

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“EVALUACION DE VIAS Y DRENAJES CON FINES DE MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE OPERACIONES MINERAS PARA LAS CANTERAS DE ARCILLA Y CALIZA EN HOLCIM (VENEZUELA) C.A., PLANTA CUMAREBO, ESTADO FALCÓN.”

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al título de Ingeniero de Minas
Por el Br.
Barrientos Gil, Javier Antonio

Caracas, Noviembre de 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“EVALUACION DE VIAS Y DRENAJES CON FINES DE MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE OPERACIONES MINERAS PARA LAS CANTERAS DE ARCILLA Y CALIZA EN HOLCIM (VENEZUELA) C.A., PLANTA CUMAREBO, ESTADO FALCÓN.”

Tutor Académico: Miguel Castillejo

Tutor Industrial: Ing. Miguel Velasquez.

Trabajo Especial de Grado

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela para

optar al título de Ingeniero de Minas

Por el Br.

Barrientos Gil, Javier Antonio

Caracas, Noviembre de 2007

Caracas, Noviembre de 2007

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Minas, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller, titulado:

EVALUACION DE VIAS Y DRENAJES CON FINES DE MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE OPERACIONES MINERAS PARA LAS CANTERAS DE ARCILLA Y CALIZA EN HOLCIM (VENEZUELA) C.A., PLANTA CUMAREBO, ESTADO FALCÓN.

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Minas, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof.

Jurado

Prof.

Jurado

Prof. Miguel Castillejo

Tutor Académico

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mis padres y mis hermanos por darme todo su apoyo incondicional.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela por darme la formación

A la Escuela de Geología, Minas y Geofísica y en especial al Departamento de Minas.

Al profesor Miguel Castillejo quien fue mi tutor académico

A los profesores quienes compartieron todos sus conocimientos, sus enseñanzas y quienes amablemente ayudaron en la elaboración del proyecto.

A todos mis amigos (a) y compañeros de estudios, que participaron, aportaron conocimientos y suministraron información útil para el desempeño de mis labores como tesista.

Y a todas aquellas personas que de una manera u otra colaboraron para la elaboración de este proyecto

Barrientos G. Javier A.

“EVALUACION DE VIAS Y DRENAJES CON FINES DE MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE OPERACIONES MINERAS PARA LAS CANTERAS DE ARCILLA Y CALIZA EN HOLCIM (VENEZUELA) C.A., PLANTA CUMAREBO, ESTADO FALCÓN.”

Tutor Académico: Prof. Miguel Castillejo. Tutor Industrial: Ing. Miguel Velasquez. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica (Minas). 2007, pp.

Palabras Claves: CANTERA, VIAS, PRODUCCIÓN, CALIZA, ARCILLA, LAND DEVELOPMENT DESKTOP, CIVIL DESIGN, HOLCIM (VENEZUELA) C.A., PLANTA CUMAREBO.

RESUMEN

El presente Trabajo Especial de Grado se desarrolla en la empresa Holcim (Venezuela) C.A., Planta Cumarebo, con el propósito de evaluar trazados alternativos a las vías existentes, para el transporte del mineral como lo son la caliza y arcilla desde los bancos de explotación hasta la planta de trituración, para su procesamiento, elaboración y comercialización del cemento, todo esto motivado por la necesidad de evaluar y diseñar las vías y drenajes, para determinar las opciones más adecuadas a fin de mantener y mejorar el rendimiento de la operación.

Para la elaboración de dicho trabajo, se establecieron objetivos que se presentan en este trabajo, iniciándose con el capítulo donde se expresa el planteamiento, la justificación y los objetivos trazados. Seguido de una descripción general de la empresa, luego se desarrolla un amplio capítulo de marco teórico. Posteriormente, se exponen las características fundamentales del programa utilizado para el diseño de viabilidad del proyecto; se continúa con el Marco Metodológico para el desarrollo de

los objetivos planteados. Finalizando con el análisis de los resultados, las conclusiones y recomendaciones.

El área de estudio esta definido por dos canteras ubicadas geográficamente a 35 Km, al este de la ciudad de Coro del estado Falcón. La cantera de caliza se ubica en el Cerro Mampostal, Municipio Autónomo Zamora del Estado Falcón, el cual se encuentra aproximadamente a 7.5 kilómetros al Sur de la Planta de Cemento y tiene coordenadas UTM centrales, este 469.000 y norte 1.266.000 respectivamente. La cantera de arcilla se encuentra ubicada en el Fundo “Monte Oscuro“, en el Cerro El Veral (propiedad de Holcim), a 1,5 Km de la planta y su acceso es por caminos interiores de la misma, y tiene coordenadas UTM centrales; este 465.200 y norte 1.270.300 respectivamente. Los diferentes trazados seleccionados se estimaron a detalle, mediante la muestra de sus alineamientos horizontales y verticales, perfil longitudinal, secciones transversales, movimiento de tierra y diagrama de masa, a través del software Autodesk Land Desktop 2004 y Civil Design.

ÍNDICE GENERAL

DESCRIPCIÓN	PÁG.
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
INTODUCCION.....	1
CAPITULO I	
GENERALIDADES.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivo	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 Justificación del problema	6
1.4 Ubicación y acceso.....	8
1.4.1 Ubicación política	8
1.4.2 Vialidad y acceso	9
1.4.3 Ubicación de las canteras	10
CAPÍTULO II	
GEOLOGIA.....	12
2.1 Geología regional.....	12
2.2 Geología local	16
2.2.1 Cantera de caliza	16
2.2.2 Cantera de arcilla.....	17
2.3 Geología estructural	18
2.4 Características Físicos Naturales.....	18
2.4.1 Clima y vegetación	19
2.4.2 Fisiográfica	19
2.4.3 Suelos	19

CAPÍTULO III

GENERALIDADES DE LA EMPRESA	20
3.1 Descripción de Cementos Caribe	20
3.2 Grupo Holcim	21
3.3 Visión, misión y metas de la empresa	22
3.4 Antecedentes históricos	20
3.5 Organización de la empresa	25
3.6 Organigrama de materias prima	28
3.7 Fases de proceso de producción	28

CAPITULO IV

MARCO TEORICO.....	29
4.1 Antecedentes de la investigación	29
4.2 Bases teóricas	31
4.2.1 Operaciones básicas de producción	31
4.2.2 Ciclos de acarreo	31
4.2.3 Investigación operativa sobre el transporte.....	33
4.2.4 Indicadores de productividad	34
4.2.4.1 Indicadores técnicos	34
4.2.4.2 Indicadores económicos	35
4.2.5 Diseño de vías	36
4.2.5.1 Diseño geométrico	37
4.2.5.2 Alineamiento horizontal	39
4.2.5.2.1 Curvas circulares	39
4.2.5.2.1.1 Curvas simples	39
4.2.5.2.1.5 Curvas de transición	42
4.2.5.3 Alineamiento vertical	43
4.2.5.3.1 Curvas verticales	43
4.2.5.4 Estudio de ruta crítica en función del rendimiento	44
4.2.5.5 Diseño estructural	44
4.2.5.5.1 Pavimento	44
4.2.5.5.1.2.1 Pavimento flexible	44
4.2.5.5.1.2.3 Sub-base	45
4.2.5.5.1.2.4 Base	45
4.2.5.5.1.2.5 Capa de rodamiento	46
4.2.6 Diseño de Drenajes	47
4.2.6.1.Diseño de drenajes superficiales	47

4.2.6.2 Tipos de estructuras de drenajes	48
4.2.6.3 Diseño de caudal	49
4.2.6.3.1 Intensidad de precipitación	51
4.2.6.3.2 Periodo de retorno	51
4.2.6.4 Diseño de caudal de escorrentía	52
4.2.6.4.1 Coeficiente de escorrentía	54

CAPÍTULO V

EVALUACION DE VIAS Y DRENAJES EXISTENTES EN LAS CANTERAS . 56

5.1 Evaluación de la Vía Existente	56
5.2 Metodología	56
5.3 Cantera de Caliza	58
5.3.1 Especificaciones de los camiones	58
5.3.2 Criterios de Diseño.....	58
5.3.3 Comparación de los datos de campo y criterios de diseño	63
5.3.4 Descripción de puntos críticos	63
5.4 Cantera de Arcilla	68
5.4.1 Especificaciones de los camiones	68
5.4.2 Criterios de Diseño	69
5.4.3 Comparación de los datos de campo y criterios de diseño	69
5.4.4 Descripción de Puntos Críticos	72
5.5 Rendimientos de ciclos de acarreo	80
5.5.1 Tiempo de ciclos operativo de la cantera de Caliza	80
5.5.2 Tiempo de ciclos operativo de la cantera de Arcilla	81

CAPITULO VI

EVALUACION DEL SOFTWARE

6.1 Software Autodesk Land Desktop 2004 (LDD).....	82
6.1.1 Características del LLD	82
6.2 Autodesk Civil Design (CD)	88
6.2.1 Características del CD	89

CAPÍTULO VII

MARCO METODOLÓGICO	92
7.1 Tipo de Investigación	92
7.2 Diseño de la Investigación	92
7.3 Técnicas e Instrumentos	92
7.4 Análisis de Datos	94
7.5 Procedimiento	94
7.5.1 Recopilación bibliográfica	94
7.5.2 Parámetros de diseño	94
7.5.3 Selección del Software	97
7.5.4 Obtención de Planos	98
7.5.5 Zona de Estudio	98
7.5.6 Alternativas de Trazados	99
7.5.6.1 Características de los trazados de la cantera de Caliza	99
7.5.6.2 Características de los trazados de la cantera de Arcilla	100
7.5.7 Evaluación de Trazados	101
7.5.7.1 Procedimientos de diseño de vías en las canteras	102
7.5.7.1.1 Nombre del proyecto	102
7.5.7.1.2 Configuración de los parámetros generales del proyecto	102
7.5.7.1.3 Modelamiento del terreno	102
7.5.7.1.4 Alineamiento	104
7.5.7.1.5 Perfil longitudinal del eje del alineamiento	106
7.5.7.1.6 Secciones transversales	111
7.5.7.1.7 Movimiento de tierra	111
7.5.7.1.8 Diagrama de masa	112
7.6 Trazados de vías propuestos de la Cantera de Caliza (CC)	113
7.7 Trazados de vías propuestos de la Cantera de Arcilla (CA)	115
7.8 Alineamiento horizontal.....	116
7.9 Alineamiento vertical.....	116
7.10 Secciones transversales	121
7.11 Movimiento de tierra.....	122
7.12 Diagrama de masas	123

CAPÍTULO VIII

DRENAJES	125
8.1 Diseño de drenajes	125
8.1.1 Calculo de descarga de diseño	125
8.2 Precipitación.....	127

8.2.1 Datos de intensidad de precipitación.....	127
8.2.2 Calculo de las curvas IDF	127
8.2.3 Periodo de retorno	136
8.2.4 Diseño de canal de escorrentía	138

CAPÍTULO IX

COSTOS DE CONSTRUCCION Y PLANIFICACION DE MANTENIMIENTO 144

9.1 Costos de construcción	144
9.1.1 Costos de movimiento de tierra	145
9.1.2 Costos de drenaje	145
9.1.3 Costos de pavimento.	146
9.1.4 Costos varios	146
9.1.5 Costos totales	146
9.1.6 Determinación de los costos unitarios de construcción	147
9.1.7 Costos de mantenimiento	147
9.2 Planificación	147
9.2.1 Planificación de mantenimiento vial.....	149
9.2.2 Mantenimiento preventivo	149
9.2.2.1 Actividades de mantenimiento preventivo.....	150
9.2.3 Limpieza.....	151
9.2.4 Aspectos económicos sobre el mantenimiento de la vía.....	152
9.2.5 Mantenimiento de la calzada.....	153
9.2.3 Mantenimiento de los sistemas de drenaje.....	153
9.2.4 Mantenimiento de los laterales.....	154

ANALISIS DE RESULTADOS 155

CONCLUSIONES 157

RECOMENDACIONES 159

BIBLIOGRAFIA. 160

ANEXOS 163

LISTA DE TABLAS Y FIGURA

ÍNDICE DE TABLAS

DESCRIPCIÓN	PÁG.
TABLA 3.1 Flota de equipos utilizados en la cantera de Arcilla	27
TABLA 3.2 Flota de equipos utilizados en la cantera de Caliza.	27
TABLA 4.1 Descripción de los parámetros de una curva espiral.....	41
TABLA 4.2 Coeficiente de escorrentía.....	50
TABLA 4.3 Coeficiente de rugosidad.	53
TABLA 4.4 Velocidad máxima – pendiente.....	53
TABLA 5.1 Aplicación para bermas de colisión	62
TABLA 5.2 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño (Vía Perimetral).....	63
TABLA 5.3 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño (Vía Interna)	64
TABLA 5.4 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño (Vía Actual)	70
TABLA 5.5 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño (Vía Alternativa).....	71
TABLA 5.6 Ciclos de acarreo de Caliza	80
TABLA 5.7 Ciclos de acarreo de Arcilla.....	81
TABLA 7.1 Longitud mínima de curvas verticales	96
TABLA 7.2 Valores de peralte	96
TABLA 7.3 Alineamiento vertical de los trazados de la cantera de Caliza	118
TABLA 7.4 Alineamiento vertical de los trazados de la cantera de Arcilla.....	120
TABLA 8.1 Coeficiente de escorrentía	126
TABLA 8.2 Valores de intensidad de precipitación (mm) E. M. Puerto Cumarebo.	128
TABLA 8.3 Resultados de la determinación de curvas IDF (0.5 hora).....	130
TABLA 8.4 Resultados de la determinación de curvas IDF (1 Hora).....	131
TABLA 8.5 Resultados de la determinación de curvas IDF (2 horas)	132
TABLA 8.6 Resultados de la determinación de curvas IDF (3 horas)	133
TABLA 8.7 Resultados de la determinación de curvas IDF (6 horas)	134
TABLA 8.8 Resultados de la determinación de curvas IDF (9 horas)	135
TABLA 8.9 Valores de b para diferentes frecuencias.....	136
TABLA 8.10 Resultados de parámetros de Gumbel.....	137
TABLA 8.11 Resultados de la determinación de caudal (Q).....	139
TABLA 8.12 Coeficiente de rugosidad	139

TABLA 8.13 Velocidad maxima-pendiente	139
TABLA 8.14 Resultados de la determinacion de la velocidad del agua.....	140
TABLA 8.15 Resultados de la determinación de los elementos geométricos para canales triangulares	142
TABLA 10.1 Comparacion de los trazados de la cantera de caliza.....	155
TABLA 10.2 Comparacion de los trazados de la cantera de arcilla	156

ÍNDICE DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN	PÁG.
FIGURA 1.1 Mapa Hoya de los Hueque y Ricoa.....	8
FIGURA 1.2 Mapa de ubicación Estado Falcón.....	9
FIGURA 1.3 Mapa de ubicación cantera de Caliza (cerro Mampostal).	10
FIGURA 1.4 Foto aerea del cerro Manpostal.	11
FIGURA 1.5 Foto aerea del cerro El Veral.	11
FIGURA 3.1 Organigrama de Planta Cumarebo.	25
FIGURA 3.2 Organigrama de materias primas	26
FIGURA 4.1 Curva circular simple.	40
FIGURA 4.2 Parámetros de una curva espiral.....	41
FIGURA 4.3 Curvas compuestas y reversa.	42
FIGURA 4.4 Curvas verticales.	43
FIGURA 5.1 Funcionamiento de desplazamiento del camión.....	60
FIGURA 5.2 Valores de resistencia a la rodadura.	61
FIGURA 5.3 Sección de aplicación para bermas de colisión.	62
FIGURA 5.4 Materiales para la contracción de la superficie de carretera	63
FIGURA 7.1 Flujograma de metodología.....	93
FIGURA 7.2 Sección transversal tipo.....	97
FIGURA 7.3 Pantalla de inicio de Autodesk Land Desktop	102
FIGURA 7.4 Menu Terrain.....	103
FIGURA 7.5 Menú Alignments.....	104
FIGURA 7.6 Menu Profile.....	106
FIGURA 7.7 Selección del método de creación de curvas verticales.....	108
FIGURA 7.8 Menú Cross Sections.....	109
FIGURA 7.9 Pantalla Design Control para las secciones transversales.	111
FIGURA 7.10 Alineamiento vertical 0+050 del trazado A de la cantera de Caliza. 117	
FIGURA 7.11 Sección transversal 0+050 del trazado A1 de la cantera de Caliza..121	
FIGURA 7.12 Sección transversal 0+600 del trazado D1 de la cantera de Caliza... 121	
FIGURA 8.1 Curvas de IDF de la E.M. Puerto Cumarebo.....	136
FIGURA 8.2 Elementos geométricos para canales triangulares	141

INTRODUCCIÓN

La empresa Holcim (Venezuela) C.A., Planta Cumarebo, ubicada aproximadamente a 35 Km. al este de la ciudad de Coro, estado Falcón, ha sido constituida para la elaboración de cemento, por lo cual requiere extraer caliza y arcilla, bajo el sistema de minería a cielo abierto. La explotación de dichos minerales debe cumplir requerimientos de productividad y calidad, bajo un principio de desarrollo sustentable.

La Unidad de Procesos (UDP) de Materias Primas debe asegurar que los minerales constituyentes de caliza y arcilla, extraídos de los frentes de explotación puedan ser acarreados de forma efectiva y segura hacia la planta de trituración para luego procesarlos y elaborar el cemento. Es por ello que la UDP de Materias Primas presenta la necesidad de realizar un estudio que evalúe las vías y drenajes existentes, para determinar las opciones más adecuadas a fin de mejorar el rendimiento de la operación.

Dentro de las operaciones mineras básicas de producción, el acarreo representa una parte importante del costo operativo, razón por la cual existe una variedad de técnicas de simulación y programas informáticos orientados a minimizar los tiempos de acarreo, lo cual permite reducir los costos, incrementando las reservas minerales. Es importante considerar la seguridad como patrón en la toma de decisiones de toda labor minera, la cual influye de manera significativa en el diseño de la vialidad. Otro factor importante que limita el rendimiento y afecta la seguridad operacional es el manejo de las aguas de escorrentía o escurrimiento. Para cumplir con los lineamientos de un desarrollo sustentable deben ser considerados los drenajes como un sistema que no sólo permita mantener los rendimientos operativos en los períodos de lluvia, cada vez más agresivos; sino a la vez controlar los sedimentos que son arrastrados por vía hídrica como consecuencia de la minería.

La investigación a desarrollar tiene como objetivo principal evaluar las vías y drenajes internos de ambas canteras, para rediseñar de manera integral los mismos, considerando como criterios de diseño: la productividad, la seguridad industrial y la protección ambiental. Resulta importante destacar que en este proyecto se incluirá la planificación de las labores de mantenimiento como parte del diseño integral de vías y estructuras de manejo de aguas.

Este anteproyecto contiene el planteamiento del problema, los objetivos general y específicos, la justificación del estudio y el diseño de una investigación de campo - correlacional, no experimental. Dentro del fundamento teórico se indican las características generales para el diseño de vías y de obras de drenaje de escorrentía superficial y para control de sedimentos, además, la metodología que será aplicada para evaluar y rediseñar de forma integral. Además se presenta el plan de acción según el cual se desarrollará el proyecto y la cronología establecida para el trabajo.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Unidad de Procesos (UDP) de Materias Primas de Holcim (Venezuela) C.A., Planta Cumarebo, requiere desarrollar nuevos frentes de explotación de acuerdo con su planificación minera. Actualmente la UDP de Materias Primas, transporta alrededor de un millón doscientas (1.200.000) toneladas de caliza y cuatrocientas (400.000) toneladas de arcillas trituradas al año. El acarreo interno en las canteras de caliza se realiza con camiones Komatsu modelo HD 605 de 63 toneladas de capacidad nominal, los cuales acarrear el mineral de los frentes de arranque hacia las trituradoras y de allí el material ya triturado es llevado a los patios de almacenamiento a través de siete (7) kilómetros de bandas transportadoras. En la cantera de arcilla el material es acarreado desde los diferentes frentes por camiones Mack modelo Granite CV 713HD de 28 toneladas de capacidad nominal.

Actualmente están en fase de construcción vías perimetrales en cada cantera que cumplen en forma relativamente ajustada con el tráfico de camiones requerido por el ritmo de producción planificado. Es preciso evaluar las vías y drenajes existentes en ambas canteras para poder mejorar los rendimientos y alcanzar las metas de producción establecidas, considerando que al desarrollar nuevos frentes de excavación las distancias de acarreo cambian. De igual manera la continua extracción de material modifica el paisaje y la topografía, variando también las condiciones de escorrentía e infiltración del agua en el suelo. Este trabajo tiene como propósito principal evaluar y rediseñar vías y drenajes garantizando que el suministro de materia prima mineral a la planta de cemento se realice de manera segura, satisfaciendo las necesidades establecidas.

Holcim (Venezuela) C.A., Planta Cumarebo ha contemplado la adquisición de un área de terreno adyacente a la cantera de caliza, con el fin de desarrollar una vialidad que permita mantener y mejorar el rendimiento durante el avance de la explotación, por lo cual es necesario realizar un estudio que evalúe las vías existentes dentro de las canteras, para reducir curvas en la vialidad actual y mejorar si es posible las pendientes tanto de caliza como de arcilla. De esta manera se podrán replantear las vías, trabajando con mejoras sobre las ya existentes, o estableciendo nuevos recorridos, según se observen mejoras en los indicadores de producción de dichos materiales. A la par se requiere evaluar y realizar el rediseño del sistema de drenaje de ambas canteras. En el último año las condiciones de escorrentía superficial han ocasionado retrasos en la operación que han alterado los planes de producción de la UDP Materias Primas. Para evaluar los puntos críticos, se trabajará con los datos de los períodos de lluvia más recientes, la intensidad de lluvia e incluso de la duración de esta y se diseñará sobre la base de tiempos de retorno de medios a altos. De esta manera se podrá obtener un mayor factor de seguridad previendo los violentos incrementos que han sido observados en el país durante los últimos períodos lluviosos.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

Adecuar el diseño de vías de acarreo y de drenaje de aguas de mina a partir de la evaluación de las condiciones de operatividad minera, seguridad industrial y protección ambiental, vigentes en las canteras de caliza y arcillas en Planta Cumarebo de Holcim (Venezuela) C.A., estado Falcón.

Objetivos Específicos

- 1.** Levantar (o recopilar) información técnica documental, grafica y de campo, acerca de las características y condiciones físicas naturales locales y operativas mineras en las canteras.
- 2.** Evaluar vías de acarreo y sistemas de drenaje para identificar áreas críticas de desempeño.
- 3.** Identificar vías alternativas de acarreo y ponderar con tiempos de acarreo relativos a vías operativas.
- 4.** Aplicar criterios de diseño geométrico y estructural para vías de acarreo y dimensionar obras hidráulicas para drenaje de vías de acarreo.
- 5.** Establecer los criterios de diseño estructural y geométrico de las vías y drenajes.
- 6.** Planificar las labores de construcción y mantenimiento de vías y drenajes.
- 7.** Estimar el costo operativo de la construcción y mantenimiento de vías y drenajes.

1.3 JUSTIFICACION

La planificación minera tiene como meta o propósito alcanzar el máximo aprovechamiento científico y racional de la reserva mineral, “procurando la óptima recuperación o extracción del recurso minero, con arreglo al principio del desarrollo sostenible, la conservación del ambiente y la ordenación del territorio” (Artículo 5° del Decreto 295, con rango y fuerza de Ley de Minas). Para lograr tal fin, el planificador debe enfrentar diversos desafíos, que encuentran su grado de complejidad en las variables que intervienen según el tipo de explotación. En la minería a cielo abierto uno de los mayores retos consiste en sobrellevar el costo del mineral estéril. En el caso particular de las canteras manejadas por la UDP de Materias Primas, Holcim (Venezuela) C.A., Planta Cumarebo, ambos yacimientos son útiles al proceso productivo de cemento en casi su totalidad.

Para obtener el mejor manejo de las reservas minerales y cumplir con los requerimientos de calidad para la producción del cemento, es importante la correcta combinación de los elementos químicos presentes en los yacimientos. Por ende, la flexibilidad del método resulta un factor determinante para el cumplimiento de las condiciones de calidad requeridas para la planta cementera. Otra característica relevante de la operación consiste en que sus requerimientos de producción, en lo que refiere a tonelaje, se mantienen en el tiempo y obedecen a la capacidad instalada de la planta.

Dadas las características descritas, la UDP de Materias Primas debe controlar la variables que afectan el rendimiento y la flexibilidad del método de explotación, por ello resulta imperativo contar con vías de acarreo que favorezcan los niveles de productividad durante el avance de la excavación.

En la actualidad se disponen de vías internas en ambas canteras, las cuales deben ser estudiadas y replanteadas en procura del rendimiento operativo. Con el replanteo

de la vialidad surge la necesidad de evaluar las condiciones de escorrentía superficial, las cuales han representado una limitante en el cumplimiento de los planes de producción de materias primas, en los periodos de lluvia.

Este estudio pretende establecer las características geométricas y estructurales del diseño de vías y el diseño de estructuras de manejo de aguas de mina que contemplen las mejores condiciones desde el punto de protección ambiental, de seguridad industrial y de productividad minera. Considerando como parte del diseño las condiciones de mantenimiento y costos asociados.

Los resultados de este estudio beneficiarían directamente a la Unidad de Procesos de Materias Primas, Holcim (Venezuela) C.A., Planta Cumarebo, tanto en el área de producción mineral como en el área de planificación minera. Además con el cumplimiento de las metas de producción de materias primas se garantiza la continuidad de las etapas restantes del proceso productivo del cemento.

Al establecer sistemas de drenaje que contemplan las estructuras de control de sedimentos en suspensión, se beneficiaran adicionalmente las poblaciones cercanas a la explotación, a las cuales pertenecen estos cauces de agua, y la calidad de los cuerpos de agua.

Otro aporte del presente trabajo es el establecimiento de los criterios de diseño integral donde convergen los aspectos técnicos ligados a la operatividad, los factores ambientales y las condiciones de seguridad industrial como criterios en la toma de decisiones.

1.4 UBICACIÓN Y ACCESO

1.4.1 Ubicación Política

La empresa Holcim (Venezuela), Planta Cumarebo C.A, se encuentra ubicada geográficamente a 35 Km, al este de la ciudad de Coro, sobre la carretera N° 3 Morón-Coro en las cercanías de Tucupido, pertenece jurisdiccionalmente al Municipio de Pto. Cumarebo, Dtto. Zamora del Edo. Falcón. Dicha empresa cuenta con dos (2) canteras utilizadas para la extracción de materia prima necesaria para la preparación del cemento.

La Planta, orientada Norte – Sur, se encuentra a 7Km. de la cantera de Caliza del Cerro Mampostal, a 700mts. de la costa, y a 30 mts. sobre el nivel del mar (*Ver Figura 1.1*).

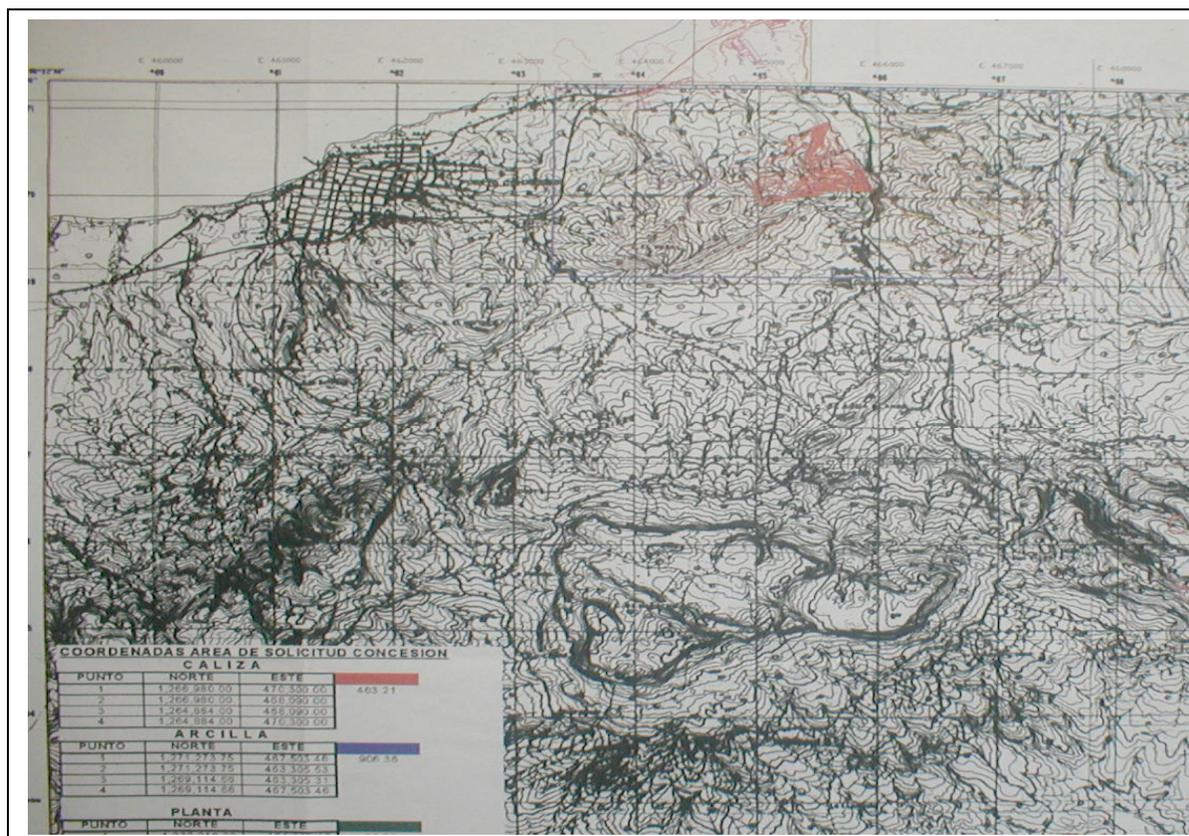


Figura 1.1 Mapa Hoya de los Hueque y Ricoa. (Carta 6350-III-NE).

1.4.2 Vialidad de Acceso.

La carretera Nacional Morón-Coro se desplaza paralelamente al lindero Norte, bifurcación de dos vías de paso a la localidad, una en la entrada Este y la otra a la entrada Oeste (Ver Figura 1.2). Dentro de la Planta existe una red vial de servicios para el desarrollo de las instalaciones.



Fuente: <http://www.a-venezuela.com/mapas/map/html/estados/falc.html> - 4k

Figura 1.2 Mapa de Ubicación Estado Falcón.

1.4.4 Ubicación de las Canteras

1.4.4.1. Ubicación y acceso de la cantera de Caliza

La cantera de caliza se ubica en el cerro Mampostal, Municipio Autónomo Zamora del Estado Falcón, el cual se encuentra aproximadamente a 7.5 kilómetros al sur de la Planta de Cemento (Ver Figura 1.3 y Foto Aérea 2), y tiene coordenadas UTM centrales, este 469.000 y norte 1.266.000 respectivamente. El acceso a la cantera es vía Tucupido – Zazárida a la altura de Puerto Cumarebo

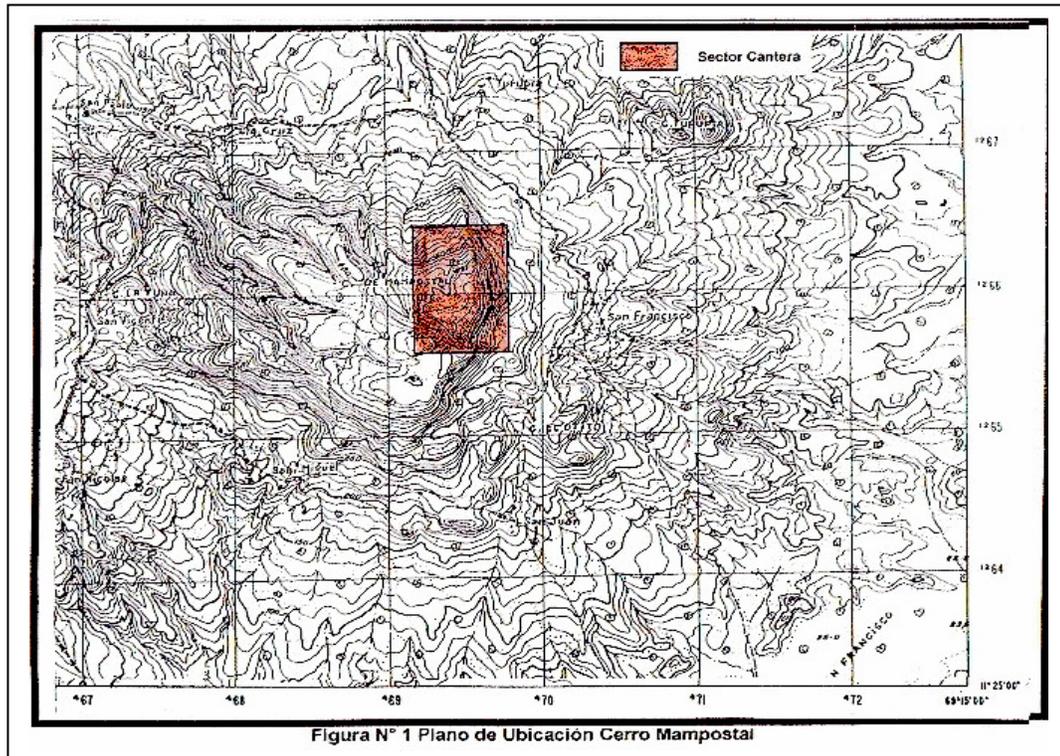


Figura 1.3 Mapa de Ubicación Cantera de Caliza (Cerro Mampostal).



Foto Aérea 1 Cerro Mampostal

1.4.4.2. Ubicación y acceso de la cantera de Arcilla

La cantera de arcilla se encuentra ubicada en el Fundo “Monte Oscuro“, en el cerro El Veral (*Ver foto aérea 1*), a 1,5 Km de la planta y su acceso es por caminos interiores de la misma, y tiene coordenadas UTM centrales; este 465.200 y norte 1.270.300 respectivamente.



Foto Aérea 2 Cerro El Veral.

CAPITULO II

GEOLOGÍA

Este capítulo representa el estudio de las características geológicas a nivel regional, describiendo las formaciones que conforman el estado Falcón y a la vez la descripción geológica del área donde se desarrollo el trabajo especial de grado.

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

2.1.1 Formación CAUJARAO - NEOGENO (Mioceno Medio a Plioceno Temprano)- Estado Falcón

2.1.1.1 Consideraciones Históricas

Según Lexico Estratigráfico Wiedenmayer (1937) introdujo el nombre de "tramo de Caujarao" para designar los afloramientos de calizas fosilíferas, arcillas, margas y areniscas, ubicadas entre la quebrada Cujima y el caserío de Caujarao; mencionó espesores y la restringió al Mioceno Medio. González de Juana (1937) indicó que los términos Damsite y Caujarao eran sinónimos y elevó a este último a rango formacional; en la estructura de La Vela ubicó la caliza de divide en la base de la unidad y los horizontes medios los reconoció como equivalentes a la Caliza de Cumarebo.

2.1.1.2 Localidad Tipo

Sección en el río Coro, incluyendo la represa colonial sobre el río, cerca de Caujarao, a 3 Km. al sur de Coro, distrito Miranda, estado Falcón.

2.1.1.3 Descripción Litológica

Consiste principalmente de lutitas arcillosas, con intercalaciones de margas y calizas fosilíferas, topográficamente muy prominentes, y algunas capas de arenas de grano fino en su parte inferior.

2.1.1.4 Espesor

En la localidad tipo, tiene unos 1.220 m, de los cuales, 646 m corresponden al Miembro El Muaco, 331 m al Miembro Mataruca y 245 m al Miembro Taratara.

2.1.1.5 Extensión Geográfica

La Formación Caujarao se extiende desde Sabaneta, al oeste hasta la región de Tocópero, al este.

2.1.1.6 Contactos

La Formación Caujarao es concordante y transicional con la Formación Socorro.

2.1.2 Miembro CUMAREBO, Caliza de (Formación Caujarao)- NEOGENO (Mioceno Tardío-Plioceno Temprano)-Estado Falcón

2.1.2.1 Consideraciones Históricas

Liddle (1928) mencionó la Caliza de Cumarebo como sinónimo de Caliza de Capadare. González de Juana (1937) empleó el término Caliza de Cumarebo, describió su litología y sus relaciones laterales. Payne (1951) la consideró como miembro de la Formación Caujarao en el área de Cumarebo. Giffuni (1980) estudió la unidad en el cerro Mampostal, el más oriental de los cuerpos calcáreos que conforman el miembro. Giffuni *et al.* (1992) definieron la edad y la estratigrafía secuencial de la unidad en el área al este de Cumarebo, incluyendo dentro de la Caliza de Cumarebo al Miembro Corocorote de Payne (1951)

2.1.2.2 Localidad Tipo

Escarpado norte del cerro Los Indios, al sureste del campo petrolífero Cumarebo, distrito Zamora, estado Falcón (Dusenbury, LEVI, 1956).

2.1.2.3 Descripción Litológica

La Caliza de Cumarebo es maciza a pobremente estratificada, de color blanco amarillento con manchas rojizas, blanda, porosa y cavernosa. Según Giffuni (1980) las calizas son bioclásticas, constituidas fundamentalmente por fragmentos esqueléticos de moluscos y algas calcáreas, algunos foraminíferos y equinodermos, con frecuente bioturbación.

2.1.2.4 Espesor

Payne (1951) indica un espesor de 100 m en la localidad tipo del cerro de Los Indios. Giffuni (1980) midió 280 m en el cerro Mampostal, incluyendo la caliza de Corocorote.

2.1.2.5 Extensión Geográfica

La Caliza de Cumarebo se reconoce desde el suroeste del campo de Cumarebo (Guaibacoa), al oeste, al cerro Mampostal (sur de Tocópero), al este.

2.1.3 Formación EL VERAL - NEOGENO (Plioceno Temprano a Tardío)-
Estado Falcón

2.1.3.1 Consideraciones Históricas

González de Juana (1937) publicó el nombre de "paquetes de El Veral", simultáneamente con Suter (1937), quien empleó el nombre de "capas de El Veral" para designar unas capas de calizas arenosas, limolíticas y conglomeráticas expuestas en la Fila El Veral, al sureste de Puerto Cumarebo. González de Juana (1937) consideró el paquete El Veral, como equivalente del Miembro Curazaíto de la

Formación La Vela. Payne (1951) empleó el nombre Formación El Veral, propuso la sección tipo y describió la litología y los contactos de la unidad.

2.1.3.2 Localidad Tipo

Extremo occidental de la Fila El Veral, a unos 500 m al norte del campo Cumarebo, distrito Zamora, estado Falcón. Hoja 6350 escala 1:100.000, Cartografía Nacional.

2.1.3.3 Descripción Litológica

Consiste de arcillas glauconíticas intercaladas con calizas detríticas, con granos de cuarzo y ftanita; algunas intercalaciones de arcilla contienen foraminíferos. Localmente presenta una capa basal con cantos de calizas, areniscas y ftanitas (Payne, 1951).

2.1.3.4 Espesor

En la fila El Veral, la unidad tiene unos 210 m, al oeste de esta localidad aumenta de espesor; al este de campo Cumarebo alcanza unos 360 m; en el río Cumarebo, Díaz de Gamero (1968).

2.1.3.5 Extensión Geográfica

La unidad se reconoce desde el extremo occidental de la Fila El Veral hasta la región de Tocópero, al este del campo de Cumarebo.

2.1.4 Formación TUCUPIDO - NEOGENO (Plioceno Tardío) - Estado Falcón

2.1.4.1 Consideraciones Históricas

Payne (1951) introdujo el nombre de Formación Tucupido, para describir depósitos de playa y marinos de aguas someras, localizados en una estrecha franja al norte de campo Cumarebo.

Giffuni (1988), ofrece una detallada descripción litológica y del contenido fosilífero de la Formación Tucupido en sus afloramientos de la región de Tocópero-Tucupido. Giffuni *et al.* (1992) interpretan la estratigrafía secuencial de la unidad.

