

**AUXILIAR EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS  
PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS  
EL SECRETO - AGUACLARA (5608) Y MONTERREY - AGUAZUL (6512)  
PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA PI S.A.S.**

**OSCAR HUMBERTO JAIMES CANDELA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2014**

**AUXILIAR EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS  
PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS  
EL SECRETO - AGUACLARA (5608) Y MONTERREY - AGUAZUL (6512)  
PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA PI S.A.S.**

**OSCAR HUMBERTO JAIMES CANDELA**

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR**

**ING. WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2014**

*A mis padres Humberto y Marina,  
a mi hermana Erika y a mi sobrino Nico, los quiero y admiro;  
A mis ángeles Clara, Luciana y María Clara, esposa e hijas, las amo;  
Gracias por esperar, lo que viene es mejor.*

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	13
1 DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL TRABAJO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL .....	14
1.1. TÍTULO .....	14
1.2. OBJETIVOS .....	14
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PRÁCTICA .....	15
2 ESTUDIOS Y DISEÑO PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS EL SECRETO - AGUACLARA (5608) Y MONTERREY - AGUAZUL (6512) .....	15
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	15
2.2. ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	17
2.2.1. Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio .....	18
2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO.....	24
2.3.1. Definición de los parámetros de diseño .....	24
2.3.2. Velocidad de diseño .....	26
2.3.2.1. Monterrey - Aguazul.....	27
2.3.2.2. El Secreto - Aguaclara .....	28
2.3.3. Vehículo de diseño .....	28
2.3.4. Distancias de Visibilidad .....	28
2.3.4.1. Distancia de Visibilidad de Parada.....	29
2.3.4.2. Distancia de Visibilidad Adelantamiento .....	29

2.3.5. Diseño en planta del eje de la carretera.....	30
2.3.5.1. Radio mínimo de curva horizontal.....	31
2.3.5.2. Peralte.....	31
2.3.5.3. Entretangencia.....	32
2.3.5.3. Sobreanchos.....	33
2.3.6. Diseño en perfil del eje de la carretera.....	34
2.3.6.1. Curvas verticales.....	36
2.3.6.2. Longitud de la curva vertical.....	36
2.3.7. Diseño de la sección transversal de la carretera.....	37
3. CONCLUSIONES.....	39
4. REFERENCIAS.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Localización general del proyecto.....	16
<b>FIGURA 2.</b> Fotografías del inicio de cada tramo; PR0 para Monterrey-Aguazul (izq), PR78 para El Secreto-Aguaclara (der).....	17
<b>FIGURA 3.</b> Volumen promedio diario.....	19
<b>FIGURA 4.</b> Secciones típicas para los tramos en estudio.....	38

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Crecimientos anuales de los tramos.....	19
<b>TABLA 2.</b> Factores de daño para diferentes tipos de vehículos.....	21
<b>TABLA 3.</b> Número de ejes equivalentes para cada sector.....	21
<b>TABLA 4.</b> Capacidad y Nivel de Servicio M-T.....	22
<b>TABLA 5.</b> Capacidad y Nivel de Servicio T-A.....	23
<b>TABLA 6.</b> Capacidad y Nivel de Servicio ES-A.....	24
<b>TABLA 7.</b> Parámetros El Secreto-Aguaclara.....	25
<b>TABLA 8.</b> Parámetros Monterrey-Aguazul.....	26
<b>TABLA 9.</b> Velocidad de diseño de tramos homogéneos.....	27
<b>TABLA 10.</b> Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente.....	29
<b>TABLA 11.</b> Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles, dos sentidos.....	30
<b>TABLA 12.</b> Valores de sobreanchos aplicados.....	34
<b>TABLA 13.</b> Espesores de capas recomendadas para el pavimento MONTERREY-AGUAZUL.....	35
<b>TABLA 14.</b> Espesores de capas recomendadas para el pavimento SECRETO-AGUACLARA.....	35
<b>TABLA 15.</b> Valores de Kmín en curvas verticales.....	37

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A.</b> Monterrey - Aguazul, resumen de curvas con velocidad específica, radios y peralte asignado.....	43
<b>ANEXO B.</b> El Secreto - Aguaclara, resumen de curvas con velocidad específica, radios y peralte asignado.....	45
<b>ANEXO C.</b> Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical.....	46
<b>ANEXO D.</b> El Secreto - Aguaclara, resumen de diseño vertical.....	54
<b>ANEXO E.</b> Plano típico de Planta Perfil.....	56
<b>ANEXO F.</b> Plano típico de Secciones Transversales.....	57

## RESUMEN

### TITULO:

AUXILIAR EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS EL SECRETO - AGUA CLARA (5608) Y MONTERREY - AGUAZUL (6512) PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA PI S.A.S.\*

### AUTOR:

OSCAR HUMBERTO JAIMES CANDELA\*\*

### PALABRAS CLAVE:

Vías, Rehabilitación, Diseño Geométrico.

### DESCRIPCIÓN:

Los estudios de rehabilitación tienen como fin diseñar las obras requeridas para la recuperación de las condiciones o las características técnicas iniciales de la vía, dotándola además de condiciones favorables para su servicio tales como estructura de pavimento, sobreeanchos, bermas, peraltes y pendientes longitudinales, además de la correcta señalización horizontal y vertical, es decir, recuperar el nivel de servicio de la carretera de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico del INVÍAS. Los tramos de vía objeto del proyecto se desarrollan sobre un tramo vial existente, clasificados como vías primarias con anchos de calzada entre 8.0 y 8.50 metros, los cuales discurren en terreno plano, ondulado y montañoso. La superficie de rodadura es en concreto asfáltico con tramos en condiciones regulares a deficientes que requieren un tratamiento de refuerzo o reciclaje para su rehabilitación. La auxiliatura realizada se enfocó en el diseño geométrico de los tramos viales, y se basó en las recomendaciones y directrices de los especialistas en las diversas áreas que participaron en los estudios. En el presente artículo se muestran brevemente la metodología empleada y los diseños que se realizaron durante la práctica empresarial en PI S.A.S., según convenio realizado entre la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y PI S.A.S.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo Del Toro, Ing. Civil.

## ABSTRACT

### TITLE:

AUXILIARY IN THE GEOMETRIC DESIGN OF STUDIES AND DESIGNS FOR THE REHABILITATION OF THE ROADS THE SECRET - AGUACLARA (5608) AND MONTERREY - AGUAZUL (6512) BUSINESS PRACTICE IN THE COMPANY PI S.A.S \*

### AUTHOR:

OSCAR HUMBERTO JAIMES CANDELA\*\*

### KEYWORDS:

Routes, Rehabilitation, Geometric Design.

### DESCRIPTION:

Rehabilitation studies are intended to design the works required for recovery of the conditions or the initial specifications of the via, giving it as well as favorable conditions for its service such as structure of pavement, widening, berms, cambers and longitudinal slopes, as well as the correct vertical and horizontal signaling, that is recover the level of service from the road in accordance with the Manual of geometric design of the INVIAS. The sections of track the project develop on an existing road section, classified as primary channels with widths of road between 8.0 and 8.50 meters, which run in flat, undulating and hilly terrain. Surface is asphalt concrete with sections in regular conditions deficient, requiring reinforcement or recycling for their rehabilitation treatment. Made regarding focused on the geometric design of the road sections, and was based on the recommendations and guidelines of the specialists in the various areas involved in the studies. This article shows briefly the methodology used and designs that were made during the business practice in PI S.A.S., according to agreement between the UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER and PI S.A.S.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo Del Toro, Ing. Civil.

## INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo se hace una breve descripción de una de las actividades de Consultoría que desarrolló el CONSORCIO ESTUDIOS VIALES 2012, en el marco del Contrato N°2121 de 2011, correspondiente a los ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS EL SECRETO-AGUAZUL (5608) Y MONTERREY-AGUAZUL (6512), vías localizadas en el departamento del Casanare, Colombia.

El presente informe resume el trabajo concerniente a los estudios de Diseño Geométrico enmarcados en el desarrollo de los estudios y diseños finales dentro de la práctica empresarial en la empresa Proyectos Geotécnicos, Ambientales, Viales y de Ingeniería PI S.A.S., según convenio entre la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y PI S.A.S. Lo realizado se rige por la normatividad del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, en su Manual de Diseño de Carreteras 2008 del INVIAS.

Las exigencias del tránsito en lo que respecta a la seguridad y velocidad de operación, obligan al mejoramiento continuo de los criterios de diseño de las carreteras existentes.

Entre las situaciones que justifican el mejoramiento de una carretera se encuentran el incremento en el volumen de tránsito, realizar mejoras en los alineamientos para aumentar la velocidad de operación, garantizar la distancia de visibilidad de parada y la longitud suficiente de visibilidad de adelantamiento y eliminar los sitios críticos de accidentalidad originados por defectos en el trazado de la carretera.

Para los tramos en estudio un objetivo principal de la rehabilitación es el mejoramiento funcional o estructural del pavimento, otro objetivo es la recuperación y actualización geométrica, dando a lugar tanto a una extensión de su vida de servicio, como a la provisión de una superficie de rodamiento más cómoda y segura y a reducciones en los costos de operación vehicular. Por lo cual la importancia del proyecto es conservar la operatividad de la vía en las condiciones iniciales, dotándola, además de condiciones favorables para su servicio tales como estructura de pavimento, sobreanchos, bermas y pendientes longitudinales de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS; actualización de las obras de drenaje en los sitios en donde se requiera modificar el ancho de vía, accesos adecuados a vías secundarias, accesos a predios y señalización.

# **1 DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL TRABAJO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL**

## **1.1. TÍTULO**

Auxiliar en el diseño geométrico de los estudios y diseños para la rehabilitación de las vías El Secreto - Aguacalara (5608) y Monterrey - Aguazul (6512), práctica empresarial en la empresa PI S.A.S.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar la práctica empresarial en PI S.A.S., según convenio realizado entre la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y PI S.A.S. En calidad de auxiliar de ingeniería civil, en el diseño geométrico del proyecto para INVIAS “Estudios y Diseños para la Rehabilitación de las Vías El Secreto - Aguacalara (5608) y Monterrey - Aguazul (6512)”, vías localizadas en el Departamento de Casanare.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Revisar las condiciones actuales de la geometría horizontal y vertical de la vía. Además de los elementos que componen la sección transversal existente, tales como peraltes, bombeos, bermas, sobrecanchos, cunetas, y señalización.
2. Determinar para la vía en estudio si cumple con los criterios de seguridad en cuanto a la velocidad de diseño y de operación.
3. Restablecer el Nivel de Servicio que se tenía que era de una vía de primer orden, a partir del rediseño horizontal y vertical de la totalidad del corredor acorde los parámetros y las recomendaciones del MINISTERIO DE TRANSPORTE y los requerimientos técnicos dados por el INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, INVIAS, en el MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS.

### **1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PRÁCTICA**

Esta práctica empresarial se realiza en marco del convenio entre la empresa Proyectos Geotécnicos, Ambientales, Viales y de Ingeniería PI S.A.S. y la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Dentro de los trabajos desarrollados está:

- Revisión y dibujo de la información entregada por el topógrafo.
- Extracción del diseño horizontal del trazado de las vías.
- Ajuste del diseño vertical de las vías.
- Elaboración de planos finales.

Para cada fase de trabajo, se contó con el apoyo y directriz de los especialistas del consorcio.

## **2 ESTUDIOS Y DISEÑO PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS EL SECRETO - AGUACLARA (5608) Y MONTERREY - AGUAZUL (6512)**

### **2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El estudio cubre dos tramos viales comprendidos entre El Secreto- Aguacalara y Monterrey-Aguazul de longitudes 14.080 m y 76.450 m, respectivamente, para un total de 90.530 metros.

El tramo El Secreto-Aguacalara se desarrolla totalmente sobre relieve montañoso, con una velocidad asignada de 30 kph. El tramo inicia justo en la parte oriental del puente sobre el Río Upía en el PR 78+000 y termina en el PR 92+048 en la intersección con la ruta 65.

El tramo de vía, El Secreto - Aguacalara, hace parte de la Ruta transversal 56 Medellín - Don Diego - La Ceja - Sonsón - Florencia - Cruce ruta 45 - La Dorada - Puerto Salgar - Yacopí - La Palma - Zipaquirá - Ubaté - Chocontá - Guateque - Aguacalara. La vía inicia justo en la parte oriental del puente sobre el Río Upía en el PR78 y termina en el PR92 en la intersección con la ruta 65 tramo Aguacalara-Monterrey, figura 1.

El tramo de vía, Monterrey - Aguazul, hace parte de la ruta troncal 65 que inicia en Villagarzón Putumayo, continua por el Caquetá, pasando por San José del Fragua, Florencia, Puerto Rico, Ye de Granada, Villavicencio, Barranca de Upía, Monterrey, Yopal, Paz de Ariporo, La Cabuya y llega a Saravena. El sector en estudio hace parte del tramo 6512 Monterrey - Yopal partiendo de Monterrey en el PR0 hasta el cruce con la ruta 62 en el PR78 sector Aguazul - Pajarito, figura 1.



En el presente informe, se reportará información principalmente del diseño geométrico, ya que fue en esta área donde se desarrolló la práctica empresarial. Además de información referente al estudio de tránsito, la cual da pie a parámetros usados en el diseño geométrico.

## 2.2. ESTUDIO DE TRÁNSITO

El estudio de tránsito determina la demanda de los usuarios para cada uno de los proyectos, determinándose el número de carriles o de calzadas necesarias para servir dicha demanda, a partir de la capacidad y niveles de servicio concluidos en el estudio. Igualmente se constituye en una de las variables más importantes en el dimensionamiento de la estructura de los pavimentos.

**FIGURA 2.** *Fotografías del inicio de cada tramo; PR0 para Monterrey-Aguazul (izq), PR78 para El Secreto-Aguaclara (der).*



Fuente: PI S.A.S.

El estudio de tránsito se basa en la información primaria y secundaria capturada en campo, con la que se procede a caracterizar el flujo de tránsito actual, y en la información estadística consultada en el INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, en el DANE, y en otras entidades de orden público y privado.

En proyectos de rehabilitación con repavimentación vial, se considera el tránsito como la suma de varias componentes, en este caso se incluyen las siguientes componentes:

**Tránsito Normal:** Es el tránsito que se produce en la zona regularmente y que depende de la evolución natural de los parámetros de la misma. Puede valorarse fácilmente a partir de los datos de la serie histórica del tránsito o de un conteo vehicular si esta serie no existe.

**Tránsito Atraído:** Es el que utilizará el proyecto por las ventajas o beneficios que ofrece y hoy hace uso de otra infraestructura. Se determina a través de encuestas de preferencia a usuarios o por la experiencia del diseñador o sugerencia del interventor.

