,50	704,31	724,54
Porcentaje de humedad (Speedy)	$L = (I / K) * 100$	%	7,60	7,80	7,60
Densidad Húmeda	$M = D / F$	Kg./ cm ³	2,164	2,201	2,192
Densidad Seca	$N = M / (1 + (L / 100))$	Kg./ cm ³	2,011	2,042	2,037
Máxima Densidad de Laboratorio		Kg./ cm ³	2,018	2,018	2,018
Compactación	$(\text{Dens. Seca} / \text{Max. Dens. Lab.}) * 100$	%	100	101	101

RESULTADO DE DENSIDAD DE CAMPO – CONO DE ARENA, TRAMO COLTA - RIOBAMBA
Realizado por: Asociación Edeconsa Ingeral