2.1.4.2 Localidad Tipo

Payne (1951) designó la localidad tipo entre Tucupido y La Providencia (Santa Rosa en los mapas modernos).

2.1.4.3 Descripción Litológica

La unidad consiste en calizas con algas, intercaladas con calizas arenosas y conglomeráticas; localmente contiene arcillas verdosas gris azul, con intercalaciones de areniscas, capas con ostras y *Pecten* (Suter, 1937; Payne, 1951). Giffuni (1988) caracteriza a la Formación Tucupido como constituida por areniscas calcáreas y calizas arenosas interestratificadas con lutitas limosas y margas.

2.1.4.5 Extensión Geográfica

Se reconoce en una franja costera desde Puerto Cumarebo hasta la desembocadura del río Ricoa, estado Falcón.

2.1.4.6 Contactos

Payne (1951) indica un contacto inferior discordante con la Formación El Veral. Giffuni (1988). El contacto superior es discordante con depósitos cuaternarios.

2.2. GEOLOGÍA LOCAL

2.2.1. Cantera de Caliza

La geología del área está denominada por una secuencia Cenozoica Oligomiocena y Pliocena de sedimentitas marinas y de ambiente trancisionales de plataforma y llanura de inundación, cuya denominación es la siguiente: Formación Socorro, Caujarao, El Veral, Tucupido y depósitos Cuaternarios.

En el área del Cerro Mampostal, afloran calizas arrecifales del miembro Cumarebo. El yacimiento consiste de una gran bioherma estratificada de coral y algas, cuyos espesores varían entre 0 y 120 metros; este bioherma (cuerpo lenticular

de origen orgánico dentro de estratos de diferentes litologías), se encuentra cubierto por una serie de lutitas margosas y biostromas calcáreos (capas de caliza paralelas a la estratificación general).

2.2.2. Cantera de Arcilla

La geología del área se encuentra en la Formación El Veral, la cual yace aparentemente discordante (según algunos autores), sobre el Miembro Turupia de la Formación Caujarao. El Miembro Turupia y el Miembro Corocorote de la Formación Caujarao, afloran fuera de las áreas en estudio, entre el Cerro Mampostal y el Cerro El Veral.

Esta formación se compone de sedimentos netamente marinos, los que se pueden dividir en las siguientes tres unidades:

Unidad A (inferior):

Se compone de una intercalación de más de 110 metros de lutitas arcillosas de color oscuro, lutitas arenosas ligeramente calcáreas, con algunos bancos arenosos, arcillas y bancos de ostreidos.

Unidad B (media):

Conformada por un banco potente de aproximadamente 20 metros de lutitas oscuras, con capas y lentes delgados areno - margosos.

Unidad C (superior):

Constituida por aproximadamente 35 metros de lutitas arcillosas, arenosas y margosas de colores gris oscuro y amarillo con algunos niveles fosilíferos. La calcificación ha sido intensa en toda la unidad, pero es más aguda hacia el Sur-Oeste.

2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

La tectónica de plegamiento y fallamiento en el norte de Venezuela se explica por los esfuerzos de tensión y fricción generados por el contacto entre la Placa del Caribe (con movimiento general del W al E) y la Placa Sur Americana (con movimiento vectorial general del SEE al NWW). Dicho contacto de estas placas tectónicas ha generado plegamientos sub-paralelos con una dirección preferencial SWW_NEE, en el norte de Falcón, así como una serie de fallamientos normales de ángulo alto, escalonados o *en_echelon* con rumbo general NW_SE, y con una componente de fallamiento de rumbo o *strike_slip* generalmente dextrógiro.

De los plegamientos generados por el tectonismo regional, el Anticlinal del Río Ricoa es la estructura que domina el rumbo y buzamiento general de toda la secuencia estratigráfica tanto del área de la Cantera de Caliza como del sector “El Veral” área de la cantera de Arcilla.

En el sector de la cantera de arcilla, esfuerzos distensionales generados un fallamiento normal con rumbo preferencial NWW-SEE. Regionalmente, parece ser que este fallamiento también tiene una componente importante de *strike_slip*.

Las capas buzán en promedio entre 5 a 19 grados hacia el norte, pero pueden llegar a ser 45 grados en inmediaciones de la gran falla que atraviesa la cantera

Los espesores de las capas son variables y parecen engrosarse hacia el Nor_este.

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO - NATURALES

Al igual que el capítulo anterior aquí se describen otros aspectos importantes de las canteras, estos son los datos climáticos, de vegetación, fauna recursos hídricos, y tipo de suelos.

2.4.1 CLIMA Y VEGETACIÓN

En la zona es bastante apreciable la variación térmica, de registros variables desde la orilla del mar hasta las crestas montañosas sureñas; las temperaturas varían desde la máxima anual de 37.4 °C, media anual de 27.3 °C, y una mínima anual de 17.2 °C. Los índices pluviales registrados para la zona de Cumarebo dan una media anual de 959mm.

El patrón general de las precipitaciones se caracteriza por un aumento en el volumen de lluvias de precipitación de 959 mm media anual. Este régimen de lluvias presenta grandes contraste en el volumen de precipitaciones de un año a otro.

2.4.2 FISIOGRAFÍA

La zona esta ubicada sobre las estribaciones más bajas de los avances Costeros formados por el Ramal Orográfico de Cumarebo, hacia la parte Oriental de la Sierra de San Luis. El relieve de esta región es bastante irregular, hacia el sur una abrupta Serranía cuya cresta conforma una muralla de corte vertical, originada por fallas tectónicas, mostrando el esqueleto rocoso de naturaleza calcárea.

Hacia el noreste, los procesos erosivos geológicos y antropicos han formado un paisaje accidentado de Piedemonte, La cota más elevada se encuentra a unos 450 m.s.n.m.

2.4.3 SUELOS

Son suelos de origen sedimentario y en su composición física participan materiales aluvionales procedentes de las áreas superiores y acumulados a lo largo del plano costanero por los procesos erosivos de lavado y acarreo de las aguas pluviales.

CAPITULO III

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

3.1 DESCRIPCIÓN DE CEMENTOS CARIBE, C.A., PLANTA CUMAREBO

La empresa Cementos Caribe, C.A., fue creada con el propósito de satisfacer el creciente mercado de cementos de Venezuela y el exterior, respondiendo a las necesidades de los consumidores y aprovechando la disponibilidad de materia prima en el país (Cementos Caribe, 1980).

Así se tiene que, actualmente, produce tres (3) tipos de cementos con calidad de exportación: Cemento Tipo I, II y I (SM). La planta en su conjunto esta integrada por las siguientes partes:

Cementos Caribe, fue formada por un grupo de profesionales, ligados en su mayoría a la industria de la construcción, los cuales, al estar conscientes del alto y creciente consumo de cemento que venia presentándose en Venezuela y al vislumbrarse por lo tanto un déficit en la producción de este producto básico, se dieron a la tarea de crear una moderna industria de cemento, cónsona con la demanda del mismo en un futuro cercano, en nuestro país y con miras a la exportación. La empresa fue fundada en octubre 1974; y su planta productora de cemento situada en Puerto Cumarebo, Estado Falcón, empezó a producir y a vender en el ámbito comercial en octubre de 1979 (Cementos Caribe, 1980).

Un estudio realizado por Holderbank Management & Consulting, Ltd. , de Suiza en 1975, posicionó a Venezuela entre los países donde el grupo Holderbank opera plantas de cemento, como el país con mejores condiciones para la producción y el mercadeo de cemento, tomando en consideración los precios de venta y los costos de energía de estos países.

En sus inicios, el 90% de las acciones de Cementos, Caribe C.A., Planta Cumarebo, eran propiedad del Estado y solamente un 10% pertenecía a Holderbank. En el año 1993, Holderbank adquiere el 100% de las acciones de la compañía, produciéndose la privatización total de esta importante industria cementera.

3.3 GRUPO HOLCIM

A finales de la década de los noventa, la corporación Holderbank decide cambiar su nombre a Holcim como parte de una estrategia corporativa de marca, orientada a consolidar su nombre como industria cementera a nivel mundial. Actualmente, el grupo Holcim es uno de los productores y proveedores de cemento más grande del mundo con unidades de negocios ubicadas en 70 países de todos los continentes. En el año 2001, este importante grupo cementero registro un total de ventas por el orden de los 14 billones de Francos Suizos, empleando a más de 47.000 personas alrededor del mundo.

El Grupo Holcim reafirma su posición actual y futura en el mercado mundial de cemento, a través de estrategias de mercado orientadas hacia la generación nuevos productos, la capacitación de su capital humano y la implementación eficiente de sistemas de gestión ambiental en sus unidades de negocio (Holcim Group, 2002). La adopción total de Cementos Caribe C.A., Planta Cumarebo dentro del grupo Holcim ha sido parte de un proceso que se inició en Venezuela a mediados del año 2001, cuya culminación está prevista para finales del año 2007.

Una vez que esto suceda Cementos Caribe C.A., Planta Cumarebo cambiará su razón social a “Holcim de Venezuela, Puerto Cumarebo” (Gerencia Planta, 2002).

En el año 2002, Planta Cumarebo llevó a cabo la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) ISO 14001, comprometiéndose “a proveer los recursos esenciales: Humanos, tecnológicos, financieros y del negocio” para el alcance de sus

metas y su “continua sustentabilidad en el tiempo”, reiterando su convicción de conservar el medio ambiente para las generaciones futuras.

3.4 VISION, MISION Y DE LA EMPRESA

3.4.1 Visión

Crear los cimientos para la sociedad futura. Por eso la conciencia del Desarrollo Sostenible es al mismo tiempo valor agregado de nuestra operación, y una responsabilidad con la sociedad presente y futura. El compromiso de Holcim (Venezuela) C.A. se demuestra con hechos.

3.4.2 Misión

Ser la compañía más respetada y exitosamente operada en la industria del Cemento en Venezuela, creando valor para nuestros clientes, empleados, accionistas y comunidades en donde realizamos nuestras actividades.

Así garantizamos un desempeño industrial y comercial exitoso, en medio de una competencia cada vez más fuerte.

3.4.3 Metas

Nuestras metas son las que nos guían para conseguir los resultados que esperan de nosotros:

- Establecer continuamente los más elevados estándares de satisfacción del cliente de nuestra industria, a través de productos y servicios innovadores.

- Asegurar una posición competitiva más fuerte en nuestros mercados, a través del diseño de productos creativos y la excelencia operacional.
- Tener las mejores alianzas con nuestros proveedores para obtener el mejor costo-beneficio en el abastecimiento para el grupo y para nuestros clientes.
- Ser reconocidos como empleadores de primera.
- Ser una organización multicultural, “empoderando” a nuestros empleados de todos los niveles, e integrándolos completamente dentro de nuestra red global.
- Expandir selectivamente nuestro portafolio mundial de compañías.
- Demostrar continuamente nuestro compromiso con el desempeño ambiental sostenible y jugar un rol visible de líder en responsabilidad social, dentro de nuestro ámbito de influencia.
- Mantener un diálogo activo con los gobiernos, organizaciones internacionales y no gubernamentales, que nos permita ser reconocidos como un socio valioso y confiable.
- Tener un desempeño financiero a largo plazo y ser la organización más recomendada en nuestra industria

3.5 ANTECEDENTES HISTORICOS.

- 1974: Se funda Cementos Caribe
- 1977: Se inicia la construcción de la planta Cumarebo
- 1979: Puesta en marcha de la planta de 1.000.000 toneladas
- 1993: Cementos Caribe pasa a formar parte del grupo de empresas Holcim (empresa cotizada en la bolsa de valores)
- 1993: La planta Cumarebo obtiene la certificación ISO 9002
- 1995: Se fusionan Cementos Caribe y Conceca y se torna 100% filial de Holcim C.A.
- 1995: Se instala el bag-house principal sustituyendo el antiguo electrofiltro

- 2002: La planta Cumarebo es la primera fábrica de cemento en Venezuela que obtiene la certificación ISO 14001
- 2003: La planta Cumarebo logra por primera vez 0 accidentes
- 2003: En agosto cambio su razón social a Holcim (Venezuela) C.A.
- 2004: Planta Cumarebo, Integra y realiza la auditoria combinada de los Sistemas de Gestión de la Calidad (9001:2000) y Medio Ambiente (14001:2002)
- 2004: Se certifica con el Código de Protección de Buques e Instalaciones Portuarias ante el Instituto Nacional de Espacios Acuáticos (INEA)

3.7 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La estructura organizativa de la empresa permite mantener una clara línea de autoridad desde el nivel más alto hasta el más bajo dentro de la estructura. (Ver figura 3.1)

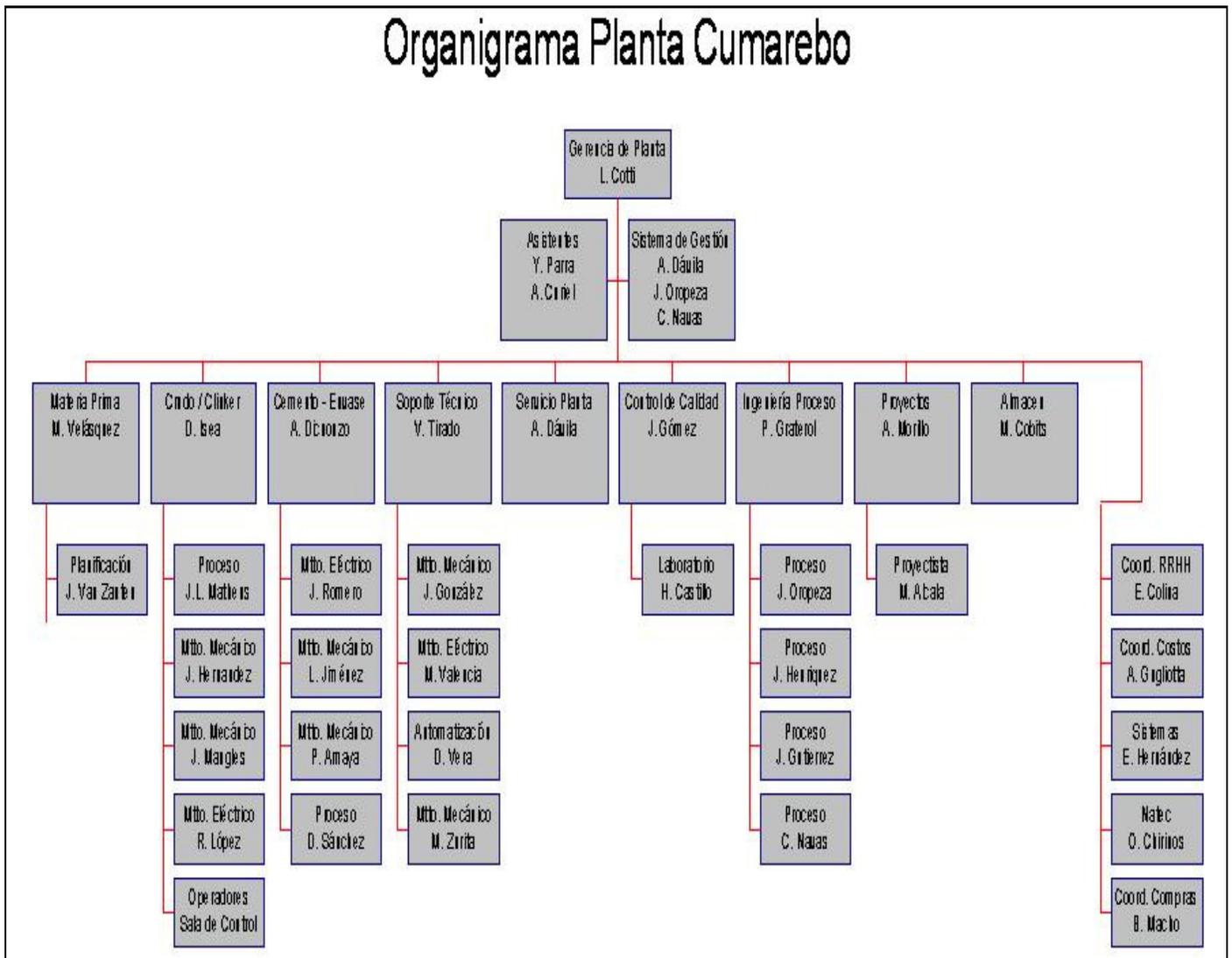


FIGURA 3.1 Organigrama de la Planta Cumarebo

3.8 ORGANIGRAMA DE MATERIA PRIMAS

El nivel de Materias Primas se encarga de la planificación, extracción y transporte del mineral hacia la planta de trituración para la elaboración del cemento. (Ver figura 3.2)

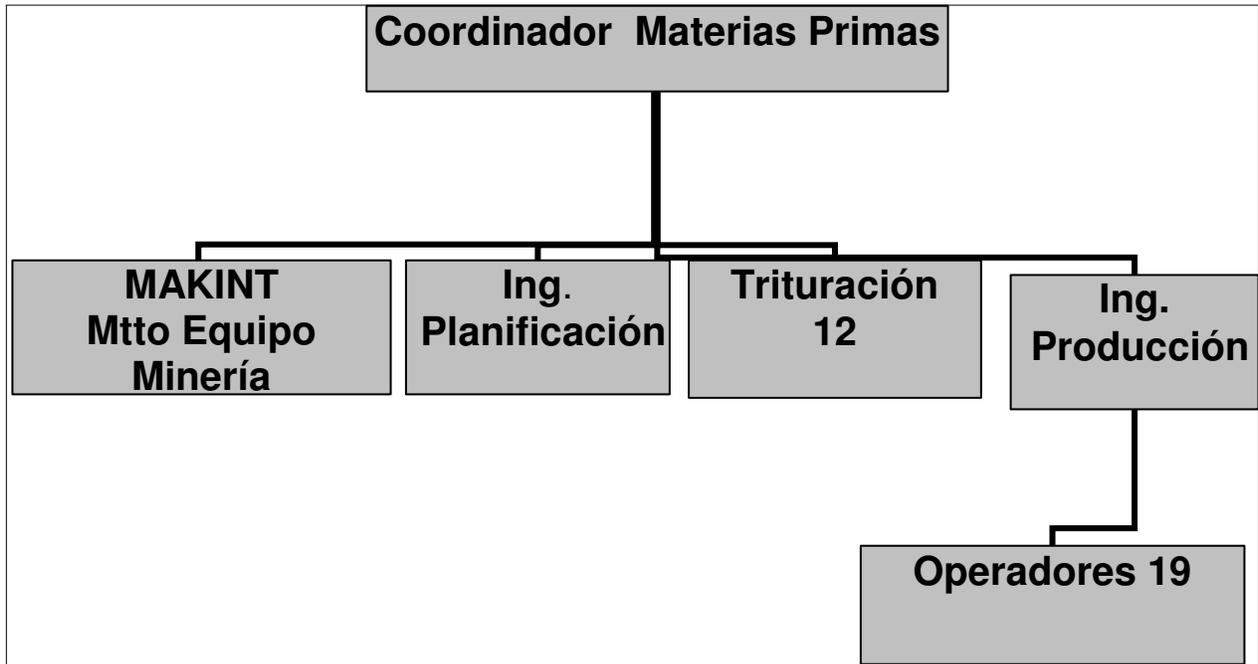


FIGURA 3.2 Organigrama de materias primas

3.9 FASES PROCESO DE PRODUCCION.

3.9.1 Fase 1. Extracción de materias primas

3.9.1.1 Método de explotación:

3.9.1.1.1 Cantera de Caliza

La explotación de las calizas del Cerro Mampostal, corresponde a una extracción a cielo abierto por el método de terrazas (bancos), comprendiendo operaciones unitarias (perforación, voladuras, carga, transporte por camiones, trituración y transporte a planta).

3.9.1.1.2 Cantera de Arcilla

La explotación de las arcillas del Cerro El Veral, se realiza a cielo abierto, mediante una retroexcavadora que ejecuta el arranque del mineral utilizando el método de terrazas (bancos), no siendo necesario el uso de perforación y voladura.

3.9.1.1.3 Flota de Equipos

A continuación se detallan los equipos de minería, tanto principales como auxiliares, que son utilizados actualmente en las canteras para cumplir con el ritmo de producción establecido. (Ver tablas 3.1 y 3.2).

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD
Camión Mack Granite	4	24 ton.
Camión Cisterna	1	9,000 lts
Retroexcavadora Komatsu PC400-7	1	450 t/h

TABLA 3.1 Flota de equipos utilizados en la cantera de Arcilla.

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD
Camión Komatsu HD 605-7	4	63 ton
Payloader Komatsu WA 700	2	8,7 m ³
Motoniveladora Komatsu GD675-3A	1	-
Retroexcavadora Komatsu PC400-7	1	1,9 m ³
Bulldozer Komatsu D275AX-5	1	-
Perforadora Tamrock Ranger 700-2	1	40 ml/h

TABLA 3.2 Flota de equipos utilizados en la cantera de Caliza.

3.9.2 Fase 2. Producción de cemento

3.9.2.1 Manejo de la materia prima

- **Materias primas tradicionales:**
Caliza, Arcilla, Yeso, Escoria, Correctivos: Pirofilita, limonita.
- **Almacenamiento de la materia prima**
Formación de pilas tanto de arcilla como de caliza. Se realiza una primera mezcla individual de las materias primas.
- **Molienda de crudo**
Después de la primera mezcla, se alimentan las materias primas al molino de crudo para obtener la harina cruda.
- **Pre calentamiento**
La harina es trasvasada de los silos de almacenamiento a una tolva de dosificación donde es alimentada al precalentador del horno. Esta etapa también contempla el proceso by-pass.
- **Cocción**
Este proceso se da en el horno donde, mediante varias reacciones, se produce el clinker.
- **Producción de clinker y cemento**
El material resultante de la cocción en el horno, se denomina Clinker que es el paso previo a la producción de cemento propiamente dicha.
- **Molienda**
- **Envase y despacho**
Después de preparado el cemento, se transporta hasta la ensacadora y desde allí se despacha a través del muelle, a embarcaciones o camiones, en sacos o a granel.

CAPITULO IV

MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

BASTARDO M, Adriana E. (2005) “Diseños de alternativas de plataformas para vías férreas del distrito ferrifero Piar CVG- Ferrominera Orinoco C.A., Ciudad Piar, Estado Bolívar”. Tesis, U.C.V. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

Objetivo: Diseñar el trazado para vías férreas alternas a la existente en el Distrito Ferrífero Piar, mediante los programas Land Development Desktop 2005 y Autodesk Civil Design, con el fin de establecer una solución para el transporte de más de 22 millones de toneladas (Tn) anuales de mineral de hierro de CVG-Ferrominera Orinoco C.A., Ciudad Piar, Estado Bolívar.

CASTILLO, Alba. (2003). “Curso de Control de Sedimentos en Minería a Cielo Abierto”. Instituto Tecnológico de la Facultad de Ingeniería UCV.

Objetivo: Crear conocimientos y herramientas para el control de residuos sólidos en suspensión en las fuentes hídricas.

RAMOS R, Jesús A, R (1999) “Evaluación y optimización de Operaciones Mineras en la Cantera Las Marías C.A”, Tesis, U.C.V. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

Objetivo: Este proyecto tiene por finalidad investigar la evaluación y optimización de las operaciones mineras, los métodos de carga y acarreo, en la cantera Las Marías. Estado Miranda.

TIRADO C. Juan y QUINTERO B. Luís (1991) “Criterios para la evaluación y cambio de estándar de vialidad rural”. Tesis, U.C.V. Escuela Civil. Departamento Vialidad.

Objetivo: Proponer una metodología que permita de manera integrada, evaluar las características de la vialidad rural para proponer acciones tendentes al cambio de estándar de vía existentes o si fuese el caso, conservación del estándar actual con acciones diferentes de mantenimiento mínimo de la vía.

AVENDAÑO, Rosa (1988) “Metodología actualizada para la localización de vías”. Tesis, U.C.V. Escuela Civil. Departamento Vialidad.

Objetivo: Comprende el estudio comparativo de todas las rutas posibles y convenientes para seleccionar, en cada caso la que ofrezca las mayores ventajas, tomando en cuenta los aspectos económicos, geográficos de la región.

BELLO, Ileana y SANCHEZ, María (1988) “Compendio de metodologías usuales en la construcción de vías”. Tesis, U.C.V. Escuela Civil. Departamento Vialidad.

Objetivo: Se exponen técnicas y normas referente a preparación del sitio destinado a la obra, técnicas para movimiento de tierras, replanteo de la geometría que define la misma y la superestructura de la carretera abarcando tanto base y sub-base como la construcción del pavimento en si.

AZUAJE S, Ana (1985) “Evaluación de la carretera Los Caracas – Chuspa”. Tesis, U.C.V. Escuela Civil. Departamento Vialidad.

Objetivo: Este proyecto tiene por finalidad evaluar la condición actual de la vía, y recomienda una serie de acciones y medidas tendientes a mejorar la situación de la vía Los Caracas – Chuspa. Estado Vargas.

BERMUDEZ, Edgar y MACHIN, Alvaro (1984) “Evaluación del sistema de drenaje en las carreteras que se encuentran en las zonas anegadizas de los estados Apure, Barinas y Guárico”. Tesis, U.C.V. Escuela Civil. Departamento Vialidad.

Objetivo: Evalúa y describe las distintas fallas que presenta el sistema de drenaje y propone soluciones y correctivos a las estructuras de drenajes existentes.

4.2 BASES TEÓRICAS

4.2.1 Operaciones básicas de producción

Las operaciones básicas de producción son aquellas que permiten llevar a cabo la extracción del mineral, estas son: arranque, carga y acarreo. El arranque es la operación inicial, y consiste en remover o fragmentar el material in situ para su posterior carga. Durante la carga el material es extraído con el fin de ser transportado para su beneficio. El acarreo es la última etapa de la extracción, mediante la cual el mineral es trasladado para su procesamiento.

La reducción de los tiempos de ciclos de dichas operaciones representa la meta a alcanzar en cualquier tipo de minería, ya que esto se traduce en una disminución directa del costo unitario de extracción. La operación más eficiente es por ende, aquella donde los tiempos muertos sean eliminados, lo que supone un perfecto balance entre las operaciones.

4.2.2 Ciclos de acarreo

En el método de explotación de canteras (quarry) el acarreo es realizado mediante el uso de camiones de volteo, por lo que el ciclo de acarreo se compone de:

- Tiempo de maniobra de carga: es el tiempo que el camión invierte en colocarse en una posición adecuada respecto a la pala para iniciar la carga de material.

- Tiempo de carga: representa el tiempo en que la pala carga la tolva del camión.
- Tiempo de viaje: se considera tiempo de viaje al invertido en llevar la carga desde el frente de explotación o zona de carga hasta la zona de descarga.
- Tiempo de maniobra de descarga: es el tiempo que invierte el camión para colocarse en la posición de descarga el material.
- Tiempo de descarga: representa el tiempo en que el camión eleva la tolva, descarga el material y la tolva vuelve a su posición horizontal.
- Tiempo de retorno: se considera el tiempo en el cual el camión una vez descargado vuelve a la zona de carga del material.
- El acarreo representa el 50% del costo operativo de una operación minera, por lo que para maximizar la productividad, es decir aumentar el número de viajes por hora, se requiere considerar los siguientes aspectos:
- Para reducir los tiempos de maniobra tanto de carga como de descarga deben disponerse de áreas con dimensiones, tales que la maniobra se realice con la menor cantidad de movimientos posibles. Además de las dimensiones, la superficie del área de carga y descarga juega un papel importante, dado que un área con desniveles dificulta el desarrollo de las maniobras.
- En lo que refiere a los tiempos de carga es determinante la relación volumétrica existente entre las capacidades de los equipo de carga y los equipos de acarreo, de manera general se consideran eficientes que la relación sea de cuatro a cinco paladas por camión.
- Las condiciones de la vialidad inciden directamente en los tiempos de viajes y retorno. Las pendientes longitudinales y el peso que lleva el camión determinan la potencia requerida y las velocidades que este puedan alcanzar. De manera similar la presencia de curvas e imperfecciones en la superficie de rodamiento aumentan los tiempos de viaje lo cual obliga a reducir las velocidades de los camiones.

- El estudio de los ciclos de acarreo implica orientar las variables de diseño hacia la reducción de los tiempos para garantizar un aumento de la productividad y en consecuencia la disminución del costo unitario de extracción.

4.2.3 Investigación operativa sobre el transporte

La investigación operativa puede definirse como un conjunto de métodos y técnicas científicas orientadas a estudiar y optimizar la operación de un sistema de producción. Es una ciencia gerencial aplicable a un sin de áreas del conocimiento, que mediante el método científico, diagnóstica o detecta las fallas o procesos dentro del sistema, susceptibles a mejorar. La investigación operativa se vale de diversas herramientas de carácter práctico como la simulación estocástica.

4.2.3.1 Simulación Estocástica

La simulación estocástica es una técnica que permite imitar el funcionamiento de un sistema real que evoluciona en el tiempo según un modelo probabilístico. Es una herramienta que resulta de gran utilidad para estudiar problemas complejos donde intervienen un gran número de variables, como es el caso del acarreo minero.

4.2.3.2. Teoría de Colas

El estudio de sistemas de líneas de espera se simula mediante la teoría de colas. Es un método estocástico donde la demanda por un determinado servicio excede la capacidad de prestarlo, en estos casos, el proveer un exceso de capacidad de servicio representa un aumento en los costos operativos de dichas estaciones, mientras que operar con un déficit incide sobre los costos directos.

El estudio de la teoría de colas se compone de dos partes: la primera está definida por el estudio matemático de un sistema en operación, a fin de determinar ciertos parámetros tales como la longitud media de la línea de espera y los tiempos de espera por unidad. En la segunda parte se desarrolla el análisis de varias formas de operación, siendo el criterio de evaluación meramente económico.

4.2.4 Indicadores de productividad

Para evaluar el rendimiento de las operaciones mineras se dispone de indicadores técnicos y económicos que sirven de criterio de decisión.

4.2.4.1 Indicadores Técnicos

- **Productividad:** es la relación entre la producción por unidad de comercialización (metros cúbicos, toneladas, etc.) en función del tiempo en que han sido producidas dichas unidades, generalmente en horas.
- **Disponibilidad Mecánica:** es la relación entre el tiempo u horas trabajadas y el tiempo u horas trabajadas más las horas de reparación, es decir, horas trabajadas y horas que debió trabajar el equipo.

$$DM(\%) = \frac{\text{Horas_trabajadas}}{(\text{Horas_trabajadas} + \text{Horas_reparación})} * 100 \quad (4.1)$$

- **Disponibilidad Física:** es la relación entre las horas que el equipo estuvo disponible para operar y las horas totales.

$$DF(\%) = \frac{\text{Horas_trabajadas} + \text{Horas_stand_by}}{(\text{Horas_totales})} * 100 \quad (4.2)$$

- **Uso de la Disponibilidad:** es el porcentaje de tiempo que el equipo estuvo operando respecto a las horas en que pudo haber estado operando.

$$\text{Uso}(\%) = \frac{\text{Horas_trabajadas}}{(\text{Horas_trabajadas} + \text{Horas_stand_by})} * 100 \quad (4.3)$$

Utilización Efectiva: es el porcentaje total de uso del equipo.

$$\text{Util.Efec.}(\%) = \frac{\text{Horas_trabajadas}}{(\text{Horas_totales})} * 100 \quad (4.4)$$

4.2.4.2 Indicadores económicos

- **Factor de carga (Load Factor):** es para un vehículo, el porcentaje promedio de carga, resultante de su operación anual, comparada con su capacidad. Desde luego que para un bajo porcentaje de carga, resulta un alto coeficiente de operación y un bajo coeficiente de tolerancia.
- **Costo Unitario:** cuantía representativa de la suma de gastos realizados para obtener una producción, dividida por el número de unidades producidas. Los análisis de costos unitarios, unidos a los diagramas del costo anual de operación, pueden darnos una idea de las condiciones de utilización de los equipos. Estos conceptos deben condensarse en los dos factores siguientes:

$$\text{Factor del Equipo} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Capacidad óptima}} \quad (4.5)$$

La condición F.E. < 1, indica que está trabajando a baja eficiencia, lo que se traduce en alto costo unitario y esto también puede decirse cuando se tiene: F.E.>1. La utilización óptima de un equipo, será cuando este factor difiera muy poco de la unidad.

La carga real al ser transportada por un camión va depender principalmente de tres factores: la relación volumétrica entre el volumen suelto y volumen banco del material a transportar (factor de esponjamiento); el volumen excedente a la

capacidad real que dicho equipo pueda manejar y la relación con el volumen manejado por el equipo de carga.

4.2.5 Diseño de vías

El estudio y proyecto de vías abarca las siguientes fases:

- Selección y evaluación de rutas
- Estudio de los trazados alternos
- Evaluación de los trazados
- Elaboración del proyecto de vía

La primera etapa en la elaboración de un proyecto vial consiste en el estudio de las rutas. Por ruta se entiende la faja de terreno, de ancho variable, que se extiende entre los puntos terminales que se quieren comunicar y dentro de la cual podrá localizarse el trazado de la vía.

La localización de una vía está influenciada por diversos factores, entre los cuales destacan:

- Topografía. Es uno de los factores principales y determinantes en el estudio de las rutas, puesto que afecta los alineamientos, pendientes, visibilidad y sección transversal de la vía.
- Características físicas y condiciones geológicas. La presencia de zonas inestables, la secuencia estratigráfica, las características litológicas, las características geotécnicas, son factores muy importantes en la selección de una ruta.
- Restricciones ambientales. Deben considerarse los factores relacionados con el control de la contaminación, limitación de los ruidos, uso de la tierra, etc.

Para el diseño de vías deben tenerse en cuenta dos aspectos: la geometría vial y la estructura de la vía.

4.2.5.1 Diseño geométrico

Para el diseño de una vía el punto de partida es definir la trayectoria de la vía, la cual debe ser lo más corta y más recta posible, además de considerar las variaciones en los puntos de carga y descarga, para permitir el pivoteo de la misma. Una vez que se define una trayectoria posible se procede a elaborar los cálculos de corte y relleno, los cuales se tratan de equiparar en magnitud de volumen o en su defecto que el relleno sea ligeramente superior, lo que se traduciría en un menor tiempo de construcción de la vía. Para realizar los cálculos de los volúmenes asociados al corte y al relleno se deberán definir:

- **Ancho de vía.** Debe ser suficientemente amplia, por lo que se utiliza la siguiente relación:

$$A = a (0,5 + 1,5n) \quad (4.6)$$

Donde: A: ancho de vía

a: ancho de vehículo

n: número de carriles

- **Pendiente de la vía.** Es la relación que existe entre el desnivel que se debe superar y la distancia en horizontal hay que recorrer, lo que equivale a la tangente del ángulo que forma la línea a medir con el eje x, que sería el plano. La pendiente se expresa en tantos por ciento o en grados; y para calcular una pendiente basta con resolver (Tongo, F., 1982):

$$\text{Pendiente (\%)} = \text{Distancia vertical} \times 100 / \text{Distancia horizontal} \quad (4.7)$$

Estará definida por la potencia de los vehículos, la media para camiones es 8%. La mejor pendiente será aquella que permita obtener el ciclo de tiempo menor en el transporte.

- **Peralte.** Cuando un vehículo entra en una curva, además del peso y la reacción que el rozamiento, debido a la rotación produce en el terreno, aparece una nueva fuerza: la centrífuga. Esta fuerza origina dos peligros para la estabilidad del vehículo, el deslizamiento vertical y el peligro de vuelco. Para contrarrestar la fuerza centrífuga el peralte es calculado a partir de la siguiente igualdad:

$$e + f = v^2/127,14 R \quad (4.8)$$

Donde: e: tangente del ángulo de la superficie con la horizontal
 f: coeficiente de fricción
 v: velocidad en Km/h
 R: radio de curva en metros.

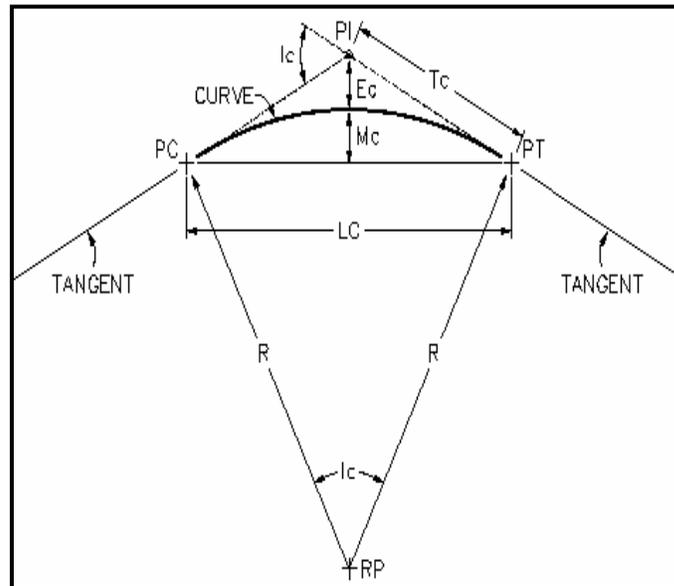
- **Transición del peralte.** En las uniones de tramos con diferentes peraltes es preciso establecer la longitud de pista en la que el peralte varía en forma gradual, y establece una zona de transición donde se trabaja con un gradiente de velocidad y pendiente transversal en una longitud de aproximadamente 30 metros.
- **Visibilidad.** Es importante para la seguridad la capacidad del conductor para ver a tiempo un riesgo potencial, por lo que deben evaluarse las distancias de frenado partiendo de una velocidad media hasta detener totalmente el vehículo, y en función de esta distancia se establecen y evalúan los puntos de visibilidad más cerrada, tales como curvas.
- **Pendiente transversal o bombeo.** Con el fin de conseguir un desagüe efectivo hacia los bordes debe darse una coronación el eje de la pista respecto a los bordes. Esta pendiente es del 1 o 2%.

- **Radios mínimos (curvaturas) y anchos de curvas.** Los radios mínimos no deben suponer un freno en la producción, por lo que las curvas deben tener un sobreebancho que garantice este aspecto.
- **Sobreebanchos y bermas mineras.** Los sobreebanchos se utilizan para servicios, seguridad y otros, y dependen del largo de la vía. Las bermas mineras consisten de un material en pila a los bordes de la vía de aproximadamente el 60 o 70% de la altura del caucho, y que actúa como soporte en el caso de volcamientos.
- **Rampas de frenado.** Dependiendo de la cantidad de vehículos en circulación, los ejes y la distancia de recorrido, resulta o no recomendable realizar rampas de frenado utilizando para ello camellones de piedra picada.

4.2.5.2 Alineamiento Horizontal: en el plano de una vía se distinguen dos tipos de alineaciones: rectas y curvas; las rectas se caracterizan solo por su longitud, debido a que es la forma más corta de unir puntos. Las curvas por el contrario dependerán de su radio, siendo generalmente más largas. A continuación se describen los componentes del alineamiento (Oliveros, et al, 1977).

4.2.5.2.1 Curvas Circulares: se clasifican en curvas simples, espirales, compuestas y reversas.

4.2.5.2.1.1 Curvas Simples: así se denomina a un arco de círculo simple que empalma dos tangentes, presentando el mismo grado de curvatura en toda su longitud y por consiguiente el mismo radio. Estas son utilizadas en patios, vías secundarias, “Y”; en donde las velocidades son bajas (Autodesk, 2004).



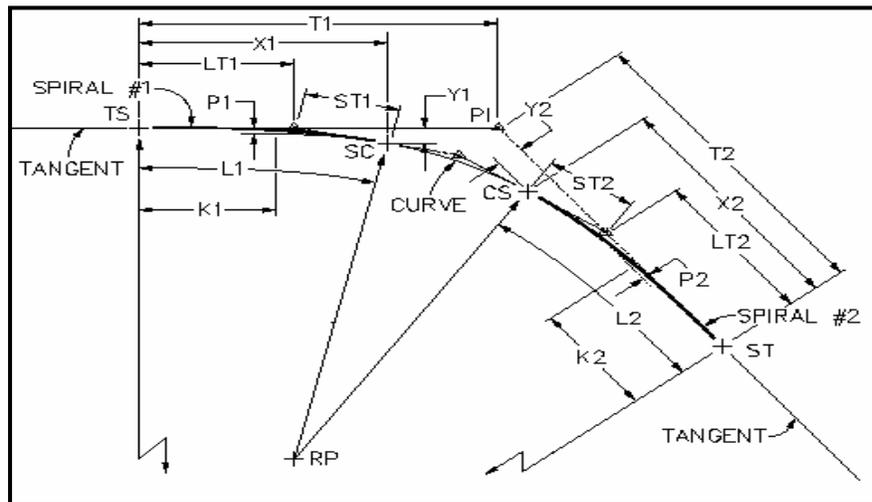
Fuente: Autodesk, 2004.