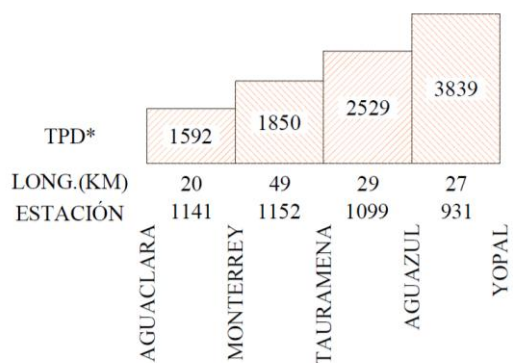
**Tránsito Generado:** Se origina por las mejores condiciones de oferta del proyecto. Está referido al tránsito nuevo por efecto del desarrollo del área de influencia. Se determina a través del análisis socio-económico.

En el caso del proyecto de rehabilitación de la vía existente, las proyecciones de TPD de acuerdo con los resultados de los análisis de las regresiones y de toda la información, se obtiene la información de velocidad de operación actual, el número acumulado de ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño, el análisis de la accidentalidad e identificación de los puntos o tramos críticos de la vía existente y las medidas a tomar en los mismos. Igualmente se proporciona la información para la formulación de los planes de manejo de tránsito, para el momento en que sea sometida a las labores de rehabilitación.

### **2.2.1. Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio**

Se considera los flujos de vehículos que actualmente hacen uso de la vía. A partir de la toma de información de campo, se cuantificó el TPD de la vía objeto del proyecto obteniendo igualmente los volúmenes actuales, determinando los volúmenes diarios y semanales junto con su composición. Con la información disponible del Instituto Nacional de Vías, para la estación de aforo No787 correspondiente al tramo El Secreto-Aguaclara, la estación de aforo No 1152 sector Monterrey-Río Cusiana, la estación 1099 sector Río Cusiana-Aguazul y la información existente del Instituto Nacional de Concesión para el Peaje San Pedro ubicado entre Agua Clara y Villanueva, se analizó el periodo comprendido entre los años 2000-2011, determinando el siguiente volumen promedio diario:

**FIGURA 3. Volumen promedio diario.**



\*Promedio años 2000 a 2011

A través de la aplicación de modelos matemáticos se utilizaron modelos de regresión lineal, logarítmica, exponencial y potencial para cada tipo de vehículo, obteniendo mejores correlaciones para los diferentes modelos matemáticos con la serie del Instituto Nacional de Vías, obteniendo la tabla 1.

**TABLA 1. Crecimientos anuales de los tramos**

**Para el sector Monterrey - Tauramena**

Tipo vehículo	Modelo de regresión		
	Lineal	Exponencial	Potencial
Auto	3,1%	6,3%	
Bus	2,5%	4,1%	1,2%
Camión	3,6%	7,8%	

**Para el sector Tauramena - Aguazul**

Tipo vehículo	Modelo de regresión		
	Lineal	Exponencial	Potencial
Auto	3,7%	8,7%	
Bus	4,2%	15,4%	2,8%
Camión	3,5%	7,8%	

**Para el sector El Secreto - Aguacalara**

Tipo vehículo	Modelo de regresión	
	Lineal	Exponencial
Auto	3,7%	8,7%
Bus	4,2%	15,4%
Camión	3,5%	7,8%

La tasa calculada de crecimiento atraído en la zona es de 4.2% para autos y 3.8% para vehículo tipo camión C2-G.

La tasa calculada de crecimiento generado en la zona es de 4.22% para autos y 4.14% para camión C2-G.

Las proyecciones para el tránsito normal se realizaron aplicando la tasa de crecimiento anual para cada tipo de vehículo (Auto, Bus y Camión) obtenida de las regresiones estudiadas en cada una de las series históricas de las estaciones de conteo de los sectores en estudio. Dado que los coeficientes de determinación más altos por lo general se presentaron con los modelos lineal y exponencial y entre los mismos no existe una gran diferencia, pero las tasas de crecimiento que presentan las proyecciones si era bastante significativa entre una y otra, por lo cual se utilizó la tasa de crecimiento obtenida con el modelo lineal, el cual muestra con mayor acierto los crecimientos promedio del tránsito en el país.

Por otro lado, el crecimiento del tránsito generado y atraído se obtuvo del estudio de tránsito capacidad y niveles de servicio para el diseño, reconstrucción, pavimentación y/o repavimentación de la vía grupo 22, tramo 1 Santa María - San Luis de Gaceno, estudio realizado por PROJEKTA LTDA para HIDROCONSULTA. Una vez obtenida la proyección para cada tipo de vehículo, se sumaron las mismas para obtener el TPD consolidado de cada sector.

El comportamiento mensual del tránsito permitió determinar el factor de ajuste por estación para la información recolectada con los aforos, la cual se calculó en 1.043 para el mes de recolección de los datos. Se ejecutaron conteos durante 24 horas, 7 días en tres puntos, y 12 horas 1 día en las estaciones de paso, en los cuales se contabilizó flujo de vehículos, motos, ciclas y peatones con el fin de actualizar la base de datos del comportamiento del tránsito.

El primer punto de aforo se ubicó en la intersección conformada por las vías El Secreto-Aguaclara (ruta 66) con la vía Villanueva- Monterrey-Aguazul-Yopal (ruta 65).

El segundo sitio de aforo se ubicó en el punto de intersección de la vía Villanueva-Monterrey Aguazul-Yopal (ruta 65), con la vía que al occidente lleva a la cabecera municipal de Tauramena , y al oriente comunica al municipio de Maní.

El tercer punto de aforo se encuentra en la intersección de la vía Sogamoso-El Crucero- Aguazul (ruta 62), con la vía Monterrey-Aguazul- Yopal (ruta 65).

Dos estaciones en el paso por Monterrey, las cuales mezclan un tránsito de larga distancia del sector en estudio con un tránsito local urbano y semiurbano.

Para diseñar el tipo de pavimento más adecuado para una vía se deben tener en cuenta los efectos que produce la circulación de vehículos sobre esta, por lo cual

es necesario establecer equivalencia entre las cargas aplicadas por los diferentes tipos de vehículos.

El cálculo de la suma de los ejes equivalentes de 8.2 ton se obtiene a partir de la composición vehicular, el período de diseño (10 y 20 años), la tasa de crecimiento y el TPD anual obtenidos anteriormente, en combinación con los factores de daño. El cálculo del número de ejes equivalentes se calculó para cada uno de los sectores en estudio, con base en los factores daño para cada uno de los tipos de vehículos comerciales, tomados de la cartilla de volúmenes de tránsito de conteos manuales del INVIAS correspondiente al año 2005, específicamente analizando los factores daño de la territorial Casanare, tabla 2.

**TABLA 2.** Factores de daño para diferentes tipos de vehículos

BUSES	C2P	C2G	C3- C4	C5	C6
1,00	1,10	2,10	2,30	2,37	3,50

Fuente: Manual de Diseño Geométrico.

El número de ejes equivalente se calculó por año, la suma de los ejes de cada año permite obtener el número de ejes equivalentes por periodo. Se determinó que para un periodo de diseño de 10 y 20 años se tiene los números de ejes equivalentes, consignados en la tabla 3.

El análisis de la capacidad y niveles de servicio se realizó para los años 2014 al 2023 (a 10 años de la entrada en operación) y 2024 al 2033 (a 20 años de la entrada en operación) por medio de la metodología propia para Colombia [1], la cual permite observar la forma en que está operando la vía de acuerdo a las condiciones geométricas de un tramo específico, al volumen y composición vehicular y a las características de la superficie.

**TABLA 3.** Número de ejes equivalentes para cada sector

El Secreto - Aguaclara							N
PERIODO	BUSES	C2-P	C2-G	C3-C4	C5	C6	PERIODO
2014 - 2023	92165	201334	451545	91815	131920	149249	1'118.028
2024 - 2033	113151	285957	654066	134522	177767	212759	1'578.222
<b>N TOTAL 20 AÑOS</b>							<b>2'696.250</b>

Monterrey - Tauramena							
PERIODO	BUSES	C2-P	C2-G	C3-C4	C5	C6	N PERIODO
2014 - 2023	698066	1014640	1458521	909190	2147055	4643216	10'870.688
2024 - 2033	1024740	1516444	2180093	1360155	3208904	6942277	16'232.613
<b>N TOTAL 20 AÑOS</b>							<b>27'103.301</b>

Tauramena - Aguazul							
PERIODO	BUSES	C2-P	C2-G	C3-C4	C5	C6	N PERIODO
2014 - 2023	893705	1032016	1353510	700363	1794979	2877004	8'651.577
2024 - 2033	1351781	1458394	1922442	987340	2534596	4071629	12'326.175
<b>N TOTAL 20 AÑOS</b>							<b>20'977.752</b>

Para Monterrey-Tauramena se observa que de acuerdo con el análisis realizado bajo esta metodología, en las condiciones iniciales (año 2013), la vía presenta una capacidad muy superior a su demanda actual. Debido a que el porcentaje de ocupación de la capacidad de la vía con variaciones aleatorias del tránsito, es decir en las condiciones más adversas, Q/C5, es de apenas el 15.2% y del 22.2% para el año 2023. Igualmente se determinó que el nivel de servicio inicialmente se encuentra en D y con la intervención realizada con el proyecto de rehabilitación no se modifica dicha situación, es decir que permanece en el mismo nivel de servicio, tabla 4.

Lo anterior se explica dado que las características de la geometría respecto a radios de giro de la vía permanecerán iguales con el proyecto, y que se presentan limitaciones en cuanto al radio de la curva más cerrada (37m), limitando la velocidad de operación a 44 Km por hora.

**TABLA 4.** *Capacidad y Nivel de Servicio M-T*

TRAMO MONTERREY - TAURAMENA						
AÑO	CAPACIDAD		Qc60	Qc5	NS	Vel
	C60	C5				
VIA ACTUAL SIN PROYECTO						
2013	1.786	1.339	0,152	0,203	D	44,2
VIA CON PROYECTO						
2023	1.733	1.300	0,222	0,295	D	44,2

Para Tauramena-Aguazul en las condiciones iniciales (año 2013), la vía presentará una capacidad muy superior a su demanda actual. Debido a que el porcentaje de ocupación de la capacidad de la vía con variaciones aleatorias del tránsito, es decir en las condiciones más adversas, Q/C5, es de apenas el 14.3% y del 20.6% para el año 2023. Igualmente se determinó que el nivel de servicio inicialmente se encuentra en D y con la intervención realizada con el proyecto de rehabilitación no se modifica dicha situación, es decir que permanece en el mismo nivel de servicio, tabla 5.

Lo anterior se explica dado que las características de la geometría respecto a radios de giro de la vía permanecerán iguales con el proyecto, y que se presentan limitaciones en cuanto al radio de la curva más cerrada (85m), limitando la velocidad de operación a 54 Km por hora.

**TABLA 5.** *Capacidad y Nivel de Servicio T-A*

TRAMO TAURAMENA - AGUAZUL						
AÑO	CAPACIDAD		Qc60	Qc5	NS	Vel
	C60	C5				
VIA ACTUAL SIN PROYECTO						
2013	2.505	2.367	0,135	0,143	D	54,3
VIA CON PROYECTO						
2023	2.505	2.367	0,194	0,206	D	54,3

Para El Secreto-Aguaclara en las condiciones iniciales (año 2013), la vía presentará una capacidad superior a su demanda actual. Debido a que el porcentaje de ocupación de la capacidad de la vía con variaciones aleatorias del tránsito, es decir en las condiciones más adversas, Q/C5, es de apenas el 2.4% y del 5.5% para el año 2023. Igualmente se determinó que el nivel de servicio inicialmente se encuentra en E y con la intervención realizada con el proyecto de rehabilitación no se modifica dicha situación, es decir que permanece en el mismo nivel de servicio, tabla 6.

Lo anterior se explica dado que las características de la geometría respecto a radios de giro de la vía permanecerán iguales con el proyecto, y que se presentan limitaciones en cuanto al radio de la curva más cerrada (17.78m), limitando la velocidad de operación a 35 Km por hora.

**TABLA 6.** *Capacidad y Nivel de Servicio ES-A*

TRAMO EL SECRETO - AGUACLARA						
AÑO	CAPACIDAD		Qc60	Qc5	NS	Vel
	C60	C5				
VIA ACTUAL SIN PROYECTO						
2013	2.520	1.339	0,021	0,024	E	35,2
VIA CON PROYECTO						
2023	2.520	1.339	0,029	0,055	E	35,2

### 2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO

Respecto al Estudio de Diseño Geométrico de los Estudios y Diseños para la Rehabilitación de los tramos viales El Secreto-Aguaclara y Monterrey- Aguazul, se inició la práctica con el procesamiento del levantamiento topográfico de la carretera existente de acuerdo con su alcance al objeto contractual, en una longitud de 90 km y ancho de franja de 30 metros, 15 metros a lado y lado del eje de la carretera. Posteriormente se hizo la revisión de los elementos existentes que componen la sección transversal de la vía tales como peralte, bombeo, bermas, sobreechanos y cunetas, y si estos elementos satisfacían los requerimientos de la vía. Se revisó si cumplía con los criterios de seguridad en cuanto a la velocidad de diseño y de operación, con el fin de brindar condiciones óptimas de seguridad y comodidad al usuario.

Lo referente a dispositivos de control de tránsito vehicular se revisó que los elementos existentes fueran suficientes para la prevención de riesgos y accidentes, regulen el tránsito y mantengan informado al usuario de la vía, con la finalidad de mantener la seguridad vial.

#### 2.3.1. Definición de los parámetros de diseño

Para el establecimiento de los parámetros de diseño geométrico se ha tenido en cuenta, además de las especificaciones dadas en el Manual de Diseño Geométrico, aspectos tales como la política del gobierno actual en asuntos de carreteras, que es la de utilizar al máximo el corredor existente y con pocas excepciones de movimientos de tierras. Tampoco se busca llevar al extremo diseños que se adaptan a los manuales propios del INVIAS con consecuencias que redundan en altos movimientos de tierra y construcción de viaductos, haciendo insostenible el proyecto por los altos costos que esto genera.

Como el objeto del estudio es una rehabilitación, se ha esmerado en recuperar el nivel de servicio que ha perdido el corredor vial, estudiando su geometría actual, detectando las falencias geométricas solucionables a bajo costo, y proyectando los diseños de acuerdo a los parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico versión 2008.

Para el sector El Secreto-Aguaclara, se define un solo tipo de terreno, ya que el terreno montañoso predomina en el desarrollo del tramo. La velocidad de diseño se definió de 30KPH, ya que los radios de giro, cortas entretangencias, altas pendientes longitudinales y la imposibilidad de hacer grandes cambios en el trazado, limitaron el mejoramiento de los parámetros, tabla 7.