FIGURA 4.1 Curva circular simple.

La figura 4.1 describe una curva simple:

1. PC: Punto de la curvatura.
2. PI: Punto de la intersección.
3. PT: Punto de la tangencia.
4. RP: Punto del Radio.
5. R: Radio.
6. LC: Longitud del acorde largo.
7. I_c : Ángulo central de la curva circular.
8. E_c : Secante externa de la curva circular.
9. M_c : Ordenada media de la curva circular.
10. T_c : Longitud de la tangente de la curva circular.

4.2.5.2.1.2 Curvas Espiral: se usan para proporcionar una transición gradual de la curvatura en curvas horizontales. Su función más común es para conectar tramos rectos de un alineamiento con curvas circulares, disminuyendo así el cambio brusco de dirección que ocurriría en los puntos de tangencia. (Autodesk, 2004). (Ver fig. 4.2). Para la descripción de la curva espiral ver la tabla 4.1



Fuente: Autodesk, 2004.

FIGURA 4.2 Parámetros de una curva espiral

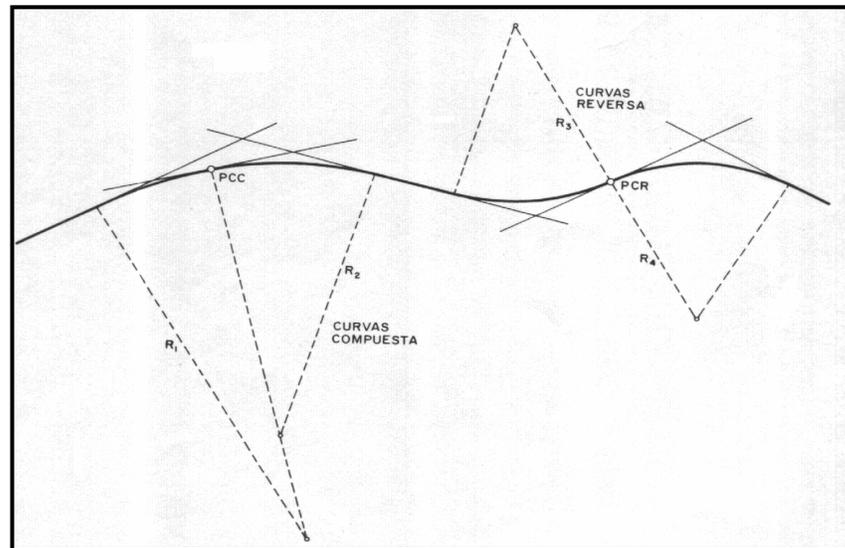
PARAMETROS	DESCRIPCIÓN
L1	Ángulo central Q de la curva espiral L1, que es el ángulo espiral. O longitud total del espiral de TS al SC.
L2	Ángulo central Q de la curva espiral L2, que es el ángulo espiral. O longitud total del espiral del CS al ST.
T1	Distancia total de la tangente de PI a TS.
T2	Distancia total de la tangente de PI a ST.
X1	Distancia de la tangente en el SC de TS.
X2	Distancia de la tangente en el CS de ST.
Y1	Distancia de la tangente en el SC de TS.
Y2	Distancia compensada en el CS del ST.
K1	La abscisa de la PC cambiada de puesto refirió a los TS.
K2	La abscisa de la PT cambiada de puesto refirió al ST.
LT1	Tangente larga de la espiral adentro.
LT2	Tangente larga de la espiral hacia fuera.
ST1	Tangente corta de la espiral adentro.
ST2	Tangente corta de la espiral hacia fuera.
PI	Punto de intersección.
TS	Punto del cambio de la tangente al espiral.
SC	Punto del cambio del espiral a la curva circular.
CS	Punto del cambio de la curva circular al espiral.
ST	Punto del cambio del espiral a la tangente.
RP	Punto de Radio.
R	Es el radio espiral en el SC o el CS.

Fuente: Autodesk, 2004

TABLA 4.1 Descripción de los parámetros de una curva espiral

4.2.5.2.1.3 Curvas Compuesta: es aquella formada por dos o más curvas circulares del mismo sentido y de distintos grados de curvatura en el alineamiento horizontal. Ellas se utilizan en topografía montañosa, haciéndose necesaria una espiral de transición de una curva a otra (Ver fig. 4.3).

4.2.5.2.1.4 Curvas Reversa: son compuestas por dos curvas en sentido opuesto con un punto de trayectoria en común llamado PCR, como se muestra en la fig. 4.3.



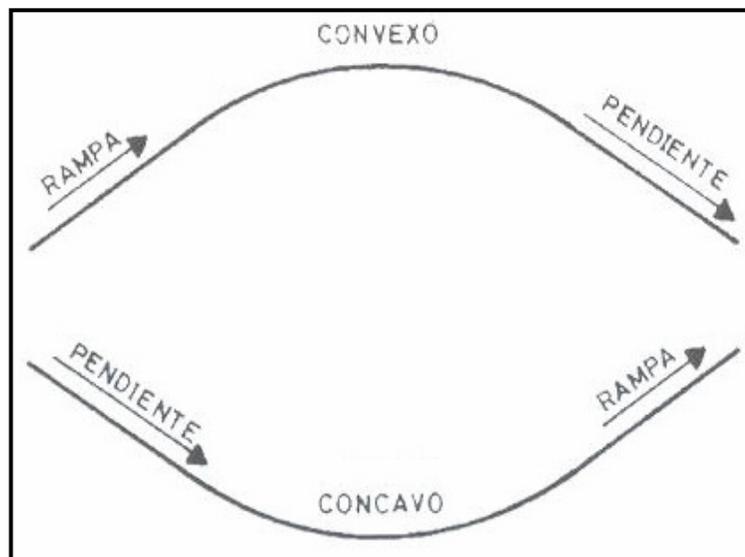
Fuente: Carciente, J., 1980.

FIGURA 4.3 Curvas compuestas y reversa.

4.2.5.2.1.5 Curvas de Transición: son empleadas para la unión de una curva circular con una recta, donde se quiere evitar el efecto de variar la fuerza centrífuga desde cero en la recta hasta su valor máximo en la curva. Carciente, J., (1980), señala que entre las curvas de transición más frecuentemente empleadas se encuentran: la espiral de Cornu o clotoide, el óvalo, la lemniscata de Bernouilli, la parábola cúbica, etc. De todas estas, la más ampliamente utilizada es la clotoide.

4.2.5.3 Alineamiento Vertical: está constituida por una sucesión de rectas y curvas, donde las rectas son aquellas cuya proyección sobre el plano es un arco de espiral y están caracterizadas en el perfil por su longitud y por la inclinación de sus planos tangentes en cada punto. Las curvas son usadas para conectar todos los cambios de pendientes (Oliveros, et al, 1977).

4.2.5.3.1 Curvas Verticales: Jiménez, M. (1978), es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectuó el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, de forma que facilite una operación de los camiones en forma segura y confortable. Por lo tanto, los enlaces se pueden hacer por medio de arcos de circunferencia caracterizados por su radio (Parábola de eje vertical), el cual debe ser el máximo posible, dependiendo de los valores de la rasante a unir y del volumen de movimiento de tierra que debe ejecutar. Según su configuración la parábola pueden ser: cóncavas (centro de curva por encima de la rasante) o convexas (centro de curva por debajo de la rasante), (fig. 4.4).



Fuente: Jiménez, M., 1978

FIGURA 4.4 Curvas verticales.

4.2.5.4 Estudio de ruta crítica en función del rendimiento

De acuerdo a lo planteado en el diseño geométrico de vías el estudio de la ruta representa el primer paso del diseño. En el caso particular de la vialidad minera esta ruta debe permitir mantener en un rango óptimo el rendimiento de la operación. Las distancias de acarreo así como las pendientes y curvas de la vía determinaran los tiempos de acarreo y por ende la productividad de los equipos de transporte, de esta manera la evaluación de las posibles alternativas de trayectos a considerar debe realizarse con base en los tiempos de viaje y retorno asociados a esas rutas.

Adicionalmente debe ser considerado el avance de la explotación lo que supone una continua ampliación en la longitud de la vía. En minería esta modificación en función del avance conlleva a manejar diferentes cotas a lo largo del tiempo, por lo que es muy útil encontrar un punto hasta el cual se mantenga un trayecto inicial fijo y a partir del cual se realicen los cambios en la pendiente. El manejo de los planes a largo plazo resulta de vital importancia cuando se requiere diseñar teniendo como meta optimizar el rendimiento de la operación minera.

4.2.5.5 Diseño estructural

El diseño estructural o la estructura de la vía o pavimento dependerá del uso y material de fundación y construcción.

4.2.5.5.1 Pavimento

Un pavimento es una superestructura compuesta generalmente por una base, una sub base y una capa o carpeta de rodamiento; diseñada para soportar las solicitaciones impuestas por el tránsito, de tal forma que las deformaciones sean mínimas y a la vez brinden seguridad y confort al usuario.

El pavimento puede ser flexible o rígido. En la vialidad minera generalmente se trabaja con una rasante tratada.

4.2.5.5.1.2 Función y Características de las diferentes capas de un pavimento flexible

4.2.5.5.1.2.1 Pavimento flexible

Un pavimento flexible consiste en una capa de rodamiento relativamente delgada, construida sobre capas de base y sub-base. Estas capas descansan sobre la sub-rasante compactada de la plataforma de la vía y constituyen los componentes estructurales del pavimento.

El espesor de cada una de las capas que forman el pavimento flexible depende de la capacidad de distribuir las cargas ejercidas por las ruedas de los vehículos, de tal forma que la carga que soporta la sub-rasante sea igualo menor que su capacidad de soporte.

4.2.5.5.1.2.2 Terreno de fundación

Es el suelo preparado y estabilizado que se coloca como fundación del pavimento. De su capacidad de soporte depende en gran parte el espesor que deberá tener el pavimento.

El terreno de fundación, según el material que lo compone, se puede clasificar de la siguiente manera:

a) Terreno de fundación pésimo; el cual tiene un alto contenido de materia orgánica, debe desecharse el material que lo compone, siempre que sea posible y sustituirlo por un suelo de mejor calidad.

- b) Terreno de fundación malo; se halla formado por un suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, habrá que colocar una sub-base de material seleccionado antes de poner la base.
- c) Terreno de fundación regular o bueno; está formado por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación, podría prescindirse de la sub-base.
- d) Terreno de fundación excelente, es decir, que tiene un valor de soporte elevado y no existe, además, la posibilidad de que se sature de agua, bastaría colocar encima la capa de rodamiento.

4.2.5.5.1.2.3 Sub – base

Es una capa material granular seleccionada que sirve de fundación a la base. Esta capa del pavimento flexible se suele omitir cuando el suelo de la sub-rasante tiene suficiente capacidad de soporte.

4.2.5.5.1.2.4 Base

Es una capa de material seleccionado que puede ser piedra, arrocillo, arena y granzón o una combinación de éstos materiales llamada integral; sin embargo, lo más recomendable es la piedra picada en forma de macadam hidráulico compactado.

Se utiliza también como base agregados minerales estabilizados con mezclas, tales como asfaltos, cal o cemento portland.

4.2.5.5.1.2.5 Capa de Rodamiento

Construida encima de la capa base. Es una mezcla de materiales granulares y asfálticos, constituye la parte superior de la estructura del pavimento.

Esta capa de rodamiento suministra al pavimento una superficie resistente a la abrasión del tránsito de vehículos, a los efectos des integrantes del clima, reducir la cantidad de agua superficial que penetra a la estructura, proporcionar resistencia a las deflexiones en la parte superior de la estructura del pavimento, reducir los esfuerzos

cortantes transmitidos a la capa de base subyacente y proporcionar una superficie antideslizante.

4.2.5.5.1.2.6 Estabilización

Existen procesos para mejorar el soporte de carga en un terreno, por lo que aplican tanto a vialidad como a escombreras, fundaciones, etc. La estabilización puede ser:

- Mecánica: que se produce por la combinación de agregados para densificar una superficie y otorgarle mayor cohesión.
- Química: se utiliza cuando no hay zonas de aporte para realizar la estabilización mecánica, puede hacerse con suelo-cemento o con asfalto.
- Electro química: se utiliza aceite sulfonado para reorientar las partículas eléctricamente.
- Eléctrica.
- Temperatura.

4.2.6 Diseño de drenajes

4.2.6.1 Diseño de Drenajes Superficiales

El objetivo del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar las aguas de escorrentía, tanto del talud, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio adecuado, lejos de las estructuras susceptibles al deslizamiento.

El agua de escorrentía debe, en lo posible, ser desviada antes de que penetre el área potencial de deslizamiento. Esto puede lograrse con la construcción de zanjas interceptoras en la parte alta del talud, denominadas Zanjas de Coronación.

En problemas de taludes no se recomienda la utilización de conducciones de agua por tuberías debido a la alta susceptibilidad a agrietarse o a taponarse, generando problemas de infiltración masiva concentrada.

4.2.6.2 Tipos de estructuras de drenaje

Las estructuras de drenaje van en función de la magnitud del caudal, régimen de fluido (crítico, sub-crítico o super crítico), pendiente del talud y sedimentos. Pueden ser longitudinales o transversales.

- **Longitudinales:** son las cunetas y canales; la principal diferencia entre ambas es la capacidad y la sección, las cunetas son de sección triangular y menor capacidad y los canales son de sección rectangular o trapezoidal y de mayor capacidad.
- **Transversales:** entre estas tenemos las alcantarillas, torrenteras, caídas, bateas, drenaje francés, pontones, puentes y enrocados.
- **Canales o zanjas de coronación:** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvia evitando su paso por el talud. La zanja de coronación no debe construirse muy cerca del borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en cortes recientes o de una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos ya producidos; o que se produzca una falla en la corona del talud o escarpe.

La finalidad de los canales o zanjas de coronación es interceptar el escurrimiento superficial y evitar la erosión. El diseño de los canales es a la vez un problema de orden hidrológico e hidráulico: se requiere determinar la cantidad de agua o caudal que llegará al canal y las dimensiones de la estructura adecuada para conducirla. Además, el canal debe ser económico en su construcción y requerir poco

mantenimiento, además de ser estéticamente agradable. Al diseñar una estructura de drenaje, uno de los primeros pasos a seguir consiste en estimar el volumen de agua que llegará a ella en un determinado instante. Dicho volumen de agua se llama Descarga de Diseño.

4.2.6.3 Diseño de caudal.

Para cuantificar los caudales de diseño de las obras de drenajes se emplea el método racional, el cual establece una fórmula empírica muy sencilla, con la cual se puede aproximar el caudal de una creciente sobre la base de una intensidad de lluvia promedio en milímetros por hora, para una determinada frecuencia y por un tiempo igual al del tiempo de concentración de la corriente.

De acuerdo con la fórmula racional:

$$Q = (C * I * A) / 3.6 \quad (4.10)$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m³/s).

C = Coeficiente de escorrentía adimensional (tabla 4.2).

I = Intensidad de la precipitación (mm/h). Correspondiente al tiempo de concentración

A = Área de drenaje (km²).

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C						
Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del Terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		50%	20%	5%	1%	
Sin Vegetación	<i>Impermeable</i>	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	<i>Semipermeable</i>	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	<i>Permeable</i>	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	<i>Impermeable</i>	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55
	<i>Semipermeable</i>	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	<i>Permeable</i>	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos: Vegetación ligera	<i>Impermeable</i>	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	<i>Semipermeable</i>	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	<i>Permeable</i>	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, Grama	<i>Impermeable</i>	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	<i>Semipermeable</i>	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	<i>Permeable</i>	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques: Densa Vegetación	<i>Impermeable</i>	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	<i>Semipermeable</i>	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	<i>Permeable</i>	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Trabajo de ascenso Prof. M. Castillejo

TABLA 4.2. Coeficiente de Escorrentía

La fórmula racional está basada en algunas hipótesis:

El escurrimiento resultante de cualquier intensidad de lluvia es un máximo cuando esa intensidad de lluvia persiste, al menos, tanto como el tiempo de concentración.

El escurrimiento resultante de una intensidad de lluvia, con duración igual o mayor que el tiempo de concentración, es una fracción de la precipitación.

La frecuencia de la máxima descarga es la misma que la de la intensidad de lluvia para el tiempo de concentración dado.

La relación entre máxima descarga y tamaño del área de drenaje es la misma que la relación entre duración e intensidad de precipitación.

El coeficiente de escorrentía es el mismo para lluvias de diversas frecuencias.

El coeficiente de escorrentía es el mismo para todas las lluvias de una cuenca dada.

El método es confiable para cuencas menores de 500 hectáreas. Una de las hipótesis básicas de la fórmula racional es la de suponer que la lluvia será de suficiente duración, para permitir la llegada del agua que cae sobre toda la superficie de la cuenca a la boca de la estructura de drenaje. Este tiempo se ha denominado tiempo de concentración. Numerosas fórmulas empíricas se han establecido para la determinación del tiempo de concentración, entre ellas se tiene la siguiente:

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (4.11)$$

4.2.6.3.1 Intensidad de precipitación.

La intensidad de la lluvia se puede determinar con las curvas de intensidad - duración - frecuencia de aguaceros equivalentes en función del período de retorno.

Algunas áreas del país cuentan con instrumentación hidrológica suficiente para elaborar estas curvas o pueden emplearse curvas de cuencas aledañas que tengan el mismo ambiente de lluvias.

4.2.6.3.2 Período de retorno.

La frecuencia de una creciente se define estadísticamente como el período promedio entre la ocurrencia de una creciente de cierta magnitud y la ocurrencia de otra igual o mayor y se expresa en años.

Para los efectos de diseño, se recomienda que la frecuencia sea establecida en función de las características e importancia de la vía y del tipo de obra de drenaje.

4.2.6.4 Diseño de Canal de Escorrentía.

Para el diseño de un canal, una vez determinada la cantidad de agua a conducir, se requiere establecer las dimensiones para que la estructura cumpla su función. Se deben distinguir los siguientes elementos de un canal:

- Área o superficie mojada: se refiere a la sección transversal de la corriente de agua que conduce el canal, en metros cuadrados.
- Perímetro mojado: es la longitud de la línea de intersección del plano de la sección transversal con la superficie mojada del canal, en metros.
- Radio hidráulico: es la relación entre el área y el perímetro mojado.
- Profundidad hidráulica: relación entre el área y el ancho de la superficie libre.
- Factor de sección: es el producto del área por la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica.

Los canales de drenaje deben transportar las aguas a una velocidad suficiente para que los sedimentos no se depositen en ella, en general pueden ser de tres tipos en cuanto a su sección transversal: circulares, triangulares y trapezoidales y pueden o no estar revestidas.

El caudal proporcionado por una canaleta es dado por:

$$Q = V * A \quad (4.12)$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

V= Velocidad del agua (m/s).

A= Área de la sección mojada (m²).

La velocidad del agua esta dada por la “Formula de Manning”.

$$V = 1.49/n (R^{2/3} S^{1/2}) \quad (4.13)$$

Donde:

V = Velocidad del agua (m/s).

n = Coeficiente de rugosidad del canal, de Manning (tabla 4.3)

R= Radio Hidráulico (m), Área de la sección transversal / perímetro mojado

$$R = (V_{\text{máx}} n / S^{1/2})^{3/2}$$

S = Pendiente de la sección longitudinal del canal (%).

V_{máx} = Velocidad máxima. (Tabla 4.4).

TIPO DE CANAL	N
Revestida con cemento (hormigón), terminación fina	0,015
Revestida con cemento (hormigón), terminación gruesa	0,013
Suelo excavado, recto sección uniforme, sin vegetación	0,022
Suelo excavado, recto sección uniforme, laterales cubiertos con césped	0,030
Suelo excavado, en curva o irregular, sección no uniforme, con arena o piedra en el fondo	0,030
Canal natural, recto, sin vegetación	0,030

Fuente: Lyle, 1987, Citado por Alba Castillo (2006)

TABLA 4.3. Coeficiente de rugosidad

Tipo de fondo	Velocidad Máxima (m/s)	Pendiente (%)
Arcillo – arenoso	0,75	0,50
Arcillo – limoso	0,90	1,00
Arcilloso	1,20	2,00
Mezcla de arcilla y pedrisco	1,50	2,50
Roca	2,40	4,00

Fuente: Lyle, 1987, Citado por Alba Castillo (2006)

TABLA 4.4. Velocidad máxima – pendiente.

Para el diseño de obras en el cauce de una corriente permanente se recomienda trabajar con período de retorno de veinticinco años y para cunetas y obras en taludes y en áreas de corrientes ocasionales se puede utilizar un período de retorno de diez años.

Los canales pueden ser revestidos o no revestidos. En el diseño de canales no revestidos se emplea el criterio de la máxima velocidad, que señalada en algunas tablas, garantiza que en el canal no se producirá erosión.

Los canales en forma de U presentan velocidades menores que los canales en forma de V y la presencia de zonas de inundación junto al canal permite la sedimentación en las inundaciones, disminuyendo la carga de materiales en la corriente.

Para conducir las aguas desde un nivel más alto a uno más bajo se usan caídas o torrenteras; son canales cuyo fondo tiene una fuerte inclinación. El uso de caídas escalonadas o torrenteras, con el fin de ir disminuyendo la energía cinética a través del recorrido, presenta el inconveniente de que el control del agua en ella es relativo, pues al ser sometidas a gastos variables, el salto hidráulico que se produce en cada escalón varía mucho con la descarga. Por otra parte, en pendientes fuertes, con topografía accidentada, generalmente no se dispone del espacio suficiente para el adecuado desarrollo hidráulico de la estructura.

4.2.6.4.1 Coeficiente de escorrentía.

Generalmente las cuencas hidrográficas presentan una gran variedad de suelos, coberturas vegetales y pendientes. El procedimiento recomendado para determinar el

coeficiente de escorrentía, consiste en obtener un promedio ponderado de los coeficientes parciales de cada una de las zonas, tal como se expone a continuación:

1. Se divide la cuenca en zonas homogéneas en lo que se refiere al tipo de suelo, cobertura vegetal y pendiente.
2. En base a los valores que aparecen en la tabla 2 se establece la magnitud del coeficiente de escorrentía para cada una de las zonas homogéneas ya mencionadas.
3. El valor del coeficiente de escorrentía resulta del promedio ponderado de todos los coeficientes anteriormente determinados para cada una de las zonas homogéneas en que se dividió la cuenca total.

CAPITULO V

EVALUACION DE LAS VIAS Y DRENAJES EXISTENTES EN LAS CANTERAS

Uno de los objetivos del presente trabajo es presentar una visión global de la situación de las vías y estructuras de drenaje existentes en las canteras de Caliza como la de Arcilla en Holcim, planta Cumarebo. Estado Falcón. Esta visión global abarca, entre otros aspectos, la ubicación de la zona a estudio y sus características, la evaluación de la vía y drenajes existente, para luego comparar con los criterios de diseño de vías, donde por ultimo se recomienda una serie de acciones y medidas tendientes a mejorar la situación; tanto de la geometría de la vía existente como estructuras de drenajes en ella.

5.1 EVALUACIÓN DE LA VÍA EXISTENTE.

Las vías o carreteras hacia las zonas de explotación de las canteras, son las únicas vías de acceso a estas, y a través de ellas se comunican entre si a los frentes de excavación de cada cantera.

5.2 METODOLOGÍA

5.2.1 Inspección Ocular de la vía e informe fotográfico en las vías de ambas canteras.

En la evaluación preliminar de una vía la inspección ocular es muy importante pues en cierto modo va a determinar el alcance de toda la evaluación, por eso ha de realizarse con detenimiento y minuciosidad. En este sentido se ha agregado un informe fotográfico será de gran utilidad.

Para realizar la inspección ocular de la vía se dividió su longitud total de 1,900 km en la cantera de arcilla y 1.600 km en la cantera de caliza aproximadamente, en

tramos de 100 metros para identificar los diferentes tipos de fallas presentes y determinar su magnitud, escogiéndose como punto de partida (referencia) las trituradoras.

Los tipos de fallas técnicas encontradas se identifican claramente en el informe fotográfico, como podemos observar en el siguiente capítulo 4, sección 4.4 donde se describen los puntos críticos.

En estas áreas se realizaron estudios de campo, como observaciones, mediciones con cintas métricas, mediciones con el kilometraje del vehículo y tomas fotográficas, mediciones con el clinómetro todo esto con la finalidad de levantar un informe con su respectivas propuestas para tales sitios ya antes indicados.

En el desenvolvimiento del trabajo asignado, se procedió a clasificar el área de las canteras en dos (2) importantes sitios cada una, los cuales son:

Cantera de Caliza

- Vía perimetral principal
- Vía interna

Cantera de Arcilla

- Vía actual
- Vía alterna

Estas vías se pueden observar en los anexos 3.1 y 3.2

5.3 CANTERA DE CALIZA

El equipo empleado para las operaciones de acarreo de material en la cantera son 4 camiones Komatsu modelo HD605-7

5.3.1 Especificaciones de los camiones: valores aproximados para cada camión tomados del manual técnico de Komatsu.

Peso en vacío = 46.380 Kg

Peso máximo autorizado (PMA) = 109.900 Kg

Capacidad de carga de la tolva = 63 ton.

Capacidad Colmada = $40,0 \text{ m}^3 = 72 \text{ ton}$.

Ancho máximo = 5395 mm..... 5.395 m

Altura mas baja = 645 mm.....0.645 m

Radio de giro mínimo = 8,5 m

Dimensión de los cauchos = 24.00 R35, con una altura de 3,06 m (306 cm)

Densidad del material (Caliza) = 1.8 ton/m^3

5.3.2 Criterios de diseño

- **Ancho de vía**

El ancho de la vía se calculo con la siguiente formula:

$$A = a (0,5 + 1,5n)$$

Donde: A: ancho de vía (m)

a: ancho de vehículo (m)

n: número de carriles deseados

Se tomo el ancho del camión modelo HD605-7 que es de 5.395 m.

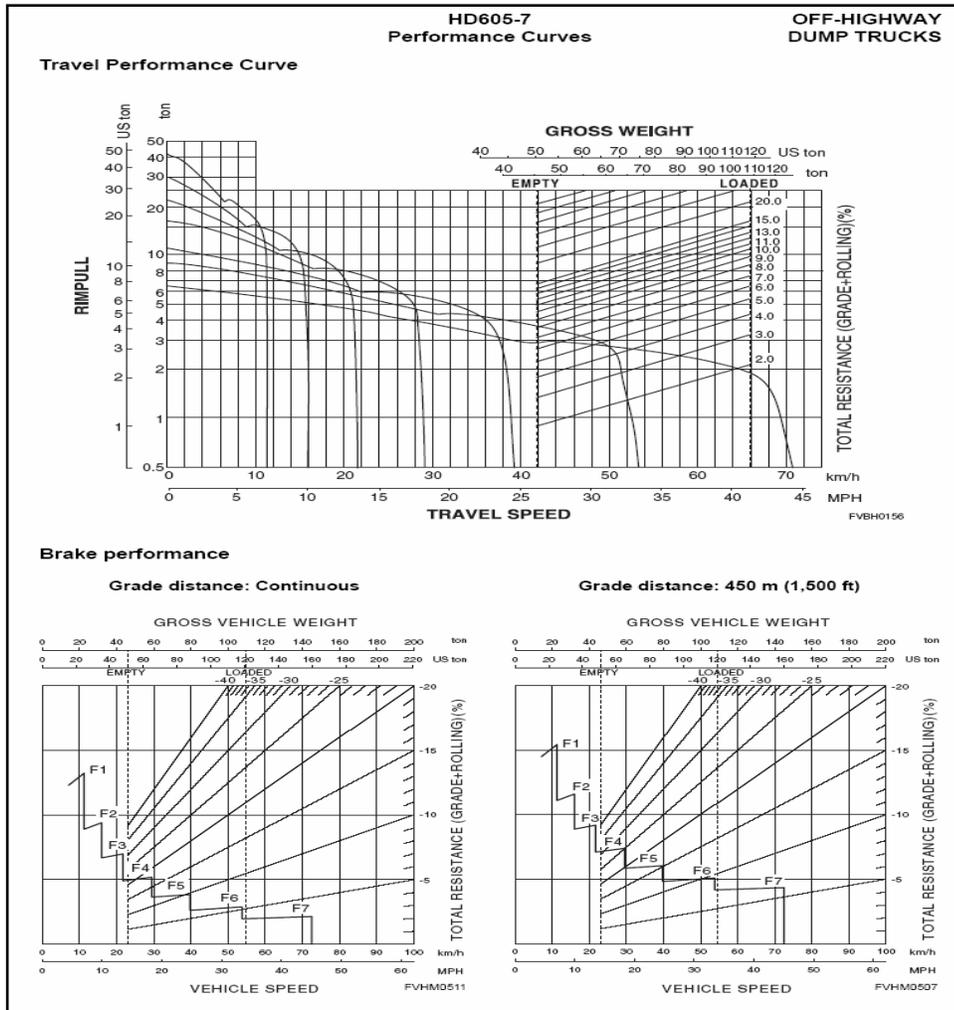
Dando como resultado:

- Ancho de vías recomendable para la cantera de Caliza 18,5 m (para 2 canales).

- **Radio de giro mínimo del camión:** 8.5 m
- **Radios Mínimos De Curvas:** 60 m. (por condiciones de límite de propiedad de las canteras)
- **Pendiente Transversal:** $\leq 2 \%$.
- **Pendiente longitudinal**

Será evaluada en función del rendimiento del camión en la figura 5.1 con las graficas # 1 y 2 para este modelo de equipo:

- Rendimiento en pendientes de tracción –velocidad
- Rendimiento de los frenos limitaciones



Fuente: Manual de Komatsu FIGURA 5.1 Funcionamiento del camión

ón

• **Peralte**

El peralte se calculo con la siguiente formula:

$$e + f = V^2 / 127.14 * R \quad (5.1)$$

- Donde:
- e: peralte de la curva (%)
 - f: coeficiente de fricción (%)
 - V: velocidad del camión km/h
 - R: radio de curvatura (m)

Referencia: tomada del libro de carreteras de **Carciente, Jacob**.

Se asume una velocidad promedio de 25 Km /h. Este dato fue arrojado por mediciones tomadas en la vía de la cantera.

Se asume una fricción de 3.0 % tomadas de la tabla de % de resistencia a la rodadura del manual de Caterpillar (fig. 5.2). Dado que en el manual de Komatsu no se encontró información al respecto.

TERRENO	% DE RESISTENCIA A LA RODADURA*			
	Neumáticos Telas	Radiales	Cadena **	Cadena +Neumát.
Camino muy duro y liso de hormigón, asfalto frío o tierra, sin penetración ni flexión de los neumáticos	1,5%*	1,2%	0%	1,0%
Camino estabilizado, pavimentado, duro y liso que no cede bajo el peso, regado y conservado	2,0%	1,7%	0%	1,2%
Camino firme y liso, de tierra o capa ligera, que cede un poco bajo carga o irregular, conservado con regularidad, regado	3,0%	2,5%	0%	1,8%
Camino de tierra, desigual o que flexiona bajo carga, conservado irregularmente, sin regar, flexión o penetración de los neumáticos de 25 mm (1")	4,0%	4,0%	0%	2,4%
Camino de tierra, desigual o que flexiona bajo carga, conservado irregularmente, sin regar, flexión o penetración de los neumáticos de 50 mm (2")	5,0%	5,0%	0%	3,0%
Camino irregular, blando, sin conservación, sin estabilizar, flexión o penetración de los neumáticos de 100 mm (4")	8,0%	8,0%	0%	4,8%
Arena o grava suelta	10,0%	10,0%	2%	7,0%
Camino irregular, blando, sin conservación, sin estabilizar, flexión o penetración de los neumáticos de 200 mm (8")	14,0%	14,0%	5%	10,0%
Camino muy blando, fangoso, irregular, sin flexión pero con penetración de neumáticos de 300 mm (12")	20,0%	20,0%	8%	15,0%

Fuente: tomada del Manual de Caterpillar.

FIGURA 5.2 Valores de resistencia a la rodadura

• **Bermas de seguridad**

Las bermas de seguridad se calculo con la siguiente Tabla 5.1:

Conociendo el peso del camión cargado es de 109.900 Kg (110 Tons)

Dando como resultado:

- Medidas de bermas de seguridad para cantera de Caliza: **Categoría 3**

CATEGORIA DE CAMION (Tons)	A (m)	B (m)	C (m)
CATEGORIA 1: 13 a 25 Tons	3,4 - 3,7	1,1 - 1,2	4,3 - 5,0
CATEGORIA 2: 28 a 50 Tons	3,7 - 4,6	1,2 - 1,5	5,0 - 6,0
CATEGORIA 3: 55 a 120 Tons	4,6 - 5,5	1,5 - 1,8	6,0 - 7,3
CATEGORIA 4: 120 a 250 Tons	5,5 - 10	1,8 - 3,4	7,3 - 13,4

Fuente: www.ott.wrcc.osmre.gov/library/hbmanual/haulroad.htm (2006)

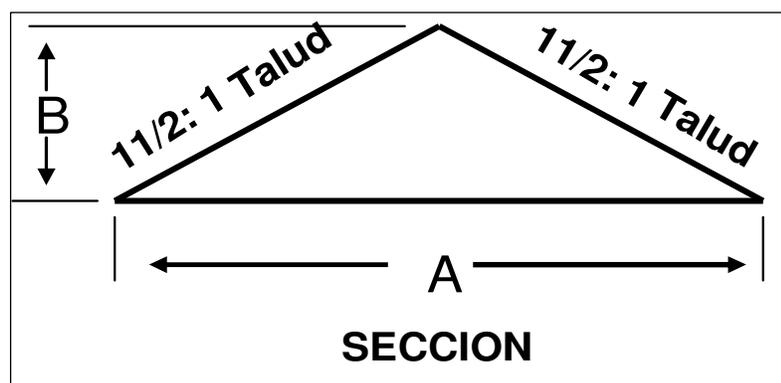
TABLA 5.1 Aplicación para bermas de colisión

Donde:

A: Ancho de la berma

B: Altura de la berma

Como lo muestra la figura 5.3

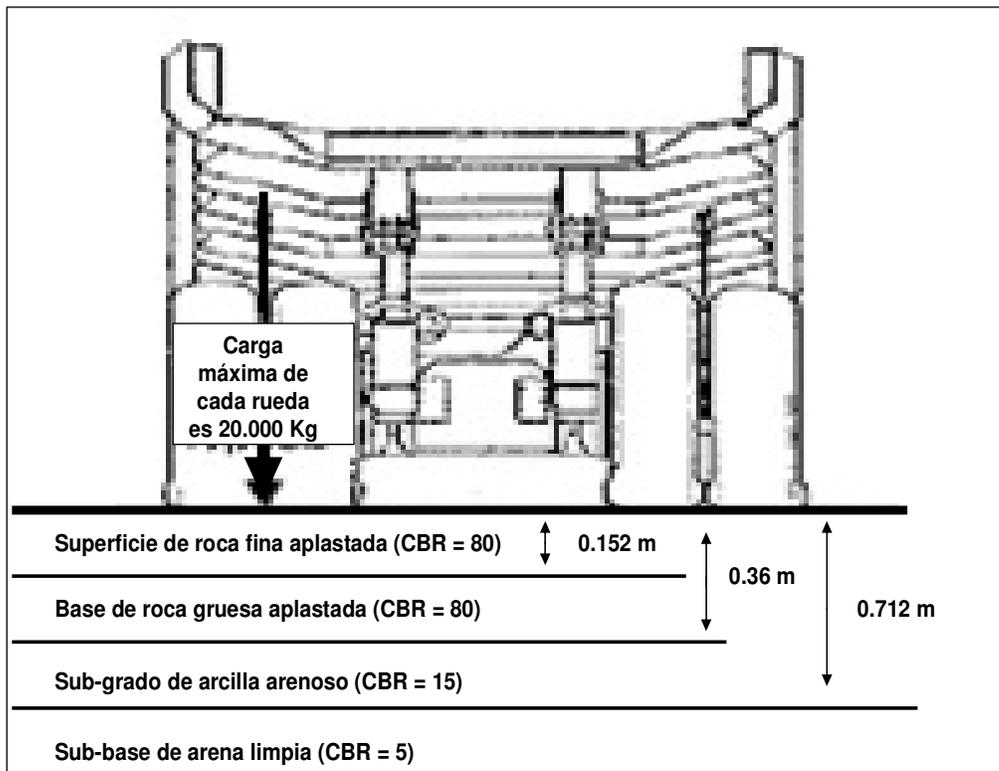


Fuente: Walter W. Kaufman y James C. Ault

FIGURA 5.3 Sección de Aplicación para bermas de colisión

- **Angulo de talud:** 30° (condiciones para efectos de las fases de explotación en la cantera)

Materiales para la Construcción de superficies



Fuente: Walter W. Kaufman y James C. Aula

FIGURA 5.4. Materiales para la construcción de la superficie de Carretera

5.3.3 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño

En las siguientes tablas 5.2 y 5.3 se observan datos prácticos tomados en campo existentes en la vialidad de la cantera y los criterios de diseño respectivamente

Datos										Valores teóricos					
Tramo	Progresiva (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Pendiente long. (%)	Pendiente trans. (%)	Peralte (%)	Radio de curvatura (m)	Sobre ancho (m)	Drenaje transversal	Ancho de vía (m)	Peralte permisible (%)	Bermas de seguridad (m)	Tiempo acarreo (seg) Camión vacío peso= 46,38 ton	Tiempo retorno (seg) Camión cargado peso= 93,38 ton	
Vía Perimetral Principal												Alto	Ancho		
1	0 a 100	100	17,5	15	-5W		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	17,2	20	
2	100 a 200	100	17,5	10		12,5	61		N.A	18,5	3,24%	-	12,8	9	
3	200 a 300	100	17,5	12,5	-7W -4E		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	14,9	12	
4	300 a 400	100	17,5	5		10ext.y 12,5int.	20		N.A	18,5	16,03%	-	8,5	5	
5	400 a 500	100	14,5	7,5	-2,5E -2,5W		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	10,6	6,7	
6	500 a 600	100	14,5	10		13	50		N.A	18,5	4,61%	-	12,8	9	
7	600 a 700	100	17	12,5	-7N -2,5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	14,9	12	
8	700 a 800	100	12	12,5	-7N -2,5S		N.A	N.A		18,5	N.A	1,2 2,4	14,9	12	
9	800 a 900	100	15,5	11,5	-2,5N		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	1,2 2,4	14,5	9	
10	900 a 1000	100	15,5	15		10	25		N.A	18,5	12,23%	-	17,2	20	
11	1000 a 1100	100	15,5	12	-6N -2S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	1,2 2,4	13,9	12	
12	1100 a 1200	100	13	12		8,5	63		N.A	18,5	3,04%		13,9	12	
13	1200 a 1300	100	13	12		8	92		N.A	18,5	1,14%	-	14,9	12	
14	1300 a 1400*	100	13	8	-3,5N -3,5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	11,2	6,5	
15	1400 a 1500**	100	16,5	12	-2,5N -2,5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	14,9	12	
16	1500 a 1600***	100	14,5	11	-2,5N -2,5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	13,9	9	

* Entrada al nivel 408

** Entrada al nivel 420

** Entrada al nivel 432

N.A= no aplica

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.2 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño (Vía Perimetral)

Datos										Valores teóricos				
Tramo	Progresiva (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Pendiente long. (%)	Pendiente trans. (%)	Peralte (%)	Radio de curvatura (m)	Sobre ancho (m)	Drenaje transv	Ancho de vía (m)	Peralte permisible (%)	Bermas de seguridad	Tiempo de acarreo (seg) Camión vacío peso= 46,38 ton	Tiempo de retorno (seg) Camión cargado peso= 93,38 ton
Vía Interna												Alto Ancho		
1	0 a 100	100	17,5	15	-5W		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	17,2	20
2	100 a 200	100	17,5	10		12,5	61		N.A	18,5	3,24%	-	12,8	9
3	200 a 300	100	17,5	12,5	-7W -4E		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	14,9	12
4	300 a 400	100	17,5	5		10ext. 12,5int.	20		N.A	18,5	16,03%	-	8,5	5
5	400 a 500	100	14,5	7,5	-2,5E -2,5W		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	10,6	6,7
6	500 a 600	100	14,5	10		13	50		N.A	18,5	4,61%	-	12,8	9
7	600 a 700	100	17	12,5	-7N -2,5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	14,9	12
8	700 a 800	100	12	12,5	-7N -2,5S		N.A	N.A		18,5	N.A	-	14,9	12
9	800 a 900	100	15	7,5	-7N -2,5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	10,6	6,7
10	900 a 1000	100	15	5	-7N -2,5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	1,2 2,4	8,5	5
11*	1000 a 1100*	100	15	7,5	-5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	10,6	6,7
12	1100 a 1200	100	13,5	10	-2,5S		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	12,8	9
13	1200 a 1300	100	13,5	12,5		10	23		N.A	18,5	13,55%	-	14,9	12
14**	1300 a 1400**	100	12,5	10	-1,5S -4N		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	1,2 2,4	12,8	9
15	1400 a 1500	100	12,5	10	-1,5S -4N		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	12,8	9
16	1500 a 1600	100	12,5	10	-1,5S -4N		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	12,8	9
17***	1600 1700***	100	12,5	7,5	-1,5S -4N		N.A	N.A	N.A	18,5	N.A	-	10,6	6,7

* Entrada a nivel 384

** Entrada a nivel 408

*** Entrada a nivel 420

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.3 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño (Vía Interna)

5.3.4 Descripción de puntos críticos

Vía Perimetral



Foto # 1



Foto # 2



Foto # 3

En el tramo de la progresiva desde 000+000 m a 400+000 m se observaron:

1. Ancho de vía.
 - Ancho de la vía del tramo 0+000 m a 400+000 m es 17.5 m.
2. Pendiente longitudinal:
 - En el tramo de 000+000 a 100+000 m es de 15%
3. Deslizamientos de taludes, provocando variación en el ancho de la vía. (ver fotos # 1 y 2)

En el tramo de la progresiva desde 400+000 m a 600+000 m se observaron:

1. Ancho de vía.
 - Ancho de vía en este tramo esta entre 14,5 y 15.5 m.
2. Carencia de canales de drenaje del lado derecho (ver foto # 3)
3. Canales de drenajes longitudinales en tramos están obstruidos por sedimentación. (ver foto # 4)



Foto # 4



Foto # 5



Foto # 6

En el tramo de la progresiva desde 600+000 m a 800+000 m se observaron:

1. Ancho de vía.
 - En el tramo de 600+000 a 700+000 m es de 17 m
 - En el tramo de 700+000 a 800+000 m se hace angosta a 12 m.
2. Pendiente longitudinal:
 - En el tramo de 600+000 a 800+000 m es de 12,5%
3. Una curva con peralte de inclinación hacia adentro muy pronunciado, con 13% de peralte transversal. (ver foto # 5)
4. Carencia de bermas de seguridad y falta de canales de drenaje longitudinales. (ver foto # 6)

En el tramo de la progresiva desde 800+000 m a 1100+000 m se detectaron las siguientes fallas:

1. Ancho de vía.
 - Ancho de la vía en este tramo es de 15,5 m.
2. Pendiente longitudinal:
 - En el tramo de 900+000 a 1000+000 m es de 15%



Foto # 7



Foto # 8



Foto # 9

3. Carencia de bermas de seguridad. (ver foto # 7)

4. No hay presencia de canales de drenaje longitudinales en unos tramos. (ver foto # 8)

En el tramo de la progresiva desde 1100+000 m a 1400+000 m se observo lo siguiente:

1. Ancho de vía.

- Ancho de la vía en este tramo es de 13 m

2. Se observó que la ventana de agua esta obstruida. (ver foto # 9)

3. Falta de berma de seguridad del lado izquierdo. (ver foto # 10)

4. Deficiencia o falta de mantenimiento de los canales de drenaje. (ver foto # 11)



Foto # 10

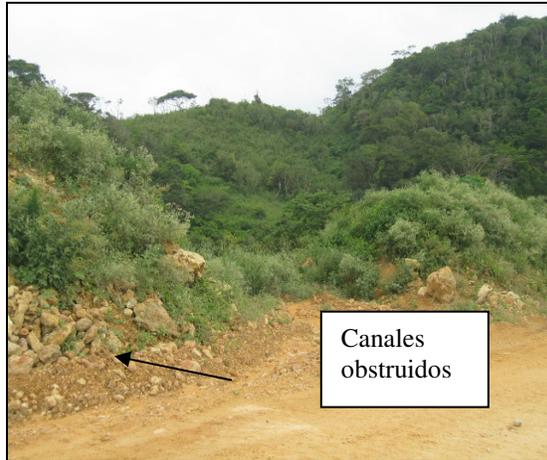


Foto # 11



Foto # 12

En el tramo de la progresiva desde 1400+000 m a 1600+000 m se observo lo siguiente:

1. Ancho de vía.

- Ancho de la vía en este tramo varia de 16,5 y se estrecha hasta 14,5 m.