**TABLA 7. Parámetros El Secreto-Aguaclara**

PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETRO	UNIDAD
Long., km	14	Pend. peralte máximo, %	10
Tipo de vía	Primaria	Curvas circulares simples	Si
Vel. de diseño, km/h	30	Curvas espirales	Si
Tipo de terreno	Montañoso	Radio horizontal mínimo, m	17.78
Anchos de calzada, m	7.30	Long. mín. curvas verticales, m	25
Ancho berma externa, m	0.35	Dist. de visib. de parada, m	29
Ancho cuneta, m	1.20	Dist. De visib. adelant., m	200
Bombeo berma, %	-2.0	Talud de corte	1V:0,5H/0,25H
Pend. Long. máx., %	11.13	Talud de terraplén	1V:1H
Pend. Long. mín., %	0.3		

Para el sector Monterrey - Aguazul, se definen tres tipos de terreno, ya que se presentan el tipo montañoso, ondulado y plano a lo largo de los 76 km de trazado. Consecuente a esto se tienen tres tipos de velocidades de diseño, acorde al terreno, tabla 8.

**TABLA 8. Parámetros Monterrey-Aguazul**

PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETRO	UNIDAD
Long., km	76	Curvas espirales	Si
Tipo de vía	Primaria	Radio horiz. mínimo, m	36
Vel.es de diseño, km/h	40-60-80	Long. mín. curvas verticales, m	30
Tipo de terreno	Montañoso, Ondulado y Plano	Distancia de visibilidad de parada, m	40 km/h - 53 60 km/h - 97 80 km/h - 154
Anchos de calzada, m	7.30	Dist. visibilidad adelantamiento, m	40 km/h - 270 60 km/h - 410 80 km/h - 540
Ancho berma externa, m	0.60	Talud de corte	1V:0,5H / 0,25 H
Ancho cuneta, m	1,2	Talud de terraplén	1V:1H
Bombeo berma, %	-2.0		
Pend. Long. máx., %	8.94		
Pend. Long. mín., %	0.3		
Pend. peralte máximo, Curvas circulares simples	10.0 Si		

### 2.3.2. Velocidad de diseño

Acorde con la metodología del Manual de Diseño Geométrico de Vías 2008, es aplicable una evaluación más local de este parámetro que permite establecer tramos homogéneos ajustados a la condición real del alineamiento horizontal, sus características topográficas y enfocadas a la percepción directa que hará el usuario de la vía en sus desplazamientos.

La metodología establecida en la normatividad vigente para el análisis de este parámetro establece los siguientes lineamientos:

- Dado que el objeto del contrato es la rehabilitación de dos carreteras primarias existentes que se encuentran pavimentadas, se mantienen estos corredores, utilizando en su totalidad la infraestructura existente.
- La Velocidad Específica de una curva horizontal no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo, ni superior a esta en veinte kilómetros por hora (20km/h).

- La Velocidad Específica de una curva horizontal debe ser asignada teniendo en cuenta la Velocidad Específica de la curva inmediatamente anterior y la longitud del segmento recto anterior.

La importancia de la correcta elección de dicha velocidad, es la asignación de las velocidades específicas a cada curva del trazado y, a partir de ella, la asignación del peralte correspondiente a cada curva, acorde al radio de giro, distancia a la curva anterior o entretangencia, deflexión y velocidad específica.

**TABLA 9.** *Velocidad de diseño de tramos homogéneos*

SECTOR	TRAMO (Km)	RELIEVE	/EL. DISEÑO (Km/h)
1. MT-AG	0 - 13,5	MONTAÑOSO	40
2. MT-AG	13,5 - 17	ONDULADO	60
3. MT-AG	14 - 47	PLANO	80
4. MT-AG	47 - 76	ONDULADO	60
5. ES-AG	78 - 92	MONTAÑOSO	30

### 2.3.2.1. Monterrey - Aguazul

Para el análisis de este sector de 76 kilómetros, se definen 4 tramos homogéneos para el análisis de velocidades, tabla 9. Asignándolas según el manual de Diseño Geométrico para carreteras (Tabla 2.1 VELOCIDADES DE DISEÑO SEGUN TIPO DE CARRETERA Y TERRENO).

A partir del procedimiento para la asignación de la velocidad específica de la curva horizontal [2], se elige la mayor velocidad como la de diseño para la correspondiente curva, y por consiguiente, definir el peralte de dicha curva. Sin embargo existen dificultades en algunas curvas para la asignación acorde al procedimiento recomendado, es así que en las curvas 15-16-17-18-19-20-21-22-27-32-39-40-46-49-56-58-61-62-73-79-89-90-92-106-114-119-133-134-135-136 fue necesario corregir la velocidad y asignarles la velocidad real, ya que el radio actual no se adapta a la velocidad asignada por el estudio de velocidades específicas, porque no cumplen el radio mínimo, así que se les disminuye la velocidad específica y se requiere señalización adecuada para cada una, Anexo 1.

### **2.3.2.2. El Secreto - Aguaclara**

A partir del manual de diseño geométrico, definimos la velocidad de diseño para el sector en cuestión. Por recomendaciones del manual, la velocidad de diseño del tramo homogéneo debería ser de 60 km/h, pero no se ajusta al trazado actual del corredor. Es comprensible esta situación, debido a que el manual hace referencia a nuevas vías, mientras que el presente estudio es una rehabilitación, y esta consiste en recuperar el nivel de servicio que tenía la vía en su comienzo, el cual debido a los años, sobre carpetas, parcheo y bacheos aplicados han desmejorado y cambiado la configuración inicial. Actualmente la vía presenta radios de curvaturas inferiores a los mínimos recomendados, con pocas entre tangencias o nulas, dificultando la aplicación total del Manual de Diseño Geométrico. Por lo tanto la velocidad se ha establecido en 30 Km/h. Sin embargo en las curvas 24 y 35 fue necesario corregir la velocidad, ya que el radio actual no se adapta a la velocidad asignada por el estudio de velocidades específicas, como estas curvas no cumplen el radio mínimo, se les disminuye la velocidad y se define la señalización adecuada para cada una, Anexo 2.

### **2.3.3. Vehículo de diseño**

El vehículo representativo de todos los vehículos que puedan circular por una vía se denomina vehículo de diseño. La selección del vehículo de diseño debe ser tal que corresponda con la composición del tránsito definida en el estudio de ingeniería de tránsito para el proyecto en estudio. Es necesario tener en cuenta que esta selección incide directamente en la definición de las dimensiones de los anchos de carril, calzada, bermas y sobrecanchos de la sección transversal, el radio mínimo de giro en el diseño de las intersecciones y el gálibo bajo las estructuras (pasos elevados).

El vehículo de diseño que se usó corresponde al camión tipo 3S2 según recomendaciones INVIAE

### **2.3.4. Distancias de Visibilidad**

Es importante que el trazado de una carretera ofrezca al conductor de un vehículo la posibilidad de ver hacia adelante, tal que le permita realizar una circulación segura y eficiente. La distancia de visibilidad se define como la longitud continua

de carretera que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella. Se revisaron dos tipos de distancias de visibilidad en el presente estudio de rehabilitación.

#### 2.3.4.1. Distancia de Visibilidad de Parada

Para evaluar la condición de los tramos viales respecto a las distancias recomendadas de visibilidad de parada,  $V_p$ , se usó la tabla 2.7 del Manual de diseño Geométrico [3], tabla 10.

**TABLA 10.** *Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente*

DIST. DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) DP							
VEL. ESP.	DESCENSO				ASCENSO		
$V_e$ (km/h)	-3%	-6%	-9%	0%	3%	6%	9%
30	32	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	50	45	44	43
50	66	70	74	65	61	59	58
60	87	92	97	85	80	77	75
70	110	116	124	105	100	97	93
80	136	144	154	130	123	118	114
90	164	174	187	160	148	141	136
100	194	207	223	185	174	167	160

Fuente: Manual de Diseño Geométrico.

Para los tramos EL SECRETO - AGUACLARA y MONTERREY - AGUAZUL, se revisó la totalidad del trazado y se encuentran deficiencias de visibilidad de parada sobre todo en los sectores de terreno montañoso, por recomendación de los especialistas del proyecto se solventa esta situación con señalización adecuada para estos sectores.

#### 2.3.4.2. Distancia de Visibilidad Adelantamiento

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.

Para evaluar la condición de los tramos viales respecto a las distancias recomendadas de visibilidad de adelantamiento,  $D_a$ , se usó la tabla 2.9 del Manual de diseño Geométrico [4], tabla 11.

**TABLA 11.** *Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles, dos sentidos*

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO $D_a$ (m)
30	200
40	270
50	345
60	410
70	485
80	540
90	615
100	670

**Fuente:** *Manual de Diseño Geométrico.*

Para los tramos EL SECRETO - AGUAZUL y MONTERREY - AGUAZUL, se revisó la totalidad del trazado y se encuentran deficiencias de visibilidad de adelantamiento en toda la vía, siendo pocos los sectores donde se cumple con esta condición. Por recomendación de los especialistas del proyecto se solventa esta situación con señalización vertical y horizontal adecuada para estos sectores.

### 2.3.5. Diseño en planta del eje de la carretera

Para el tramo EL SECRETO - AGUAZUL se interpretaron 81 curvas, y para el tramo MONTERREY - AGUAZUL un total de 153 curvas, anexos 1 y 2. El proceso para la correcta identificación de cada curva parte desde la topografía, la cual nos da la silueta existente del trazado. Luego, con la asistencia de un software tipo CAD, se asignan los radio de cada vértice del trazado, determinando si se ajusta mejor una curva simple o una curva espiral. A partir del tipo de curva, el radio de curvatura y las longitudes de la espiral, si es el caso de una curva espiralizada, se obtienen los demás parámetros de cada curva, como lo son la deflexión, longitud de curva, tangente, externa, abscisas de inicio y final (TE, PC, PT, ET) y

coordenadas de cualquier punto sobre el eje o borde de vía. Como el objetivo de la rehabilitación de estos tramos viales no contempla rediseño del trazado para no aumentar los costos del proyecto, se revisó que las curvas cumplieran con el radio mínimo estipulado para la velocidad de diseño asignado, y se analizó la mejor alternativa para solucionar las deficiencias del trazado, como lo es asignación de sobreamanchos, peraltes y señalización preventiva.

#### **2.3.5.1. Radio mínimo de curva horizontal**

Según la Tabla 3.2 del Manual de Diseño Geométrico, para el tramo MONTERREY-AGUAZUL los radios son de 41 m para el tramo con velocidad de diseño de 40 Km/h, de 113 para el tramo con velocidad de diseño de 60 Km/h y de 230 m para los tramos con velocidades de diseño de 80 Km/h. Para el tramo EL SECRETO- AGUAZUL se define el radio mínimo de 21 m para los tramos con velocidades de diseño de 30 Km/h.

Debido a las condiciones topográficas de algunos sitios, los radios son menores a los estipulados en el manual, como se presentan en la curva 63 para 19 m y para la curva 80 con 17.78 m del tramo EL SECRETO- AGUAZUL, para dichas curvas se recomendaron sobre anchos con el fin de mitigar el impacto en la seguridad vial y costos del proyecto de rehabilitación.

#### **2.3.5.2. Peralte**

Para las vías primarias se establece como peralte máximo ocho por ciento (8%), el cual permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a los vehículos con centro de gravedad muy alto y a los vehículos articulados los cuales pueden tener un potencial de volcamiento de su carga al circular por curvas con peraltes muy altos.

Los peraltes máximos medidos en general son de 8.0%, para los dos sectores en estudio. Sin embargo, para MONTERREY - AGUAZUL se presentan en las curvas 3, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 34, 39 y 41 peraltes hasta del 10% medido en campo, anexo 1, correspondientes a radios menores al mínimo del tramo homogéneo. Para el presente estudio se regula la velocidad mediante restricciones de señalización de modo que el usuario tenga información suficiente en su desplazamiento por estos sectores, minimizando en lo posible el grado de accidentalidad por exceso de velocidad en esas curvas.

La asignación del peralte para cada curva horizontal se determina a partir de la Velocidad Específica acorde con los criterios indicados en la metodología definida por el Manual de Diseño Geométrico INVIAS, aplicando el denominado Método 5 de la AASHTO, que tiene en cuenta la variación de la fuerza centrífuga a lo largo de la trayectoria en curva, y que para radios con valores superiores al mínimo la fricción transversal que demanda el vehículo no es la máxima sino que tiene un comportamiento parabólico.

El Manual de Diseño Geométrico ofrece la Tabla 3.4 [5], que permite seleccionar un valor de peralte acorde con la velocidad específica del elemento y un radio de curvatura dada. Dicha tabla es la usada para asignar los valores de peralte de los tramos viales en rehabilitación.

En curvas con espirales, el peraltado se desarrolló en la longitud de la espiral, rotando el plano de la calzada alrededor del eje central. En curvas circulares, el peralte se desarrolla en las tangentes entre curvas, pero si no hay suficiente espacio (como ocurre en varios sectores del trazado) se realizó la transición una parte en la tangente y el resto dentro de la curva. El peralte en el PC y/o en el PT debe estar entre sesenta y ochenta por ciento (60% - 80%) del peralte total, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quedara con peralte total. La transición del peralte se realizó mínimo con una inclinación relativa entre perfiles de borde de pavimento de los carriles y la línea central (rampa de peraltes), de 0.35% a 1.28%, dependiendo de la velocidad específica de la curva.

### **2.3.5.3. Entretangencia**

En curvas de distinto sentido, con curvas espirales, se puede prescindir de tramos de entretangencia rectos.

Si son con curvas circulares, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por la longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente máxima para rampa de peraltes y por la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos (5s) a la menor de las Velocidades Específicas de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.

Para curvas del mismo sentido, con curvas espirales la entretangencia no puede ser menor a la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos (5s) a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal. Con curvas circulares, especialmente en terreno plano, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo no menor de quince segundos (15s) a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal.

Para el tramo MONTERREY-AGUAZUL, con velocidad específica de 40 km, en curvas sucesivas del mismo sentido se estableció como entretangencia de 166 m y para curvas de diferente sentido 55 m del tramo, para el tramo de 50 km/h se tomó una entretangencia en curvas sucesivas del mismo sentido de 209 m y para diferente sentido de 69 m. En este sector se reduce el grado de tortuosidad debido a que la morfología del terreno comienza a cambiar de montañoso a ondulado. Pero no dejan de presentarse ciertos sectores, cuya entretangencia es corta por el tipo de terreno montañoso.