2. Desprendimientos y deslizamientos en el talud derecho. (ver foto # 12)

Vía Interna



Foto # 13



Foto # 14



Foto # 15

En el tramo de la progresiva desde 800+000 m a 1100+000 m se recopiló observaciones de campo, las cuales se mencionan a continuación:

1. Ancho de vía.

Ancho de la vía en este tramo 15 m.

2. Falta de berma de seguridad del lado derecho.
(ver foto # 13)

3. Deficiencia o falta de mantenimiento de los canales de drenaje. (ver foto # 14)

En el tramo de la progresiva desde 1100+000 m a 1300+000 m se detectaron las siguientes fallas:

1. Ancho de vía.

Ancho de vía en este tramo es de 13.5 m.

2. Curva con peralte demasiada inclinación y radio de curvatura cerrada de 23 m. (ver foto # 15)



Foto # 16

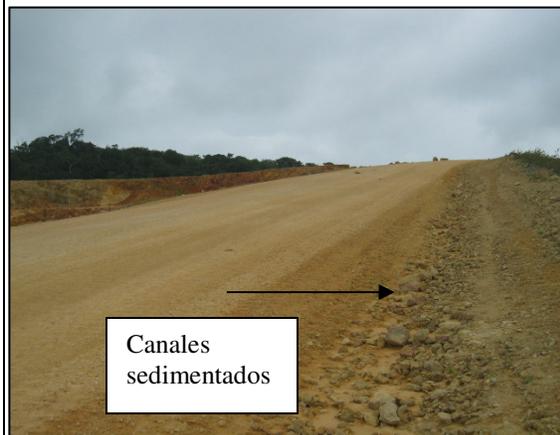


Foto # 17

En el tramo de la progresiva desde 1300+000 m a 1700+000 m se observó lo siguiente:

1. Ancho de vía.

Ancho de vía de este tramo es de 12,5 m.

2. Carencia de bermas de seguridad. (ver foto # 16)

3. Canales de drenaje longitudinales con sedimentos en toda su extensión. (ver foto # 17)

5.4 CANTERA DE ARCILLA

El equipo empleado para las operaciones de acarreo de material en la cantera son 4 camiones Mack Granite

5.4.1 Especificaciones de los camiones: valores aproximados de cada camión.

Peso en vacío = 18.200 Kg

Peso cargados (con caliza triturada) = 40.000 Kg

Capacidad de carga de la tolva = 24 ton.

Densidad del material (Arcilla) = 2.70 Kg/cm³

Ancho máximo = 3425 mm..... 3.425 m

Altura mas baja = 320 mm.....0.32 m

Radio de giro mínimo = m

Dimensión de los cauchos = 12.00 R24, con una altura de 2.10 m (210 cm)

5.4.2 Criterios de diseño:

- **Ancho de vía**

El ancho de la vía se calculo con la siguiente formula:

$$A = a (0,5 + 1,5n) \quad (5.2)$$

Donde: A: ancho de vía (m)

a: ancho de vehículo (m)

n: número de carriles deseados

Referencia: tomada del libro de carreteras de **Carciente, Jacob**.

Dando como resultado:

- Ancho de vías recomendable para la Cantera de Arcilla es 12 m (para 2 canales)

- **Bermas de seguridad**

Las bermas de seguridad se calculo con la siguiente Tabla 5.1, que muestra el ancho y la altura donde:

Conociendo el peso del camión cargado es 40.000 kg (40 Tons)

Dando como resultado:

- Medidas de bermas de seguridad para cantera de Arcilla: **Categoría 2**

5.4.3 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño

En las siguientes tablas 5.4 y 5.5 se observa datos prácticos tomados en campo existentes en la vialidad de la cantera y los criterios de diseño respectivamente

Datos											Valores teóricos				
Tramo	Progresivas (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Pendiente long. (%)	Pendiente transv. (%)		Peralte (%)	Radio de curvatura (m)	Sobre ancho (m)	Drenaje transversal	Ancho de vía (m)	Peralte permisible (%)	Bermas de seguridad	Tiempo de ida (seg) Camión vacío peso= 18,20 ton	Tiempo de retorno (seg) Camión cargado peso= 40 ton
	Vía Actual				Oeste	Este							Alto Ancho		
1	0 a 100	100	9	9	-2,5	-2,5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
2	100 a 200	100	9	17,5			-5	55		N.A	12	3,92%	-		
3	200 a 300	100	9	15	-3,8	-6		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
4	300 a 400	100	7	9	-2,5	-6		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
5	400 a 500	100	7	7,5	-2,5	-2,5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
6	500 a 600	100	10	12,5	-2,5	-5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
7	600 a 700	100	10	10		-5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
8	700 a 800	100	10	2,5			10	46		N.A	12	5,28%	-		
9	800 a 900	100	10	-2,5		-5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
10	900 a 1000	100	8,5	-2,5		-3,5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
11	1000 a 1100	100	10,5	-1	-2,5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	0.80 1,4		
12	1100 a 1200	100	10,5	7,5		-5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	0.80 1,4		
13	1200 a 1300	100	10	11,5		-5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	0.80 1,4		
14	1300 a 1400	100	10	2,5		-2,5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	0.80 1,4		
15	1400 a 1500	100	14	7,5		-2,5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
16	1500 a 1600	100	14	13,5			-5	38		N.A	12	7,02%	-		
17	1600 a 1700	100	9	10		-5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
18	1700 a 1800	100	5	7,5		-2,5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
19	1800 a 1900	100	5	6		-2,5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.4 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño (Vía Actual)

Datos										Valores teóricos					
Tramo	Progresivas (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Pendiente long. (%)	Pendiente transv. (%)		Peralte (%)	Radio de curvatura (m)	Sobre ancho (m)	Drenaje transversal	Ancho de vía (m)	Peralte permisible (%)	Bermas de seguridad	Tiempo de ida (seg) Camión vacío peso= 18,20 ton	Tiempo de retorno (seg) Camión cargado peso= 40 ton
	Vía Alternativa				Oeste Este								Alto Ancho		
1	0 a 100	100	9	9	-2,5	-2,5		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
2	100 a 200	100	9	4	-7,5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
3	200 a 300	100	9	-2,5	-5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
4	300 a 400	100	6	2,5	-5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
5	400 a 500	100	8	6			5	106		N.A		0,59%	-		
6	500 a 600	100	8	1	-3,5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
7	600 a 700	100	8	2,5	-3,5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
8	700 a 800	100	9,5	-6	-1,5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
9	800 a 900	100	9,5	2,5	-2,5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
10	900 a 1000	100	6,5	2,5	-5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
11	1000 a 1100	100	6,5	12,5			7,5	58		N.A		3,56%	-		
12	1100 a 1200	100	9	8	-5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
13	1200 a 1300	100	9	12,5	-5			N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
14	1300 a 1400	100	7,5	5			7,5	13		N.A		26,28%	-		
15	1400 a 1500	100	7,5	2	-1,5S	-2,5N		N.A	N.A	N.A	12	N.A	0.80 1,4		
16	1500 a 1600	100	7	2		-5N		N.A	N.A	N.A	12	N.A	0.80 1,4		
17	1600 a 1700	100	7	8		-5N		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		
18	1700 a 1750	100	6	10			-7,5	1,9		N.A		197,36%	-		
19	1750 a 1800	100	6	10			5	1,6		N.A		234,93%	-		
20	1800 a 1900	100	6	7,5		-5N		N.A	N.A	N.A	12	N.A	-		

N.A= no aplica

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.5 Comparación de los datos de campo y los criterios de diseño (Vía Alternativa)

5.4.4 Descripción de puntos críticos

Vía Actual



Foto # 18



Foto # 19



En el tramo de la progresiva de 0+000 m a 900+000 m, se observó lo siguiente:

1. Ancho de vía.

- En el tramo de 0+000 m a 300+000 m es de 9 m.
- En el tramo de 300+000 m a 500+000 m el ancho se estrecha y es de 7 m.
- En el tramo de 500+000 m a 900+000 m el ancho es de 10 m.

2. Pendiente longitudinal:

- En el tramo de 000+000 a 100+000 m es de 9%
- En el tramo de 100+000 a 200+000 m es de 17.5 %
- En el tramo de 500+000 a 600+000 m es de 12,5%
- En el tramo de 600+000 a 700+000 m es de 10%

3. La puerta # 4 (punto cero) es estrecha para el paso de dos camiones, no existe señalización de sentido de circulación de los camiones (ver foto # 18)

4. Se observa una subida y una curva hacia la derecha que impide la visibilidad a los conductores sobre los camiones, por una ladera existente. Tampoco existe señalización de ceda pare y ceda el paso en la intersección de las vías (ver foto #



Salida de
ventana de agua
vista de S-N

Foto # 20



Foto # 21

19)

5. Se observo un problema en una ventana de agua y su drenaje la cual se encuentra en un nivel superior y su trayectoria vuelve hacia la vía. (ver foto # 20)
6. Canales de drenaje longitudinales obstruidos por sedimentación. (ver foto # 21)

En el tramo de la progresiva desde 900+000 m a 1400+000 m se recopilo las siguientes observaciones de campo, las cuales se mencionan a continuación:

1. Ancho de vía.
 - Ancho de vía de la progresiva 1000+000 a 1200+000 m es 10,5 m.
 - Ancho de vía de la progresiva 1200+000 a 1400+000 m es de 10 m.
2. Pendiente longitudinal:
 - En el tramo de 1200+000 a 1300+000 m es de 11,5%
3. No existe señalización de pare y ceda el paso en la salida o entrada de la escombrera. (ver foto # 22)
4. Malas condiciones de la vía, baches y huecos. (ver foto # 23)



Foto # 22



Foto # 23



5. Ausencia y/o deficiencias de canales de drenaje longitudinales totalmente sedimentadas en algunas partes del tramo. (ver foto # 24)

6. Carencia de bermas de seguridad. (ver foto # 25)

En el tramo de la progresiva desde 1400+000 m a 1900+000 m se observaron:

Foto # 24



Foto # 25



Foto # 26

1. Ancho de vía.

- Ancho de vía de la progresiva 1400+000 a 1600+000 m es de 14 m
- Ancho de vía de la progresiva 1600+000 a 1700+000 m es de 9 m

2. Pendiente longitudinal:

- En el tramo de 1500+000 a 1600+000 m es de 13,5%
- En el tramo de 1600+000 a 1700+000 m es de 10%

3. Canales de drenaje longitudinales obstruidos por sedimentación. (ver foto # 26)

Vía Alternativa



Foto # 27



Foto # 28

En el tramo de la progresiva de 0+000 m a 900+000 m, este tramo la vía se caracteriza por ser de pavimento, de material asfáltico, donde se obtuvieron las siguientes observaciones:

1. Ancho de vía.

- Ancho de vía de la progresiva 000+000 a 300+000 m es de 9 m
- Ancho de vía de la progresiva 300+000 a 400+000 m es de 6 m.
- Ancho de vía de la progresiva 400+000 a 700+000 m es de 8 m.
- Ancho de vía de la progresiva 700+000 a 900+000 m es de 9.5 m.

2. Pendiente longitudinal:

- En el tramo de 000+000 a 100+000 m es de 9%

3. Ventanas de agua del lado izquierdo (ver foto # 27), esto indica que el piso de este nivel no está bien definido, lo cual puede producir fallas de borde.

4. Pavimento en mal estado, presencia de baches y posible falla de borde (ver foto # 28)



Foto # 29

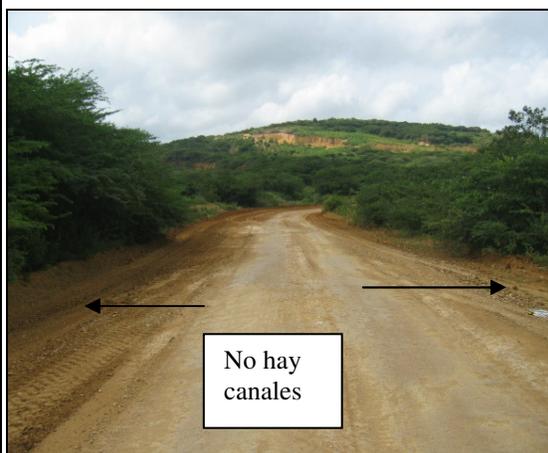


Foto # 30

5. Desprendimientos y deslizamientos en el talud derecho, se puede observar la condición insegura para la vialidad. (ver foto # 29)

6. Carencia de canales de drenaje longitudinales, con lo cual el agua circule por ella y no se produzca los baches antes observados. (ver foto # 30)

En el tramo de la progresiva de 900+000 m a 1300+000 m, se recopiló observaciones de campo, las cuales se mencionan a continuación:

1. Ancho de vía.

- Ancho de vía de la progresiva 900+000 a 1100+000 m es de 6,5 m.
- Ancho de vía de la progresiva 1100+000 a 1300+000 m es de 9 m.

2. Pendiente longitudinal:

- En el tramo de 1000+000 a 1100+000 m es de 12,5%
- En el tramo de 1200+000 a 1300+000 m es de 12,5%



Foto # 31

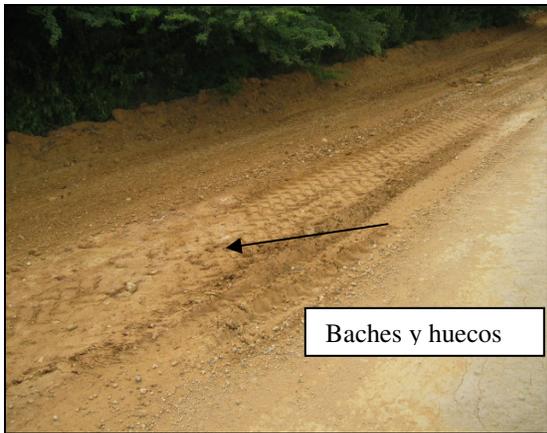


Foto # 32

3. Ausencia de canales de drenajes longitudinales en algunas partes del tramo. (ver foto # 31)
4. Mal estado de la vía en algunos tramos; con presencia de baches en la vía. (ver foto # 32)



Foto # 33



Foto # 34



Foto # 35

En el tramo de la progresiva desde 1300+000 m a 1900+000 m se detectaron las siguientes fallas:

1. Ancho de vía.
 - En el tramo 1300+000 a 1900+000 m, existe una variación en el ancho de la vía entre 7,5 a 6 m.
2. Pendiente longitudinal:
 - En el tramo de 1700+000 a 1800+000 m es de 10%
3. Desprendimientos y deslizamientos en el talud (derrumbes) por cuerpo de agua en parte superior del cerro nivel 130. (ver foto # 33)
4. Ausencia de bermas de seguridad y de canales de drenajes longitudinales en algunas partes del tramo. (ver foto # 34)
5. Malas condiciones de la vía, presencia de baches y huecos. (ver foto # 35)

5.5 RENDIMIENTOS DE CICLOS DE ACARREO

5.5.1 Tiempo de ciclos operativos de la cantera de caliza

Comparación de los tiempos de acarreo de la cantera de Caliza tomados en campo con los teóricos calculados por las graficas de rendimiento en pendientes de tracción – velocidad y la grafica de rendimiento de los frenos tomados del Manual de Komatsu.

Vía	Ciclos de acarreo de caliza (tiempos reales)					Tiempos teóricos		
	Condiciones climáticas	Frente de explotación (nivel)	Nro. De viajes (4 por hora)	Tiempo total de acarreo (min) Camión cargado peso= 93,38 ton	Tiempo total de retorno (min) Camión vacío peso= 46,38 ton	Frente de explotación (nivel)	Tiempo total de acarreo (min) Camión cargado peso= 93,38 ton	Tiempo total de retorno (min) Camión vacío peso= 46,38 ton
Interna	Diurno(llovizna)	384	4	16' 38''	13' 11''	384	9' 6''	6' 52''
-	Diurno(normal)	384	4	14' 49''	12' 24''	384	9' 6''	6' 52''
Perimetral	Diurno(normal)	384	4	13' 23''	10' 6''	432	14' 44''	11' 53''
Perimetral	Diurno(normal)	384	4	16' 53''	13' 6''	408	12' 9''	10' 29''
Interna	Diurno(normal)	408	4	18' 2''	13' 52''	408	11' 47''	8' 56''
-	Diurno(normal)	408	4	22' 32''	19' 45''	408	11' 47''	8' 56''
-	Diurno(normal)	408	4	18' 6''	13' 51''	408	11' 47''	8' 56''
Interna	Diurno(normal)	420	4	24' 22''	19' 57''	420	14' 12''	10' 36''
Perimetral	Diurno(normal)	420	4	20' 49''	13' 51''	420	14' 8''	11' 17''

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.6 Ciclos de acarreo de Caliza

Como se observa en la tabla los tiempos de acarreo y retorno teóricos están por debajo de los tiempos de reales tanto de acarreo como de retorno.

5.5.2 Tiempo de ciclos operativos de la cantera de arcilla

No se pudo comparar los rendimientos de ciclos reales con los teóricos, porque no se obtiene las graficas de rendimiento de los camines Mack Granite.

Ciclos de acarreo de arcilla (tiempos reales)				
Condiciones climáticas	Frente de explotación (nivel)	Nro. De viajes (4 por hora)	Tiempo total de acarreo (min) Camión cargado peso= 40 ton	Tiempo total de retorno (min) Camión vacio peso= 18,20 ton
Diurno(normal)	80	4	16' 50''	13' 24''
Diurno(normal)	90	4	12' 8''	12' 50''
Diurno(normal)	90	4	12' 42''	9' 8''
Diurno(normal)	90	4	13' 49''	9' 56''
Diurno(normal)	90	4	16' 54''	11' 15''
Diurno(normal)	105	4	20' 27''	12' 50''
Diurno(normal)	115	4	29' 54''	19' 52''
Diurno(normal)	120	4	16' 28''	14' 5''
Nocturno(normal)	125	4	21' 33''	16' 25''

* El acarreo se realizo por la vía alterna

** La trituradora se trabó por el tipo de material

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.7 Ciclos de acarreo de Arcilla

CAPITULO VI

SOFTWARE EMPLEADO

6.1 SOFTWARE AUTODESK LAND DESKTOP 2004 (LDD)

Es una aplicación basada en el Autocad, que incluye herramientas eficaces e intuitivas con las que se puede crear y etiquetar puntos de cota, puntos topográficos, la creación de superficies, obtención y dibujo de perfiles, definir y editar alineaciones de carreteras y terrenos, automatizar procesos de delineación, crear modelos digitales de terreno y calculo de volúmenes y curvas de nivel.

Proporciona funciones específicas de ingeniería del terreno, tales como MDT (Modelos Digitales del Terreno) y anotación de pendientes automatizada. La base del programa es una estructura de datos centralizada que potencia la eficacia sea cual sea el tipo o el tamaño de su proyecto. Este programa permite reducir la cantidad de pasos que el usuario debe dar, facilitando su uso, agilizando su rendimiento, mejorando su productividad y permitiendo crear dibujos de la máxima calidad. Además, contiene órdenes de gestión de proyectos que facilitan la organización de archivos y de la información del plan para su transferencia (Navarrete, F., 1999)

6.1.1 Características del Autodesk Land Desktop

6.1.1.1 Productividad y sencillez

Autodesk Land Desktop racionaliza la productividad en todas y cada una de las fases de un proyecto y facilita una ubicación central en la que los datos sean accesibles para todos los integrantes del equipo de trabajo, además de proporcionar herramientas para todos los procesos de diseño.

6.1.1.2 Preparación del proyecto y los dibujos

Se puede almacenar y utilizar dibujos y datos de proyecto como parte de un proyecto específico. Además es posible utilizar sistemas de coordenadas reales y modificar las escalas verticales a su conveniencia.

Dispone de un gestor de proyectos (Project Manager) que facilita la ordenación de la enorme cantidad de información y multitud de ficheros, que resulta de un proyecto. Mediante un asistente, se debe ir rellenando parámetros tales como: unidades de medida de distancias y ángulos, escalas de dibujo, sistema de coordenadas, proyección empleada, alturas de texto, etc.; es decir, en ocho pasos se tendrá configurado el proyecto, y estas medidas se podrán grabar para usarlos en trabajos futuros.

Aplicando todas las funciones de Autocad Map 2005, es posible utilizar los datos procedentes de diversos GIS y CAD: Autocad DWG, MicroStation DGN, coberturas ESRI ARC/INFO y otros y crear dibujos y deformaciones elásticas. Los datos se digitalizan y editan de forma automática.

6.1.1.3 Puntos Topográficos

El primer paso tras configurar el proyecto es importar los puntos. Inicialmente se debe decidir si se desea que los puntos se identifiquen por su número o por su código. La procedencia de los puntos puede ser de los resultados obtenidos por Survey, importando ficheros ASCII procedentes de otros programas, convirtiendo un dibujo existente, o incluso accediendo a una base de datos.

6.1.1.4 Funciones de sección de superficies

Explora las opciones de diseños de carretera con polilíneas, evalúa múltiples diseños de superficies y relaciona con el terreno existente, convierte polilíneas en alineaciones definidas de carretera y extrae información de superficies a lo largo de segmentos rectos o arco.

Según Autodesk (2005), una de las mejores cualidades de LDD es su gestor de superficies (Terrain Model Explorer). Con una apariencia muy similar al explorador de Windows, podemos definir varias superficies en un mismo proyecto, y calcular volúmenes entre ellas.

La superficie puede ser editada, utilizando otros comandos de LDD, mediante éstos es fácil insertar y borrar líneas de triangulación, invertir el sentido de los triángulos, insertar y borrar puntos sobre la superficie, etc.

6.1.1.5 Creación y gestión de datos COGO

Los puntos COGO que sean necesarios se guardan en bases de datos externas vinculadas a proyecto y según distintos criterios de datos, se crean y usan los grupos de puntos. Los datos de puntos adicionales, procedentes de bases de datos externas, se asocian sin ninguna dificultad.

6.1.1.6 Creación de geometría base

Las líneas se crean según orientación, azimut, ángulo, longitud y otros criterios; y las curvas se generan mediante diversos métodos gráficos y geométricos. Ofrece el trazado de clotoides, sinusoidales, cosinu-soidales y espirales cuadráticas.

6.1.1.7 Anotaciones

Añade etiquetas de todo tipo a líneas, curvas, espirales y polilíneas; define etiquetas con estilos para mantener la calidad de representación del dibujo; y actualiza automáticamente valores de etiquetas, ubicaciones y orientación.

6.1.1.8 Definición y manipulación de alineaciones

Para representar carreteras, canales y líneas de ferrocarril, se pueden definir alineaciones en plano y luego editarlas gráficamente o con un editor de tablas. El programa genera automáticamente puntos en la geometría del trazado, realizando etiquetado automático de estaciones.

6.1.1.9 Perfiles

Se encuentran utilidades de cálculo y dibujo de perfiles longitudinales, aunque se necesita el módulo Civil Design si se quiere trabajar con rasantes y perfiles transversales (Navarrete, F., 1999).

Hay varias formas de obtener perfiles de una o varias superficies previamente creadas. La más fácil es crear una vista dinámica, que consiste en una ventana flotante e interactiva que representa el perfil del terreno a lo largo de un eje con tramos rectos que se han definido previamente.

6.1.1.10 Creación y gestión de parcelas

Los tamaños de parcela se calculan con métodos estándar. Si se desea generar informes con datos diversos: áreas, perímetros, etc; este nuevo desarrollo de Autodesk se lo permite, con la posibilidad incluida de etiquetar parcelas automáticamente.

Para ello se aprovecha la funcionalidad de Autocad MAP 3 en cuanto a la topología de polígonos. Para explotar estas posibilidades se debe dibujar previamente

los contornos de las parcelas e invocar al gestor de parcelas, desde donde se importaran los datos de la geometría y etiquetado, mediante polilíneas o puntos. Desde este diálogo se puede igualmente definir los parámetros de capas y representación, y generar informes con áreas y perímetros de cada parcela, así como detalle de los ángulos y distancias de cada uno de sus lados. (Navarrete, F., 1999)

6.1.1.11 Modelado y análisis de terrenos

El explorador de modelos de terreno crea y gestiona superficies, a partir de cualquier combinación de datos de proyecto: datos de puntos, grupos de puntos, curvas, objetos Autocad, líneas de ruptura, archivos de puntos ASCII, etc. La visualización de las superficies se realiza sin cargar TIN añadidos al dibujo y para la edición de superficies se utiliza una amplia gama de comandos.

6.1.1.12 Volúmenes

Se utilizan métodos de cálculo compuestos, de malla (grids) o por secciones y se crean informes de movimientos de tierra y secciones transversales del trazado, generando curvas de nivel en las zonas de desmonte y terraplén.

El método de *cálculo por mallas*, permite controlar la diferencia mínima de cota para que la celda se incluya en el cálculo, los factores aplicables a zonas de desmonte, terraplén y el formato de salida de los resultados. El proceso de cálculo genera una nueva superficie, de tipo de volumen, ofreciendo los resultados de los totales desmonte y terraplén, y la diferencia neta. Pueden representarse gráficamente los resultados diferenciando entre celdas con resultado negativo o positivo, rotulándose su valor. El método por superficies pregunta por valores parecidos, generando igualmente otra superficie (Navarrete, F., 1999).

El método de *cálculo por secciones*, no se genera una superficie, sino que LDD realiza un muestreo de perfiles a lo largo del eje X o Y, pudiendo elegir, además de los factores anteriormente citados, entre el cálculo por el área media o por prismas. Las secciones luego pueden editarse numéricamente y dibujarse. Esta es una forma indirecta de obtener perfiles transversales con la gestión automática del entorno. Una vez calculado el volumen por los tres métodos, se puede generar un informe comparativo en el que se muestran los resultados por cada uno de los procedimientos.

6.1.1.13 Curvas de nivel

Se puede generar automáticamente curvas con estilos, capas e intervalos personalizados y controlar el aspecto de diversos grupos de curvas mediante un gran número de herramientas, recortando, alargando y editando objetos de contorno. (Autodesk 2004)

Para crearlas se debe elegir el estilo a usar en su representación mediante el Contour Style Manager, en el que se especifica el nivel de suavizado y método a emplear, los colores, capas y estilos de texto para las etiquetas, la situación de éstas, etc. (Navarrete, F., 1999).

Una vez determinados todos los parámetros, se procede a crear las curvas, pudiendo controlar las cotas mínimas y máximas, los intervalos para las curvas normales y directoras, etc.

6.1.1.14 Utilidades Adicionales

Autodesk Land Desktop ofrece además un gran número de utilidades adicionales para etiquetado y terminación de planos, consulta y gestión de capas, bloques, etc. (menús Labels, Inquiry y Utilities). (Navarrete, F., 1999).

La solución completa de este paquete informático está compuesto por tres productos: Autodesk Land Desktop 2004 (en adelante LDD), Autodesk Civil Design y Autodesk Survey. Todos ellos están desarrollados empleando la tecnología sobre Autocad MAP 3, por lo cual, el proceso para el desarrollo de un proyecto completo, de forma simplificada, consisten en procesar los datos de la libreta de campo con Survey, diseñar las alineaciones y crear el modelo digital con LDD, definir la rasante y las secciones con Civil Design para obtener los resultados de la cubicación. Es por esto, que se describe a continuación los cada uno de los módulos:

6.2 AUTODESK CIVIL DESIGN (CD)

Es una potente aplicación para ingeniería civil que utiliza un modelo de ingeniería dinámico para proporcionar la máxima precisión y aceleración en los proyectos. Integra perfectamente con el Autocad, proporciona la administración de puntos, modelado de terrenos, creación de curvas de nivel, el trazado de planos de carreteras (perfiles y secciones), el diseño y cálculo de rasantes, explanadas, perfiles longitudinales completos con peraltes y acuerdos verticales, alineaciones y parcelas, para constituir la principal solución para infraestructuras de Autodesk, trabaja en conjunto con Autodesk Land Desktop para conformar una aplicación total de ingeniería civil, y que sea posible:

- Diseñar, analizar y trazar sistemas de drenaje pluvial y sanitario
- Evaluar y refinar escenarios complejos de nivelación usando poderosos objetos que reaccionan automáticamente a los cambios del diseño
- Trabajar interactivamente entre planta, perfil y secciones transversales para resolver los retos de la ingeniería vial
- Aplicar reglas de diseño, cadenas de transición y criterios de sección transversal para diseñar todos los detalles de la vialidad

- Diseñar vialidades más rápida e inteligentemente, usando el nuevo Editor de Alineamientos Verticales y las funciones de superposición de perfiles. (Autodesk, 2004).

6.2.1 Automatización del Dibujo

Se puede automáticamente acceder datos de diseño como elevaciones de modelos de terreno ó ubicación de puntos en Autodesk Land Desktop, para crear dibujos de:

- Planos Viales
- Perfiles y Secciones
- Líneas de Tubería
- Opciones de Nivelación

Este software complementario de ingeniería civil accede a los datos de proyectos centralizados de manera que se puede crear dibujos para cualquier proyecto, desde nivelación de ciudades y vías de acceso, hasta propuestas de subdivisión y grandes distribuidores viales. Mejora el ambiente de trabajo en equipo, para proyectos de ingeniería vial, nivelación, hidrología e hidráulica.

6.2.1.1 Características Generales del Civil Desing:

6.2.1.1.1 Diseño de Vialidad

- Alterna fácilmente entre modalidades de diseño en planta, perfil y sección.
- Combina transiciones, plantillas y reglas de ingeniería en secciones de caminos.
- Utiliza el control de sobre elevación compleja.

- Aplica pendientes variables basadas en la profundidad del corte y terraplén, estratos del terreno o estudios de mecánica de suelos.
- Ajusta las plantillas para adaptarlas a las transiciones definidas en planta y perfil.
- Genera salidas de datos que incluyan puntos de plantilla, líneas de correspondencia, volúmenes, rejilla en 3D y secciones trazadas.

6.2.1.1.2 Nivelación

- Automatiza el diseño de estanques, estacionamientos, cimientos de edificios y más con objetos de nivelación.
- Calcula automáticamente líneas de luz diurna con pendientes definidas por el usuario, objetivos y criterios de trazos distintivos.
- Especifica las nivelaciones de varias regiones seleccionadas, incluyendo superficie correspondiente, elevación relativa y desviación horizontal.
- Desliza y añade controles gráficamente, tales como regiones seleccionadas e identificadores de pendiente.
- Traza modelos de terrenos, líneas de falla y volúmenes de corte y terraplén automáticamente.

6.2.1.1.3 Hidrología

- Define el trazado de tuberías para desarrollo urbano y rural o en relación con los cadenamientos de caminos y sus elementos.
- Manipula el diseño gráficamente, utilizando ediciones de bases de datos o del editor de tablas.
- Recupera valores de afluencia partiendo de valores calculados.
- Dibuja desde planos de concepto hasta planos ejecutivos en modos de planta, perfil y sección.

- Calcula datos críticos de diseño incluyendo gradiente hidráulico y de energía, capacidad de sistemas, y cobertura y pendiente máximos y mínimos.

6.2.1.1.4 Cálculo de Tuberías

- Crea almacenamientos de agua basados en perfiles definidos, pendientes y volumen necesario.
- Calcula las curvas de almacenamiento gradual y de retención.
- Utiliza el método de indicación de almacenamiento para analizar curvas previas y posteriores, así como curvas de almacenamiento y desagüe.
- Anexa estructuras de flujo a los almacenamientos de agua.
- Determina dimensiones y analiza tuberías, alcantarillas, canales, ramificaciones y otros elementos dentro del editor gráfico.

6.2.1.1.5 Análisis de condiciones del terreno

- Actualiza automáticamente líneas de base de sección, trazar secciones de superficies diversas y utilizar cartografía temática para crear mapas de pendientes e hipsométricos. Las superficies 3D se visualizan mediante TIN y mallas 3D y permite definir líneas de flujo de agua en superficies y calcular cuencas y subcuencas de drenaje. (Autodesk, 2006).

CAPITULO VII

MARCO METODOLÓGICO

7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es una investigación de *Campo Correlacional*, ya que se requiere una búsqueda para recabar información de primera mano, es decir, de la fuente (canteras de arcilla y caliza), con la finalidad de obtener información que no esta registrada y corroborar la que existe con el contacto directo. Además, es correlacional, debido a que es necesario plantear el grado de relación que existe entre las variables, ya que el manejo de dicho grado de relación va ha influir en mayor o menor medida la exactitud resultados.

7.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación utilizado es **No experimental – Correlacional/Causal**, ya que se plantea manipular todas las variables dependientes posibles, pero no de una forma deliberada, con el fin de controlar los efectos de las independientes.

7.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas e instrumentos a utilizar para la recopilación de datos tuvieron el enfoque de compilar la información dispersa, referente a factores que intervinieron en cada una de las etapas de la investigación y la observación (fig. 7.1). En general, los instrumentos fueron: visitas de campo, recopilación en enciclopedias, publicaciones, internet, entrevistas con personas especializadas, observaciones de mapas y planos, entre otros. Con la finalidad de que la información sea procesada por herramientas

informáticas como: Microsoft Office, Excel, Autodesk Land Desktop 2004, y Autodesk Civil Design.

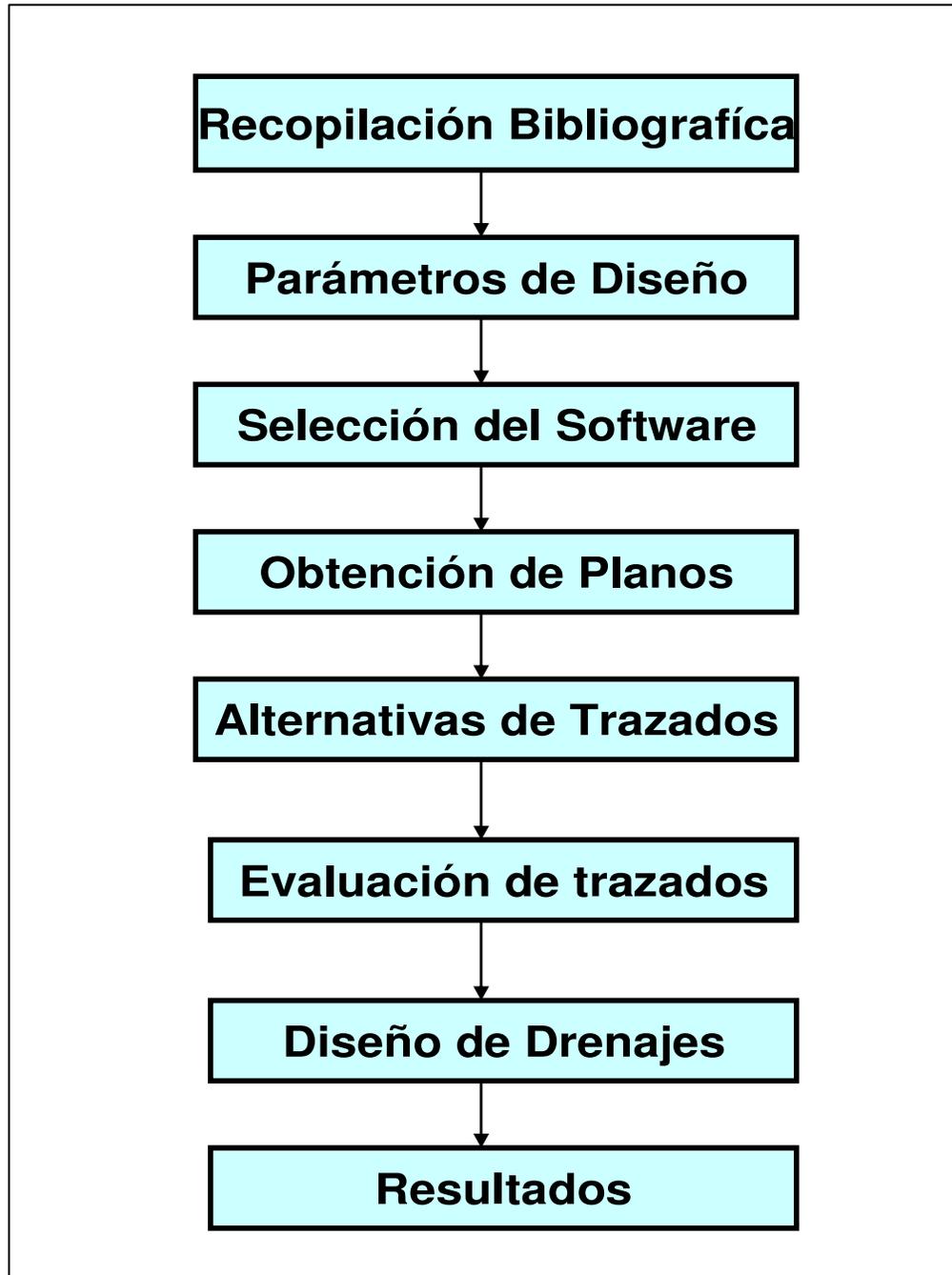


FIGURA 7.1 Flujograma de metodología

7.4 ANÁLISIS DE DATOS

Una vez concluida la recolección de datos, mediante la aplicación de los instrumentos antes señalados y la evaluación se estudiarán los diferentes tipos de rutas utilizando para ello métodos de simulación probabilístico y el diseño se realizará utilizando el a través del software Autodesk Land Desktop (2004) con los criterios aplicables a los equipos que se encuentran en la canteras, se procederá a la interpretación de los mismos, estableciendo la relación entre las variables en estudio, y contrastando los hechos con los resultados, obteniendo la optimización de los diseños de las vías posibles para las canteras.

7.5 PROCEDIMIENTO

Para realizar el diseño de las vías de acceso hacia los bancos de producción de las canteras de Caliza (Cerro Mampostal) y de la cantera de Arcilla (Cerro El Veral) se procedió por medio del software Autodesk Land Desktop.

Se procedió con la metodología del flujograma antes mostrado, el cual se divide en:

7.5.1 Recopilación Bibliográfica

Se diseñó trazados de vías alternativas de las canteras y consistió en la obtención, clasificación y asimilación de toda aquella información que recopiló para la elaboración de este Trabajo Especial de Grado.

7.5.2 Parámetros de diseño

Se utilizaron las variables que intervienen en un diseño de trazados de vías de acuerdo a la experiencia de la empresa y las normas con todos sus parámetros que son necesarias para el diseño de vías, las cuales son:

- **Topografía:** este consistió en un modulo digital del terreno, lo cual son representaciones numérica de las coordenadas de diversos puntos del terreno que cubren la superficie de interés. Esto facilita la obtención rápida de perfiles longitudinales y secciones transversales para los distintos alineamientos horizontales propuestos

Se realizó con curvas de nivel a cada 10 m en la cantera de Caliza y 5 m en la cantera de Arcilla, con el fin de disminuir los errores de interpolación.

- **Pendiente:** para el diseño de los trazados no pueden exceder de pendientes mayor a 12 % en la cantera de Caliza y del 8% en la cantera de Arcilla, motivado a que es el rango aprobado por Holcim en función de todas las características de camiones que se utiliza para el acarreo del mineral, de las toneladas del mineral que transportan y de las velocidades que desarrolla.

La pendiente transversal que se usara es del 2 % para el escurrimiento de las aguas.

- **Tipos de Curvas:** para el diseño del alineamiento horizontal se utilizaron las curvas Tangentes Circulares. Para el alineamiento vertical el tipo de curva utilizada fue la Parábola tanto para convexas como cóncavas según el cambio de pendiente de la rasante y con longitudes entre 30, 40 y 50 m, lo que permite una transición permitida entre las pendientes.

Para la longitud mínima de las curvas verticales, se utilizo las normas para el proyecto de carreteras del **Ministerio De Transporte Comunicaciones de Venezuela (1997)**, el cual presenta la tabla 7.1, con lo cual representan para una velocidad de diseño del proyecto las siguientes longitudes mínimas:

VELOCIDAD DE DISEÑO Kph	30	40	50	60	70	80	90	100	110
LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL (m)	30	30	30	40	50	60	60	60	70

Fuente: Ministerio De Transporte y Comunicaciones de Venezuela, Normas, 1997

TABLA 7.1. Longitud Mínima de Curvas Verticales

Para este proyecto se tomo una velocidad de diseño del 30 Km/h. Cabe destacar que cuando la diferencia de pendientes es igual o menor a 1%, no es necesario enlazarlas con una curva vertical.

- **Peralte:** por ser un diseño geométrico para vías de carga de caliza y arcilla con camiones roqueros los cuales se desplazan a baja velocidad de 25 Km/h y por lo tanto, los diseños presentados en este trabajo tienen un peralte de 0.04 %, según la tabla 7.2 siguiente:

Valores del peralte (%), para distintas velocidades						
Radio de Curvatura	Velocidad del Vehículo Km/h (mph)					
Metros (pies)	16 (10)	24 (15)	32 (20)	40 (25)	48 (30)	56 (35)
15 (50)	0,04	0,04				
31 (100)	0,04	0,04	0,04			
46 (150)	0,04	0,04	0,04	0,05		
76 (250)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
91 (300)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06
183 (600)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
305 (1000)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Fuente: www.ott.wrcc.osmre.gov/library/hbmanual/haulroad.htm (2006)

TABLA 7.2. Valores de Peralte

- **Sección Tipo:** en la figura 7.2 que se muestra a continuación se observa la sección tipo, con todas las medidas que son necesarias para las secciones transversales de la vía y la disposición general de las dimensiones; es así, como se observa el ancho

general de vía de 18.5 m para la cantera de Caliza y 12 m para la cantera de Arcilla. Con un peralte transversal de dos aguas con un 2% de bombeo es para lograr un drenaje a ambos lados de la línea de la vía y dirigir las aguas hacia las cunetas. También se observa las relaciones tanto para el talud de corte como de relleno en función de las pruebas de estabilidad del material presente, y se muestra gráficamente la zona involucrada en los reportes de movimiento de tierra que se presenta en los análisis de resultados.

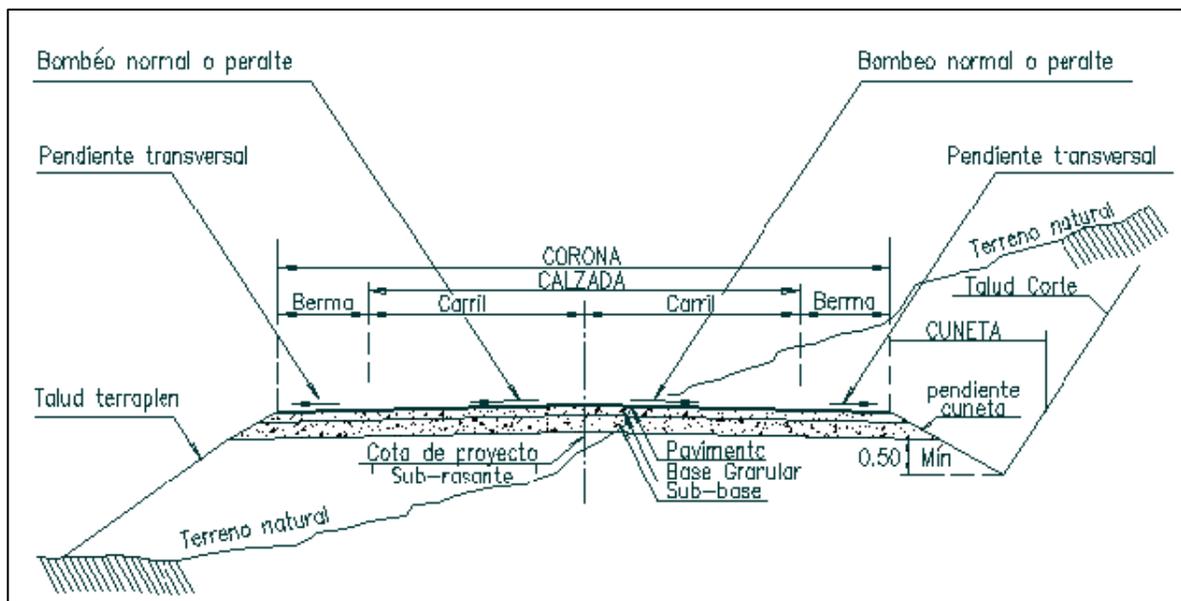


FIGURA 7.2. Sección Transversal Tipo.

7.5.3 Selección del Software

Se seleccionó el Autodesk Land Desktop 2004 y el Civil Design, ya que es un software muy completo de los diferentes tipos de software de diseños de vías que existen actualmente en el mercado, y con el cual se puede obtener la mejor evaluación de las variables que intervienen en un diseño de trazados de vías, tales como, la topografía del terreno, la obtención de perfiles longitudinales, secciones transversales, diagramas de masa, los drenajes, etc.

7.5.4 Obtención de Planos

Para la realización de este proyecto, se obtuvieron los dos (2) planos en donde se encontraba la información topográfica, geológica, hidrológica, de las vías existentes y puntos estratégicos (bancos de explotación y planta de trituración) de cada una de las canteras; con la finalidad de evaluar las ventajas y desventajas que se presentan en las canteras, por ejemplo: la geología del Cerro Mampostal y el Cerro El Veral es parecido en todo y se fundamenta en la columna litológica mostrada en el capítulo II que la topografía en ciertas zonas tiene bastante inclinación es decir, pendientes muy pronunciadas. La hidrología se tiene informes actualizados de caudales o fisonomía de los cursos de aguas; sin embargo, como importante son pequeños manantiales como El Chorro, El Pozo, Calicanto, Taica, entre otros. Es importante ubicar la planta de trituración debido a que es un punto de confluencia de los camiones de carga del mineral que son extraídos de los frentes de explotación, puedan ser acarreados de forma efectiva y segura hacia la planta de trituración para luego procesarlos y elaborar el cemento

7.5.5 Zona de Estudio

Con la obtención de los planos, donde se reflejan las vías existentes, los bancos y frentes de explotación, contemplados en la etapa de exploración geológica o bien de inicio de la explotación; se tomo como zona de estudio la cantera de Caliza se ubica en el Cerro Mampostal, Municipio Autónomo Zamora del Estado Falcón el área delimitada por las siguientes coordenadas UTM centrales N1.266.000 - E469.000 y la cantera de Arcilla que se encuentra ubicada en el Cerro El Veral del Fundo “Monte Oscuro“, del Estado Falcón el área delimitada por las siguientes coordenadas UTM centrales N1.270.000 - E465.200.

Dichos planos fueron convertidos en archivo ASCII, para poder crear la base de datos de las alternativas de trazados.

7.5.6 Alternativas de Trazados

Se procedió a la elaboración de varias alternativas de trazados en toda la zona de estudio de las dos (2) canteras, tomando en cuenta los accidentes topográficos, pendientes, drenajes, vía actual (perimetral), ubicación de los bancos, planificación a largo plazo, longitud de los trazados, cantidad de bancos de producción beneficiados por las vías, explotación de nuevos bancos, balance de masa, etc; que permitan mantener y mejorar el rendimiento operativos durante el avance de la explotación. A continuación se muestran las características de diversos alineamientos realizados:

Características de los trazados de la Cantera de Caliza:

Trazado A1: es obligatorio la ejecución de todos los cálculos de este trazado por lo requerimientos de la empresa. El alineamiento comienza en la cota 290 y culmina en la 390, lo cual permite descartar dos (2) curvas existente de la vía perimetral para así optimizar y mejorar el rendimiento operativo. Este trazado tiene una longitud de 760 m.

Trazado B1: la alternativa de este trazado permite que la vía se desarrolle en zonas relativamente planas, no tiene mucha pendiente lo que es favorable, es un trazado donde el método de acarreo es por empuje mediante un tractor, es decir se descarga el mineral de niveles superiores (bancos 476, 464, 452, 440, 432) a niveles inferiores hasta ser depositado en un patio de carga (en este caso en la cota 310), en el cual permite que el mineral pueda ser acarreados de un patio de carga de forma

efectiva y segura hacia la planta de trituración. Este trazado posee una longitud corta de 1+020 m.

Trazado C1: parte desde la cota 290 de la cantera en dirección S-E, para culminar en la cota 380 con dirección S-W. Con una longitud de 700 m.

Trazado D1: es sumamente complejo el manejo de las pendientes tanto en el trayecto para las cotas 400 y aun mayor para acceder a las cotas 480. Este trazado con dirección S-W se puede aprovechar para la planificación a largo plazo de la explotación de bancos a futuros, con niveles superiores como lo son 420 y 408, con el fin de lograr el cierre de un perímetro que cubre la mayor parte de los bancos que se están explotando o están en fase. La longitud de este trazado es de 1+120 m. hasta la planta de trituración.

Trazado E1: este alineamiento es parecido al anterior, con pendientes de talud muy pronunciadas. Este trazado con dirección S-W se puede aprovechar para la explotación de los bancos 396 y 400. La longitud de este trazado es de 1+120 m. hasta la planta de trituración.

Características de los trazados de la Cantera de Arcilla:

Trazado A2: la vía existente posee una curva horizontal con la distancia de vista para conductores es restringida por matorrales, árboles y el corte escarpado del talud. Con el trazado A, se puede disminuir el ángulo del talud y reafilar los árboles, para obtener la distancia de vista se puede alargar para obtener mejor visualización para el conductor.

Trazado B2: este se inicia en la cota 90, se realiza para que la vía perimetral se traslade unos metros con dirección S-W, para ampliar el perímetro de la cantera.

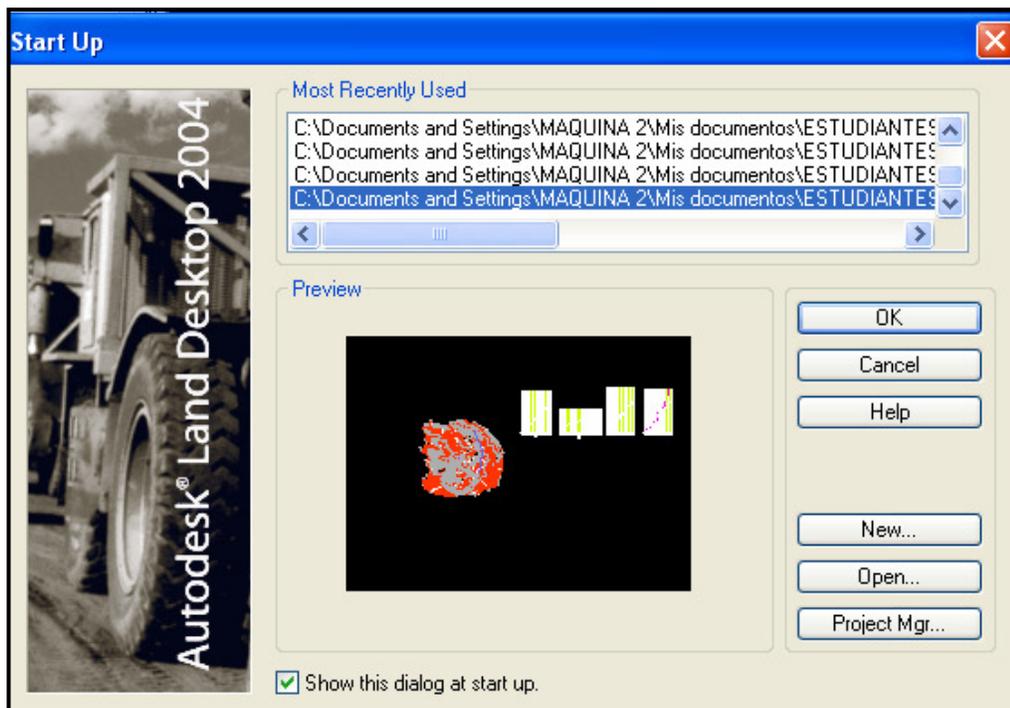
Trazado C2: se presenta muy viable debido a su poca longitud de 1+200 m, permite acceso a nuevos bancos como lo son 100, 115, 120 y 125 con dirección N-E. Este trazado tiene la posibilidad de hacer la conexión con la vía perimetral existente en la cota 50, con dirección N-W.

Trazado D2: Comienza en la cota 75 de la vía alterna de la cantera con dirección N-E, dirigiéndose hacia el N-W, con el fin de ampliar la vía perimetral hasta conectarse con la cota 45 de la vía alterna. La longitud es muy corta de 380 m.

Por todo lo anterior, se analizan cada una de las propuesta alternativa a las vías conjuntamente con que el desarrollo proyectado para la canteras.

7.5.7 Evaluación de los Trazados

Después de la selección de alternativas de los alineamientos, se procedió a evaluar los trazados utilizando el software Autodesk Land Desktop 2004 y Civil Design (fig. 7.3), mediante el siguiente procedimiento:



Fuente: Autodesk, 2004.

FIGURA 7.3 Pantalla de inicio de Autodesk Land Desktop

7.5.7.1 Procedimiento de diseño de vías en las canteras

7.5.7.1.1 Nombre y configuración de los parámetros generales del proyecto: “*New Drawing Projects*”

Se crea e identifica el nombre proyecto y las plantilla del dibujo, donde se estableció como unidades lineales el sistema métrico, tamaño de letra y de hoja, algunos colores de layers, unidades base (0,0,0), una apreciación de tres decimales,

tipo de texto estandar, escala horizontal 1:1000 y vertical 1:100, estilos y marcos. etc.

7.5.7.1.2 Modelamiento digital de terrenos: "terrain"

Se procedió a la construcción de la superficie, es decir obtener el modelo digital del terreno, el cual crea una malla de triángulos irregulares en tercera dimensión (3D), cuyos vértices representan los puntos topográficos o los vértices de las curvas de nivel digitalizadas. A través del menú Terrain Model Explorer donde se consiguen diálogos para la creación de superficies, seleccionar los datos que se incluyen para la creación de las mismas para finalmente construirlas.

El programa se despliega un cuadro de diálogo con un menú, que permite realizar la digitalización del terreno "Terrain", ver figura (fig. 7.4.).



Fuente: Autodesk, 2004.

FIGURA 7.4 Menú Terrain.

7.5.7.1.3 Creación de curvas de nivel: "Contour Style Manager".

Se generó curvas de nivel a partir de la superficie, para definir los estilos de dichas curvas, y crear curvas principales y secundarias a intervalos establecidos.

Para el caso de la cantera de Caliza se crearon curvas principales cada 10m y secundarias cada 5 m, y para la cantera de Arcilla se crearon curvas principales cada 5 m y secundarias cada 2.5 m.

Los estilos de curvas de nivel se utilizaron para controlar el aspecto que tendrá las curvas al ser dibujadas, así como los rótulos de las mismas. Estos estilos controlan el suavizado de las líneas, el despliegue y posición de los rótulos, etc.

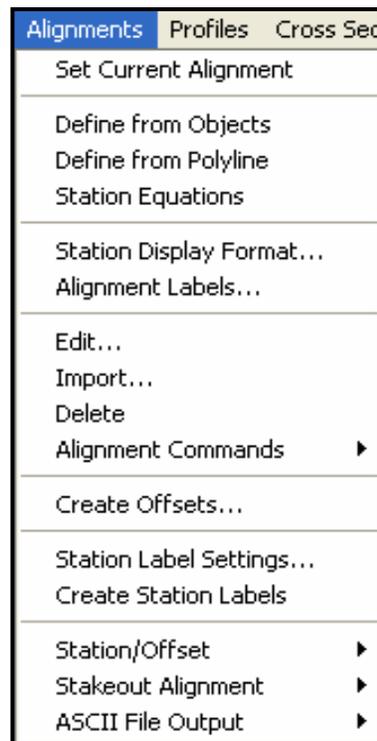
7.5.7.1.4 Alineamiento Horizontal: "Alignments"

El primer paso en un proyecto de vialidad es la determinación del alineamiento horizontal.

La determinación del alineamiento horizontal de una vía es un proceso de ensayo y error, en el cual se toman en consideración aspectos como la topografía original del terreno, el drenaje, infraestructuras de servicio, etc.

El diseño del eje en planta se realizó con las herramientas gráficas de AutoCAD y los comandos del menú "Lines/Curves".

El programa se despliega un cuadro de diálogo con un menú, que permite realizar el alineamiento horizontal "Alignments", ver figura (fig. 7.5).



Fuente: Autodesk, 2004

FIGURA 7.5 Menú Alignments

7.5.7.1.4.1 Dibujo de las curvas horizontales: “Lines/Curves”

La determinación del tipo de curva horizontal y los parámetros de la misma, significa el cumplimiento de normas de proyectos y las características de la zona y de la vía misma. En este caso, se determinó que todas las curvas sean circulares y con los cálculos de los radios respectivos.

7.5.7.1.4.2 Definición del alineamiento de la carretera: “Define from Objects”

Luego de crear el eje se definió como alineamiento horizontal, es decir se creó una base de datos externa asociada al alineamiento, dentro del directorio del proyecto. Esta base de datos contiene la información de cada alineamiento horizontal definido para luego ser editados en este proyecto.

7.5.7.1.4.3 Generación de las líneas del ancho de vía o líneas paralelas al eje: “Create Offsets”

Luego de haber definido el alineamiento, se creó las líneas que definen el ancho de la vía. Para la cantera de Caliza se utilizó un ancho de 19 m y para la cantera de Arcilla se utilizó un ancho de 12 m.

En este caso, se creó un offset a la derecha y a la izquierda de 9.5 m. para la cantera de Caliza y un offset a la derecha y a la izquierda de 6 m. para la cantera de Arcilla, de acuerdo a la sección tipo que se muestra en el capítulo VI.

En el menú "Station Labels" se utilizó para etiquetar el eje de cada alineamiento, con una distancia de cada 50 m y en los principios y fines de curvas circulares con TC (Tangente Curva) y CT (Curva Tangente).

A partir de aquí en adelante se utilizarán herramientas pertenecientes al programa *Autodesk Civil Design*, por lo que es necesario hacer click en el *Menú Project*, luego en *Menú Palettes*, escoger y cargar el programa *Civil Design*.

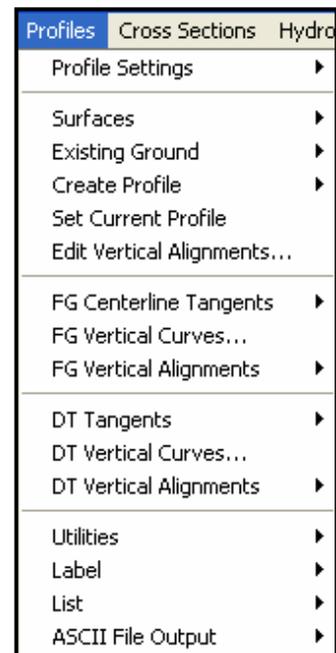
7.5.7.1.5 Alineamiento Vertical o Perfil longitudinal del eje del alineamiento

El programa se despliega un cuadro de diálogo con un menú, que permite realizar el alineamiento vertical “*Profiles*”, ver figura (fig. 7.6).

7.5.7.1.5.1 Creación del perfil del terreno original: “*Profiles*”.

Una vez obtenidas las cotas de terreno, se tuvo que dibujar el perfil longitudinal con el comando "Full Profile".

Para la creación del perfil del terreno original, fue un proceso de dos pasos. En primer lugar, se creó el muestreo de los puntos a lo largo de las líneas que definen el alineamiento horizontal, es decir, el eje central y las líneas que forman el ancho de la vía.



Fuente: Autodesk, 2004.

FIGURA 7.6 Menú Profiles.

7.5.7.1.5.2 Diseño de la rasante: “*FG Centerline Tangents*”

En este caso se siguieron los mismos pasos que se realizó en el diseño vertical de la carretera, son similares al hecho en el diseño del eje. Primero, se dibuja la rasante y

luego se definió como alineamiento vertical. Para este diseño primero se diseña los tramos rectos y luego se le incluyen las curvas verticales.

7.5.7.1.5.3 Dibujo de los tramos rectos "*Create Tangents*"

Este comando permitió dibujar los tramos rectos de la rasante.

7.5.7.1.5.4 Diseño del perfil de la vía: "*FG Vertical Alignment*"

Al igual que el alineamiento horizontal, el diseño de las tangentes y curvas verticales de la vía es un proceso de ensayo y error, en el cual se hacen ajustes a la geometría del diseño hasta que queden satisfechos tanto los requerimientos del proyecto como las restricciones físicas del sitio.

La pendiente del alineamiento vertical en la cantera de Caliza no debe mayor al 12% y en la cantera de Caliza no debe mayor al 8%

7.5.7.1.5.5 Definición de la rasante como alineamiento vertical: "*Define FG Centerline*"

Las líneas de pendiente de tangente muestran la ruta vertical de la carretera proyectada. Para incluir estas líneas en la base de datos del alineamiento, se definen estas líneas como alineamiento vertical utilizando, es un procedimiento similar al utilizado para la definición de los alineamientos horizontales.

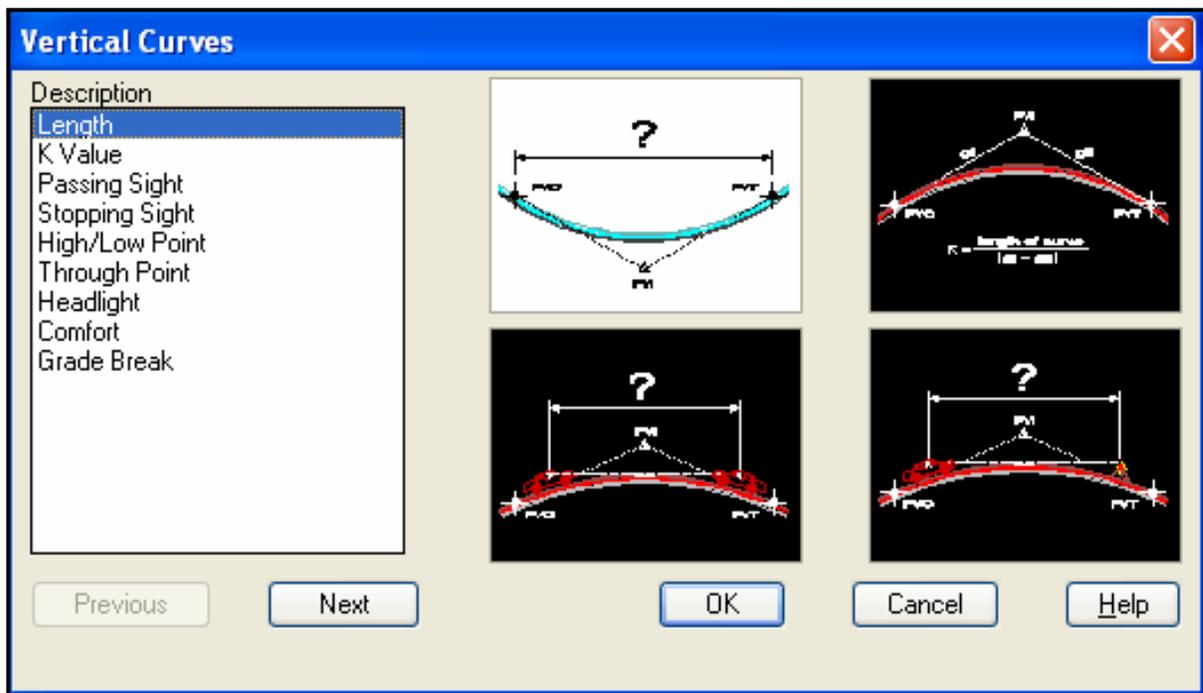
Se creó curvas verticales entre tangentes, estas curvas deben satisfacer los criterios de diseño del proyecto.

Para definir la rasante como alineamiento vertical, se utilizó el comando "Define FG Centerline". La información vertical del camino es asociada al alineamiento horizontal. Por lo tanto, no se crea una segunda base de datos. Sólo existe una, en la cual los alineamientos tienen información horizontal y vertical.

7.5.7.1.5.6 Dibujo de las curvas verticales: “FG Vertical Curves”

Este comando despliega un cuadro de diálogo que a través de la selección de íconos, permitió elegir un método para crear curvas verticales. Entre otras variedades, se utilizó para dibujar curvas verticales ingresando su largo horizontal (2T) y el parámetro K (radio) o por su longitud como fue el caso en este proyecto.

Ver figura 7.7



Fuente: Autodesk, 2004

FIGURA 7.7 Selección del método de creación de Curvas Verticales.

7.5.7.1.5.6 Crear el perfil completo: “Create Profile, Full Profile”

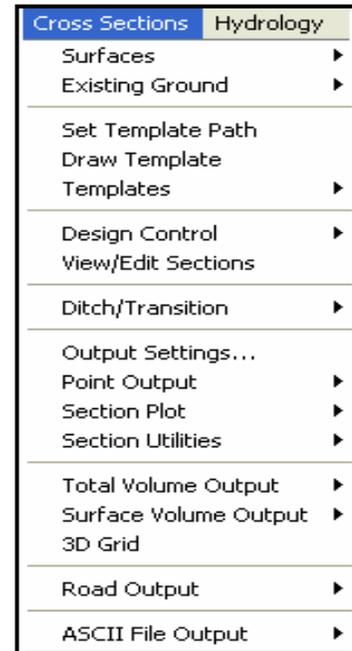
Se dibuja el perfil longitudinal con el comando “Full Profile” el cual crea un perfil que incluye un datum, una topografía con sus cotas y una rejilla. Se indica si el perfil se crea de derecha a izquierda o viceversa; los perfiles realizados en este trabajo fueron elaborados muestreando de izquierda a derecha.

7.5.7.1.6 Vialidad Básica: Obtención de la Superficie de Vialidad

Luego de haber definido los alineamientos vertical y horizontal de la carretera, se obtuvo la superficie de la misma, para ello se seleccionó la sección transversal de la vía, dado que ella define la forma de la calzada en cada punto de la vía

Una vez seleccionada la sección transversal, ésta se aplicó a la vía en ciertos puntos que resultan de un muestreo que se realizaron a ciertos intervalos a lo largo del eje central de la carretera.

El programa se despliega un cuadro de diálogo con un menú, que permite realizar las secciones transversales “*Cross Sections*”, ver figura 7.8.



Fuente: Autodesk, 2004.

FIGURA 7.8 Menú Cross Sections.

7.5.7.1.6.1 Perfiles transversales: “*Cross Sections*”

7.5.7.1.6.2 Obtención de los perfiles transversales de terreno: “*From Surface*”

Con este comando las cotas para generar los perfiles transversales, se obtienen del modelo de terreno. Aparece un cuadro donde se ingresa el ancho hacia la izquierda y hacia la derecha, que se desea obtener para los perfiles transversales; para el caso del diseño de las plataformas de este proyecto se muestreo un ancho para la izquierda 50 m para cada lado. Además, se puede ingresar el incremento o equidistancia para

obtener los perfiles, por lo esto, se definió cada 50 m, incluyendo los kilometrajes de los principios y fines de las curvas circulares y del alineamiento.

7.5.7.1.6.3 Dibujo y definición de la plantilla tipo del camino

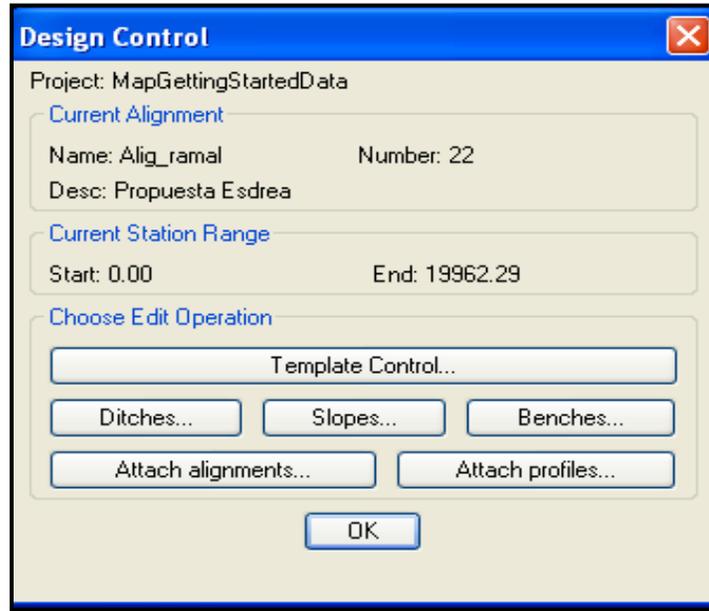
En este paso, se dibujó todas las plantillas tipos, que fueron usadas en la vía, las cuales se generaron. La plantilla se dibujó, de tal forma que cada superficie, que vaya a contener un material distinto (base, sub-base, capa de rodamiento etc.), quedo dibujado como un polígono totalmente independiente. También, es importante señalar que, si la plantilla tipo es simétrica, solamente se dibujo su lado izquierdo, ya que el programa asume el otro lado, indicándole en el momento de definirla.

7.5.7.1.6.4 Definición de la plantilla tipo: "Define Template".

Después que la plantilla está dibujada, se definió, con el objeto que quede guardada en la librería de plantillas tipo. Para definirlo se utilizo este comando "Define Template", el cual aparecen varias instrucciones seguidas en la línea de comando. Éstas serán explicadas a continuación:

7.5.7.1.6.5 Configuración de parámetros para el control del diseño: "Design Control".

En este paso, se debe definió cuál plantilla tipo se va a usar y con qué talud. Para realizar esta operación, se utilizó el comando "Edit Design Control". Encontrándose en este menú, el comando *Template Control* es para la selección de *Template* (Plantilla) antes dibujada y definida; en el *Ditches* se define las variables pertinentes a las cunetas, con el comando *Slopes* se puede incorporar las medidas de los taludes tanto de relleno como de corte y en *Benches* condiciones específicas de banqueo. Ver figura 7.9



Fuente: Autodesk, 2004

FIGURA 7.9 Pantalla Design Control para las secciones transversales.

7.5.7.1.7 Dibujo de los perfiles transversales

7.5.7.1.7.1 Definición de parámetros para el dibujo de perfiles transversales: "Section Plot"

Se utilizó el comando "Settings" para definir los parámetros de dibujo.

7.5.7.1.7.2 Dibujo de los perfiles: "Section Plot"

Para dibujar los perfiles transversales se trabajó con el comando "All" el cual permite dibujar, visualizar e impresión todas las secciones transversales. El programa los dibujó uno tras otro de izquierda a derecha en sentido horizontal.

7.5.7.1.7.3 Cálculo de volumen: "Total Volumen Output"

El comando posibilita la obtención del informe de cubicación de tres distintas formas como lo son: Volume Table, To Screen y To File.

Para este proyecto se obtuvo el informe de cubicación de dos (2) distintas formas, como lo son:

Volume Table: donde el programa generó una tabla de cubicación, que se inserta al dibujo.

To File: donde el programa creó un archivo ASCII externo, el cuál tiene como contenido el informe de cubicación.

7.5.7.1.7.4 Cálculo de volúmenes de corte y relleno o Diagrama de Masa: *“Import Mass Haul”*

El diagrama de masa es la representación gráfica de la cubicación antes realizada, por lo tanto se puede acceder a ella haciendo click en *Total Volumen output* y luego en *Import Mass Haul* el programa automáticamente lo grafica.

Para calcular los volúmenes de corte y relleno a partir del modelo de terreno, fue necesario definir un estrato y un escenario. El estrato identifica las dos superficies que se deben comparar para hacer los cálculos. Por su parte, el escenario define el área en donde se realizaron los cálculos.

El programa puede calcular los volúmenes por dos métodos:

- El método de la cuadrícula (Grid Method): se usa una cuadrícula superpuesta a las dos superficies que definen el estrato. Este método es más preciso cuando el tamaño de la cuadrícula es menor que el promedio de distancia entre los puntos que definen las superficies. . (Manual Land Desktop, 2004).
- El cálculo prismoidal del método: es la suma total de área del corte (o terraplén) en la primera estación (A1), área del corte (o terraplén) en la segunda estación (A2) más el valor de la raíz cuadrada de $A1 \cdot A2$. Divida la suma total por 3, y multiplíquese por la distancia entre las dos secciones.

Para el diseño de este proyecto se escogió el método de Prismoidal debido a que el cálculo de los volúmenes es más exacto que el método de la sección media (Avgendarea)

Todo el procedimiento antes descrito fue empleado para la evaluación de los trazados A1, B1, C1, D1 y E1, de la Cantera de Caliza (CC) y del trazado A2, B2, C2 y D2 de la Cantera de Arcilla (CA) con el fin de adquirir información referente a los alineamientos horizontales, verticales, perfiles longitudinales, secciones transversales, movimiento de tierra y diagrama de masa, con lo que se puede realizar una valoración de todas las variables involucradas en el diseño de vialidad.

7.6 Trazados de vías propuestos de la Cantera de Caliza (CC)

En el Anexo 3.1, muestra el mapa donde se observa la topografía de la zona por donde pasa los siguientes trazados:

Trazado A1: este inicia (0+000) al comienzo de la vía actual de la cantera a cota 290, seguido de un trayecto de 0+220 m de línea recta en dirección S-W para comenzar la primera gran curva que se adapta a la topografía para finalizar en el 0+340 m, la cual permite tomar el rumbo en dirección S-E, donde el trazado es recto hasta el 0+610 m, para comenzar una pequeña curva que finaliza en el 0+625 m. donde el trazado se dirige en dirección N-E hasta el 0+750 m en el cual el trazado tiene el objeto de alcanzar la cota 390 de progresiva 1+300 m de la actual vía de la cantera y con esta poder dirigirse hasta los bancos 408 en adelante.

Trazado B1: este se inicia (0+000) en dirección S-E de la planta de trituración de la cantera a cota 290, seguido de un trayecto de 0+196 m de línea recta en dirección S-E para comenzar la primera gran curva que se adapta a la topografía para finalizar en el

0+219 m, donde el trazado es recto hasta el 0+471 m, para comenzar una curva que finaliza en el 0+504 m. donde el trazado sigue en dirección S-E hasta alcanzar el final del trazado en la cota 310 de progresiva 1+020 m, en lo cual el método de acarreo es por empuje.

Trazado C1: se inicia (0+000) en la dirección S-E de la planta de trituración de la cantera a cota 290, seguido de un trayecto recto hasta llegar a la progresiva 0+553 m en dirección S-E para comenzar una curva que finaliza en el 0+645 m, donde se dirige al S-W, hasta llegar al final del trazado con progresiva 0+700 m, para acceder a los bancos con cota 396 en adelante.

Trazado D1: iniciándose en la misma cota que los trazados B y C con rumbo S-E, donde se encuentra una topografía montañosa, seguido de un trayecto de 763 m de línea recta con pendiente de hasta el 12% llega a la progresiva 0+763 m donde comienza una curva que permite tomar el rumbo de en dirección S-W hasta el final de la progresiva 1+120 m, hasta llegar a la cota 408.

Trazado E1: se comporta parecido que el trazado D, este se inicia (0+000) en el mismo sector q los anteriores a cota 290 con rumbo S-E, seguido de un trayecto de 223 m de línea recta para comenzar una curva que es seguida de un trayecto poco curvo en forma de S que se adapta a la topografía para que en la progresiva 0+626 cambia la dirección al S-W, con el objeto de alcanzar con la progresiva 1+120 m y alcanzar la cota 400.