Para el tramo EL SECRETO-AGUACLARA, velocidad 30 Km/h, en curvas sucesivas del mismo sentido se estableció como entretangencia de 125 m y para curvas de diferente sentido 41 m. De este tramo solo el 36% de las curvas cumplen con la distancia de entretangencia definida por el Manual, el resto se consideran como curvas inversas y se dejaron tal cual para reducir los sobrecostos que se generan si se rediseñan.

### **2.3.5.3. Sobreanchos**

En curvas de radio reducido, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera, se debe ensanchar la calzada con el objeto de asegurar espacios libres adecuados entre los vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales, y entre el vehículo y el borde de la calzada. En vías de dos carriles y dos sentidos, para anchos de calzada en entretangencia mayores de siete metros (7.0m), no se requiere sobreancho, a excepción de las curvas con ángulos de deflexión mayor a ciento veinte grados ( $120^\circ$ ).

Igualmente, el sobreancho estará limitado a curvas de Radio menor a ciento sesenta metros (160 m) y todo el sobreancho requerido por los carriles que integran la calzada se debe construir en la parte interior de la curva. La línea central divisoria de carriles, demarcada sobre el pavimento, se debe fijar en la mitad de los bordes de la calzada ya ensanchada.

Para el tramo MONTERREY-AGUAZUL se tiene ancho de calzada de 7.30m y bermas de 0.60m, total de calzada 8.50m, por lo tanto no se requirió el diseño de sobreanchos.

Para el tramo El Secreto-Aguaclara se tiene ancho de calzada de 7.30m y bermas de 0.35m, total de calzada 8.0m, en teoría no se requiere el diseño de sobreanchos, pero por recomendación de los especialistas geométricos, tanto del consorcio como de la interventoría, debido a las deflexiones del trazado, la sinuosidad del sector y los radios de curva menores al mínimo reglamentario, se diseñan sobreanchos para radios menores a 33 m. Estos sobreanchos se pueden

ver en las curvas 37, 42, 48, 62, 63, 64, 66, 72, 74, 75 y 80, del sector EL SECRETO - AGUACLARA, tabla 12.

Para el diseño del sobreebanco se considera como vehículo de diseño los vehículos que según los conteos históricos y observaciones del tráfico en la vía dominan en volumen el corredor vial, según los datos recopilados, entre los vehículos pesados dominan el flujo los vehículos tipo camión C2 y C3; mientras que entre los articulados de 5 ejes el volumen es bajo.

**TABLA 12.** *Valores de sobreebanco aplicados*

PI	RADIO (m)	DEFLEXIÓN	SOBREEBANCO (m)
37	28,82	59,6406	0,90
42	26,06	50,5717	1,60
48	25,00	82,4535	1,60
62	30,00	29,4747	0,90
63	19,00	87,4023	2,60
64	33,43	59,9939	0,90
66	26,02	92,5044	1,60
72	33,38	37,7583	0,90
74	23,19	56,8275	2,00
75	32,90	48,7683	0,90
80	17,78	90,2217	2,60

El procedimiento utilizado para el cálculo del sobreebanco aplicado es el recomendado por el Manual de Diseño INVIAS en el numeral 5.4.1. Determinación del sobreebanco [6].

### **2.3.6. Diseño en perfil del eje de la carretera**

El diseño buscó fundamentalmente aprovechar el alineamiento existente de la banca de la carretera, elevando la rasante según lo propuesto por el diseño de pavimentos, tabla 13 y tabla 14. La pendiente mínima y máxima se definió con base en las condiciones prevalecientes de la vía actual y del manual de diseño geométrico, teniendo en cuenta el volumen, la composición del tránsito previsto y la topografía existente en el sector. De acuerdo con lo anterior la pendiente máxima que sobrepasa el valor del 8% se presenta entre el PR86+580 al PR89+260 (PIV66 AL PIV82), donde se presenta el 11.16% como máxima

pendiente para el sector EL SECRETO- AGUACLARA y entre el PR10+320 al PR11+565 (PIV46 AL PIV51) donde se presenta el 8.94% como máxima pendiente para el sector MONTERREY-AGUAZUL, debido a que predomina el terreno montañoso; y del 0.3% como pendiente mínima para drenaje superficial de la calzada, para cumplir este parámetro de diseño, hubo necesidad de elevar la rasante en algunos sectores planos de 0.1% (actual) a 0.3%.

**TABLA 13.** *Espesores de capas recomendadas para el pavimento MONTERREY-AGUAZUL*

TRAMO	ESPESOR (cm)
PR00+000-R05+200	15 (10 cm MDC1; 5 cm MDC2)
PR05+200-R10+500	19 (12 cm MDC1; 7 cm MDC2)
PR10+500-R17+250	15 (10 cm MDC1; 5 cm MDC2)
PR17+000-R18+450	15 (10 cm MDC1; 5 cm MDC2)
PR18+450-R23+000	13 (8 cm MDC1; 5 cm MDC2)
PR23+000-R25+900	15 (10 cm MDC1; 5 cm MDC2)
PR25+900-R27+800	13 (8 cm MDC1; 5 cm MDC2)
PR27+800-R35+000	17,5 (10 cm MDC1; 7,5 cm MDC2)
PR35+000-R37+500	15 (10 cm MDC1; 5 cm MDC2)
PR37+500-R40+000	17,5 (10 cm MDC1; 7,5 cm MDC2)
PR40+000-R42+000	13 (8 cm MDC1; 5 cm MDC2)
PR42+000-R47+000	17,5 (10 cm MDC1; 7,5 cm MDC2)
PR47+000-R61+000	13 (8 cm MDC1, 5 cm MDC2)
PR61+000-R66+400	14 (9 cm MDC1, 5 cm MDC2)
PR66+400-R71+600	13 (8 cm MDC1, 5 cm MDC2)
PR71+600-R77+250	11 (6 cm MDC1, 5 cm MDC2)

**TABLA 14.** *Espesores de capas recomendadas para el pavimento EL SECRETO -AGUACLARA*

TRAMO	ESPESOR (cm)
PR78+000-PR82+350	5.0 cm MDC2
PR82+350-PR88+450	7.0 cm MDC2
PR88+450-PR90+900	6.0 cm MDC2
PR90+900-PR92+048	9.0 cm MDC2

### 2.3.6.1. Curvas verticales

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

El punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le designa como PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra "A". Esta diferencia algebraica A, es el primer criterio para el diseño de la curva vertical, puesto que si supera el valor de 1% es necesario diseñar la curva vertical. En el trabajo de rehabilitación, a partir de la topografía, de donde se obtiene el perfil actual de la vía, se detectan los quiebres entre tangentes, con la asistencia de un software tipo CAD se determina si se necesita curva vertical, y si se necesita, se determina si es simétrica o asimétrica según la que se ajuste mejor al perfil de elevaciones existente. Para los dos tramos en estudio se presentaron en mayoría curvas simétricas y muy pocas curvas asimétricas, buscando el mejor ajuste al terreno y a los espesores de capas para el pavimento recomendados por el diseño de pavimentos.

### 2.3.6.2. Longitud de la curva vertical

En un diseño vial nuevo los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical obedecen a tres criterios:

- Criterio de seguridad
- Criterio de operación
- Criterio de drenaje

En este proyecto de rehabilitación, se revisó que las curvas cumplieran dichos criterios, y se determinó, junto con el especialista geométrico de la interventoría, hacer el control del parámetro K, el cual es igual a la relación L/A (distancia horizontal, en metros necesaria para tener un cambio de pendiente de uno por ciento (1%) a lo largo de la curva). Lo anterior se traduce en:

$$K_{min} = \frac{L}{A} \quad (1)$$

Los valores de  $K_{min}$  para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales, son tomados de la tabla 4.4 del Manual de Diseño Geométrico [7], tabla 15. La adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética y seguridad a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

También se controló la longitud máxima de la curva vertical cóncava para evitar el empozamiento de las aguas superficiales en la batea o punto más bajo de la curva. De acuerdo al Manual de Diseño, se debe diseñar la curva vertical cóncava con un valor de  $K$  menor o igual a cincuenta (50), entre pendientes de distinto signo.

Acorde a este criterio del parámetro  $K$ , para el tramo MONTERREY-AGUAZUL se tiene longitud mínima de curva vertical de 30 m, y longitud máxima de 305 m; y para el tramo EL SECRETO-AGUACLARA se tiene longitud mínima de curva vertical de 25 m, y longitud máxima de 250 m.

**TABLA 15.** *Valores de  $K_{min}$  en curvas verticales*

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	VALORES DE $K_{min}$		LONG. MÍN. SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
	CURVA CONVEXA	CURVA CÓNCAVA	
30	2	6	20
40	4	9	24
50	7	13	30
60	11	18	36
70	17	23	42
80	26	30	48
90	39	38	54
100	52	45	60

Fuente: Manual de Diseño Geométrico.

### 2.3.7. Diseño de la sección transversal de la carretera

Los tramos El Secreto-Aguaclara y Monterrey-Aguazul, corresponden a vías primarias y como tal se adoptó el ancho de calzada de 7.30 m y bermas variables de 0.35 m y 0.60 m, para cada tramo respectivamente. El ancho de berma de 0.35 m para el tramo El Secreto-Aguaclara, se tomó el mínimo correspondiente para un

terreno montañoso, evitando en lo posible no afectar el ancho del corredor actual, tanto en los taludes superiores como inferiores.

Con el propósito de evacuar las aguas superficiales, el bombeo se mantuvo del 2%.

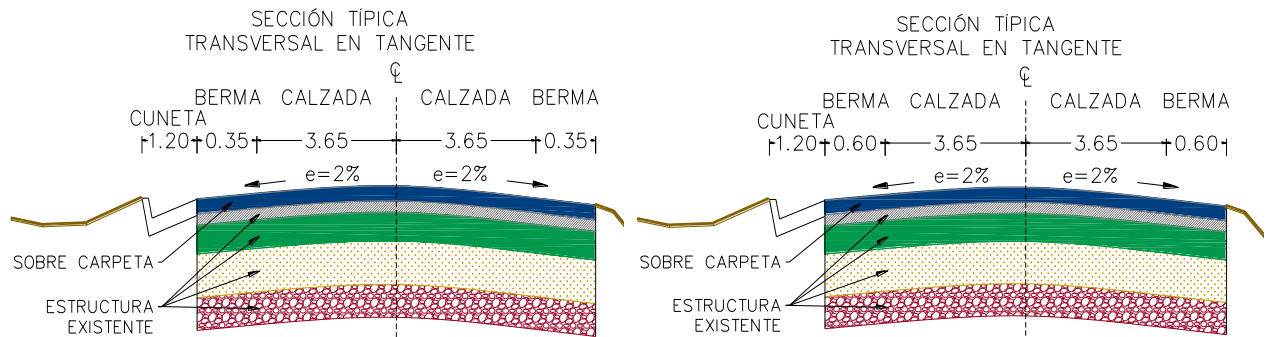
Para la rehabilitación del pavimento, se diseñó una capa de refuerzo en concreto asfáltico, de modo que la rasante se sobre elevó de la actual para cumplir con los requerimientos del diseño de pavimentos.

Las secciones típicas se muestran en la figura 4.

**FIGURA 4.** Secciones típicas para los tramos en estudio.

#### EL SECRETO-AGUACLARA

#### MONTERREY-AGUAZUL



### 3. CONCLUSIONES

- Dentro del trazado geométrico se identificaron algunas curvas que no cumplen con la distancia mínima de visibilidad, a causa de los taludes laterales y en otras porque no se tiene una distancia de despeje lateral adecuada. Lo mismo ocurre con algunos cruces. Se deben mejorar las pendientes de los taludes, hacer mantenimiento de la vegetación que afecta la visibilidad de la vía y hacer respetar el derecho de vía, ya que en ciertos sectores se encuentran casetas, postes y otros elementos que afectan un correcto despeje lateral.
- En el tramo El Secreto - Aguacalara, las velocidades no son adecuadas para la categoría de la carretera y el tipo de terreno ya que para una vía primaria de terreno montañoso la velocidad mínima del tramo es 60 KPH, pero como el estudio está limitado a no cambiar la geometría del trazado, se buscó garantizar sobrecanchos y peraltes adecuados para una velocidad menor, pero segura para el usuario.
- En el tramo Monterrey - Aguazul, las velocidades no son adecuadas para el tipo de terreno montañoso y ondulado, ya que para una vía primaria de terreno montañoso la velocidad mínima del tramo es 60 KPH, y para el ondulado es 70 KPH; para el terreno plano la velocidad de diseño si es la adecuada, acorde al manual de diseño, 80 KPH.
- Un factor que incide en que no se desarrolle el tramo Monterrey - Aguazul, con una velocidad constante, son los pasos por los ponederos existentes, ya que la mayoría presentan una geometría transversal reducida, lo que genera colas de vehículos por el paso a baja velocidad, cuando se enfrentan vehículos de gran tamaño. Se recomienda la ampliación de dichos puentes en el total de la corona de la vía 8.50 m, más los pasos peatonales, los cuales no existen en la mayoría de los puentes.
- Respecto a la señalización horizontal, se recomienda se remplace toda la existente, por una hecha a base de pintura termoplástica para garantizar la durabilidad; adicionalmente es recomendable que se pongan tachas reflectoras en todo el corredor, ya que las que hay están en pésimas condiciones o simplemente no existen, estas son de gran ayuda en horas nocturnas o en condiciones de neblina, además de la pintura retro reflectora que guía al conductor dentro del carril.

- En cuanto a la estructura de pavimento, en la vía Monterrey - Aguazul, de acuerdo con la clasificación del método VIZIR, presenta una condición deficiente y requiere un tratamiento como refuerzo o reciclaje para su rehabilitación. Los daños presentes en la capa de rodamiento son en su gran mayoría del tipo fisuras por fatiga de la capa de concreto asfáltico.

En la vía El Secreto - Aguaclara, se presenta una condición regular y requiere un tratamiento de mediana intensidad para su rehabilitación. Los daños presentes en la capa de rodamiento son en su gran mayoría del tipo fisuras por fatiga de la capa de concreto asfáltico.

#### 4. REFERENCIAS

- [1] MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES MOPT - UNICAUCA, 1996.
- [2] MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO. Manual de Diseño de Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008, p. 45.
- [3] MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO. Manual de Diseño de Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008, p. 60.
- [4] MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO. Manual de Diseño de Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008, p. 64.
- [5] MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO. Manual de Diseño de Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008, p. 106.
- [6] MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO. Manual de Diseño de Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008, p. 154.
- [7] MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO. Manual de Diseño de Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008, p. 142.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORT OFFICIALS. A policy on Geometric Design of Highways and Streets. Fifth Edition, Washington D.C., 2004.
- DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS. Normas y Especificaciones para el Diseño de Carreteras, Medellín, 1986.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO. Manual de Diseño de Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008.