7.7 Trazados de vías propuestos de la Cantera de Arcilla (CA)

En el Anexo 3.2, muestra el mapa donde se observa la topografía de la zona por donde pasa los siguientes trazados:

Trazado A2: este inicia (0+000) al comienzo de la vía actual de la cantera donde se encuentra la cerca a cota 40, con un trayecto hasta la progresiva de 0+025 m de dirección S-E donde se inicia una curva que se adapta a la topografía la cual finaliza en el 0+053 m, el trazado sigue en dirección S-E hasta alcanzar el final del trazado en la cota 50 de progresiva 0+180 m.

Trazado B2: se inicia (0+000) en la dirección S-W de la cantera a cota 90, seguido de un trayecto recto hasta llegar a la progresiva 0+403 m para comenzar una pequeña curva que finaliza en el 0+418 m, con la misma dirección al S-W, seguido de un trayecto de recto hasta la progresiva 0+581 m para comenzar una curva que se adapta a la topografía que finaliza en el 0+609 m, cambiando la dirección a S-E, , hasta llegar al final del trazado con progresiva 0+660 m, para acceder a los bancos con cota 95 en adelante.

Trazado C2: iniciándose la progresiva 0+000 en la cota 105 con rumbo S-E, donde se encuentra una topografía montañosa, llega a la progresiva 0+508 m donde comienza una gran curva q culmina en la progresiva 0+566 m que permite tomar el rumbo de dirección N-E, seguido de un trayecto recto con pendiente del -7% hasta llegar a una siguiente curva q empieza en la progresiva 0+764m y culminando en la 0+817 m, iniciando con rumbo N-W, hasta llegar al final del trazado en la progresiva 1+200 m, para llegar a la cota 50.

Trazado D2: la progresiva 0+000 se inicia en la cota 75, con una curva en la progresiva 0+011 m y culminando en la 0+057 m con rumbo N-E, luego sigue una recta con pendiente -8% hasta llegar a la progresiva 0+246 m donde comienza una segunda curva que finaliza en la progresiva 0+278 m, hasta llegar al final del trazado con progresiva 0+380 m, con dirección N-W y descender a la cota 45.

7.8 Alineamiento Horizontal

En esta etapa se configuro el eje y se estableció la geometría horizontal, es decir, las rectas, curvas circulares, curvas de transición, que definen el alineamiento del diseño. Se definieron segmentos de rectas cuya longitud varía entre 100 a 1200 m.

En los anexos 1.1 Cantera de Caliza, 1.2 Cantera de Arcilla, se presenta en forma detallada las características de cada uno de los trazados como lo son: las coordenadas (norte, este), distancia entre puntos, longitud de curvas, dirección de la vía en cada punto, etc. para cada uno de los trazados propuestos.

En los anexos 4.1 y 4.2 se puede observar los reportes de los alineamientos y la ubicación de cada unas de las curvas a lo largo de los trazados.

7.9 Alineamiento Vertical

En las Tablas 7.3 y 7.4 se presentan la descripción de los alineamientos verticales, donde se observa la progresiva en el cual se produce el cambio de pendiente de la vía, la elevación del punto y la longitud de la curva. En la mayoría de los alineamientos se utilizó curvas no menores de 30 m de longitud, para obtener una suave pendiente en dichos trazados. Cuando la diferencia de pendientes es igual o menor a 1%, no fue necesario enlazarlas con una curva vertical.

Se definieron segmentos de rectas cuya longitud varía entre 100, 200 y 300 m y una pendiente máxima del 12 % para la cantera de Caliza y el 8 % para la cantera de Arcilla en el diseño vertical

En los anexos 5.1, 5.2 y 5.3 se puede observar la grafica de los alineamientos verticales, en los cuales se presentan el perfil longitudinal para cada trazado destacando la rasante de la topografía, la rasante de la vía, la ubicación y descripción de las curvas verticales, el valor de la pendiente de cada tramo, las cotas de terreno y del eje.

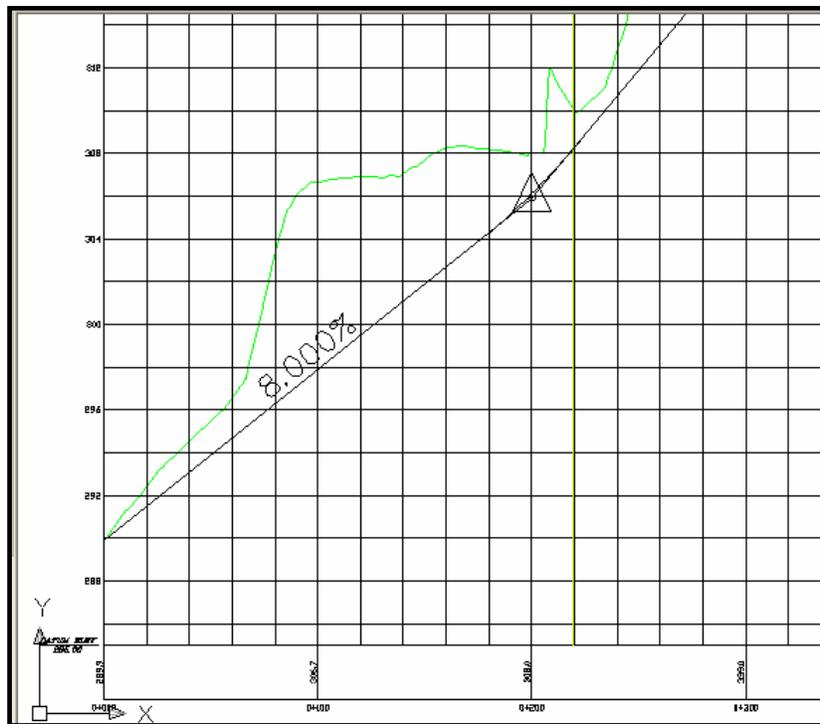


FIGURA 7.10 Alineamiento vertical 0+050 del trazado A de la cantera de Caliza

TABLA 7.3 Alineamiento vertical de los trazados de la cantera de Caliza

TRAZADOS	ESTACION	ELEVACION (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO A1	0+000	289,88	8,00	
	0+200	305,88	12,00	50,00
	0+400	329,88	8,00	50,00
	0+500	337,88	10,00	40,00
	0+600	347,88	12,00	40,00
	0+700	367,08		

TRAZADOS	ESTACION	ELEVACION (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO B1	0+000	291,68	8,00	
	0+150	303,68	4,00	50,00
	0+400	313,68	2,00	40,00
	0+800	321,68	-4,00	72,00
	1+020	312,88		

TRAZADOS	ESTACION	ELEVACION (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO C1	0+000	292,35	12,00	
	0+100	304,35	10,00	30,00
	0+200	314,35	12,00	30,00
	0+400	338,35	10,00	30,00
	0+500	348,35	12,00	30,00
	0+700	372,35		

TRAZADOS	ESTACION	ELEVACION (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO D1	0+000	289,41	10,00	
	0+200	309,41	12,00	40,00
	0+400	333,41	8,00	50,00
	0+700	357,41		30,00
	0+900	377,41	12,00	40,00
	1+120	403,81		

TRAZADOS	ESTACION	ELEVACION (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO E1	0+000	288,93	8,00	
	0+300	312,93	6,00	30,00
	0+500	324,93	10,00	40,00
	0+700	344,93	12,00	30,00
	0+850	362,93	10,00	30,00
	1+000	377,93	12,00	30,00
	1+120	392,33		

TABLA 7.4 Alineamiento vertical de los trazados de la cantera de Arcilla

TRAZADOS	ESTACIÓN	ELEVACIÓN (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO A2	0+0,68	40,00	4,00	
	0+100,68	44,00	7,30	30,00
	0+180	49,79		

TRAZADOS	ESTACION	ELEVACION (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO B2	0+8,43	95,00	-3,48	
	0+151,96	90,00	0,00	30,00
	0+218,29	90,00	-4,92	39,28
	0+320	85,00	-2,78	42,76
	0+500	80,00	7,30	45,35
	0+660	91,68		

TRAZADOS	ESTACIÓN	ELEVACIÓN (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO C2	0+5,32	105,00	5,00	
	0+205,32	115,00	-5,00	50,00
	0+455,32	102,50	-7,00	30,00
	0+655,32	88,50	-5,00	30,00
	0+905,32	76,00	-8,15	30,00
	1+199,61	52,00		

TRAZADOS	ESTACIÓN	ELEVACIÓN (m)	PENDIENTE (%)	LONG. DE LA CURVA VERTICAL (m)
ALINEAMIENTO D2	0+000	68,00	-8,00	
	0+200	52,00	-3,00	42,00
	0+380	47,00		

7.10 Secciones Transversales

Se obtuvieron secciones transversales cada 50 m y barriendo un área de 50 a 100 m a cada lado del eje de la vía para todos los trazados, obteniendo como resultado una gran cantidad de secciones.

En la siguiente figura (fig. 7.11) se muestra una sección, la cual la línea verde es la rasante del terreno y la roja es la rasante de la vía, con un eje de coordenadas en donde la abscisa representa los metros muestreados a partir del eje y en las ordenadas las cotas. En este caso se observa un trazado de solo corte, lo cual no se muestra un balance equitativo de corte y relleno, que debería ser el caso óptimo en el momento de diseñar una vía; sin embargo, en los trazados se presentaron diversas circunstancias como: zonas equilibradas de corte y relleno, solo relleno, secciones de corte y relleno no proporcionadas, como se muestra en la siguiente fig. 7.12

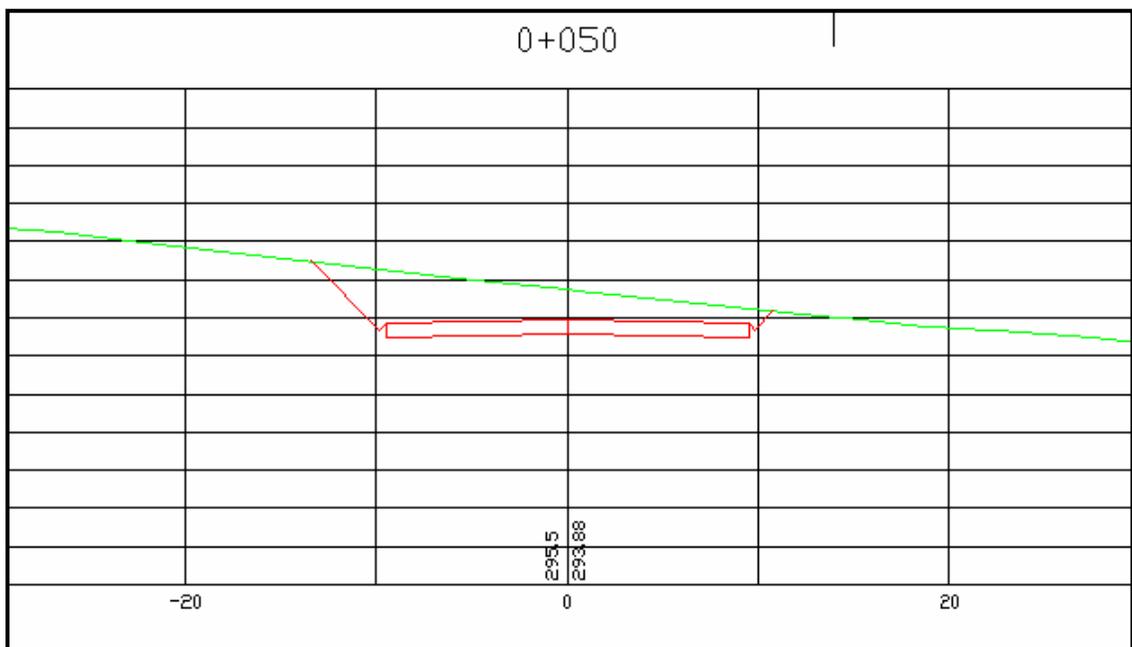


FIGURA 7.11 Sección transversal 0+050 del trazado A1 de la cantera de Caliza

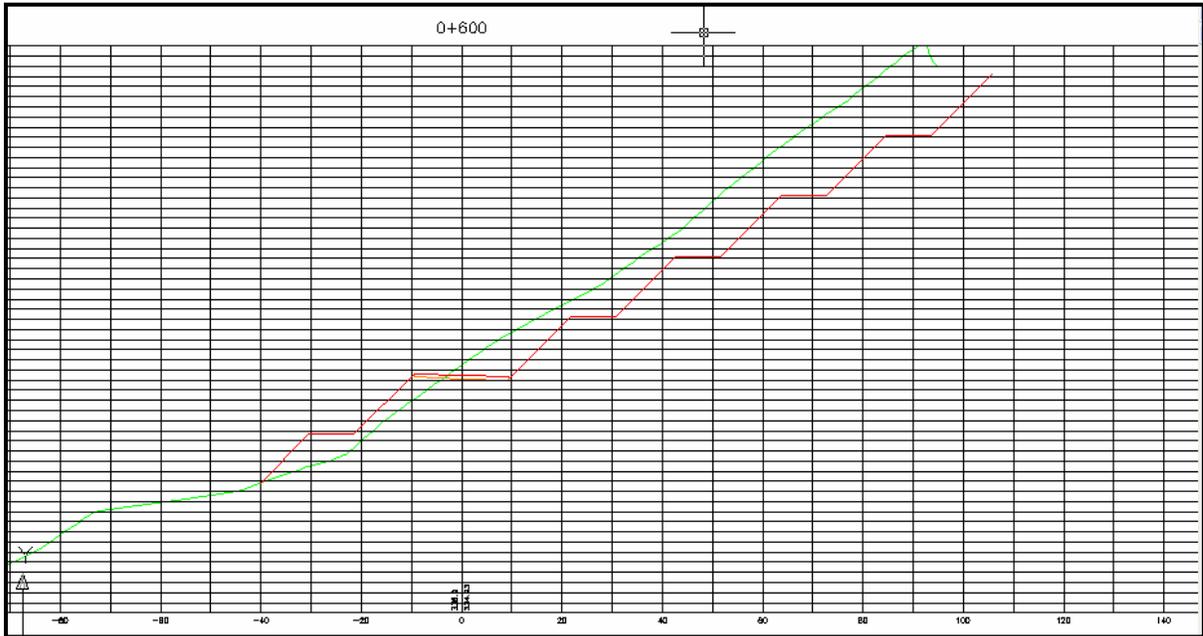


FIGURA 7.12 Sección transversal 0+600 del trazado D1 de la cantera de Caliza

7.11 Movimiento de Tierra

En los anexos 2.1 cantera de Caliza, 2.2 cantera de Arcilla, se presentan los movimientos de tierra elaborados a través de diagrama de masa, donde se observa el área tanto para corte y relleno, el volumen para corte y relleno, el volumen acumulado y el balance de masa para el punto de inicio, para valores intermedios cada 50 m hasta llegar al final de cada alineamiento.

7.12 Diagrama de Masa

El diagrama de masa para los trazados de la cantera de Caliza se especifican a continuación:

Trazado A1: se inicia con un exceso de material de corte con el valor más alto al final del trazado en la progresiva 0+750 (662.608 m³) que han de ser utilizado para la planta de trituración, como materia prima.

Trazado B1: se presenta un déficit de material para relleno con un valor máximo 43.000 m³ hasta la progresiva 0+600, de aquí y hasta la progresiva 0+750 se evidencia exceso de material hasta llegar a la progresiva 0+950 m con un volumen de corte de 62.200 m³

Trazado C1: se presenta un déficit de material para relleno con un valor máximo 56.200 m³ en la progresiva 0+250 m, pero en la progresiva 0+350 m y hasta los últimos metros se vuelve a tener exceso de material hasta llegar a 490.800 m³.

Trazado D1: se observa excesivo volumen de corte desde la progresiva 0+250 m con un valor de 411.000 m³ en la progresiva 0+650, donde comienza un descenso del corte hasta el m 1+000 en donde llega a un volumen de corte con un valor máximo de 610.780 m³.

Trazado E1: se observa que desde 0+000 m hasta la progresiva 0+600 se evidencia que la relación de corte y relleno siempre tiende a faltar material para rellenar, pero en los últimos metros se vuelve se presenta un exceso de material de 1.275.837 m³ que han de ser dispuesto en la planta de trituración.

El diagrama de masa para los trazados de la cantera de Arcilla se especifican a continuación:

Trazado A2: se observa que el balance es prácticamente perfecto entre el volumen de corte y relleno.

Trazado B2: se presenta un déficit de material para relleno en todas las progresivas, con un valor máximo 13.000 m³. al final del trazado.

Trazado C2: se presenta excesivo volumen corte con un valor máximo de 479.000 m³ en la progresiva 0+900, a partir de la cual inicia un descenso del corte hasta el final del trazado con un volumen de corte de 453.000 m³.

Trazado D2: se evidencia que la relación de corte y relleno siempre tiende a que el valor de volumen de corte es mucho mayor que el del relleno, llegando hacer de 4.670 m³.

CAPITULO VIII

DRENAJES

Numerosos factores deben hacerse intervenir en el estudio de los drenajes de una carretera; como lo son la geología, la topografía y la hidrológica de la zona, las cuales varían mucho de un sitio a otro razón por la cual cada caso amerita de un estudio particular.

La selección del tamaño y tipo de estructura de drenaje longitudinal como transversal adaptable a un área determinada, depende grandemente de la precisión con que se puede señalar, sobre los planos topográficos o sobre las fotografías aéreas de los alrededores de la carretera, como las cuencas de las corrientes de agua q cruzan la vía, etc.

8.1 Diseño de Drenajes

Del punto de vista físico, el diseño de drenaje tiene el propósito de interceptar el escurrimiento superficial y evitar la erosión que asegure la viabilidad técnica y ambiental del proyecto.

Muchos son los factores que intervienen en la forma y tamaño de las estructuras de los canales, se requiere conocer la cantidad de agua (caudal) que llegara al canal y las dimensiones de la estructura que va a conducirla, para que sea económico su construcción y mantenimiento. La importancia de cada uno de ellos dependerá del proyecto específico.

8.1.1 Calculo de Descarga de Diseño

Para calcular o estimar el volumen de agua que llegara sobre el canal en un determinado instante, se utilizo la formula racional, asumiendo la formula:

$$Q = (C * I * A) / 3.6 \quad (8.1)$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m³/s).

C = Coeficiente de escorrentía adimensional (tabla 8.1).

I = Intensidad de la precipitación (mm/h).

A = Área de drenaje (km²).

Para conocer el valor de coeficiente de escorrentía se le asigna de acuerdo a la tabla N° 8.1 de coeficientes de escorrentía para zonas rurales

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C						
Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del Terreno				
		Pronunciada 50%	Alta 20%	Media 5%	Suave 1%	Despreciable
Sin Vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos: Vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, Gramina	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques: Densa Vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Trabajo de ascenso Prof. M. Castillejo

TABLA 8.1. Coeficiente de escorrentía

Para el diseño de canales de la cantera de Arcilla se trabajo con el valor de 0.65 para una cobertura sin vegetación y una pendiente del terreno del 20%

aproximadamente y para la cantera de Caliza se trabajo con el valor de 0.50 para una cobertura sin vegetación y una pendiente del terreno del 50% aproximadamente.

El parámetro de intensidad de lluvia (i), se calcula mediante la grafica de intensidad - duración – frecuencia (IDF) correspondiente a la región de Puerto Cumarebo.

8.2. PRECIPITACIÓN

8.2.1. Datos de intensidad de precipitación

La cantidad de agua caída en una precipitación se expresa en milímetros y la medición se lleva a cabo mediante los pluviómetros, el cual es de lectura directa. El agua recogida se mide en una probeta graduada, donde cada milímetro de lluvia significa la caída de un litro de agua por cada metro cuadrado de superficie.

Los valores presentados en los anuarios climatológicos, corresponden a los análisis de veinticuatro (24) horas continuas de lluvia.

8.2.2. Calculo de las Curvas IDF

Con la finalidad de determinar las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia, se solicitaron al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, los datos de intensidad de lluvia para tiempos restringidos, particularmente las intensidades para treinta (30) minutos, una (1) hora, tres (3) horas, seis (6) horas y nueve (9) horas. Estos reportes de los valores máximos de precipitaciones para las Estación Meteorológica Puerto Cumarebo, se muestran en la tabla 8.2, respectivamente.

En relación a la metodología utilizada en el del libro Carreteras establecida por el Ingeniero Civil Jacob Carciente para la determinación de las curvas IDF y con la ayuda del programa Microsoft Excel, se calcularon los valores de sumatoria, promedios, media, desviaciones, y frecuencias cuyos valores obtenidos se ven reflejados en las tablas N° 8.3, 8.4, 8.5, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7 y 8.8 de que se observan a continuación, de las laminas de agua precipitadas, en las estaciones meteorológicas de Puerto Cumarebo, en los distintos tipos de tiempos considerados.

Años	0,5 Hora (mm)	1 Hora (mm)	2 Horas (mm)	3 Horas (mm)	6 Horas (mm)	9 Horas (mm)
1990	3,40	3,00	6,00	6,00	7,00	8,00
1991	8,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
1992	15,80	18,00	20,00	23,00	23,00	23,00
1993	19,50	50,00	71,00	71,00	73,00	74,00
1995	30,10	37,00	38,00	50,00	51,00	51,00
1996	14,50	16,00	23,00	25,00	25,00	25,00
1997	20,00	30,00	31,00	31,00	36,00	41,00
1998	23,70	32,00	33,00	35,00	35,00	35,00
1999	23,50	26,00	33,00	39,00	52,00	54,00
2000	26,70	34,00	45,00	45,00	46,00	219,00
2001	3,30	4,00	4,00	5,00	6,00	9,00

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 8.2. Valores de Intensidad de Precipitación (mm) E. M. Puerto Cumarebo

Luego fueron calculados los parámetros de Gumbel, $1/a$ y u , para los datos de intensidad de precipitaciones para los tiempos de 0.5, 1, 2, 3, 6, 9 horas respectivamente, mediante las formulas:

$$1/a = 0.779696 * \sigma \text{ y } u = x - 0.450047 * \sigma \quad (8.2)$$

Donde:

X: Media de la muestra

σ : Desviación típica de la muestra

TABLA 8.3. Resultados de la determinación de curvas IDF (0.5 horas)

Año	0,5 Horas (mm)	Decreciente	Xi (mm)	Xi^2 (mm^2)	Frecuencias
1990	3,40	1	30,10	906,01	0,05
1991	8,00	2	26,70	712,89	0,14
1992	15,80	3	23,70	561,69	0,23
1993	19,50	4	23,50	552,25	0,32
1995	30,10	5	20,00	400	0,41
1996	14,50	6	19,50	380,25	0,50
1997	20,00	7	15,80	249,64	0,59
1998	23,70	8	14,50	210,25	0,68
1999	23,50	9	8,00	64	0,77
2000	26,70	10	3,40	11,56	0,86
2001	3,30	11	3,30	10,89	0,95
Σ	188,50		Σ	4059,43	
Media	17,14		Media	369,04	
Desviación	9,11				
Parámetros	1/a	7,10			
Ley de Gumbel	u	13,04			

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 8.4 Resultados de la determinación de curvas IDF (1 hora)

Año	1 Hora (mm)	Decreciente	Xi (mm)	Xi^2 (mm^2)	Frecuencias
1990	3,00	1	50,00	2500	0,05
1991	11,00	2	37,00	1369	0,14
1992	18,00	3	34,00	1156	0,23
1993	50,00	4	32,00	1024	0,32
1995	37,00	5	30,00	900	0,41
1996	16,00	6	26,00	676	0,50
1997	30,00	7	18,00	324	0,59
1998	32,00	8	16,00	256	0,68
1999	26,00	9	11,00	121	0,77
2000	34,00	10	4,00	16	0,86
2001	4,00	11	3,00	9	0,95
Σ	261,00		Σ	8351	
Media	23,73		Media	759,18	
Desviación	14,69				
Parámetros	1/a	11,45			
Ley de Gumbel	u	17,12			

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 8.5 Resultados de la determinación de curvas IDF (2 horas)

Año	2 Horas (mm)	Decreciente	Xi (mm)	Xi^2 (mm^2)	Frecuencias
1990	6,00	1	71,00	5041	0,05
1991	11,00	2	45,00	2025	0,14
1992	20,00	3	38,00	1444	0,23
1993	71,00	4	33,00	1089	0,32
1995	38,00	5	33,00	1089	0,41
1996	23,00	6	31,00	961	0,50
1997	31,00	7	23,00	529	0,59
1998	33,00	8	20,00	400	0,68
1999	33,00	9	11,00	121	0,77
2000	45,00	10	6,00	36	0,86
2001	4,00	11	4,00	16	0,95
Σ	315,00		Σ	12751	
Media	28,64		Media	1159,18	
Desviación	19,31				
Parámetros	1/a	15,06			
Ley de Gumbel	u	19,94			

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 8.6 Resultados de la determinación de curvas IDF (3 horas)

Año	3 Horas (mm)	Decreciente	Xi (mm)	Xi^2 (mm^2)	Frecuencias
1990	6,00	1	71,00	5041	0,05
1991	11,00	2	50,00	2500	0,14
1992	23,00	3	45,00	2025	0,23
1993	71,00	4	39,00	1521	0,32
1995	50,00	5	35,00	1225	0,41
1996	25,00	6	31,00	961	0,50
1997	31,00	7	25,00	625	0,59
1998	35,00	8	23,00	529	0,68
1999	39,00	9	11,00	121	0,77
2000	45,00	10	6,00	36	0,86
2001	5,00	11	5,00	25	0,95
Σ	341,00		Σ	14609	
Media	31,00		Media	1328,09	
Desviación	20,09				
Parámetros	1/a	15,67			
Ley de Gumbel	u	21,96			

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 8.7 Resultados de la determinación de curvas IDF (6 horas)

Año	6 Horas (mm)	Decreciente	Xi (mm)	Xi^2 (mm^2)	Frecuencias
1990	7,00	1	73,00	5329	0,05
1991	11,00	2	52,00	2704	0,14
1992	23,00	3	51,00	2601	0,23
1993	73,00	4	46,00	2116	0,32
1995	51,00	5	36,00	1296	0,41
1996	25,00	6	35,00	1225	0,50
1997	36,00	7	25,00	625	0,59
1998	35,00	8	23,00	529	0,68
1999	52,00	9	11,00	121	0,77
2000	46,00	10	7,00	49	0,86
2001	6,00	11	6,00	36	0,95
Σ	365,00		Σ	16631	
Media	33,18		Media	1511,91	
Desviación	21,26				
Parámetros	1/a	16,58			
Ley de Gumbel	u	23,61			

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 8.8 Resultados de la determinación de curvas IDF (9 horas)

Año	9 Horas (mm)	Decreciente	Xi (mm)	Xi^2 (mm^2)	Frecuencias
1990	8,00	1	219,00	47961	0,05
1991	11,00	2	74,00	5476	0,14
1992	23,00	3	54,00	2916	0,23
1993	74,00	4	51,00	2601	0,32
1995	51,00	5	41,00	1681	0,41
1996	25,00	6	35,00	1225	0,50
1997	41,00	7	25,00	625	0,59
1998	35,00	8	23,00	529	0,68
1999	54,00	9	11,00	121	0,77
2000	219,00	10	9,00	81	0,86
2001	9,00	11	8,00	64	0,95
Σ	550,00		Σ	63280	
Media	50		Media	5752,73	
Desviación	59,82				
Parámetros	1/a	46,64			
Ley de Gumbel	u	32,90			

Fuente: Elaboración propia

8.2.3 Período de retorno

Con la finalidad de obtener el ajuste de las curvas IDF para los datos obtenidos, se realizó la tabla 8.10. Los valores de b obtenidos para las diferentes intensidades escogidas, varían entre 2.33 años y 100 años, obtenido de la tabla 8.9. Sin embargo, basado en la vida útil del proyecto en estudio, aproximadamente de 10 años, solo se analizaron las curvas IDF para periodos de retorno de hasta 50 años.

Valores de b para distintas frecuencias	
Frecuencia (años)	b
2,33	0,5790
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Fuente: Jacob Carciente

TABLA 8.9 Valores de b para diferentes frecuencias

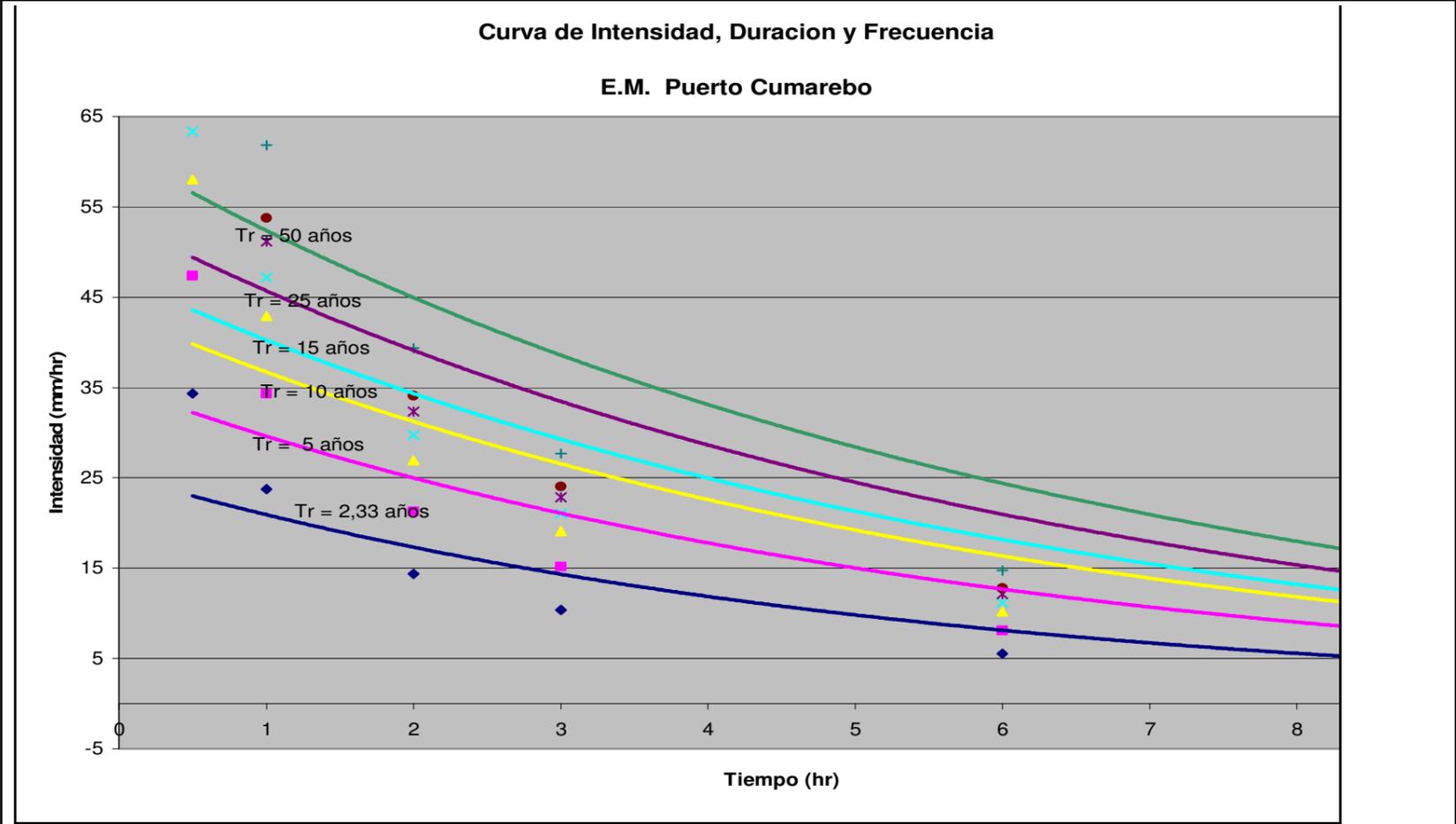
0,5 Horas (mm)			
T retorno (años)	Variable reducida	Parámetro Gumbel	Valor eje Y (mm)
2.33	0,58	4,11	34,30
5	1,50	10,65	47,38
10	2,25	15,98	58,03
15	2,62	18,62	63,33
20	2,97	21,09	68,25
25	3,20	22,71	71,50
50	3,90	27,70	81,48
100	4,60	32,67	91,42
1 Hora (mm)			
T retorno (años)	Variable reducida	Parámetro Gumbel	Valor eje Y (mm)
2.33	0,58	6,63	23,75
5	1,50	17,18	34,30
10	2,25	25,78	42,89
15	2,62	30,05	47,16
20	2,97	34,02	51,14
25	3,20	36,64	53,75
50	3,90	44,69	61,81
100	4,60	52,71	69,82
2 Horas (mm)			
T retorno (años)	Variable reducida	Parámetro Gumbel	Valor eje Y (mm)
2.33	0,58	8,72	14,33
5	1,50	22,59	21,27
10	2,25	33,89	26,92
15	2,62	39,50	29,72
20	2,97	44,73	32,34
25	3,20	48,17	34,06
50	3,90	58,76	39,35
100	4,60	69,29	44,62

3 Horas (mm)			
T retorno (años)	Variable reducida	Parámetro Gumbel	Valor eje Y (mm)
2.33	0,58	9,07	10,34
5	1,50	23,50	15,15
10	2,25	35,26	19,07
15	2,62	41,10	21,02
20	2,97	46,54	22,83
25	3,20	50,11	24,02
50	3,90	61,13	27,70
100	4,60	72,09	31,35
6 Horas (mm)			
T retorno (años)	Variable reducida	Parámetro Gumbel	Valor eje Y (mm)
2.33	0,58	9,60	5,54
5	1,50	24,86	8,08
10	2,25	37,30	10,15
15	2,62	43,48	11,18
20	2,97	49,23	12,14
25	3,20	53,02	12,77
50	3,90	64,68	14,72
100	4,60	76,27	16,65
9 Horas (mm)			
T retorno (años)	Variable reducida	Parámetro Gumbel	Valor eje Y (mm)
2.33	0,58	27,00	6,66
5	1,50	69,96	11,43
10	2,25	104,95	15,32
15	2,62	122,34	17,25
20	2,97	138,53	19,05
25	3,20	149,18	20,23
50	3,90	181,98	23,88
100	4,60	214,60	27,50

Fuente: Elaboración propia

TABLA 8.10 Resultados de parámetros de Gumbel

Luego se graficaron las curvas IDF de dicha estación meteorológica, ver figura 8.1, para distintos tiempos de retorno entre 2.33 y 50 años.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 8.1. Curvas de intensidad, Duración y Frecuencia de la E.M. Puerto Cumarebo.

Después de haber obtenido los valores de coeficiente de escorrentía y de intensidad de lluvia de 3 horas para un diseño de 10 años, se calculo el caudal (Q), mostrados en la tabla 8.11, que se observa a continuación:

Calculo de Caudal			
CALIZA			
C	I (mm/h)	A (Km2)	Q (m3/s)
0,50	25,66	0,06	0,20
		0,09	0,31
ARCILLA			
C	I (mm/h)	A (Km2)	Q (m3/s)
0,65	25,66	0,11	0,49
		0,07	0,33
		0,14	0,63
		0,01	0,05
		0,09	0,42

Fuente: Elaboración propia

TABLA 8.11. Resultados de la determinación de caudal (Q)

8.2.4 Diseño de Canal de Escorrentía

El agua que cae sobre una calzada escurre superficialmente sobre ella, y como consecuencia de la pendiente, del bombeo o del peralte, fluye transversalmente o longitudinalmente.

El diseño de la geometría de los canales, pueden ser de tres tipos en cuanto a su sección transversal o longitudinal: circulares, triangulares y trapezoidales y pueden o no estar revestidas.

El caudal proporcionado por una canaleta es dado por:

$$Q = V * A \quad (8.3)$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

V= Velocidad del agua (m/s).

A= Área de la sección mojada (m²).

Para dicho diseño se calculo las dimensiones de la estructura y calcular la velocidad del agua se utilizo la formula de Manning:

$$V = 1.49/n (R^{2/3} S^{1/2}) \quad (8.4)$$

Donde:

V = Velocidad del agua (m/s).

n = Coeficiente de rugosidad del canal (tabla 8.12)

R = Radio Hidráulico (m), Área de la sección transversal / perímetro mojado.

$$R = (V_{max} n / S^{1/2})^{3/2}$$

S = Gradiente de la sección longitudinal del canal (%).

V_{máx} = Velocidad máxima. (tabla 8.13).

TIPO DE CANAL	N
Revestida con cemento (hormigón), terminación fina	0,015
Revestida con cemento (hormigón), terminación gruesa	0,013
Suelo excavado, recto sección uniforme, sin vegetación	0,022
Suelo excavado, recto sección uniforme, laterales cubiertos con césped	0,030
Suelo excavado, en curva o irregular, sección no uniforme, con arena o piedra en el fondo	0,030
Canal natural, recto, sin vegetación	0,030

Fuente: Lyle, 1987, Citado por Alba Castillo (2006)

TABLA 8.12 Coeficiente de rugosidad

Tipo de fondo	Velocidad Máxima (m/s)	Pendiente (%)
Arcillo – arenoso	0,75	0,50
Arcillo – limoso	0,90	1,00
Arcilloso	1,20	2,00
Mezcla de arcilla y pedrisco	1,50	2,50
Roca	2,40	4,00

Fuente: Lyle, 1987, Citado por Alba Castillo (2006)

TABLA 8.13 Velocidad Máxima – Pendiente.

Las velocidades se realizaron tomando los caudales obtenidos en la tabla de coeficiente de rugosidad del canal (n) que es 0.022, la velocidad máxima – pendiente se utilizo de 1.20 (m/s), un gradiente de la sección longitudinal (S) del 8% para la cantera de Arcilla y para la cantera de Caliza la velocidad máxima – pendiente fue de 2.40 (m/s), un gradiente de la sección longitudinal (S) del 12%.

Los resultados obtenidos de las diferentes velocidades de agua para las canteras tanto Caliza como Arcilla, se muestran en la tabla 8.14

Diseño de Canal de Escorrentía						
CALIZA						
Q	S (%)	V máx	R	n	V (m/s)	A (m2)
0,20	0,12	2,4	0,0595	0,022	3,58	0,05
0,31						0,09
ARCILLA						
Q	S (%)	V máx	R	n	V (m/s)	A (m2)
0,49	0,08	1,2	0,02852	0,022	1,79	0,27
0,33						0,18
0,63						0,35
0,42						0,23

Fuente: Elaboración propia

TABLA 8.14 Resultados de la determinación de la velocidad del agua

Para el diseño de un canal, una vez determinado la cantidad y velocidad del agua a conducir, se obtuvo las siguientes dimensiones de la estructura para canales triangulares, (ver fig. 8.2) y se obtienen por las siguientes formulas:

$$A = zy^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

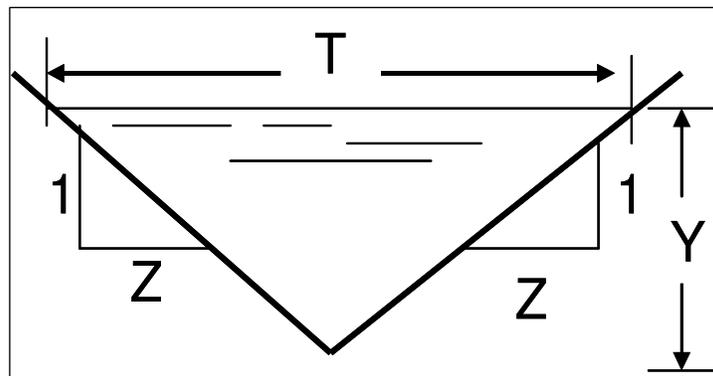
$$P = 2y(1+z^2)^{1/2} \text{ (m)}$$

$$R = 2y / 2(1+z^2)^{1/2}$$

$$T = 2zy \text{ (m)}$$

$$D = 1 / 2y$$

$$Z = (2)^{1/2} / 2 * zy^{2.5}$$



Fuente: Jacob Carciente (1980)

FIGURA 8.2 Elementos geométricos para canales triangulares

Donde:

A = área mojada

P = perímetro mojado

R = radio hidráulico: es la relación entre el área y el perímetro mojado.