## ANEXOS

### ANEXO A. Monterrey - Aguazul, resumen de curvas con velocidad específica, radios y peralte asignado

N°	ESP.	R	ESP.	DEFL.	VTR IDA	VTR VLT.	V. REAL	e%	N°	ESP.	R	ESP.	DEFL.	VTR IDA	VTR VLT.	V. REAL	e%
2	60	82,0	60	59,9367	50	40		7,9	47		2000,0		3,8619	100	100		2,6
3	60	55,5	60	124,6921	50	50	40	10,0	48	60	1078,0	60	21,8933	100	100		4,5
4	60	83,0	60	56,1070	60	60	50	7,9	49	60	288,0	60	49,2248	100	80	80	7,8
5	70	256,0	70	37,4053	60	50		5,9	50	70	576,0	70	16,9742	100	90		7,1
6	65	357,0	65	38,9712	60	60		4,9	51	60	383,0	60	35,9404	100	90		7,6
7	80	390,0	80	64,3279	60	60		4,6	52	60	383,0	60	36,8421	100	90		7,6
8	65	255,5	65	78,1490	60	60		6,0	53		3318,9		2,8543	90	80		2,0
9	65	352,0	65	38,9630	60	60		5,0	54	70	268,5	70	70,7202	80	80		8,0
10		2005,6		7,0653	60	50		2,0	55	60	435,0	60	21,3066	80	90		7,2
11	80	521,5	80	78,8286	60	60		3,7	56	60	290,0	60	43,7524	90	90	80	8,0
12	70	640,0	70	21,3904	60	50		3,2	57	60	355,0	60	16,4162	90	90		7,8
13	70	320,0	70	34,3360	50	50		4,2	58	60	200,0	60	26,8874	90	90	70	7,8
14	60	152,2	60	22,5900	50	50		6,4	59	80	422,0	80	26,4526	90	90		7,3
15	43	44,5	43	55,4128	50	50	40	10,0	60	60	460,0	60	14,1884	90	100		7,8
16	41	41,1	41	57,2262	50	50	40	10,0	61	70	122,0	70	46,8903	100	90	60	8,0
17	40	43,0	40	105,2222	50	50	40	10,0	62	60	262,0	60	42,6299	100	100	80	8,0
18		46,0		26,6492	50	50	40	10,0	63		1391,7		7,6314	100	100		3,6
19	50	37,0	50	93,4729	50	50	40	10,1	64	60	600,0	60	10,7847	100	100		6,9
20	50	42,0	50	109,7536	50	50	40	10,0	65	60	560,0	60	8,9375	100	100		7,2
21	50	36,0	50	87,1323	50	50	40	10,2	66		3170,5		2,0909	100	90		2,0
22	40	39,0	55	103,1530	50	50	40	10,0	67	70	940,0	70	13,1743	100	90		5,0
23	60	111,0	60	40,2374	50	50		7,3	68	70	292,0	70	52,6028	90	90		7,6
24		682,3		5,6810	50	50		2,2	69		1865,5		5,5062	90	100		2,8
25		399,5		3,8332	50	50		3,6	70	70	825,0	70	12,0104	100	100		5,6
26	60	100,4	60	34,4728	50	50		7,6	71		PQ		0,6525	100			BN
27	56	56,4	55	38,9263	50	50	40	7,6	72	105	550,0	105	25,0879	100	90		7,3
28	52	88,4	52	33,7184	50	50		7,8	73	100	122,0	100	76,1837	90	90	60	7,9
29		165,6		42,7398	50	50		6,1	74	90	570,0	90	12,4905	90	100		7,1
30	60	220,0	60	30,0307	50	50		5,3	75		PQ		1,0726	100			BN
31		85,0		153,452	50	50		7,9	76	100	565,0	100	27,8332	100	90		7,1
32	60	58,0	60	127,569	50	50	40	7,6	77	90	640,0	90	13,6415	100	90		6,7
33		536,0		10,2634	60	60		3,7	78	120	1500,0	120	6,7650	100	90		3,4
34	50	96,0	50	53,0973	60	60		10,0	79	80	283,0	80	66,7511	90	90	80	7,7
35	60	235,0	60	49,8297	60	60		6,2	80	70	1100,0	70	4,6295	90	100		4,4
36		287,9		29,3502	70	70		6,8	81	100	400,0	100	29,7147	90	100		8,0
37	60	195,0	60	44,0139	70	70		7,9	82	100	560,0	100	13,5199	90	100		7,2
38	60	440,0	60	36,041	70	70		5,3	83	80	550,0	80	13,7648	90	100		7,3
39	50	110,0	50	39,1664	70	60	60	10,0	84		PQ		0,0514		100		BN
40	60	151,0	60	27,2975	70	60	60	7,6	85		PQ		0,1619		100		BN
41	60	146,0	60	59,8103	70	60		10,0	86		PQ		0,0975		100		BN
42	60	390,0	60	60,3881	80	90		7,6	87	90	595,0	90	27,2871	100	90		7,0
43	60	420,0	60	20,8552	80	100		7,9	88	80	550,0	80	12,4264	90	100		7,3
44	60	680,0	60	12,3773	80	100		6,4	89	88	279,0	88	63,9754	80	100	80	7,8
45	60	440,0	60	18,8168	80	100		7,9	90	60	90,0	60	46,096	60	60	50	7,8
46	60	288,0	60	39,9169	100	100	80	7,7	91	58	218,0	58	15,241	60	60		6,5

**ANEXO A. CONTINUACIÓN. Monterrey - Aguazul, resumen de curvas con velocidad específica, radios y peralte asignado**

N°	ESP.	R	ESP.	DEFL.	VTR IDA	VTR VLT.	V. REAL	e%	N°	ESP.	R	ESP.	DEFL.	VTR IDA	VTR VLT.	V. REAL	e%
92	66	100,0	66	40,866	60	60	50	7,6	123	100	380,0	100	34,380	70	80		6,8
93	82	246,8	82	19,037	60	60		6,1	124	135	965,2	135	8,014	70	80		3,5
94	65	135,0	65	51,321	60	60		7,8	125		1250,0		18,485	80	80		2,8
95		1700,0		56,167	60	60		2,0	126		PQ		0,126		80		BN
96	100	290,0	100	30,290	60	60		5,6	127		PQ		0,044		80		BN
97	100	209,8	80	24,574	60	60		6,6	128		PQ		0,139		80		BN
98	65	145,0	65	41,429	60	60		7,5	129		PQ		0,600		80		BN
99	90	241,0	90	52,309	60	70		7,7	130		1235,0		18,893	80	80		2,8
100	60	294,0	60	52,537	60	70		6,7	131		PQ		0,459	80			BN
101	75	275,0	75	22,663	60	70		6,9	132	70	330,0	70	18,318	80	70		7,3
102	122	662,2	122	10,555	60	70		3,9	133	62	125,5	62	77,696	80	70	60	7,9
103	60	405,0	60	18,259	60	70		5,6	134	44	190,6	49	13,979	80	70	70	7,9
104	80	265,0	80	26,646	60	80		7,9	135	66	198,4	66	19,065	80	70	70	7,8
105	55	529,6	55	5,951	70	80		5,5	136	60	73,0	60	50,477	70	70	50	8,0
106	52	148,0	52	20,131	70	70	60	7,6	137	110	310,0	110	23,533	70	70		6,5
107	55	471,5	55	6,683	70	70		5,1	138		PQ		0,198	70			BN
108	65	267,4	65	13,926	70	70		7,1	139	78	330,4	78	13,525	80	80		7,3
109	60	198,0	60	30,903	70	70		7,8	140	70	427,4	70	9,385	80	80		6,3
110	140	763,0	140	10,513	70	70		3,5	141	80	384,5	80	11,922	80	80		6,7
111	102	329,8	102	17,716	70	70		6,3	142		PQ		0,313	80			BN
112	70	195,0	70	30,706	70	70		7,8	143		PQ		0,299	80			BN
113	70	138,0	70	91,627	60	70	60	7,8	144	100	935,5	100	6,124	80	80		3,6
114	60	100,0	60	90,194	60	70	50	7,6	145	80	633,6	80	7,235	80	70		4,9
115	80	222,0	80	36,192	60	70		7,6	146		PQ		0,289	80			BN
116		PQ		0,131		70		BN	147		PQ		0,364	80			BN
117	110	360,0	90	27,798	70	80		7,0	148		2200,0		2,920	70	70		2,0
118	80	360,0	80	16,647	70	80		7,0	149	100	1022,0	100	5,606	70	70		2,7
119	70	165,0	70	37,961	70	80	70	8,0	150	90	451,5	80	10,787	70	60		5,2
120	92	360,6	92	14,617	70	80		7,0	151	80	500,0	80	14,518	70	60		4,9
121	100	2164,8	100	2,647	70	80		2,0	152	80	300,0	80	33,588	70	60		6,6
122	100	360,0	100	21,567	70	80		7,0	153	60	173,0	60	50,403	60	60		7,2

**ANEXO B. El Secreto - Aguaclara, resumen de curvas con velocidad específica, radios y peralte asignado**

N°	ESP.	R	ESP.	DEFLEX.	VTR IDA	VTR VUELTA	e%	N°	ESP.	R	ESP.	DEFLEX.	VTR IDA	VTR VUELTA	e%
1	60	260,00	60	15,6711	30,00	50,00	4,80	42	23	26,06	23	50,5717	30,00	30,00	8,00
2		650,00		8,5454	30,00	50,00	2,40	43		40,00		32,5813	30,00	30,00	8,00
3	80	258,00	80	31,1056	50,00	50,00	4,80	44		120,0		30,4713	30,00	30,00	5,70
4	65	170,00	65	36,3067	50,00	40,00	6,00	45		80,00		21,3950	30,00	30,00	6,70
5	60	190,00	60	35,9078	50,00	40,00	5,70	46		70,00		32,0851	30,00	30,00	7,10
6	60	110,00	60	39,7828	40,00	40,00	5,90	47		60,00		26,2251	30,00	30,00	7,50
7	60	393,10	60	8,7461	40,00	30,00	2,80	48		25,00		82,4535	30,00	30,00	8,00
8	70	175,00	70	35,8492	40,00	30,00	4,80	49	35	215,37	35	9,3111	30,00	30,00	4,30
9	50	459,18	50	6,2389	40,00	30,00	2,40	50	42	61,99	42	38,8194	30,00	30,00	7,40
10	50	467,77	50	6,1244	40,00	30,00	2,40	51	40	36,54	40	62,7256	30,00	30,00	8,50
11	52	84,08	52	35,4339	40,00	30,00	6,60	52	48	126,51	48	21,7389	30,00	30,00	5,60
12	58	129,90	58	25,5822	40,00	30,00	5,50	53	26	40,31	28	38,3792	30,00	30,00	8,00
13	38	45,74	38	47,5978	30,00	30,00	7,90	54	65	92,40	60	38,7522	30,00	30,00	6,40
14	32	38,45	32	47,6867	30,00	40,00	8,00	55	26	44,72	21	30,1092	30,00	30,00	8,00
15		48,00		120,0817	30,00	40,00	7,90	56	60	335,0	60	18,1489	30,00	30,00	3,10
16	44	55,72	44	45,2483	30,00	40,00	7,70	57	30	48,41	30	35,5078	30,00	30,00	7,90
17		2000		3,2905	30,00	40,00	BN	58	30	60,00	30	55,5394	30,00	30,00	7,50
18	80	411,66	80	11,1344	40,00	40,00	2,60	59		80,00		22,5920	30,00	30,00	6,70
19	80	865,52	70	4,9650	40,00	40,00	2,00	60	50	87,29	50	32,8200	30,00	30,00	6,70
20	45	636,07	45	4,0533	40,00	40,00	2,00	61	22	71,60	22	17,6050	30,00	30,00	7,10
21	70	174,12	70	23,0350	40,00	40,00	4,80	62		30,00		29,4747	30,00	30,00	8,00
22	58	121,61	58	27,3272	40,00	40,00	5,60	63		19,00		87,4023	30,00	30,00	8,00
23	40	49,14	40	46,6394	40,00	40,00	8,00	64	35	33,43	35	59,9939	30,00	30,00	8,00
24	54	46,37	54	66,7189	40,00	50,00	10,00	65		39,50		74,4335	30,00	30,00	8,00
25	60	122,00	60	58,2042	50,00	30,00	7,00	66	45	26,02	39	92,5044	30,00	30,00	8,00
26	50	85,56	50	33,4844	50,00	30,00	7,80	67	30	35,98	30	47,7794	30,00	30,00	8,00
27	58	72,50	55	84,0875	40,00	30,00	7,00	68		600,0		5,1439	30,00	30,00	2,00
28	62	122,77	55	27,3011	40,00	30,00	5,60	69	29	64,33	29	25,8300	30,00	30,00	7,30
29	60	280,00	60	18,3642	40,00	30,00	3,60	70	31	145,38	31	12,2172	30,00	30,00	5,30
30	43	55,35	43	44,5111	40,00	30,00	7,70	71	45	78,79	45	32,7206	30,00	30,00	6,80
31	55	100,00	48	55,4675	40,00	30,00	6,20	72	22	33,38	22	37,7583	30,00	30,00	8,00
32	58	330,03	55	9,8089	40,00	30,00	3,20	73	30	40,00	30	106,7692	30,00	30,00	8,00
33	38	89,00	40	64,9206	40,00	30,00	6,40	74	26	23,19	20	56,8275	30,00	30,00	8,00
34	45	68,88	45	37,4333	40,00	30,00	7,20	75	28	32,90	28	48,7683	30,00	30,00	8,00
35	32	38,12	30	46,5914	40,00	30,00	9,00	76	30	160,03	30	10,7406	30,00	30,00	5,00
36	29	114,98	29	14,4511	40,00	30,00	5,80	77	25	39,29	25	36,4611	30,00	30,00	8,00
37	30	28,82	30	59,6406	30,00	30,00	8,00	78	20	40,40	20	28,3611	30,00	30,00	8,00
38	29	39,50	29	42,0622	30,00	30,00	8,00	79	44	66,00	44	70,2594	30,00	30,00	7,30
39	50	95,00	50	34,3856	30,00	30,00	6,30	80	28	17,78	28	90,2217	30,00	30,00	8,00
40		60,00		36,3709	30,00	30,00	7,50	81	29	35,19	29	47,2211	30,00	30,00	8,00
41		48,00		32,3105	30,00	30,00	7,90								

### ANEXO C. Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
1	0+000.00m	414.933m		0.03%						
2	0+122.13m	414.972m	0.03%	0.43%	0.40%					
3	0+243.88m	415.500m	0.43%	2.03%	1.60%	Cóncava	79.326	49.699	37.324m	42.001m
4	0+419.51m	419.065m	2.03%	2.00%	0.03%					
5	0+659.08m	423.850m	2.00%	7.82%	5.82%	Cóncava	157.004	26.965		
6	1+012.66m	451.500m	7.82%	1.35%	6.47%	Convexa	176.889	27.337		
7	1+398.77m	456.710m	1.35%	0.77%	0.58%					
8	1+445.19m	457.068m	0.77%	1.00%	0.23%					
9	1+468.11m	457.297m	1.00%	1.43%	0.44%					
10	1+533.11m	458.230m	1.43%	-0.28%	1.71%	Convexa	73.988	43.271		
11	1+774.36m	457.565m	-0.28%	-1.89%	1.62%	Convexa	71.220	44.083		
12	2+019.32m	452.933m	-1.89%	2.04%	3.94%	Cóncava	153.126	38.913		
13	2+203.26m	456.693m	2.04%	-1.85%	3.89%	Convexa	172.064	44.193		
14	2+404.05m	452.980m	-1.85%	-0.99%	0.86%					
15	2+415.35m	452.868m	-0.99%	-0.43%	0.56%					
16	2+452.12m	452.712m	-0.43%	1.41%	1.83%	Cóncava	54.315	29.644		
17	2+794.96m	457.534m	1.41%	-0.68%	2.08%	Convexa	104.156	50.000		
18	2+899.97m	456.824m	-0.68%	-0.48%	0.20%					
19	2+910.06m	456.775m	-0.48%	-0.42%	0.06%					
20	2+937.31m	456.661m	-0.42%	-2.82%	2.40%	Convexa	36.114	15.033		
21	3+140.46m	450.932m	-2.82%	-0.30%	2.52%	Cóncava	108.058	42.861		
22	3+365.37m	450.259m	-0.30%	-0.01%	0.29%					
23	3+493.37m	450.250m	-0.01%	0.30%	0.31%					
24	3+595.37m	450.557m	0.30%	5.08%	4.78%	Cóncava	111.660	23.354		
25	3+914.03m	466.750m	5.08%	-0.67%	5.75%	Convexa	164.701	28.654		
26	4+164.77m	465.080m	-0.67%	0.79%	1.46%	Cóncava	68.765	47.240		
27	4+423.04m	467.119m	0.79%	-1.80%	2.59%	Convexa	125.667	48.448		
28	5+013.67m	456.461m	-1.80%	-0.42%	1.39%	Cóncava	67.068	48.339		
29	5+086.33m	456.158m	-0.42%	-0.05%	0.36%					
30	5+109.33m	456.146m	-0.05%	0.33%	0.38%					
31	5+240.77m	456.576m	0.33%	0.75%	0.43%					
32	5+425.00m	457.962m	0.75%	0.84%	0.09%					
33	5+900.66m	461.956m	0.84%	-2.89%	3.73%	Convexa	181.448	48.663		
34	6+141.87m	454.987m	-2.89%	-0.34%	2.54%	Cóncava	94.175	37.009		
35	6+195.95m	454.801m	-0.34%	0.20%	0.54%					
36	6+221.97m	454.852m	0.20%	0.48%	0.28%					
37	6+332.94m	455.384m	0.48%	6.36%	5.88%	Cóncava	193.778	32.950		
38	6+718.11m	479.882m	6.36%	4.65%	1.71%	Convexa	84.437	49.328		
39	7+322.27m	507.966m	4.65%	4.02%	0.63%					
40	8+107.84m	539.541m	4.02%	4.42%	0.40%					
41	8+424.81m	553.547m	4.42%	4.41%	0.01%					
42	8+632.70m	562.709m	4.41%	4.22%	0.19%					
43	8+948.98m	576.042m	4.22%	0.44%	3.78%	Convexa	182.536	48.318		
44	9+291.41m	577.540m	0.44%	0.67%	0.23%					
45	9+521.32m	579.080m	0.67%	-8.66%	9.33%	Convexa	304.489	32.631		
46	10+324.42m	509.519m	-8.66%	-7.63%	1.03%	Cóncava	48.538	46.955		

## ANEXO C. CONTINUACIÓN. Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
47	10+487.77m	497.058m	-7.63%	-7.63%	0.00%					
48	10+503.14m	495.886m	-7.63%	-6.77%	0.85%					
49	10+537.14m	493.584m	-6.77%	-8.94%	2.17%	Convexa	61.335	28.258		
50	11+182.92m	435.833m	-8.94%	-6.00%	2.94%	Cóncava	127.524	43.359		
51	11+564.48m	412.932m	-6.00%	-4.12%	1.88%	Cóncava	72.861	38.732		
52	11+916.91m	398.410m	-4.12%	-2.14%	1.99%	Cóncava	38.023	19.155		
53	11+972.89m	397.214m	-2.14%	0.55%	2.69%	Cóncava	59.764	22.213		
54	12+067.46m	397.739m	0.55%	-1.66%	2.22%	Convexa	32.964	14.859		
55	12+139.95m	396.533m	-1.66%	-4.36%	2.70%	Convexa	61.043	22.598		
56	12+334.08m	388.060m	-4.36%	-4.56%	0.20%					
57	12+444.84m	383.007m	-4.56%	-5.78%	1.22%	Convexa	66.986	54.900		
58	12+588.55m	374.696m	-5.78%	-5.86%	0.08%					
59	12+841.79m	359.861m	-5.86%	-3.85%	2.01%	Cóncava	62.336	31.048		
60	13+130.98m	348.726m	-3.85%	-5.10%	1.25%	Convexa	55.365	44.412		
61	13+246.26m	342.850m	-5.10%	-2.35%	2.75%	Cóncava	53.644	19.528		
62	13+304.54m	341.481m	-2.35%	-0.39%	1.96%	Cóncava	30.073	15.317		
63	13+370.00m	341.227m	-0.39%	-0.20%	0.19%					
64	13+393.10m	341.182m	-0.20%	0.80%	1.00%					
65	13+416.07m	341.366m	0.80%	5.25%	4.45%	Cóncava	35.488	7.969		
66	13+494.26m	345.473m	5.25%	5.74%	0.48%					
67	13+672.01m	355.673m	5.74%	-4.13%	9.87%	Convexa	274.934	27.854		
68	14+011.47m	341.644m	-4.13%	-6.47%	2.34%	Convexa	102.768	43.957		
69	14+087.38m	336.732m	-6.47%	-7.12%	0.65%					
70	14+162.44m	331.389m	-7.12%	-8.20%	1.09%	Convexa	73.967	68.154		
71	14+260.95m	323.307m	-8.20%	-8.47%	0.27%	Convexa	30.000	112.276		
72	14+312.89m	318.907m	-8.47%	-8.62%	0.14%					
73	14+501.27m	302.675m	-8.62%	1.41%	10.03%	Cóncava	192.844	19.232		
74	15+003.20m	309.759m	1.41%	-5.05%	6.46%	Convexa	186.572	28.866		
75	15+298.86m	294.822m	-5.05%	3.21%	8.27%	Cóncava	187.646	22.702		
76	15+507.11m	301.514m	3.21%	-4.69%	7.91%	Convexa	181.951	23.008		
77	15+710.50m	291.970m	-4.69%	0.30%	4.99%	Cóncava	103.581	20.739		
78	15+828.20m	292.319m	0.30%	5.56%	5.26%	Cóncava	110.535	21.026		
79	16+062.28m	305.327m	5.56%	-6.90%	12.46%	Convexa	192.528	15.457		
80	16+305.14m	288.574m	-6.90%	0.30%	7.20%	Cóncava	197.924	27.496		
81	16+483.30m	289.108m	0.30%	-0.36%	0.66%					
82	16+553.58m	288.857m	-0.36%	0.30%	0.66%					
83	16+627.80m	289.079m	0.30%	-0.33%	0.63%					
84	16+706.53m	288.821m	-0.33%	0.30%	0.63%					
85	16+967.02m	289.602m	0.30%	-2.85%	3.15%	Convexa	155.000	49.215	105.000m	50.000m
86	17+124.54m	285.114m	-2.85%	-6.26%	3.41%	Convexa	155.618	45.653		
87	17+304.53m	273.850m	-6.26%	-3.66%	2.60%	Cóncava	41.037	15.807		
88	17+369.26m	271.480m	-3.66%	-0.77%	2.89%	Cóncava	57.503	19.884		
89	17+474.92m	270.666m	-0.77%	-3.46%	2.69%	Convexa	115.458	42.965		
90	17+623.76m	265.520m	-3.46%	-1.69%	1.76%	Cóncava	68.734	38.964		
91	17+693.40m	264.341m	-1.69%	-0.30%	1.40%	Cóncava	41.758	29.874		
92	17+760.00m	264.144m	-0.30%	0.10%	0.39%					

## ANEXO C. CONTINUACIÓN. Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
93	17+819.30m	264.200m	0.10%	0.53%	0.43%					
94	17+887.76m	264.560m	0.53%	-1.68%	2.21%	Convexa	63.076	28.538		
95	17+935.89m	263.750m	-1.68%							
96	17+800.00m	264.176m		-0.19%						
97	17+804.17m	264.168m	-0.19%	0.21%	0.41%					
98	17+817.72m	264.197m	0.21%	0.55%	0.33%					
99	17+892.74m	264.608m	0.55%	-2.03%	2.57%	Convexa	80.000	31.086		
100	18+000.61m	262.423m	-2.03%	0.35%	2.38%	Cóncava	95.000	39.982		
101	18+171.07m	263.020m	0.35%	0.38%	0.03%					
102	18+292.53m	263.484m	0.38%	-1.29%	1.67%	Convexa	80.000	47.966		
103	18+454.55m	261.401m	-1.29%	-0.30%	0.99%	Cóncava	38.000	38.552		
104	18+623.57m	260.894m	-0.30%	0.30%	0.60%					
105	18+714.21m	261.166m	0.30%	-1.02%	1.32%	Convexa	58.500	44.324		
106	18+849.63m	259.785m	-1.02%	-1.95%	0.93%	Convexa	44.500	48.050		
107	18+913.76m	258.537m	-1.95%	-1.88%	0.06%					
108	19+083.66m	255.338m	-1.88%	-1.60%	0.29%					
109	19+291.52m	252.019m	-1.60%	-1.39%	0.21%					
110	19+311.54m	251.741m	-1.39%	-1.28%	0.11%					
111	19+495.30m	249.388m	-1.28%	-0.58%	0.70%	Cóncava	25.063	35.771		
112	19+670.48m	248.371m	-0.58%	0.30%	0.88%					
113	19+729.73m	248.549m	0.30%	-0.30%	0.60%					
114	19+945.49m	247.902m	-0.30%	-0.52%	0.22%					
115	20+158.20m	246.796m	-0.52%	-0.61%	0.09%					
116	20+381.43m	245.433m	-0.61%	0.30%	0.91%	Cóncava	44.960	49.360		
117	20+587.94m	246.052m	0.30%	1.44%	1.14%	Cóncava	53.682	47.232		
118	20+697.51m	247.626m	1.44%	1.98%	0.54%					
119	20+883.36m	251.298m	1.98%	2.54%	0.56%					
120	20+894.29m	251.575m	2.54%	1.70%	0.84%					
121	21+040.22m	254.053m	1.70%	-1.89%	3.59%	Convexa	177.417	49.391		
122	21+456.09m	246.175m	-1.89%	-0.45%	1.45%	Cóncava	37.550	25.936		
123	21+540.84m	245.796m	-0.45%	0.90%	1.35%	Cóncava	37.073	27.520		
124	21+577.99m	246.131m	0.90%	1.89%	0.99%					
125	21+594.25m	246.439m	1.89%	2.05%	0.16%					
126	21+632.16m	247.217m	2.05%	3.67%	1.61%	Cóncava	23.998	14.870		
127	21+722.39m	250.526m	3.67%	5.57%	1.91%	Cóncava	51.951	27.242		
128	21+900.05m	260.430m	5.57%	-3.53%	9.10%	Convexa	246.243	27.055		
129	22+171.29m	250.863m	-3.53%	-0.32%	3.21%	Cóncava	167.032	52.078		
130	22+338.59m	250.328m	-0.32%	-0.15%	0.16%					
131	22+347.17m	250.315m	-0.15%	0.30%	0.45%					
132	22+607.83m	251.087m	0.30%	-0.30%	0.59%					
133	22+723.29m	250.746m	-0.30%	-1.24%	0.95%	Convexa	52.812	55.698		
134	22+919.13m	248.310m	-1.24%	-0.30%	0.95%	Cóncava	38.150	40.218		
135	23+000.22m	248.071m	-0.30%	0.57%	0.86%					
136	23+010.23m	248.128m	0.57%	0.41%	0.16%					
137	23+079.03m	248.412m	0.41%	1.38%	0.96%	Cóncava	41.815	43.434		
138	23+250.51m	250.773m	1.38%	0.52%	0.86%	Convexa	41.047	47.901		