T = ancho total

D = profundidad hidráulica

Z = factor de sección

Se calcularon los valores de área mojada, perímetro mojado, ancho total para los datos de caudal, velocidad máxima y gradiente de la sección longitudinal mostrados en la tabla 8.15

Los valores obtenidos del área mojada, perímetro mojado y ancho total para canales triangulares, se muestra en la siguiente tabla:

ELEMENTOS GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN DE CANALES TRIANGULARES									
CALIZA									
Q(m³/s)	Z	n	S (%)	V máx (m/s)	R	A(m²)	P (m)	Y (m)	T (m)
0,20	1	0,022	0,12	2,4	0,34	0,08	0,24	0,29	0,57
0,31						0,13	0,38	0,36	0,72
ARCILLA									
Q(m³/s)	Z	n	S (%)	V máx (m/s)	R	A(m²)	P (m)	Y (m)	T(m)
0,49	1	0,022	0,08	1,2	0,14	0,41	2,83	0,64	1,28
0,33						0,27	1,90	0,52	1,05
0,63						0,52	3,63	0,72	1,44
0,42						0,35	2,41	0,59	1,18

Fuente: Elaboración propia

TABLA 8.15. Resultados de la determinación de los elementos geométricos para canales triangulares

Donde:

Área mojada (A): que es la sección transversal de la corriente que conduce el canal (m²)

Perímetro mojado (P): que es longitud de la línea de intersección del plano de la sección transversal con la superficie mojada del canal (m).

Radio Hidráulico (R): es la relación entre el área y el perímetro mojado.

Profundidad hidráulica: es la relación entre el área y el ancho de la superficie libre.

Factor de sección: es el producto del área por la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica

CAPITULO IX

COSTOS DE CONSTRUCCION Y PLANIFICACION DE MANTENIMIENTO

Es el conjunto de todas las obras de infraestructura que se va a ejecutar en la vía proyectado, en un tramo faltante mayor al 30% de una vía existente y/o en variantes. Comprende, entre otras, las actividades de:

- * Desmonte y limpieza
- * Explanación
- * Obras de drenaje (alcantarillas, pontones, etc.)
- * Consolidación de suelos
- * Sub-base, base y capa de rodadura
- * Tratamientos superficiales o riegos
- * Señalización vertical

9.1 Costos de Construcción

Para la estimación de los costos de construcción por kilómetro de una vía, se especifican para los efectos del presente trabajo como:

- Costos de Movimiento de Tierra
- Costos de Drenaje
- Costos Varios
- Costos Totales

A continuación se detallan los aspectos anteriormente señalados y cuyos costos unitarios se encuentran en el apéndice anexo.

9.1.1 Costos de Movimiento de Tierra

Para la estimación de este tipo de costo, deben evaluarse y obtenerse aquellos cómputos correspondientes al movimiento de tierras, que es un término general utilizado para agrupar todas las actividades que se ejecutan en este campo:

- Remoción ordinaria y extraordinaria de material sobre el terreno.
- Los distintos tipos de excavación para banquetes.
- Construcción de terraplenes.
- Excavación en préstamo.
- Transporte de los materiales a diferentes distancias.

A cada uno de dichos cómputos se les aplico los precios unitarios señalados por los organismos oficiales. Para una mayor información al respecto consultar el anexo 6.1 y 6.2

9.1.2 Costos de Drenajes

De manera análoga a las consideraciones anteriores para movimientos de tierras, los costos de drenaje incluyen una serie de actividades con cómputos métricos asociados tales como: longitudes de los diferentes tipos de canales o cunetas, excavación en obras de arte, etc.

Los costos unitarios igualmente se tabulan en el aparte correspondiente.

9.1.3 Costos de Pavimento

Nuevamente es necesario evaluar ciertas variables asociadas con este tipo de costos, relacionados en este caso con características físicas, topográficas, ambientales (temperatura), espesores de capas, sub-bases, bases, importancia de la vía, tipo de suelo, tipo de pavimento (rígido o flexible), etc.

En algunos casos, en virtud de la carencia de datos sería conveniente adicionar un 10% sobre el costo total para evaluar estos imprevistos. De la misma manera han de tomarse como índice en la obtención de los costos unitarios de las partidas indicados en el anexo 6.1 y 6.2

9.1.4 Costos Varios

En esta partida de estos costos se incluyeron los cómputos métricos que representaban en cada proyecto un valor sustancial, los cuales no podían incluirse en ninguna de las partidas anteriores.

Este fue el caso de las obras contención de tierras. A estos cómputos se les aplico el costo unitario correspondiente, ver anexo 6.1 y 6.2

9.1.5 Costos Totales

Una vez evaluados los costos anteriormente señalados es lógico suponer que los costos totales resultan de la suma de dichos costos con un aumento del 20%, que cubrirán costos de derechos de vías, preparación del terreno, cercas, imprevistos, etc.

9.1.6 Determinación de los Costos Unitarios de Construcción

Para el desarrollo de este punto, se ha tomado como referencia las “Normas COVENIN Sector Construcción”, especificaciones para la “Construcción de Vialidad” MINFRA. Mayo 2007. Ver anexos 6.1 y 6.2

Se cabe destacar que el Ministerio asigna precios unitarios iguales para una misma partida, es decir asignación de precios referenciales.

En los anexos 6.1 y 6.2, correspondiente a Partidas para presupuestos, se describe el tipo de partida, se especifica la codificación, la unidad y el precio referencial correspondiente.

9.1.7 Costos de Mantenimiento

De acuerdo con la tabla de costos de mantenimiento y para la condición topográfica montañosa obtuvimos un costo aproximado de mantenimiento para nuestras vías (para cada trazado o tramo).

9.2 Planificación

Representa el punto de partida, en la gestión de mantenimiento a través de sus etapas de formulación de objetivos, políticas y procedimientos, proporciona los elementos necesarios para elaborar una programación efectiva del mantenimiento de drenaje y de esta forma ejecutar adecuadamente las actividades.

La planificación comprende los siguientes pasos:

- Inventarios (Físicos y Auditorias técnicas): serán realizadas utilizando unas planillas con unos datos específicos de evaluación, para que quede registrada y archivada conformando una base de datos para ser utilizadas posteriormente en la etapa de inspección.
- Inspecciones: se realizara por gente autorizada y especializada, se recomienda que estas inspecciones se realicen caminando.
- Prioridades: se ha de establecer las prioridades en la ejecución del mantenimiento. Se debe especificar si el tipo de mantenimiento requerido para el drenaje es Critico, Muy Importante, Importante e Importante Menor.
- Políticas: son decisiones que toman la gerencia encargada del mantenimiento vial una vez realizado los inventarios y las inspecciones, tales como: Tipo de mantenimiento a seguir, Adiestramiento de personal, Formas de realización del control, etc.
- Presupuesto: una vez conocidas las necesidades establecidas por los inventarios y auditorias técnicas se podrá calcular los costos de todas las operaciones, así como de toda la gestión de mantenimiento.
- Plan: luego de haber realizados todas las actividades anteriores, se debe realizar un plan para el mantenimiento de dichas obras de drenaje

Se debe contemplar el costo estimado de limpieza de canales o cunetas, por metro de longitud, reparación de sumideros.

9.2.1 Planificación del mantenimiento vial.

Es el de proporcionarle a los conductores vías mas eficientes, cómodas y seguras, garantizando a la vez el cumplimiento de su vida útil, para así lograr el máximo aprovechamiento de la inversión de la empresa o el estado.

Debe estar concebida a objetivos realistas y en estos influyen las limitaciones que impone la disponibilidad de recursos.

Entre algunos de los objetivos importantes están:

- Mantener la vialidad en perfecto estado de disponibilidad
- Garantizar una optima calidad del servicio de la vialidad.
- Aumentar la vida útil de las vías.
- Obtener costos mínimos de operación.

9.2.2 Mantenimiento Preventivo:

Deberá comenzar desde el mismo momento en que se proyecta la construcción de un servicio vial, escogiendo los materiales más adecuados para las condiciones del medio diseñando la estructura de manera que su mantenimiento se pueda efectuar en una forma eficiente y más económica.

Es una conservación continua (a intervalos menores de un año) de las zonas laterales, y a intervenciones de emergencias en la carretera, con el fin de mantener las condiciones óptimas para la transitabilidad en la vía. Las principales actividades de éstas son:

- * Remoción de derrumbes
- * Rocería

- * Limpieza de obras de drenaje
- * Reconstrucción de canales o cunetas
- * Reconstrucción de zanjas de coronación
- * Reparación de baches
- * Perfilado y compactación de la superficie
- * Riegos de vigorización de la capa de rodadura
- * Limpieza y reparación de señales

9.2.2.1 Actividades de Mantenimiento Preventivo:

- Inspección: detección oportuna de las fallas potenciales o futuras de los sistemas de drenaje.
- Método: por personal experto que indique prioridades en los procesos requeridos de limpieza, corrección de fallas o reparaciones.
- Frecuencia: se debe efectuar como mínimo dos (2) inspecciones al año en los sistemas de drenaje. Una de ellas se debe realizar con la anticipación suficiente que permita la limpieza y reparación antes de las temporadas de lluvias.
- Manifestaciones de fallas: durante la inspección de los sistemas de drenaje se debe determinar las posibles existencias de:
 1. Deposito de materiales sólidos en canales
 2. Derrumbes que obstruyan el libre escurrimiento de las aguas. Estas fallas se deben ubicar en los planos.
 3. Erosión de taludes
 4. Grietas
 5. Pérdida del alineamiento original de los canales.
 6. Asentamiento en las estructuras de drenaje.

- Informe de Inspección: al termino de la inspección es conveniente elaborar un informe acerca de la misma señalando:

1. Alcance de los trabajos de inspección efectuados.
2. Las necesidades de efectuar labores de mantenimiento con indicación de los sitios efectuados y con la magnitud de los trabajos que se requieren.
3. Las fallas o defectos de los sistemas de drenaje con indicación de sus posibles causas y el grado de urgencia de su reparación.

Este informe debe llevar fotografías de las zonas donde se hayan producido las mayores fallas.

9.2.3 Limpieza

Se debe programar y ejecutar como resultado de la inspección y consiste en la remoción y desalojo de materiales extraños acumulados que impiden el funcionamiento eficaz en la capacidad prevista de la estructura de drenajes.

Como es el caso en este trabajo de canales o cunetas sin revestimiento, se debe tomar precauciones para mantener al término de la limpieza una sección transversal y una pendiente longitudinal que garantice el libre escurrimiento del agua (como las ramas, arbustos, etc.)

El material removido debe ser transportado y depositados en sitios o lugares donde no pueda ser arrastrado por las aguas hacia la plataforma de la vía o hacia las cunetas.

9.2.4 Aspectos Económicos sobre el Mantenimiento de la Vía

Consiste en la preservación y conservación de cada tipo de superficie de la carretera, como lo son el talud de la carretera, estructura y servicios tan igual que sea posible a su condición original, tal como fue construida.

Se puede decir que el mantenimiento involucra al conjunto de actividades que se ejecutan después de la construcción de una carretera a fin de disminuir el proceso de deterioro de la misma y de restaurarla a una condición semejante al de su estado inicial.

Es importante destacar que una mayor inversión en la construcción de la carretera se traduce en una mayor calidad de la misma y por lo tanto esta representa costos de mantenimientos menores.

Comprende la realización de actividades de conservación a intervalos variables, relativamente prolongados (3 a 5 años), destinados primordialmente a recuperar los deterioros de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por fenómenos climáticos, también podrá contemplar la construcción de algunas obras de drenaje menores y de protección faltantes en la vía.

Las principales actividades son:

- * Reconformación y recuperación de la calzada
- * Limpieza mecánica y reconstrucción de cunetas
- * Escarificación del material de afirmado existente
- * Extensión y compactación de material para recuperación de los espesores de consolidado inicial.
- * Reposición de la capa de rodamiento en algunos sectores

- * Reconstrucción de obras de drenaje
- * Construcción de obras de protección y drenaje menores
- * Señalización vertical

9.2.5 Mantenimiento de la Calzada

La calzada es la zona de la vía destinada a la circulación de los vehículos. El mantenimiento de la calzada generalmente es el gasto principal y comprende los siguientes aspectos:

- Inspección de la calzada para determinar las fallas y sus posibles causas.
- Programación y ejecución de los trabajos para prevenir, detener o corregir dichas fallas en la forma técnica más económicamente posible.

9.2.6 Mantenimiento de los Sistemas de Drenajes

Los sistemas de drenaje de las carreteras comprenden todas las construcciones que se destinan a la condición controlada de las aguas de lluvia.

El mantenimiento de estos sistemas comprende la limpieza de las cunetas, canales, torrenteras, etc. de sedimentos depositados durante periodos de grandes lluvias, al igual que de arbustos, ramas y otros desperdicios que obstruyen la libre circulación de las aguas.

En general debe impedirse la existencia de aguas no controladas, debido a los efectos indeseables que ellas puedan producir, tales como: erosión de taludes, derrumbes, etc.

9.2.7 Mantenimiento de los laterales

Los laterales son las áreas comprendidas entre el borde exterior de la plataforma y el límite derecho de la vía. El mantenimiento de los mismos consiste en:

- Preservar la estabilidad de los taludes y laderas de la vía
- Control de erosiona
- Desmonte
- Arbonización
- Cercas

En cuanto a la inversión necesaria que debe hacerse en una vía por construcción y mantenimiento, puede estimarse por medio de el Ministerio del Poder Popular para la Infraestructura (MINFRA) el cual esta avocado a la realización de planes de mantenimiento y construcción que permita obtener estos costos lo mas ajustados a la realidad de acuerdo con el tipo de trabajo que se realice. De este estudio se ha logrado obtener para este caso (Carreteras) los tipos de mantenimiento y construcción mas comunes que se realizan a dichas vías, así como los costos asignados a cada uno de acuerdo a las condiciones topográficas prevalecientes (montañoso, ondulado, rural, llano no inundable, llano inundable). En los anexos 6.1 y 6.2 se puede observar.

CAPITULO X

ANALISIS DE RESULTADOS

Se analizaron los 9 alternativas de trazados o alineamientos, tanto de la cantera de Caliza denominados trazado A1, B1, C1, D1 y E1 ubicada en el Cerro Mampostal y de la cantera Arcilla denominados trazados A2, B2, C2 y D2, localizada en el Fundo “Monte Oscuro“, en el Cerro El Veral (Ver Anexo 3).

En las siguientes tablas (10.1 y 10.2) se puede comparar el volumen, balance de masa y longitud comparativo de cada trazado

TRAZADO	VOLUMEN			LONGITUD
	CORTE	RELLENO	BALANCE	
A1	662.608,53	0	662.608,52	0+760
B1	123.218,26	61.015,69	62.202,57	1+020
C1	627.493,74	136.677,62	490.816,12	0+700
D1	942.071,72	331.293,72	610.780,00	1+120
E1	1.366.005,80	90.167,87	1.275.837,93	1+120

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 10.1. Comparación de los trazados de la cantera de Caliza

De la tabla anterior se puede evidenciar que el trazado de **B1** por su longitud y por el balance de masa es la mejor solución en comparación con los trazados demás trazados. Del trazado **A1** se puede observar que este presenta en todo su trayecto gran cantidad de material de corte y nada de relleno, por lo tanto el balance de masa no esta en equilibrio sino que tiene a haber exceso de material, pero es obligatorio la ejecución de todos los cálculos de este trazado por lo requerimientos de la empresa.

Se observa que el trazado **C1** es casi la mitad tanto como de la cantidad de material como la longitud del trazado **E1**. Este trazado llega hasta la cota 408

Los trazados **D1** y **E1** son los más desventajosos ya que se observa que no existe un equilibrio de balance de masa, presenta demasiada cantidad de material sobrante que el tramo **A1** a pesar de tener la misma longitud, lo cual genera altos costos de construcción.

VOLUMEN				
TRAZADO	CORTE	RELLENO	BALANCE	LONGITUD
A2	799,79	1.386,41	-586,61	0+180
B2	514,85	13.550,91	-13.036,06	0+660
C2	478.855,97	25.764,92	453.091,05	1+200
D2	5.027,33	339,19	4.688,14	0+380

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 10.2. Comparación de los trazados de la cantera de Arcilla

De la tabla anterior se puede observar que el trazado de **A2** es un trazado con una relación de movimiento de tierra adecuada presenta un balance de masa que se aproxima al equilibrio entre corte y relleno, sin embargo no es la mejor solución en comparación con los trazados demás trazados debido a su corta longitud.

El trazado **B2** a pesar de tener menor longitud también presenta deficiencias presentando gran cantidad de material faltante, pero es obligatorio la ejecución de todos los cálculos de este trazado por lo requerimientos de la empresa. El trazado **C2** es el más desventajoso por su longitud y por el balance de masa es la solución mas desventajoso en comparación con los trazados ya que presenta gran cantidad de material sobrante que los demás trazados, sin embargo hay que resaltar es que este trazado propone servir a bancos que están en fase de explotación y se contempla en los planes de desarrollo de la cantera, lo cual lo hace una solución a los problemas de transporte de mineral por una sola vía.

CONCLUSIONES

La construcción de las vías de transporte de las canteras se diferencia en muchos aspectos con respecto de las carreteras regulares, por las cargas de transporte del mineral, por los cauchos de los camiones, por estas y otras variables la vida de la calzada es a menudo absolutamente limitada, por ello el diseño de vías se elabore controlando la mayor cantidad de variables que intervienen en el diseño de los trazados y con el enfoque de que sean flexibles a los cambios, como lo son la planificación de flujo de camiones requeridos para el cumplimiento de las metas de producción cuando se requiera habilitar nuevos frentes de explotación, la ampliación y conexiones con otras vías, que su diseño y construcción impacte en lo menor posible al ambiente y cumplan con todas las normas legales

Los mismos principios generales de la ingeniería de la carretera pueden aplicarse para ambas vías, pero los problemas de la economía, la vida del diseño, el cambio continuo de la disposición, etc., en estos tipos de vías de las canteras o minas requiere una gran importancia. El uso de cortes, de terraplenes, rellenos de las escombreras, rampas, etc. requiere del diseñador de la cantera utilizar ingeniosidad para que la vía sea práctica, tratar de proporcionar la distancia más corta, con pendientes que sean lo menor posible y lo más fácilmente posible negociables de transporte

En este Trabajo Especial de Grado se ejecutaron diversas opciones de trazados tanto para la cantera de Caliza como lo son: A1, B1, C1, D1 y E1; de donde se escogió **B1** por su variedad de ventajas y **A1** por ser requerimiento de la empresa y para la cantera de Arcilla: A2, B2, C2 y E2 de donde se escogió **B2** por ser requerimiento de la empresa y **C2** por su variedad de ventajas.

Resultando que el Trazado A1 es la solución correcta, ya que reduce o descarta dos (2) curvas de la vía perimetral actual, con lo cual contribuye que la distancia de acarreo se reduzca, considerando que se desarrollen nuevos frentes de excavación en los niveles de bancos superiores, para así mejorar los rendimientos y alcanzar las metas de producción establecidas en la cantera.

El trazado B1 existe la ventaja de su corta longitud minimizando los tiempos de acarreo, lo cual permite reducir los costos, incrementando las reservas minerales y por el balance de masa es la mejor solución, siendo la de menor costo de construcción.

Las vías de los trazados C1, D1 y E1 no presentan viabilidad alguna debido a su desproporcionado movimiento de tierra y a la limitación de acceso de nuevos bancos.

Resultando que el Trazado B2 es la solución correcta, ya que existe una ampliación de la vía, considerando la visibilidad de los camiones y así la seguridad del operador, logrando una eficacia creciente del rendimiento productivo de la cantera.

El trazado C2 permite la creación de una perimetral de la vía alrededor de toda la cantera de Arcilla, que contribuye a tener una mayor amplitud de alternativas de desarrollo de nuevos frentes de excavación y a la conexión de la vía alterna pavimentada actual que llega hasta la planta de trituración, minimizando los tiempos de acarreo y mejorando el rendimiento productivo.

RECOMENDACIONES

Conociendo las necesidades que tiene la empresa Holcim (Venezuela) C.A., Planta Cumarebo, de optimizar los tiempos de acarreo que conforman su flota en los diferentes frentes de excavación para aumentar su productividad con el uso adecuado de un programa ideal, se recomienda:

- Adquirir un programa que permita manejar toda la información pertinente al modelo de carga y acarreo.
- Seguir empleando los programas Land Desktop 2004 y Autodesk Civil Design para la Ingeniería de Detalle, el estudio de la Hidrología a través de su menú *Hidrology*, aprovechando las herramientas existentes y que el proyecto ya está adelantado, lo que permite integrar completamente todo el proyecto de ingeniería relativo al trazado de las vías a ser desarrollada por la empresa.
- Se aconseja efectuar un estudio geotécnico en la zona con la intención de realizar el tratamiento adecuado al suelo, con el objeto de que la construcción de la calzada no sufra deformaciones apreciables en el transcurso de su vida útil, obteniendo así la resistencia adecuada del terraplén, lo cual suministraría información importante para decidir la forma de ejecución de los rellenos, el tipo, la compactación y la geometría de los mismos.
- Aplicar una continua revisión y frecuente mantenimiento de las vías para darle una mayor vida útil a las mismas, proporcionando consistencia, integridad, seguridad en las operaciones de transporte, lo cual debe ayudar a reducir accidentes, lesiones y así pueden aumentar productividad de la cantera.

BIBLIOGRAFIA

Autodesk. (2004). “*Autodesk Land Desktop 2004 Help*”. Autodesk, Inc. U.S. (CD-Room). Modulos: Autodesk Land Desktop, Autodesk Civil Design, Autodesk Survey.

Avendaño, Rosa (1988) “*Metodología actualizada para la localización de vías*”. Tesis, U.C.V. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Vial.

Azuaje S, Ana (1985) “*Evaluación de la carretera Los Caracas – Chuspa*”. Tesis, U.C.V. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Vial.

Bello Ileana y Sanchez Maria (1988) “*Compendio de metodologías usuales en la construcción de vías*”. Tesis, U.C.V. Escuela Civil. Departamento Vialidad.

Bermudez Edgar y Machin Alvaro (1984) “*Evaluación del sistema de drenaje en las carreteras que se encuentran en las zonas anegadizas de los estados Apure, Barinas y Guárico*”. Tesis, U.C.V. Escuela Civil. Departamento Vialidad.

Bustillos Manuel y Lopez Carlos. (1997) “*Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*”.

Carciente, J. (1980). “*Carreteras, estudio y proyecto*”. Segunda edición. Caracas. Pp 259-274.

Caterpillar (1997). “*Caterpillar Performance Handbook*”. Edición 32. Illinois, U.S.A.

Caterpillar. (2003) “*Manual de Rendimiento*”. Edición 34. Illinois. EE.UU.

Castillejo Miguel, A. “*Guías de Cálculo Geominero*”. UCV, Escuela de Minas.

Castillo Alba. (2003). “*Curso de Control de Sedimentos en Minería a Cielo Abierto*”. Instituto Tecnológico de la Facultad de Ingeniería UCV.

González de Juana, Iturralde de Arozena y X. Picard. (1980). “*Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*.” Caracas, Ed. Foninves, 2 tomos. 1.021 p.

Kaufman Walter y Ault James. “*Desing of Surface Mine Haulage Roads- A manual*”. Bureau of Mines. United States Department of the Interior.

Kraemer, C. et al. (2003). “*Ingeniería de Carreteras*.” Volumen I. Parte III: Diseño Geométrico. Editorial Mc Graw Hill.

Ministerio de Energía y Petróleo. (PDVSA). INTEVEP. “*Código Geológico de Venezuela*”. (Documento en línea). Disponible: <http://www.pdvs.com/lexico> (Consulta: 2006, Octubre).

Navarrete M, Fernando. (1999). “*Un programa para los profesionales de la ingeniería civil y topografía, AutoCAD Land Development Desktop 2*”. (Página Web en Línea). (Consulta: 2007, Abril 25).

Disponible: <http://www.arquitectura.com/cad/artic/nove/landdev.asp>.

Leon Luis. (2002). *“Manual del Curso Autodesk Land Desktop”*. Caracas, Venezuela.

Ramos R, Jesús A, R (1999) *“Evaluación y optimización de Operaciones Mineras en la Cantera Las Marías C.A”*. Tesis, U.C.V. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

Tirado C. Juan y Quintero B. Luís (1991) *“Criterios para la evaluación y cambio de estándar de vialidad rural”*. Tesis, U.C.V. Escuela Civil. Departamento Vialidad.

Valdivieso, Natalia. *“Guía de estudio de Operaciones Mineras”*. Caracas, Venezuela.

Villanueva, Alex. (2000). *“Guía de Operaciones Mineras”*. Caracas, Venezuela.

ANEXOS

1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

- 1.1 Alineamientos de Caliza
- 1.2 Alineamientos de Arcilla

2. MOVIMIENTO DE TIERRA

- 2.1 Alineamientos de Caliza
- 2.2 Alineamientos de Arcilla

3. MAPA TOPOGRAFICO

- 3.1 Mapa Topográfico de la Cantera de Caliza
- 3.2 Mapa Topográfico de la Cantera de Arcilla

4. DISEÑO GEOMETRICO

- 4.1 Plano del Diseño Geométrico: Alineamientos de Caliza
- 4.2 Plano del Diseño Geométrico: Alineamientos de Arcilla

5. PERFIL LONGITUDINAL, DIAGRAMA DE MASA Y SECCIONES

- 5.1 Planos de los Perfiles Longitudinales y Diagramas de Masas: Cantera de Caliza
- 5.2 Planos de los Perfil Longitudinales y Diagramas de Masas: Cantera de Arcilla
- 5.3 Planos de las Secciones Transversales: Cantera de Caliza
- 5.4 Planos de las Secciones Transversales: Cantera de Arcilla

6. COSTOS DE CONSTRUCCION DE VIAS Y DRENAJES

Partidas para presupuestos, se describe el tipo de partida y el precio referencial correspondiente.

- 6.1. Costos de Construcción para la cantera de Caliza
- 6.2. Costos de Construcción para la cantera de Arcilla

ANEXO 1.1

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

CANTERA DE CALIZA

ALINEAMIENTO TRAZADO A1

Tipo de curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	TT 0+000	12.666.096.411	4.691.781.507	Longitud:	74.606
				Curso:	S83-10-53W
	TT 0+074.61	12.666.007.834	4.691.040.727	Longitud:	95.451
				Curso:	S88-24-41W
				Delta:	5-13-48
TANGENTE	0+000	12.666.096.411	4.691.781.507	Longitud:	74.606
	0+074.61	12.666.007.834	4.691.040.727	Curso:	S83-10-53W
	TT 0+170.06	12.665.981.373	4.690.086.582	Longitud:	127.866
				Curso:	S84-58-34W
				Delta:	3-26-07
TANGENTE	0+074.61	12.666.007.834	4.691.040.727	Longitud:	95.451
	0+170.06	12.665.981.373	4.690.086.582	Curso:	S88-24-41W
	TT 0+297.92	12.665.869.401	4.688.812.829	Longitud:	175.152
				Curso:	S11-44-28E
				Delta:	96-43-03
TANGENTE	0+170.06	12.665.981.373	4.690.086.582	Longitud:	49.138
	0+219.19	12.665.938.344	4.689.597.090	Curso:	S84-58-34W
CIRCULAR	TC 0+219.19	12.665.938.344	4.689.597.090	Longitud:	118.163
	CC	12.665.241.033	4.689.658.389	Curso:	S36-37-03W
	CT 0+337.36	12.665.098.588	4.688.973.035	Delta:	96-43-03
				Radio:	70.000
				Mid-Ord:	23.487
				Chord:	104.625
				Es:	35.348
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	81-51-04
				Tangente:	78.729

				Externa:	35.348
	TT 0+433.78	12.664.154.524	4.689.169.250	Longitud:	182.141
				Curso:	S11-27-34E
				Delta:	0-16-55
TANGENTE	0+337.36	12.665.098.588	4.688.973.035	Longitud:	96.424
	0+433.78	12.664.154.524	4.689.169.250	Curso:	S11-44-28E
	TT 0+615.92	12.662.369.420	4.689.531.115	Longitud:	124.152
				Curso:	S25-32-41E
				Delta:	14/05/2007
TANGENTE	0+433.78	12.664.154.524	4.689.169.250	Longitud:	174.729
	0+608.51	12.662.442.067	4.689.516.388	Curso:	S11-27-34E
CIRCULAR	TC 0+608.51	12.662.442.067	4.689.516.388	Longitud:	14.750
	CC	12.662.561.270	4.690.104.428	Curso:	S18-30-07E
	CT 0+623.26	12.662.302.542	4.689.563.078	Delta:	14/05/2007
				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	0.453
				Chord:	14.713
				Es:	0.456
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	7.412
				Externa:	0.456
	TT 0+740	12.661.249.258	4.690.066.476	Longitud:	20.000
				Curso:	S25-35-28E
				Delta:	0-02-47
TANGENTE	0+623.26	12.662.302.542	4.689.563.078	Longitud:	116.740
	0+740	12.661.249.258	4.690.066.476	Curso:	S25-32-41E
	TT 0+760	12.661.068.878	4.690.152.865		
TANGENTE	0+740	12.661.249.258	4.690.066.476	Longitud:	20.000
	0+760	12.661.068.878	4.690.152.865	Curso:	S25-35-28E

ALINEAMIENTO **TRAZADO B1**

Tipo de Curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	TT 0+000	12.667.208.489	4.695.031.030	Longitud:	207.853
				Curso:	S18-38-13E
	TT 0+207.85	12.665.238.948	4.695.695.263	Longitud:	280.507
				Curso:	S39-05-50E
				Delta:	20-27-38
TANGENTE	0+000	12.667.208.489	4.695.031.030	Longitud:	196.122
	0+196.12	12.665.350.105	4.695.657.775	Curso:	S18-38-13E
CIRCULAR	TC 0+196.12	12.665.350.105	4.695.657.775	Longitud:	23.212
	CC	12.665.557.824	4.696.273.691	Curso:	S28-52-01E
	CT 0+219.33	12.665.147.908	4.695.769.242	Delta:	20-27-38
				Radio:	65.000
				Mid-Ord:	1.033
				Chord:	23.089
				Es:	1.050
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	88-08-50
				Tangente:	11.731
				Externa:	1.050
	TT 0+488.11	12.663.062.003	4.697.464.252	Longitud:	512.572
				Curso:	S10-37-17E
				Delta:	28-28-33
TANGENTE	0+219.33	12.665.147.908	4.695.769.242	Longitud:	252.283
	0+471.62	12.663.190.004	4.697.360.238	Curso:	S39-05-50E
CIRCULAR	TC 0+471.62	12.663.190.004	4.697.360.238	Longitud:	32.305
	CC	12.662.780.088	4.696.855.789	Curso:	S24-51-34E
	CT 0+503.92	12.662.899.895	4.697.494.652	Delta:	28-28-33
				Radio:	65.000
				Mid-Ord:	1.997
				Chord:	31.974
				Es:	2.060
				Tipo:	Derecha
				DOC:	88-08-50
				Tangente:	16.493
				Externa:	2.060
	TT 1+000	12.658.024.108	4.698.409.015	Longitud:	20.000
				Curso:	S10-50-38E
				Delta:	0-13-21

TANGENTE	0+503.92	12.662.899.895	4.697.494.652	Longitud:	496.078
	1+000	12.658.024.108	4.698.409.015	Curso:	S10-37-17E
	TT 1+020	12.657.827.680	4.698.446.642		
TANGENTE	1+000	12.658.024.108	4.698.409.015	Longitud:	20.000
	1+020	12.657.827.680	4.698.446.642	Curso:	S10-50-38E

ALINEAMIENTO **TRAZADO C1**

Tipo de Curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	TT 0+000	12.667.169.411	4.695.052.190	Longitud:	373.162
				Curso:	S18-39-07E
	TT 0+373.16	12.663.633.777	4.696.245.637	Longitud:	235.419
				Curso:	S13-33-06E
				Delta:	05/06/2001
TANGENTE	0+000	12.667.169.411	4.695.052.190	Longitud:	373.162
	0+373.16	12.663.633.777	4.696.245.637	Curso:	S18-39-07E
	TT 0+608.58	12.661.345.133	4.696.797.273	Longitud:	90.065
				Curso:	S66-50-49W
				Delta:	80-23-55
TANGENTE	0+373.16	12.663.633.777	4.696.245.637	Longitud:	180.491
	0+553.65	12.661.879.120	4.696.668.565	Curso:	S13-33-06E
CIRCULAR	TC 0+553.65	12.661.879.120	4.696.668.565	Longitud:	91.209
	CC	12.661.726.811	4.696.036.662	Curso:	S26-38-52W
	CT 0+644.86	12.661.129.163	4.696.292.233	Delta:	80-23-55
				Radio:	65.000
				Mid-Ord:	15.353
				Chord:	83.908
				Es:	20.100
				Tipo:	Derecha
				DOC:	88-08-50
				Tangente:	54.928
				Externa:	20.100
	TT 0+680	12.660.991.007	4.695.969.159	Longitud:	20.000
				Curso:	S66-59-28W
				Delta:	0-08-39
TANGENTE	0+644.86	12.661.129.163	4.696.292.233	Longitud:	35.137
	0+680	12.660.991.007	4.695.969.159	Curso:	S66-50-49W
	TT 0+700	12.660.912.832	4.695.785.070		
TANGENTE	0+680	12.660.991.007	4.695.969.159	Longitud:	20.000
	0+700	12.660.912.832	4.695.785.070	Curso:	S66-59-28W

ALINEAMIENTO

TRAZADO D1

Tipo de Curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	TT 0+000	12.667.336.414	4.694.979.751	Longitud:	803.395
				Curso:	S18-33-17E
	TT 0+803.40	12.659.720.065	4.697.536.238	Longitud:	303.818
				Curso:	S40-40-06W
				Delta:	59-13-23
TANGENTE	0+000	12.667.336.414	4.694.979.751	Longitud:	763.611
	0+763.61	12.660.097.228	4.697.409.640	Curso:	S18-33-17E
CIRCULAR	TC 0+763.61	12.660.097.228	4.697.409.640	Longitud:	72.355
	CC	12.659.874.480	4.696.746.026	Curso:	S11-03-25W
	CT 0+835.97	12.659.418.304	4.697.276.971	Delta:	59-13-23
				Radio:	70.000
				Mid-Ord:	9.142
				Chord:	69.176
				Es:	10.516
				Tipo:	Derecha
				DOC:	81-51-04
				Tangente:	39.784
				Externa:	10.516
	TT 1+100	12.657.415.622	4.695.556.311	Longitud:	20.000
				Curso:	S41-29-20W
				Delta:	0-49-14
TANGENTE	0+835.97	12.659.418.304	4.697.276.971	Longitud:	264.034
	1+100	12.657.415.622	4.695.556.311	Curso:	S40-40-06W
	TT 1+120	12.657.265.805	4.695.423.816		
TANGENTE	1+100	12.657.415.622	4.695.556.311	Longitud:	20.000
	1+120	12.657.265.805	4.695.423.816	Curso:	S41-29-20W

ALINEAMIENTO

TRAZADO E1

Tipo de Curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	TT 0+000	12.667.336.414	4.694.979.751	Longitud:	803.395
				Curso:	S18-33-17E
	TT 0+803.40	12.659.720.065	4.697.536.238	Longitud:	303.818
				Curso:	S40-40-06W
				Delta:	59-13-23
TANGENTE	0+000	12.667.336.414	4.694.979.751	Longitud:	763.611
	0+763.61	12.660.097.228	4.697.409.640	Curso:	S18-33-17E
CIRCULAR	TC 0+763.61	12.660.097.228	4.697.409.640	Longitud:	72.355
	CC	12.659.874.480	4.696.746.026	Curso:	S11-03-25W
	CT 0+835.97	12.659.418.304	4.697.276.971	Delta:	59-13-23
				Radio:	70.000
				Mid-Ord:	9.142
				Chord:	69.176
				Es:	10.516
				Tipo:	Derecha
				DOC:	81-51-04
				Tangente:	39.784
				Externa:	10.516
	TT 1+100	12.657.415.622	4.695.556.311	Longitud:	20.000
				Curso:	S41-29-20W
				Delta:	0-49-14
TANGENTE	0+835.97	12.659.418.304	4.697.276.971	Longitud:	264.034
	1+100	12.657.415.622	4.695.556.311	Curso:	S40-40-06W
	TT 1+120	12.657.265.805	4.695.423.816		
TANGENTE	1+100	12.657.415.622	4.695.556.311	Longitud:	20.000
	1+120	12.657.265.805	4.695.423.816	Curso:	S41-29-20W
				Mid-Ord:	1.646
				Chord:	27.915
				Es:	1.692
				Tipo:	Derecha

				DOC:	95-29-35
				Tangente:	14.351
				Externa:	1.692
	TT 0+615.80	12.661.729.035	4.697.187.355	Longitud:	298.676
				Curso:	S08-22-18W
				Delta:	20-44-26
TANGENTE	0+402.92	12.663.808.355	4.696.731.378	Longitud:	201.893
	0+604.82	12.661.836.285	4.697.163.836	Curso:	S12-22-07E
CIRCULAR	TC 0+604.82	12.661.836.285	4.697.163.836	Longitud:	21.719
	CC	12.661.707.764	4.696.577.762	Curso:	S01-59-54E
	CT 0+626.53	12.661.620.406	4.697.171.369	Delta:	20-44-26
				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	0.980
				Chord:	21.601
				Es:	0.996
				Tipo:	Derecha
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	10.980
				Externa:	0.996
	TT 0+914.23	12.658.774.100	4.696.752.496	Longitud:	185.877
				Curso:	S24-17-59W
				Delta:	15-55-40
TANGENTE	0+626.53	12.661.620.406	4.697.171.369	Longitud:	279.302
	0+905.84	12.658.857.145	4.696.764.717	Curso:	S08-22-18W
CIRCULAR	TC 0+905.84	12.658.857.145	4.696.764.717	Longitud:	16.680
	CC	12.658.944.503	4.696.171.110	Curso:	S16-20-08W
	Ct 0+922.52	12.658.697.598	4.696.717.954	Delta:	15-55-40
				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	0.579
				Chord:	16.626
				Es:	0.584
				Tipo:	Derecha
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	8.394
				Externa:	0.584
	TT 1+100	12.657.080.003	4.695.987.595	Longitud:	20.000

				Curso:	S25-01-13W
				Delta:	0-43-14
TANGENTE	0+922.52	12.658.697.598	4.696.717.954	Longitud:	177.483
	1+100	12.657.080.003	4.695.987.595	Curso:	S24-17-59W
	TT 1+120	12.656.898.771	4.695.903.007		
TANGENTE	1+100	12.657.080.003	4.695.987.595	Longitud:	20.000
	1+120	12.656.898.771	4.695.903.007	Curso:	S25-01-13W

ANEXO 1.2

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

CANTERA DE ARCILLA

ALINEAMIENTO TRAZADO A2

Tipo de curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	PI 0+000	1,271,383,633	465.131.679	Longitud:	39.817
				Curso:	S39-50-50E
	PI 0+039.817	1.271.353.063	465.157.192	Longitud:	48.488
				Curso:	S12-56-17E
				Delta:	26-54-33
TANGENTE	PI 0+000	1.271.383.633	465.131.679	Longitud:	25.463
	0+025.463	1.271.364.084	465.147.994	Curso:	S39-50-50E
	TC 0+025.463	1.271.364.084	465.147.994		
CIRCULAR	CC	1,271,325,639	465.101.929	Curso:	S26-23-34E
	TC 0+053.642	1.271.339.073	465.160.406	Delta:	26-54-33
				Radio:	60.000
				Longitud:	28.179
				Mid-Ord:	1.647
				Chord:	27.921
				Es:	1.693
				Tipo:	Derecha
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	14.354
				Externa:	1.693
	PI 0+087.775	1.271.305.806	465.168.048	Longitud:	92.244
				Curso:	S03-52-24E
				Delta:	09/03/1953
	0+053.642	1.271.339.073	465.160.406	Longitud:	29.377
TANGENTE	0+083.019	1.271.310.441	465.166.983	Curso:	S12-56-17E
	TC 0+083.019	1.271.310.441	465.166.983	Curso:	S08-24-20E
CIRCULAR	CC	1.271.297.008	465.108.506	Delta:	09/03/1953
	CT 0+092.512	1.271.301.060	465.168.369	Radio:	60.000
				Longitud:	9.493
				Mid-Ord:	0.188
				Chord:	9.483
				Es:	0.188

				Tipo:	Derecha
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	4.756
				Externa:	0.188
	PI 0+180	1.271.213.772	465.174.279		
TANGENTE	0+092.512	1.271.301.060	465.168.369	Longitud:	87.488
	0+180	1.271.213.772	465.174.279	Curso:	S03-52-24E

ALINEAMIENTO **TRAZADO B2**

Tipo de Curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	PI 0+000	1.270.764.448	465.374.385	Longitud:	72.778
				Curso:	S38-33-59W
	PI 0+072.778	1.270.707.544	465.329.013	Longitud:	338.513
				Delta:	0-55-16
				Curso:	S39-29-14W
TANGENTE	0+000	1.270.764.448	465.374.385	Longitud:	72.778
	0+072.778	1.270.707.544	465.329.013	Curso:	S38-33-59W
	PI 0+411.291	1.270.446.291	465.113.750	Longitud:	184.111
				Delta:	14-21-57
				Curso:	S25-07-18W
TANGENTE	0+072.778	1.270.707.544	465.329.013	Longitud:	330.952
	0+403.730	1.270.452.127	465.118.559	Curso:	S39-29-14W
CIRCULAR	TC 0+403.730	1.270.452.127	465.118.559	Delta:	14-21-57
	CC	1.270.413.972	465.164.865	Radio:	60.000
	CT 0+418.773	1.270.439.445	465.110.540	Longitud:	15.044
				Mid-Ord:	0.471
				Chord:	15.004
				Es:	0.475
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	7.562
				Externa:	0.475
				Curso:	S32-18-16W
	PI 0+595.323	1.270.279.595	465.035.588	Curso:	S01-28-52E
				Longitud:	45.189
				Delta:	26-36-10
				Delta:	26-36-10

CIRCULAR				Radio:	60.000
	TC 0+581.138	1.270.292.439	465.041.610	Longitud:	27.858
	CC	1.270.266.966	465.095.934	Mid-Ord:	1.610
	CT 0+608.996	1.270.265.415	465.035.954	Chord:	27.609
				Es:	1.654
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	14.185
				Externa:	1.654
				Curso:	S11-49-13W
	PI 0+640	1.270.234.422	465.036.756	Longitud:	20.000
				Delta:	0-00-08
				Curso:	S01-29-00E
TANGENTE	0+608.996	1.270.265.415	465.035.954	Longitud:	31.004
	0+640	1.270.234.422	465.036.756	Curso:	S01-28-52E
	PI 0+660	1.270.214.428	465.037.273		
TANGENTE	0+640	1.270.234.422	465.036.756	Longitud:	20.000
	0+660	1.270.214.428	465.037.273	Curso:	S01-29-00E

ALINEAMIENTO

TRAZADO C2

Tipo de Curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	PI 0+000	1.269.965,288	465.137.050	Longitud	106.626
				Curso:	S79-14-36E
	PI 0+106.626	1.269.945.387	465.241.803	Longitud	199.057
				Curso:	S83-03-14E
				Delta:	3-48-38
TANGENTE	0+000	1.269.965.288	465.137.050	Longitud	104.630
	0+104.630	1.269.945.760	465.239.842	Curso:	S79-14-36E
CIRCULAR	TC 0+104.630	1.269.945.760	465.239.842	Longitud	3.990
	CC	1.270.004.706	465.251.040	Curso:	S81-08-55E
	CT 0+108.620	1.269.945.146	465.243.784	Delta:	03-48-38
				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	0.033
				Chord:	3.990
				Es:	0.033
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	1.996
				Externa:	0.033

	PI 0+305.682	1.269.921.314	465.439.399	Longitud	234.194
				Curso:	N84-40-08E
				Delta:	12-16-38
TANGENTE	0+108.620	1.269.945.146	465.243.784	Longitud	190.609
	0+299.229	1.269.922.095	465.432.994	Curso:	S83-03-14E
CIRCULAR	TC 0+299.229	1.269.922.095	465.432.994	Longitud	12.857
	CC	1.269.981.654	465.440.250	Curso:	S89-11-33E
	CT 0+312.086	1.269.921.914	465.445.824	Delta:	12-16-38
				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	0.344
				Chord:	12.832
				Es:	0.346
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	6.453
				Externa:	0.346
	PI 0+539.826	1.269.943.074	465.672.580	Longitud	257.693
				Curso:	N28-48-42E
				Delta:	55-51-26
TANGENTE	0+312.086	1.269.921.914	465.445.824	Longitud	195.934
	0+508.020	1.269.940.118	465.640.911	Curso:	N84-40-08E
CIRCULAR	TC 0+508.020	1.269.940.118	465.640.911	Longitud	58.494
	CC	1.269.999.859	465.635.336	Curso:	N56-44-25E
	CT 0+566.513	1.269.970.943	465.687.909	Delta:	55-51-26
				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	6.988
				Chord:	56.205
				Es:	7.909
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	31.807
				Externa:	7.909
	PI 0+792.399	1.270.168.866	465.796.770	Longitud	391.267
				Curso:	N21-29-25W
				Delta:	50-18-07
TANGENTE	0+566.513	1.269.970.943	465.687.909	Longitud	197,715
	0+764.228	1.270.144.182	465.783.194	Curso:	N28-48-42E
CIRCULAR	TC 0+764.228	1.270.144.182	465.783.194	Longitud	52.676
	CC	1.270.173.098	465.730.621	Curso:	N03-39-38E
	CT 0+816.904	1.270.195.079	465.786.450	Delta:	50-18-07

				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	5.689
				Chord:	51.001
				Es:	6.284
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	28.171
				Externa:	6.284
	PI 1+180	1.270.532.932	465.653.432	Longitud	20.000
				Curso:	N21-04-23W
				Delta:	0-25-02
TANGENTE	0+816.904	1.270.195.079	465.786.450	Longitud	363.096
	1+180	1.270.532.932	465.653.432	Curso:	N21-29-25W
	PI 1+200	1.270.551.595	465.646.241		
TANGENTE	1+180	1.270.532.932	465.653.432	Longitud	20.000
	1+200	1.270.551.595	465.646.241	Curso:	N21/04/2023W

ALINEAMIENTO **TRAZADO D2**

Tipo de Curva	Estación	Norte	Este	Descripción	
	PI 0+000	1.270.320.135	465.516.668	Longitud:	35.375
				Curso:	N69-55-10E
	PI 0+035.375	1.270.332.281	465.549.893	Longitud:	229.612
				Curso:	N26-08-54E
				Delta:	43-46-15
TANGENTE	0+000	1.270.320.135	465.516.668	Longitud:	11.273
	0+011.273	1.270.324.005	465.527.256	Curso:	N69-55-10E
CIRCULAR	TC 0+011.273	1.270.324.005	465.527.256	Longitud:	45.837
	CC	1.270.380.358	465.506.655	Curso:	N48-02-02E
	CT 0+057.110	1.270.353.916	465.560.514	Delta:	43-46-15
				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	4.324
				Chord:	44.730
				Es:	4.660
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	24.102
				Externa:	4.660

	PI 0+262.620	1.270.538.393	465.651.082	Longitud:	98.213
				Curso:	N05-03-34W
				Delta:	31/12/2029
TANGENTE	0+057.110	1.270.353.916	465.560.514	Longitud:	188.753
	0+245.863	1.270.523.351	465.643.698	Curso:	N26-08-54E
CIRCULAR	TC 0+245.863	1.270.523.351	465.643.698	Longitud:	32.681
	CC	1.270.549.793	465.589.838	Curso:	N10-32-40E
	CT 0+278.544	1.270.555.085	465.649.605	Delta:	31/12/2029
				Radio:	60.000
				Mid-Ord:	2.211
				Chord:	32.278
				Es:	2.296
				Tipo:	Izquierda
				DOC:	95-29-35
				Tangente:	16.757
				Externa:	2.296
	PI 0+360	1.270.636.223	465.642.421	Longitud:	20.000
				Curso:	N05-01-55W
TANGENTE	0+278.544	1.270.555.085	465.649.605	Longitud:	81.456
	0+360	1.270.636.223	465.642.421	Curso:	N05-03-34W
	PI 0+380	1.270.656.146	465.640.667		
TANGENTE	0+360	1.270.636.223	465.642.421	Longitud:	20.000
	0+380	1.270.656.146	465.640.667	Curso:	N05-01-55W

ANEXO 2.1

MOVIMIENTO DE TIERRA

CANTERA DE CALIZA

ALINEAMIENTO: TRAZADO A1

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	2,40	0,00	777,935	0,00	777,935	0,00	777,935
0+050	39,71	0,00	6.118,57	0,00	6.896,50	0,00	6.896,50
0+100	265,51	0,00	9.458,98	0,00	16.355,49	0,00	16.355,49
0+150	159,38	0,00	4.627,79	0,00	20.983,28	0,00	20.983,28
0+200	55,28	0,00	3.588,71	0,00	24.571,99	0,00	24.571,99
0+250	112,74	0,00	18.069,01	0,00	42.641,00	0,00	42.641,00
0+300	837,93	0,00	49.283,39	0,00	91.924,39	0,00	91.924,39
0+350	1.494,11	0,00	71.600,94	0,00	163.525,33	0,00	163.525,33
0+400	1.690,17	0,00	76.973,98	0,00	240.499,32	0,00	240.499,32
0+450	1.730,98	0,00	76.028,65	0,00	316.527,97	0,00	316.527,97
0+500	1.648,41	0,00	66.549,03	0,00	383.076,99	0,00	383.076,99
0+550	1.315,57	0,00	67.422,98	0,00	450.499,97	0,00	450.499,97
0+600	1.688,76	0,00	76.851,66	0,00	527.351,63	0,00	527.351,63
0+650	1.726,94	0,00	74.813,69	0,00	602.165,32	0,00	602.165,32
0+700	1.598,93	0,00	60.443,21	0,00	662.608,53	0,00	662.608,52
0+750	1.102,75	0,00	0,00	0,00	662.608,53	0,00	662.608,52

ALINEAMIENTO: TRAZADO B1

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	4,60	1,68	720,91	30,81	720,92	30,81	690,11
0+050	31,43	0,00	471,47	2.122,71	1.192,39	2.153,52	-961,13
0+100	0,00	115,78	0,00	5.726,76	1.192,39	7.880,28	-6.687,89
0+150	0,00	92,88	1.691,95	1.702,83	2.884,33	9.583,11	-6.698,78
0+200	112,90	0,00	4.349,41	0,00	7.233,75	9.583,11	-2.349,36
0+250	81,37	0,00	2.879,27	0,00	10.113,03	9.583,11	529,92
0+300	48,06	0,00	1.024,60	872,73	11.137,62	10.455,83	681,79
0+350	4,90	47,60	73,52	3.474,75	11.211,15	13.930,59	-2.719,44
0+400	0,00	80,16	0,00	5.846,37	11.211,15	19.776,96	-8.565,81
0+450	0,00	134,79	0,00	8.424,91	11.211,15	28.201,87	-16.990,72
0+500	0,00	176,04	0,00	10.271,71	11.211,15	38.473,58	-27.262,43
0+550	0,00	197,68	0,00	10.004,05	11.211,15	48.477,62	-37.266,47
0+600	0,00	166,55	12,01	6.287,76	11.223,17	54.765,39	-43.542,22
0+650	0,80	69,13	7.454,82	1.267,30	18.677,98	56.032,69	-37.354,71
0+700	476,64	0,00	25.255,77	0,00	43.933,75	56.032,69	-12.098,94
0+750	650,32	0,00	26.322,25	0,00	70.256,00	56.032,69	14.223,31
0+800	521,91	0,00	30.893,63	0,00	101.149,63	56.032,69	45.116,94
0+850	865,55	0,00	20.071,81	0,00	121.221,44	56.032,69	65.188,75
0+900	133,12	0,00	1.996,82	4.982,00	123.218,26	61.015,69	62.202,57
0+950	0,00	271,80	0,00	0,00	123.218,26	61.015,69	62.202,57

ALINEAMIENTO: TRAZADO C1

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	2,93	0,00	44,06	449,45	44,06	449,45	-405,39
0+050	0,00	23,30	0,00	7.602,91	44,06	8.252,36	-8.208,30
0+100	0,00	316,47	0,00	16.032,43	44,06	24.284,79	-24.240,73
0+150	0,00	267,22	0,00	9.486,07	44,06	33.770,86	-33.726,80
0+200	0,00	92,76	0,00	8.295,92	44,06	42.066,78	-42.022,72
0+250	0,00	217,66	0,00	14.231,01	44,06	56.297,79	-56.253,73
0+300	0,00	302,14	37.451,38	13.229,17	37.495,45	69.526,96	-32.031,51
0+350	2.496,76	163,80	105.958,52	15.404,83	143.453,96	84.931,80	58.522,16
0+400	2.215,31	389,00	90.150,47	22.613,33	233.604,45	107.545,13	126.059,32
0+450	1.798,61	433,65	70.643,72	22.242,08	304.248,17	129.787,21	174.460,96
0+500	1.351,73	375,84	58.959,72	6.890,41	363.207,90	136.677,62	226.530,28
0+550	1.269,13	0,00	38.912,65	0,00	400.120,55	136.677,62	263.442,93
0+600	1.413,88	0,00	100.983,15	0,00	501.103,69	136.677,62	364.426,07
0+650	3.039,38	0,00	126.390,05	0,00	627.493,74	136.677,62	490.816,12
0+700	2.584,11	0,00	0,00	0,00	627.493,74	136.677,62	490.816,12

ALINEAMIENTO: TRAZADO D1

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	4,41	2,47	775,56	45,20	775,56	45,20	730,36
0+050	34,89	0,00	523,31	1.857,60	1.298,87	1.902,80	-603,93
0+100	0,00	101,32	0,00	10.051,01	1.298,87	11.953,82	-10.654,95
0+150	0,00	278,83	0,00	7.058,45	1.298,87	19.012,24	-17.713,37
0+200	0,00	24,14	0,00	2.557,47	1.298,87	21.569,75	-20.270,88
0+250	0,00	73,30	0,00	7.048,29	1.298,87	28.618,03	-27.319,16
0+300	0,00	192,40	29.466,00	7.921,13	30.765,85	36.539,17	-5.773,32
0+350	1.964,47	100,56	101.769,80	6.226,36	132.535,65	42.765,53	89.770,12
0+400	2.572,27	126,34	107.949,04	11.693,74	240.484,70	54.459,27	186.025,43
0+450	2.229,55	312,73	84.738,48	17.786,32	325.223,17	72.245,00	252.978,17
0+500	1.556,70	334,16	65.944,32	13.345,27	391.167,50	85.590,86	305.576,64
0+550	1.376,02	161,47	59.534,09	2.960,31	450.701,60	88.551,17	362.150,43
0+600	1.270,64	0,00	44.667,75	15,65	495.369,34	88.566,81	406.802,53
0+650	738,51	0,85	11.077,65	6.540,10	506.44 6,00	95.106,92	411.339,08
0+700	0,00	338,87	0,00	29.568,97	506.44 6,00	124.675,90	381.770,10
0+750	0,00	764,87	0,00	51.444,77	506.44 6,00	176.120,67	330.325,33
0+800	0,00	950,32	0,00	85.136,94	506.44 6,00	261.257,61	245.188,40
0+850	0,00	1.582,00	245,91	58.618,63	506.44 6,00	319.876,24	186569,76
0+900	16,39	622,77	64.635,61	11.417,48	571.328,51	331.293,72	240.034,80
0+950	4.035,44	0,00	182.480,91	0,00	753.809,42	331.293,72	422.515,70
1+000	4.074,86	0,00	188.262,31	0,00	942.071,72	331.293,72	610.780
1+050	4.293,31	0,00	0,00	0,00	942.071,72	331.293,72	610.780

ALINEAMIENTO: TRAZADO E1

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	3,52	1,39	1.136,14	25,42	1.136,14	25,42	1.110,72
0+050	57,94	0,00	1.670,65	734,37	2.806,79	759,79	2.047,00
0+100	19,67	40,06	295,16	2.813,44	3.101,94	3.573,23	-471,29
0+150	0,00	63,12	700,60	1.157,21	3.791,78	4.730,44	-938,66
0+200	46,99	0,00	2.426,73	0,00	6.218,53	4.730,44	1.488,09
0+250	57,23	0,00	858,59	478,39	7.077,12	5.208,83	1.868,29
0+300	0,00	26,09	0,00	3.016,14	7.077,12	8.224,97	-1.160,34
0+350	0,00	89,97	0,00	7.758,27	7.077,12	15.983,24	-8.906,12
0+400	0,00	186,27	0,00	14.170,94	7.077,12	30.154,18	-23.077,06
0+450	0,00	336,38	0,00	20.639,24	7.077,12	50.793,42	-43.716,30
0+500	0,00	415,53	0,00	22.357,30	7.077,12	73.150,72	-66.073,60
0+550	0,00	397,53	15.044,00	14.058,60	22.122,11	87.209,31	-65.087,20
0+600	1.003,00	136,42	7.475,94	2.958,55	29.598,05	90.167,87	-60.569,82
0+650	1.428,73	0,00	67.351,11	0,00	96.949,16	90.167,87	6.781,29
0+700	1.565,70	0,00	93.082,72	0,00	190.031,88	90.167,87	99.864,01
0+750	2.616,00	0,00	140.297,21	0,00	330.329,09	90.167,87	240.161,22
0+800	3.647,96	0,00	191.950,18	0,00	522.279,28	90.167,87	432.111,41
0+850	4.914,56	0,00	234.543,75	0,00	756.823,03	90.167,87	666.655,16
0+900	5.515,38	0,00	242.229,87	0,00	999.052,89	90.167,87	908.885,02
0+950	5.251,47	0,00	203.673,45	0,00	1.202.726,34	90.167,87	1.112.558,47
1+000	3.837,57	0,00	163.279,46	0,00	1.366.005,80	90.167,87	1.275.837,93
1+050	3.423,24	0,00	0,00	0,00	1.366.005,80	90.167,87	1.275.837,93

ANEXO 2.2

MOVIMIENTO DE TIERRA

CANTERA DE ARCILLA

ALINEAMIENTO: TRAZADO A2

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	0,00	0,00	376,16	0,00	376,16	0,00	376,16
0+050	25,08	0,00	419,54	214,21	795,69	214,21	581,48
0+100	0,27	11,68	4,10	1.172,19	799,79	1.386,41	-586,61
0+150	0,00	32,71	0,00	0,00	799,79	1.386,41	-586,61

ALINEAMIENTO: TRAZADO B2

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	0,00	0,00	2,78	46,72	2,78	46,72	-43,94
0+050	0,185	2,55	28,34	65,73	31,12	112,45	-81,33
0+100	1,23	0,25	39,78	14,29	70,90	126,74	-55,84
0+150	0,58	0,27	32,07	5,22	102,97	131,95	-28,98
0+200	0,85	0,00	12,81	2.749,78	115,78	2.881,73	-2.765,95
0+250	0,00	149,75	0,00	3.733,97	115,78	6.615,70	-6.499,92
0+300	0,00	11,83	199,54	216,88	315,31	6.832,58	-6.517,27
0+350	13,30	0,00	199,54	180,57	514,85	7.013,15	-6.498,30
0+400	0,00	9,85	0,00	743,53	514,85	7.756,68	-7.241,83
0+450	0,00	17,56	0,00	631,46	514,85	8.388,14	-7.873,29
0+500	0,00	6,34	0,00	2.389,25	514,85	10.777,39	-10.262,54
0+550	0,00	98,94	0,00	2.479,70	514,85	13.257,09	-12.742,24
0+600	0,00	8,07	0,00	293,82	514,85	13.550,91	-13.036,06
0+650	0,00	3,02	0,00	0,00	514,85	13.550,91	-13.036,06

ALINEAMIENTO: TRAZADO C2

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	0,00	0,00	1.265,60	0,00	1.265,60	0,00	1.265,60
0+050	84,37	0,00	6.358,95	0,00	7.624,54	0,00	7.624,54
0+100	207,30	0,00	10.073,50	0,00	17.698,04	0,00	17.698,04
0+150	240,83	0,00	12.380,06	0,00	30.078,11	0,00	30.078,11
0+200	310,89	0,00	13.360,81	0,00	43.438,92	0,00	43.438,92
0+250	283,14	0,00	8.313,09	0,00	51.752,09	0,00	51.752,09
0+300	101,52	0,00	10.464,42	0,00	62.216,43	0,00	62.216,43
0+350	395,68	0,00	19.975,80	0,00	82.192,22	0,00	82.192,22
0+400	493,95	0,00	23.526,75	0,00	105.718,95	0,00	105.718,95
0+450	552,23	0,00	35.837,25	0,00	141.556,22	0,00	141.556,22
0+500	1.068,70	0,00	33.312,15	0,00	174.868,36	0,00	174.868,36
0+550	1.447,87	0,00	69.427,82	0,00	244.296,19	0,00	244.296,19
0+600	1.639,80	0,00	70.115,60	0,00	314.411,78	0,00	314.411,78
0+650	1.477,85	0,00	57.364,83	0,00	371.776,62	0,00	371.776,62
0+700	1.081,97	0,00	44.128,50	0,00	415.905,11	0,00	415.905,11
0+750	882,68	0,00	26.627,00	0,00	442.532,14	0,00	442.532,14
0+800	606,26	0,00	20.387,47	0,00	462.919,61	0,00	462.919,61
0+850	315,54	0,00	10.483,98	0,00	473.403,58	0,00	473.403,58
0+900	159,24	0,00	4.623,88	0,00	478.855,97	0,00	478.855,97
0+950	55,23	0,00	828,51	2.505,82	478.855,97	2.505,82	476.350,15
1+000	0,00	136,68	0,00	6.632,41	478.855,97	9.138,23	469.717,74
1+050	0,00	105,18	0,00	6.884,48	478.855,97	16.022,71	462.833,26
1+100	0,00	146,29	0,00	7.451,41	478.855,97	23.474,12	455.381,85
1+150	0,00	124,95	0,00	2.290,80	478.855,97	25.764,92	453.091,05
1+200	0,00	0,00	0,00	0,00	478.855,97	25.764,92	453.091,05

ALINEAMIENTO: TRAZADO D2

Estación	Área de la Sección (m ²)		Volumen de la Sección (m ³)		Volumen Acumulado (m ³)		Balance de Masa
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
0+000	182,40	0,00	3.848,50	0,00	3.848,50	0,00	3.848,50
0+050	15,62	0,00	609,89	0,00	4.458,40	0,00	4.458,40
0+100	11,59	0,00	232,05	19,83	4.690,45	19,83	4.670,62
0+150	0,81	1,08	63,56	34,64	4.754,00	54,47	4.699,54
0+200	2,11	0,27	102,32	23,14	4.856,32	77,61	4.778,71
0+250	2,40	0,59	54,31	153,34	4.910,63	230,95	4.679,68
0+300	0,47	5,50	116,70	108,24	5.027,33	339,19	4.688,14
0+350	5,68	0,03	0,00	0,00	5.027,33	339,19	4.688,14

ANEXO 6.1 Costos de Construcción de los Trazados de la Cantera de Caliza
(Trazados A1, B1, C1,D1 y E1)

ANEXO 6.2 Costos de Construcción de los Trazados de la Cantera de Arcilla
(Trazados A2, B2, C2 y D2)

Proyecto o Trazado

A1
Longitud = 750 m

DESCRIPCION	Nº PARTIDA	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs) (Sin I.V.A)	TOTAL
Preparación de Sitio						
Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general, con una altura predominante máxima de 8 m.	12	C-03-01-003-00	Ha	1,40	1.046.617,83	1.465.264,96
Movimiento de Tierras						
Excavación para Banqueos en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 mts.de distancia y descarga.	603	C-10-02-001-01	m ³	662.608,53	6.188,58	4.100.605.896,59
Excavación para Banqueos en rocas o cualquier otro material que requiera indispensablemente el uso de explosivos, carga y transporte hasta 200 m. de distancia y descarga.	605	C-10-02-002-00	m ³	662.608,53	23.557,13	15.609.155.280,32
Excavación en Préstamo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 m. y descarga.	610	C-10-03-001-01	m ³	-----	5,845.36	-----
Construcción de Terraplenes, utilizando material transportado por Camiones.	615	C-10-04-001-02	m ³	-----	5,056.35	-----
Conformación de las áreas laterales de la vía.	742	C-11-50-003-00	m ²	9.000,00	660,76	5.946.840,00
Obras de Drenaje						
Construcción de cunetas de drenaje, en tierra, con empleo de Motoniveladora.	267	C-05-09-001-04	m ³	255,00	5.884,95	1.500.662,25
Calzada o Pavimento						
Construcción de Sub-Bases de Granzón natural, de xx cm.de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	687	C-11-02-002-00	m ³	4.987,50	21.962,45	109.537.719,38
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm. de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	688	C-11-02-004-00	m ³	2.992,50	21.962,45	65.722.631,63
Conformación de la superficie de apoyo, con empleo de Motoniveladora (patroleo)	741	C-11-50-002-00	m ²	14.250,00	470,80	6.708.900,00
Acondicionamiento de la superficie de apoyo, de espesor comprendido entre 10 cm. y 15 cm.	792	C-12-03-001-03	m ²	14.250,00	1.925,77	27.442.222,50

TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						19.928.085.417,62
--	--	--	--	--	--	-------------------

Proyecto o Trazado

B1
Longitud = **1+020 m**

DESCRIPCION	Nº PARTIDA	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs) (Sin I.V.A)	TOTAL
Preparación de Sitio						
Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general, con una altura predominante máxima de 8 m.	12	C-03-01-003-00	Ha	1,90	1.046.617,83	1.988.573,88
Movimiento de Tierras						
Excavación para Banqueos, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 mts.de distancia y descarga.	603	C-10-02-001-01	m ³	123.218,26	6.188,58	762.546.059,47
Excavación para Banqueos en rocas o cualquier otro material que requiera indispensablemente el uso de explosivos, carga y transporte hasta 200 m. de distancia y descarga.	605	C-10-02-002-00	m ³	123.218,26	23.557,13	2.902.668.569,19
Excavación en Préstamo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 m. y descarga.	610	C-10-03-001-01	m ³	61.015,69	5.845,36	356.658.673,70
Construcción de Terraplenes, utilizando material transportado por Camiones.	615	C-10-04-001-02	m ³	61.015,69	5.056,35	308.516.684,13
Conformación de las áreas laterales de la vía.	742	C-11-50-003-00	m ²	12.240,00	660,76	8.087.702,40
Obras de Drenaje						
Construcción de cunetas de drenaje, en tierra, con empleo de Motoniveladora.	267	C-05-09-001-04	m ³	530,00	5.884,95	3.119.023,50
Calzada o Pavimento						
Construcción de Sub-Bases de Granzón natural, de xx cm.de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	687	C-11-02-002-00	m ³	6.783,00	21.962,45	148.971.298,35
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm. de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo,	688	C-11-02-004-00	m ³	4.069,80	21.962,45	89.382.779,01

sin incluir el transporte del material.						
Conformación de la superficie de apoyo, con empleo de Motoniveladora (patroleo)	741	C-11-50-002-00	m ²	19.380,00	470,80	9.124.104,00
Acondicionamiento de la superficie de apoyo, de espesor comprendido entre 10 cm. y 15 cm.	792	C-12-03-001-03	m ²	19.380,00	1.925,77	37.321.422,60
TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						4.628.384.890,23

Proyecto o Trazado
Proyecto o Trazado

D1
Longitud = 700 m
Longitud = 700 m

DESCRIPCION DESCRIPCION	Nº PARTIDA Nº PARTIDA	CODIGO CODIGO	UNIDAD UNIDAD	CANTIDAD CANTIDAD	PRECIO	
					UNIPRECIO (U\$) (U\$)	TOTAL TOTAL
Preparación de Sitio						
Preparación de Sitio y Limpieza (rastros, vegetación)						
Dejar en general, con una altura predominante máxima de 8	12	C-03-01-003-00	Ha	2,1	1.046.617,83	2.197.897,44
Dejar en general, con una altura predominante máxima de 8	12	C-03-01-003-00	Ha	1,30	1,046,617.83	1.360.603,18
Movimiento de Tierras						
Movimiento de Tierras						
Excavación para Batorque Cargador, carga y transporte material, hasta 200 m de distancia	603	C-10-02-001-01	m ³	942.071,72	6.188,58	5.830.086.204,96
Excavación para Batorque Cargador, carga y transporte material, hasta 200 m de distancia	603	C-10-02-001-01	m ³	627.493,74	6.188,58	3.883.295.209,49
Excavación para Batorque Cargador, carga y transporte material, hasta 200 m de distancia	605	C-10-02-002-00	m ³	942071,72	23.557,13	22.192.505.977,36
Excavación para Batorque Cargador, carga y transporte material, hasta 200 m de distancia	605	C-10-02-002-00	m ³	627.493,74	23.557,13	14.781.951.607,37
Excavación en Préstamo, Cargador, carga y transporte material, con hasta 200 m de distancia	610	C-10-03-001-01	m ³	331.293,72	5.845,36	1.936.531.059,14
Excavación en Préstamo, Cargador, carga y transporte material, con hasta 200 m de distancia	610	C-10-03-001-01	m ³	136.677,62	5.845,36	798.929.892,84
Construcción de Terraplenes, utilizando material	615	C-10-04-001-02	m ³	331.293,72	5.056,35	1.675.137.001,12
Transportación de Camiones, utilizando material	742	C-11-50-003-00	m ²	13.440,00	660,76	8.880.614,40
Transportación de Camiones laterales de la vía.	742	C-11-50-003-00	m ²	8.400,00	660,76	5.550.384,00
Obras de Drenaje						
Obras de Drenaje						
Empedrado de drenaje, en tierra, con empleo de material	267	C-05-09-001-04	m ³	582	5.884,95	3.425.040,90
Empedrado de drenaje, en tierra, con empleo de material	267	C-05-09-001-04	m ³	364,00	5.884,95	2.142.121,80
Calzada o Pavimento						
Calzada o Pavimento						
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm.	687	C-11-02-002-00	m ³	7448	21.962,45	163.576.327,60
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm.	687	C-11-02-002-00	m ³	4.655,00	21.962,45	102.235.204,75
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm.	688	C-11-02-004-00	m ³	4468,8	21.962,45	98.145.796,56
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm.	688	C-11-02-004-00	m ³	2.793,00	21.962,45	61.341.122,85
Construcción de la superficie de apoyo, con empleo de material	741	C-11-50-002-00	m ²	21.280	470,80	10.018.624,00
Construcción de la superficie de apoyo, con empleo de material	741	C-11-50-002-00	m ²	13.300,00	470,80	6.261.640,00
Construcción de la superficie de apoyo, con empleo de material	792	C-12-03-001-03	m ²	21.280	1.925,77	40.980.385,60
Construcción de la superficie de apoyo, con empleo de material	792	C-12-03-001-03	m ²	13.300,00	1.925,77	25.612.741,00
TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						31.961.484.929,09
TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						20.359.770.411,16

Proyecto o Trazado

E1
Longitud = **1+120 m**

DESCRIPCION	Nº PARTIDA	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs) (Sin I.V.A)	TOTAL
Preparación de Sitio						
Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general, con una altura predominante máxima de 8 m.	12	C-03-01-003-00	Ha	2,10	1.046.617,83	2.197.897,44
Movimiento de Tierras						
Excavación para Banqueo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 mts.de distancia y descarga.	603	C-10-02-001-01	m ³	1.366.005,80	6.188,58	8.453.636.173,76
Excavación para Banqueos en rocas o cualquier otro material que requiera indispensablemente el uso de explosivos, carga y transporte hasta 200 m. de distancia y descarga.	605	C-10-02-002-00	m ³	1.366.005,80	23.557,13	32.179.176.211,35
Excavación en Préstamo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 m. y descarga.	610	C-10-03-001-01	m ³	90.167,87	5.845,36	527.063.660,58
Construcción de Terraplenes, utilizando material transportado por Camiones.	615	C-10-04-001-02	m ³	90.167,87	5.056,35	455.920.309,47
Conformación de las áreas laterales de la vía.	742	C-11-50-003-00	m ²	13.440,00	660,76	8.880.614,40
Obras de Drenaje						
Construcción de cunetas de drenaje, en tierra, con empleo de Motoniveladora.	267	C-05-09-001-04	m ³	582,00	5.884,95	3.425.040,90
Calzada o Pavimento						
Construcción de Sub-Bases de Granzón natural, de xx cm.de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	687	C-11-02-002-00	m ³	7.448,00	21.962,45	163.576.327,60
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm. de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	688	C-11-02-004-00	m ³	4.468,80	21.962,45	98.145.796,56
Conformación de la superficie de apoyo, con empleo de Motoniveladora (patroleo)	741	C-11-50-002-00	m ²	21.280,00	470,80	10.018.624,00
Acondicionamiento de la superficie de apoyo, de espesor	792	C-12-03-001-03	m ²	21.280,00	1.925,77	40.980.385,60

Proyecto o Trazado

A2
Longitud = 180 m

DESCRIPCION	PARTIDA	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs) (Sin I.V.A)	TOTAL (BS)
Preparación de Sitio						
Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general, con una altura predominante máxima de 8 m.	12	C-03-01-003-00	Ha	0,30	1.046.617,83	313.985,35
Movimiento de Tierras						
Excavación para Banqueo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 mts.de distancia y descarga.	603	C-10-02-001-01	m ³	799,79	6.188,58	4.949.564,40
Excavación en Préstamo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 m. y descarga.	610	C-10-03-001-01	m ³	1.386,41	5.845,36	8.104.065,56
Construcción de Terraplenes, utilizando material transportado por Camiones.	615	C-10-04-001-02	m ³	1.386,41	5.056,35	7.010.174,20
Conformación de las áreas laterales de la vía.	742	C-11-50-003-00	m ²	900,00	660,76	594.684,00
Obras de Drenaje						
Construcción de cunetas de drenaje, en tierra, con empleo de Motoniveladora.	267	C-05-09-001-04	m ³	295,20	5.884,95	1.737.237,24
Calzada o Pavimento						
Construcción de Sub-Bases de Granzón natural, de xx cm.de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	687	C-11-02-002-00	m ³	756,00	21.962,45	16.603.612,20
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm. de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	688	C-11-02-004-00	m ³	453,60	21.962,45	9.962.167,32
Conformación de la superficie de apoyo, con empleo de Motoniveladora (patroleo)	741	C-11-50-002-00	m ²	2.250,00	470,80	1.059.300,00
Acondicionamiento de la superficie de apoyo, de espesor comprendido entre 10 cm. y 15 cm.	792	C-12-03-001-03	m ²	2.250,00	1.925,77	4.332.982,50
TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						54.667.772,77
comprendido entre 10 cm. y 15 cm.						
TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						41.943.021.041,68

Proyecto o Trazado

B2
Longitud = 660 m

DESCRIPCION	PARTIDA	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs) (Sin I.V.A)	TOTAL (Bs)
Preparación de Sitio						
Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general, con una altura predominante máxima de 8 m.	12	C-03-01-003-00	Ha	0,80	1.046.617,83	837.294,26
Movimiento de Tierras						
Excavación para Banqueo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 mts.de distancia y descarga.	603	C-10-02-001-01	m ³	514,85	6.188,58	3.186.190,41
Excavación en Préstamo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 m. y descarga.	610	C-10-03-001-01	m ³	13.550,91	5.845,36	79.209.947,28
Construcción de Terraplenes, utilizando material transportado por Camiones.	615	C-10-04-001-02	m ³	13.550,91	5.056,35	68.518.143,78
Conformación de las áreas laterales de la vía.	742	C-11-50-003-00	m ²	3.300,00	660,76	2.180.508,00
Obras de Drenaje						
Construcción de cunetas de drenaje, en tierra, con empleo de Motoniveladora.	267	C-05-09-001-04	m ³	924,00	5.884,95	5.437.693,80
Calzada o Pavimento						
Construcción de Sub-Bases de Granzón natural, de xx cm.de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	687	C-11-02-002-00	m ³	2.772,00	21.962,45	60.879.911,40
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm. de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	688	C-11-02-004-00	m ³	1.663,20	21.962,45	36.527.946,84
Conformación de la superficie de apoyo, con empleo de Motoniveladora (patroleo)	741	C-11-50-002-00	m ²	8.250,00	470,80	3.884.100,00

Acondicionamiento de la superficie de apoyo, de espesor comprendido entre 10 cm. y 15 cm.	792	C-12-03-001-03	m ²	8.250,00	1.925,77	15.887.602,50
TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						276.549.338,27

Proyecto o Trazado

C2
Longitud = 1+200 m

DESCRIPCION	PARTIDA	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs) (Sin I.V.A)	TOTAL (Bs)
Preparación de Sitio						
Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general, con una altura predominante máxima de 8 m.	12	C-03-01-003-00	Ha	1,50	1.046.617,83	1.569.926,75
Movimiento de Tierras						
Excavación para Banqueo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 mts.de distancia y descarga.	603	C-10-02-001-01	m ³	478.855,97	6.188,58	2.963.438.478,82
Excavación en Préstamo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 m. y descarga.	610	C-10-03-001-01	m ³	25.764,92	5.845,36	150.605.232,77
Construcción de Terraplenes, utilizando material transportado por Camiones.	615	C-10-04-001-02	m ³	25.764,94	5.056,35	130.276.554,37
Conformación de las áreas laterales de la vía.	742	C-11-50-003-00	m ²	6.000,00	660,76	3.964.560,00
Obras de Drenaje						
Construcción de cunetas de drenaje, en tierra, con empleo de Motoniveladora.	267	C-05-09-001-04	m ³	2.496,00	5.884,95	14.688.835,20
Calzada o Pavimento						
Construcción de Sub-Bases de Granzón natural, de xx cm.de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	687	C-11-02-002-00	m ³	5.040,00	21.962,45	110.690.748,00
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm. de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	688	C-11-02-004-00	m ³	3.024,00	21.962,45	66.414.448,80
Conformación de la superficie de apoyo, con empleo de Motoniveladora (patroleo)	741	C-11-50-002-00	m ²	15.000,00	470,80	7.062.000,00
Acondicionamiento de la superficie de apoyo, de espesor comprendido entre 10 cm. y 15 cm.	792	C-12-03-001-03	m ²	15.000,00	1.925,77	28.886.550,00
TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						3.477.597.334,71

Proyecto o Trazado

D2
Longitud = 380 m

DESCRIPCION	PARTIDA	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs) (Sin I.V.A)	TOTAL (Bs)
Preparacion de Sitio						
Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general, con una altura predominante máxima de 8 mts.	12	C-03-01-003-00	Ha	0,50	1.046.617,83	523.308,92
Movimiento de Tierras						
Excavación para Banqueo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 mts.de distancia y descarga.	603	C-10-02-001-01	m ³	5.027,33	6.188,58	31.112.033,89
Excavación en Préstamo, en cualquier tipo de material, con empleo de Tractor y Cargador, carga, transporte hasta 200 mts. y descarga.	610	C-10-03-001-01	m ³	339,19	5.845,36	1.982.687,66
Construcción de Terraplenes, utilizando material transportado por Camiones.	615	C-10-04-001-02	m ³	339,19	5.056,35	1.715.063,36
Conformación de las áreas laterales de la vía.	742	C-11-50-003-00	m ²	1.900,00	660,76	1.255.444,00
Obras de Drenaje						
Construcción de cunetas de drenaje, en tierra, con empleo de Motoniveladora.	267	C-05-09-001-04	m ³	722,00	5.884,95	4.248.933,90
Calzada o Pavimento						
Construcción de Sub-Bases de Granzón natural, de xx cm.de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	687	C-11-02-002-00	m ³	1.596,00	21.962,45	35.052.070,20
Construcción de Bases de Granzón natural, de xx cm. de espesor, con material proveniente de excavación en Préstamo, sin incluir el transporte del material.	688	C-11-02-004-00	m ³	957,60	21.962,45	21.031.242,12
Conformación de la superficie de apoyo, con empleo de Motoniveladora (patroleo)	741	C-11-50-002-00	m ²	4.750,00	470,80	2.236.300,00
Acondicionamiento de la superficie de apoyo, de espesor comprendido entre 10 cm. y 15 cm.	792	C-12-03-001-03	m ²	4.750,00	1.925,77	9.147.407,50

TOTAL COSTO DEL TRAZADO (Sin I.V.A)						108.304.491,54
-------------------------------------	--	--	--	--	--	----------------