## ANEXO C. CONTINUACIÓN. Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
139	23+382.92m	251.461m	0.52%	0.79%	0.27%					
140	23+568.93m	252.924m	0.79%	2.56%	1.77%	Cóncava	82.095	46.365		
141	23+871.69m	260.667m	2.56%	-2.00%	4.55%	Convexa	224.204	49.227		
142	24+059.91m	256.907m	-2.00%	-1.51%	0.49%					
143	24+291.86m	253.406m	-1.51%	-1.89%	0.38%					
144	24+443.85m	250.534m	-1.89%	-0.62%	1.27%	Cóncava	60.688	47.887		
145	24+791.64m	248.371m	-0.62%	-0.31%	0.31%					
146	24+841.30m	248.218m	-0.31%	0.31%	0.62%					
147	24+936.61m	248.509m	0.31%	-0.35%	0.66%					
148	25+004.60m	248.271m	-0.35%	-0.05%	0.30%					
149	25+043.07m	248.253m	-0.05%	0.34%	0.39%					
150	25+159.06m	248.644m	0.34%	3.63%	3.29%	Cóncava	101.403	30.778		
151	25+322.22m	254.571m	3.63%	1.30%	2.33%	Convexa	104.318	44.680		
152	25+449.37m	256.221m	1.30%	-0.35%	1.65%	Convexa	69.251	42.000		
153	25+764.92m	255.112m	-0.35%	-2.97%	2.62%	Convexa	129.597	49.413		
154	25+957.36m	249.389m	-2.97%	2.09%	5.06%	Cóncava	150.000	29.647		
155	26+118.37m	252.746m	2.09%	0.33%	1.76%	Convexa	81.783	46.463		
156	26+174.29m	252.928m	0.33%	-0.32%	0.64%					
157	26+196.64m	252.857m	-0.32%	0.62%	0.93%					
158	26+220.00m	253.001m	0.62%	0.03%	0.59%					
159	26+280.18m	253.019m	0.03%	-0.45%	0.48%					
160	26+310.00m	252.885m	-0.45%	-0.02%	0.43%					
161	26+354.24m	252.879m	-0.02%	0.51%	0.53%					
162	26+408.35m	253.156m	0.51%	-0.33%	0.84%					
163	26+479.45m	252.920m	-0.33%	-1.24%	0.91%	Convexa	44.391	48.679		
164	26+664.82m	250.615m	-1.24%	3.07%	4.31%	Cóncava	100.175	23.238		
165	26+895.27m	257.684m	3.07%	-2.36%	5.42%	Convexa	116.925	21.557		
166	27+103.53m	252.777m	-2.36%	0.74%	3.10%	Cóncava	130.532	42.099		
167	27+247.50m	253.848m	0.74%	0.48%	0.27%					
168	27+341.86m	254.298m	0.48%	0.66%	0.19%					
169	27+453.94m	255.043m	0.66%	0.63%	0.04%					
170	27+577.91m	255.818m	0.63%	0.47%	0.16%					
171	27+765.01m	256.697m	0.47%	-0.47%	0.94%					
172	27+937.25m	255.886m	-0.47%	-0.03%	0.44%					
173	27+950.75m	255.882m	-0.03%	0.05%	0.08%					
174	28+003.51m	255.911m	0.05%	2.45%	2.39%	Cóncava	105.517	44.124		
175	28+178.53m	260.191m	2.45%	1.72%	0.73%					
176	28+308.87m	262.432m	1.72%	0.31%	1.41%	Convexa	49.380	35.000		
177	28+422.39m	262.783m	0.31%	-0.35%	0.66%					
178	28+512.14m	262.468m	-0.35%	1.75%	2.10%	Cóncava	50.215	23.936		
179	28+604.66m	264.085m	1.75%	1.98%	0.23%					
180	28+614.60m	264.281m	1.98%	2.28%	0.30%					
181	28+807.71m	268.680m	2.28%	0.37%	1.91%	Convexa	206.262	107.836		
182	29+072.65m	269.648m	0.37%	-0.33%	0.69%					
183	29+098.34m	269.564m	-0.33%	0.21%	0.54%					
184	29+112.38m	269.594m	0.21%	2.13%	1.92%					

## ANEXO C. CONTINUACIÓN. Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
185	29+127.49m	269.916m	2.13%	0.52%	1.61%	Convexa	15.000	9.298		
186	29+226.05m	270.429m	0.52%	1.08%	0.56%					
187	29+472.03m	273.076m	1.08%	1.62%	0.54%					
188	29+596.75m	275.091m	1.62%	-3.80%	5.42%	Convexa	181.848	33.579		
189	29+782.34m	268.038m	-3.80%	-2.81%	0.99%	Cóncava	44.606	44.889		
190	29+983.84m	262.383m	-2.81%	-1.77%	1.04%	Cóncava	38.220	36.848		
191	30+108.11m	260.184m	-1.77%	-1.72%	0.05%					
192	30+220.19m	258.261m	-1.72%	-0.50%	1.21%	Cóncava	70.803	58.423		
193	30+323.33m	257.742m	-0.50%	0.35%	0.85%					
194	30+445.21m	258.165m	0.35%	-0.31%	0.66%					
195	30+470.10m	258.088m	-0.31%	0.31%	0.62%					
196	30+556.29m	258.355m	0.31%	-0.61%	0.92%					
197	30+654.99m	257.753m	-0.61%	0.69%	1.30%	Cóncava	41.791	32.031		
198	30+757.98m	258.468m	0.69%	0.09%	0.61%					
199	30+840.00m	258.541m	0.09%	0.49%	0.40%					
200	30+860.00m	258.638m	0.49%	1.71%	1.22%					
201	30+882.63m	259.024m	1.71%	-1.00%	2.71%	Convexa	44.674	16.509		
202	31+102.72m	256.824m	-1.00%	3.18%	4.18%	Cóncava	206.129	49.318		
203	31+445.11m	267.712m	3.18%	-0.31%	3.49%	Convexa	150.000	42.924		
204	31+556.45m	267.361m	-0.31%	-0.42%	0.10%					
205	31+602.92m	267.166m	-0.42%	-0.43%	0.01%					
206	31+661.08m	266.915m	-0.43%	-0.24%	0.19%					
207	31+670.99m	266.891m	-0.24%	0.50%	0.74%					
208	31+717.39m	267.124m	0.50%	-2.06%	2.56%	Convexa	77.480	30.255		
209	31+856.72m	264.256m	-2.06%	-2.56%	0.50%					
210	31+916.55m	262.724m	-2.56%	-2.64%	0.08%					
211	31+984.71m	260.925m	-2.64%	-2.80%	0.16%					
212	32+061.90m	258.762m	-2.80%	-1.07%	1.74%	Cóncava	52.274	30.109		
213	32+208.39m	257.201m	-1.07%	0.43%	1.49%	Cóncava	56.779	38.047		
214	32+331.65m	257.727m	0.43%	1.94%	1.51%	Cóncava	62.371	41.218		
215	32+555.55m	262.070m	1.94%	1.23%	0.71%					
216	32+635.17m	263.052m	1.23%	-0.30%	1.53%	Convexa	70.935	46.320		
217	32+703.50m	262.848m	-0.30%	-0.86%	0.56%					
218	32+927.47m	260.930m	-0.86%	-0.30%	0.56%					
219	33+036.72m	260.603m	-0.30%	-1.28%	0.98%	Convexa	42.621	43.640		
220	33+108.96m	259.682m	-1.28%	0.93%	2.20%	Cóncava	76.649	34.774		
221	33+289.57m	261.360m	0.93%	-0.31%	1.24%	Convexa	57.035	46.052		
222	33+391.19m	261.046m	-0.31%	-0.12%	0.19%					
223	33+434.06m	260.994m	-0.12%	0.68%	0.80%					
224	33+449.05m	261.095m	0.68%	-1.15%	1.82%	Convexa	21.657	11.898		
225	33+605.30m	259.306m	-1.15%	-3.47%	2.33%	Convexa	100.082	42.973		
226	33+753.45m	254.159m	-3.47%	-2.47%	1.00%	Cóncava	60.243	60.000		
227	33+814.95m	252.640m	-2.47%	-1.56%	0.91%	Cóncava	41.464	45.519		
228	33+887.28m	251.512m	-1.56%	-1.27%	0.29%					
229	33+953.43m	250.675m	-1.27%	-0.92%	0.34%					
230	34+063.20m	249.664m	-0.92%	0.61%	1.53%	Cóncava	76.411	49.901		

## ANEXO C. CONTINUACIÓN. Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
231	34+277.60m	250.974m	0.61%	1.09%	0.48%					
232	34+363.55m	251.910m	1.09%	2.25%	1.16%	Cóncava	44.745	38.512		
233	34+452.22m	253.907m	2.25%	2.51%	0.26%					
234	34+670.13m	259.371m	2.51%	-0.92%	3.42%	Convexa	108.000	31.553		
235	34+747.00m	258.667m	-0.92%	-1.45%	0.53%					
236	34+757.00m	258.522m	-1.45%	-1.54%	0.10%					
237	34+823.71m	257.492m	-1.54%	-2.49%	0.94%					
238	35+034.09m	252.259m	-2.49%	-1.76%	0.73%					
239	35+131.41m	250.547m	-1.76%	-1.67%	0.09%					
240	35+392.55m	246.179m	-1.67%	-0.32%	1.36%	Cóncava	56.508	41.700		
241	35+635.97m	245.406m	-0.32%	0.37%	0.69%					
242	35+860.35m	246.240m	0.37%	2.65%	2.28%	Cóncava	81.011	35.539		
243	36+164.47m	254.302m	2.65%	-1.20%	3.85%	Convexa	106.179	27.590		
244	36+334.93m	252.261m	-1.20%	0.84%	2.03%	Cóncava	88.778	43.667		
245	36+506.08m	253.691m	0.84%	0.77%	0.07%					
246	36+792.48m	255.891m	0.77%	0.31%	0.46%					
247	36+946.53m	256.367m	0.31%	-0.32%	0.63%					
248	37+085.69m	255.916m	-0.32%	0.30%	0.62%					
249	37+137.05m	256.068m	0.30%	-0.35%	0.65%					
250	37+369.59m	255.248m	-0.35%	-0.44%	0.09%					
251	37+556.63m	254.427m	-0.44%	-0.35%	0.09%					
252	37+694.73m	253.949m	-0.35%	-0.46%	0.12%					
253	37+843.26m	253.259m	-0.46%	-0.50%	0.04%					
254	38+140.52m	251.764m	-0.50%	0.88%	1.38%	Cóncava	60.133	43.505		
255	38+430.47m	254.314m	0.88%	-0.30%	1.18%	Convexa	56.339	47.765		
256	38+495.82m	254.118m	-0.30%	0.31%	0.61%					
257	38+531.66m	254.230m	0.31%	0.65%	0.34%					
258	38+590.89m	254.616m	0.65%	-0.64%	1.29%					
259	38+650.00m	254.239m	-0.64%							
260	38+685.34m	254.362m	0.35%	3.30%	2.96%	Cóncava	60.000	20.298	35.000m	25.000m
261	38+791.68m	257.874m	3.30%	4.23%	0.93%					
262	38+871.47m	261.248m	4.23%	3.25%	0.98%					
263	38+906.70m	262.394m	3.25%	3.17%	0.08%					
264	38+917.32m	262.730m	3.17%	3.87%	0.70%					
265	39+086.03m	269.251m	3.87%	3.56%	0.30%					
266	39+366.69m	279.256m	3.56%	-3.78%	7.35%	Convexa	205.000	27.908		
267	39+561.60m	271.887m	-3.78%	0.47%	4.25%	Cóncava	78.000	18.366		
268	39+615.30m	272.137m	0.47%	0.94%	0.47%					
269	39+629.05m	272.267m	0.94%	1.23%	0.29%					
270	39+664.84m	272.705m	1.23%	4.80%	3.57%	Cóncava	75.000	20.994	35.000m	40.000m
271	39+755.30m	277.046m	4.80%	8.36%	3.56%	Cóncava	50.000	14.053		
272	39+995.30m	297.101m	8.36%	1.64%	6.72%	Convexa	305.000	45.410		
273	40+278.49m	301.745m	1.64%	6.09%	4.45%	Cóncava	215.000	48.359	130.000m	85.000m
274	40+581.81m	320.204m	6.09%	0.30%	5.79%	Convexa	95.000	16.421		
275	40+940.00m	321.279m	0.30%	-0.30%	0.60%					
276	41+140.03m	320.679m	-0.30%	-0.79%	0.49%					

## ANEXO C. CONTINUACIÓN. Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
277	41+300.36m	319.412m	-0.79%	0.33%	1.12%	Cóncava	55.844	50.000		
278	41+525.25m	320.146m	0.33%	-0.30%	0.63%					
279	41+557.62m	320.048m	-0.30%	0.38%	0.68%					
280	41+569.80m	320.094m	0.38%	0.30%	0.08%					
281	41+679.92m	320.421m	0.30%	0.51%	0.21%					
282	41+889.28m	321.487m	0.51%	1.29%	0.78%					
283	42+134.44m	324.640m	1.29%	1.60%	0.31%					
284	42+539.96m	331.118m	1.60%	2.01%	0.41%					
285	42+855.61m	337.452m	2.01%	0.30%	1.71%	Convexa	220.000	128.899		
286	43+181.47m	338.430m	0.30%	-0.50%	0.80%					
287	43+385.48m	337.402m	-0.50%	0.31%	0.81%					
288	43+433.36m	337.550m	0.31%	-0.31%	0.62%					
289	43+485.00m	337.390m	-0.31%	0.13%	0.44%					
290	43+504.00m	337.414m	0.13%	0.69%	0.57%					
291	43+559.52m	337.799m	0.69%	-1.27%	1.96%	Convexa	98.000	49.985		
292	43+657.58m	336.557m	-1.27%	-1.65%	0.38%					
293	43+791.07m	334.355m	-1.65%	-0.30%	1.35%	Cóncava	40.000	29.532		
294	43+962.98m	333.847m	-0.30%	0.31%	0.61%					
295	43+996.65m	333.952m	0.31%	0.02%	0.29%					
296	44+010.22m	333.955m	0.02%	0.34%	0.32%					
297	44+086.46m	334.213m	0.34%	-3.41%	3.75%	Convexa	143.000	38.124	68.000m	75.000m
298	44+229.74m	329.323m	-3.41%	-2.71%	0.71%					
299	44+392.29m	324.923m	-2.71%	-2.24%	0.46%					
300	44+537.75m	321.658m	-2.24%	-0.99%	1.25%	Cóncava	99.823	79.779		
301	44+774.08m	319.309m	-0.99%	-0.91%	0.08%					
302	45+009.44m	317.165m	-0.91%	-2.40%	1.49%	Convexa	68.840	46.116		
303	45+235.79m	311.725m	-2.40%	-0.25%	2.15%	Cóncava	80.000	37.154		
304	45+331.94m	311.485m	-0.25%	0.13%	0.38%					
305	45+353.15m	311.511m	0.13%	0.30%	0.17%					
306	45+466.40m	311.850m	0.30%	0.90%	0.60%					
307	45+737.11m	314.284m	0.90%	0.46%	0.44%					
308	46+536.02m	317.946m	0.46%	-3.21%	3.67%	Convexa	140.000	38.177		
309	46+779.04m	310.148m	-3.21%	-2.39%	0.82%					
310	46+824.66m	309.059m	-2.39%	-1.98%	0.40%					
311	46+844.79m	308.661m	-1.98%	-1.65%	0.34%					
312	46+880.01m	308.081m	-1.65%	-2.01%	0.37%					
313	46+943.83m	306.797m	-2.01%	-0.30%	1.72%	Cóncava	65.000	37.861		
314	47+262.81m	305.856m	-0.30%	-0.43%	0.14%					
315	47+470.48m	304.958m	-0.43%	0.30%	0.73%					
316	47+642.79m	305.475m	0.30%	1.31%	1.01%	Cóncava	45.587	45.000		
317	48+741.74m	306.330m	-0.34%	0,01%	0,35%					
318	49+141,60m	306,374m	0,01%	1,00%	0,99%					
319	49+161,65m	306,574m	1,00%	3,61%	2,61%	Cóncava	70	26,87	20,000m	50,000m
320	49+246,91m	309,648m	3,61%	-1,47%	5,08%	Convexa	50	9,85		
321	49+300,53m	308,859m	-1,47%	-5,38%	3,90%	Convexa	39	9,99		
322	49+386,05m	304,262m	-5,38%	-0,89%	4,48%	Cóncava	38	8,47		

## ANEXO C. CONTINUACIÓN. Monterrey - Aguazul, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
323	49+458,69m	303,615m	-0,89%	7,80%	8,69%	Cóncava	93	10,70		
324	49+629,24m	316,926m	7,80%	0,32%	7,48%	Convexa	95,489	12,76		
325	49+738,25m	317,275m	0,32%	-8,27%	8,59%	Convexa	104,879	12,21		
326	49+907,18m	303,306m	-8,27%	-4,70%	3,57%	Cóncava	80,718	22,64		
327	49+987,97m	299,506m	-4,70%	-2,03%	2,67%	Cóncava	39,935	14,95		
328	50+144,87m	296,319m	-2,03%	-1,22%	0,81%					
329	50+187,56m	295,797m	-1,22%	-1,45%	0,23%					
330	50+282,17m	294,426m	-1,45%	-0,30%	1,15%	Cóncava	57,391	49,93		
331	50+359,51m	294,193m	-0,30%	0,30%	0,60%					
332	50+406,53m	294,334m	0,30%	-0,30%	0,60%					
333	50+458,03m	294,180m	-0,30%	0,30%	0,60%					
334	50+501,20m	294,309m	0,30%	-0,30%	0,60%					
335	50+556,06m	294,145m	-0,30%	0,30%	0,60%					
336	50+606,53m	294,296m	0,30%	-0,30%	0,60%					
337	50+654,09m	294,154m	-0,30%	0,44%	0,74%					
338	50+703,10m	294,370m	0,44%	-0,30%	0,74%					
339	50+777,46m	294,147m	-0,30%	-0,42%	0,12%					
340	50+880,43m	293,713m	-0,42%	-0,63%	0,21%					
341	50+987,82m	293,039m	-0,63%	-2,06%	1,43%	Convexa	36,292	25,33		
342	51+203,67m	288,592m	-2,06%	-0,43%	1,63%	Cóncava	76,441	46,79		
343	51+350,09m	287,968m	-0,43%	0,30%	0,73%					
344	51+394,45m	288,101m	0,30%	-0,30%	0,60%					
345	51+750,49m	287,034m	-0,30%	-2,53%	2,23%	Convexa	155,284	69,62		
346	51+950,95m	281,962m	-2,53%	-0,62%	1,91%	Cóncava	90	47,00		
347	52+190,00m	280,490m	-0,62%	-0,52%	0,10%					
348	52+270,00m	280,077m	-0,52%	-0,64%	0,13%					
349	52+300,00m	279,884m	-0,64%	-0,53%	0,11%					
350	52+340,00m	279,673m	-0,53%	-0,57%	0,05%					
351	52+410,00m	279,270m	-0,57%	-0,69%	0,12%					
352	52+430,00m	279,132m	-0,69%	-0,60%	0,09%					
353	52+490,00m	278,774m	-0,60%	-0,72%	0,12%					
354	52+510,00m	278,630m	-0,72%	-0,55%	0,17%					
355	52+610,00m	278,076m	-0,55%	-0,66%	0,11%					
356	52+781,34m	276,942m	-0,66%	3,95%	4,61%	Cóncava	116,925	25,38		
357	52+938,74m	283,152m	3,95%	0,30%	3,65%	Convexa	142,358	39,05		
358	53+113,29m	283,675m	0,30%	0,45%	0,15%					
359	53+171,43m	283,936m	0,45%	0,37%	0,08%					
360	53+313,17m	284,458m	0,37%	6,53%	6,17%	Cóncava	121,728	19,74		
361	53+517,66m	297,819m	6,53%	-0,30%	6,83%	Convexa	129,715	18,98		
362	53+642,19m	297,445m	-0,30%	-6,09%	5,79%	Convexa	80	13,82	30,000m	50,000m
363	53+799,46m	287,871m	-6,09%	-1,71%	4,37%	Cóncava	115	26,29	65,000m	50,000m
364	53+931,92m	285,600m	-1,71%	-4,95%	3,24%	Convexa	65,85	20,35		
365	53+993,29m	282,563m	-4,95%	-7,07%	2,12%	Convexa	45	21,20		
366	54+191,76m	268,526m	-7,07%	-0,51%	6,57%	Cóncava	130	19,80	70,000m	60,000m
367	54+309,26m	267,932m	-0,51%	0,48%	0,99%					
368	54+344,06m	268,099m	0,48%	6,96%	6,48%	Cóncava	74	11,43	34,000m	40,000m

### ANEXO D. El Secreto - Aguaclara, resumen de diseño vertical

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
1	78+000.00m	325.162m		5.27%						
2	78+019.59m	326.194m	5.27%	8.95%	3.68%	Cóncava	47.000	12.773	12.000m	35.000m
3	78+094.81m	332.926m	8.95%	10.47%	1.52%	Cóncava	40.000	26.302		
4	78+238.99m	348.024m	10.47%	-6.00%	16.47%	Convexa	115.700	7.025		
5	78+373.58m	339.949m	-6.00%	1.14%	7.14%	Cóncava	107.600	15.073		
6	78+559.86m	342.070m	1.14%	-3.60%	4.74%	Convexa	130.000	27.433		
7	78+716.38m	336.435m	-3.60%	1.37%	4.97%	Cóncava	155.000	31.187		
8	78+978.37m	340.025m	1.37%	-2.47%	3.84%	Convexa	120.000	31.224		
9	79+208.40m	334.336m	-2.47%	2.13%	4.60%	Cóncava	228.150	49.563		
10	79+459.16m	339.677m	2.13%	-0.93%	3.06%	Convexa	70.000	22.853		
11	79+600.00m	338.363m	-0.93%	-1.15%	0.22%					
12	79+641.17m	337.890m	-1.15%	-0.06%	1.09%	Cóncava	47.990	44.053	40.000m	7.990m
13	79+649.17m	337.885m	-0.06%	0.93%	0.99%					
14	79+655.30m	337.942m	0.93%	0.04%	0.88%					
15	79+659.73m	337.944m	0.04%	1.04%	1.00%					
16	79+668.62m	338.036m	1.04%	4.15%	3.11%	Cóncava	39.000	12.534	8.000m	31.000m
17	79+700.00m	339.339m	4.15%	3.99%	0.16%					
18	79+720.00m	340.138m	3.99%	3.45%	0.55%					
19	79+907.89m	346.612m	3.45%	-1.55%	5.00%	Convexa	44.000	8.808		
20	80+118.31m	343.350m	-1.55%	4.30%	5.85%	Cóncava	100.000	17.094		
21	80+459.15m	358.007m	4.30%	-3.55%	7.85%	Convexa	172.000	21.898		
22	80+667.82m	350.590m	-3.55%	-5.00%	1.45%	Convexa	77.740	53.781		
23	80+813.39m	343.312m	-5.00%	-5.31%	0.31%					
24	80+997.48m	333.531m	-5.31%	-5.78%	0.47%					
25	81+056.61m	330.112m	-5.78%	-5.96%	0.18%					
26	81+147.69m	324.682m	-5.96%	-2.92%	3.04%	Cóncava	50.000	16.444		
27	81+258.35m	321.450m	-2.92%	-5.44%	2.52%	Convexa	50.000	19.858		
28	81+475.99m	309.614m	-5.44%	-0.88%	4.56%	Cóncava	58.000	12.712		
29	81+514.57m	309.276m	-0.88%	-0.33%	0.55%					
30	81+528.93m	309.229m	-0.33%	-0.03%	0.29%					
31	81+545.33m	309.224m	-0.03%	0.30%	0.33%					
32	81+625.06m	309.463m	0.30%	1.35%	1.05%	Cóncava	65.000	61.759		
33	81+717.97m	310.720m	1.35%	2.65%	1.30%	Cóncava	64.876	50.000		
34	82+050.05m	319.520m	2.65%	8.39%	5.74%	Cóncava	84.000	14.630		
35	82+296.00m	340.159m	8.39%	-6.71%	15.11%	Convexa	114.500	7.580		
36	82+405.45m	332.811m	-6.71%	-3.17%	3.55%	Cóncava	60.000	16.911		
37	82+487.06m	330.228m	-3.17%	-9.22%	6.06%	Convexa	40.000	6.601		
38	82+655.29m	314.709m	-9.22%	-0.70%	8.52%	Cóncava	65.000	7.625		
39	82+720.80m	314.251m	-0.70%	-0.80%	0.10%					
40	82+865.99m	313.089m	-0.80%	3.87%	4.67%	Cóncava	100.000	21.420		
41	82+978.93m	317.459m	3.87%	-3.94%	7.81%	Convexa	89.719	11.495		
42	83+094.21m	312.920m	-3.94%	-0.53%	3.41%	Cóncava	40.000	11.747		
43	83+184.01m	312.443m	-0.53%	0.50%	1.04%	Cóncava	50.000	48.267		
44	83+437.57m	313.721m	0.50%	-3.99%	4.50%	Convexa	60.000	13.342		
45	83+658.72m	304.891m	-3.99%	2.47%	6.46%	Cóncava	65.000	10.059		
46	83+796.82m	308.301m	2.47%	-5.87%	8.34%	Convexa	83.000	9.949		
47	83+909.10m	301.706m	-5.87%	-1.30%	4.57%	Cóncava	65.000	14.212		
48	83+991.98m	300.628m	-1.30%	0.56%	1.86%	Cóncava	65.000	34.946		
49	84+180.00m	301.681m	0.56%	0.37%	0.19%					
50	84+292.42m	302.100m	0.37%	-0.30%	0.67%					

**ANEXO D. CONTINUACIÓN. *El Secreto - Aguaclara, resumen de diseño vertical***

No.	ABSCISA PIV	COTA PIV	PENDIENTE DE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	A (CAMBIO DE PENDIENTE)	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE CURVA	K	LONG. ASIMETRICA ENTRADA	LONG. ASIMETRICA SALIDA
51	84+335.92m	301.970m	-0.30%	-0.15%	0.15%					
52	84+347.12m	301.953m	-0.15%	0.60%	0.75%					
53	84+400.00m	302.270m	0.60%	0.30%	0.30%					
54	84+528.63m	302.656m	0.30%	7.47%	7.17%	Cóncava	74.070	10.324		
55	84+756.55m	319.692m	7.47%	5.24%	2.24%	Convexa	70.000	31.289		
56	84+985.31m	331.673m	5.24%	2.85%	2.38%	Convexa	110.000	46.140		
57	85+288.19m	340.315m	2.85%	-7.52%	10.37%	Convexa	160.000	15.424		
58	85+498.45m	324.503m	-7.52%	-1.30%	6.22%	Cóncava	80.000	12.859		
59	85+669.19m	322.286m	-1.30%	-2.69%	1.39%	Convexa	60.000	43.160		
60	85+827.83m	318.021m	-2.69%	-0.84%	1.85%	Cóncava	150.000	81.024		
61	86+100.00m	315.741m	-0.84%	-1.11%	0.28%					
62	86+210.47m	314.512m	-1.11%	-0.35%	0.76%					
63	86+221.42m	314.474m	-0.35%	-1.11%	0.76%					
64	86+238.17m	314.288m	-1.11%	-0.44%	0.67%					
65	86+304.38m	313.998m	-0.44%	5.99%	6.43%	Cóncava	120.000	18.671		
66	86+528.60m	327.429m	5.99%	11.13%	5.14%	Cóncava	80.000	15.578		
67	86+580.00m	333.147m	11.13%	10.93%	0.20%					
68	86+877.28m	365.629m	10.93%	5.98%	4.95%	Convexa	154.470	31.230		
69	87+119.53m	380.116m	5.98%	1.24%	4.74%	Convexa	68.000	14.337		
70	87+334.97m	382.781m	1.24%	9.91%	8.68%	Cóncava	210.000	24.207	150.000m	60.000m
71	87+536.01m	402.709m	9.91%	5.81%	4.10%	Convexa	55.000	13.419		
72	87+911.04m	424.511m	5.81%	9.26%	3.45%	Cóncava	59.887	17.355		
73	87+950.00m	428.120m	9.26%	9.00%	0.26%					
74	88+047.27m	436.879m	9.00%	7.01%	1.99%	Convexa	60.000	30.111		
75	88+202.17m	447.741m	7.01%	7.50%	0.49%					
76	88+386.46m	461.570m	7.50%	7.17%	0.33%					
77	88+558.87m	473.937m	7.17%	7.92%	0.75%					
78	88+680.24m	483.550m	7.92%	7.44%	0.48%					
79	88+807.89m	493.048m	7.44%	5.64%	1.80%	Convexa	50.000	27.778		
80	88+861.76m	496.086m	5.64%	10.74%	5.10%	Cóncava	40.000	7.842		
81	88+936.20m	504.081m	10.74%	2.52%	8.22%	Convexa	98.000	11.915		
82	89+044.98m	506.818m	2.52%	9.40%	6.88%	Cóncava	82.000	11.916		
83	89+256.77m	526.721m	9.40%	5.45%	3.94%	Convexa	75.000	19.019		
84	89+367.32m	532.751m	5.45%	7.60%	2.15%	Cóncava	81.793	38.116		
85	89+565.25m	547.793m	7.60%	-5.93%	13.53%	Convexa	179.000	13.232	87.000m	92.000m
86	89+740.00m	537.434m	-5.93%	-6.20%	0.27%					
87	89+874.34m	529.105m	-6.20%	-2.18%	4.02%	Cóncava	25.000	6.212		
88	89+931.16m	527.869m	-2.18%	-6.82%	4.64%	Convexa	36.500	7.859		
89	89+982.16m	524.391m	-6.82%	-4.71%	2.11%	Cóncava	40.000	18.971		
90	90+044.20m	521.468m	-4.71%	-8.50%	3.79%	Convexa	55.000	14.518		
91	90+153.30m	512.194m	-8.50%	-6.39%	2.11%	Cóncava	50.000	23.688		
92	90+248.45m	506.115m	-6.39%	-7.69%	1.30%	Convexa	50.000	38.412		
93	90+340.00m	499.074m	-7.69%	-8.03%	0.33%					
94	90+384.21m	495.525m	-8.03%	-5.68%	2.34%	Cóncava	75.000	32.038		
95	90+517.17m	487.967m	-5.68%	-7.37%	1.68%	Convexa	100.000	59.447		
96	90+630.00m	479.655m	-7.37%	-7.58%	0.21%					
97	90+765.66m	469.370m	-7.58%	-10.35%	2.77%	Convexa	115.000	41.579	75.000m	40.000m
98	90+891.91m	456.309m	-10.35%	-8.05%	2.30%	Cóncava	50.000	21.773		
99	91+040.00m	444.387m	-8.05%	-8.57%	0.52%					

**ANEXO E. Plano típico de Planta Perfil**

