



Costo - Beneficio



COMPLEJO VIAL METROPOLITANO



Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

INDICE GENERAL

.....	0
I. RESUMEN EJECUTIVO	4
II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI	16
A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	16
B) ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE.....	24
C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL	25
D) INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA.....	39
III. SITUACIÓN SIN EL PPI	41
A) OPTIMIZACIONES	41
B) ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	43
C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA	44
D) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	45
E) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	46
IV. SITUACIÓN CON EL PPI	52
A) DESCRIPCIÓN GENERAL.....	52
B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	59
C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	61
D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES.....	62
E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN.....	64
F) FUENTES DE FINANCIAMIENTO	64
G) CAPACIDAD INSTALADA	65
H) METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN	68
I) VIDA ÚTIL	68
J) DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES	69
K) ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	71
L) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	72
M) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA	78
V. EVALUACIÓN DEL PPI	78
A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI.....	78
B) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI	81
C) CÁLCULOS DE INDICADORES DE RENTABILIDAD (VPN, TIR, TRI)	94



Complejo Vial Metropolitano “El Molinito” Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

D)	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	94
E)	ANÁLISIS DE RIESGOS	99
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
VII.	ANEXOS.....	104
ANEXO A.....		105
ANÁLISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA.....		105
ANEXO B.....		133
MEMORIA DE CÁLCULO CON LOS COSTOS, BENEFICIOS E INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL PPI		133
ANEXO C.....		136
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....		136
BIBLIOGRAFÍA.....		139

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito" Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)



Localización

Coordenadas Geográficas

Inicio: latitud: 19°20'39.21"N" N longitud: 98°11'55.12"O"

Monto de inversión

\$341,852.001.13

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

I. Resumen Ejecutivo

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

Mejorar la conectividad, velocidad y la seguridad de los usuarios, así como dar mayor capacidad a la intersección mediante la modernización de un **(PIV)** paso inferior vehicular a los usuarios, e integrar la vialidad en una mejor distribución de la movilidad, así como la conectividad a Puebla, San Martín Texmelucan, Tlaxcala, Chiautempan, San Pablo Apetatitlan, Apizaco, entre otros, brindando mayor seguridad al tránsito que circula a lo largo de la Carretera de (cuota), San Martín-Tlaxcala- El Molinito, en el tramo: 29+100, Así como al que se incorpora o desincorpora del mismo, propiciando un flujo continuo en el tránsito, se atenderán necesidades de crecimiento y movilidad, ahorrando tiempos de recorrido.

Debido a las condiciones y características de ubicación, la zona en estudio se identifica como un lugar donde tiene las condiciones y necesidades de circular el tránsito de largo itinerario que comunica la zona Sur - Este del País, así como la zona Norte - Sur del Estado de Puebla, así como del propio Estado de Tlaxcala. , además de la forma de vida de los habitantes de esta zona, *uno de los objetivos del proyecto* es llevar a cabo la integración de

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Carretera: San Martín Texmelucan – El Molinito (cuota) km. 29+100 y la carretera Puebla – Belén, así como con las poblaciones de San Martín Texmelucan, Tlaxcala, Chiautempan, San Pablo Apetatitlan, Apizaco, Puebla entre otras ya que es un acceso muy importante para la zona en estudio, , del mismo modo impulsar el desarrollo de las actividades socioeconómicas de una manera más eficiente y eficaz.

Mediante la modernización de este entronque se contribuye al cumplimiento de la estrategia definida en el Plan Nacional de Infraestructura de “dar atención especial a la modernización de libramientos y accesos para facilitar la continuidad del flujo vehicular”. Además de lograr una mejor funcionalidad del tránsito y transporte principalmente en la carretera Puebla – Belén, que conecta con la carretera a *San Martín Texmelucan –Tlaxcala - El Molinito (cuota) km. 29+100'*, con la carretera ubicada en la localidad de Apetatitlan de Antonio Carbajal y en su área de influencia.

Adicionalmente, este proyecto contribuye al cumplimiento del objetivo 4.9 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 de “Contar con una infraestructura de transporte, que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica”.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Ofrecer mejores condiciones de operación al tránsito que circula por la carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito en el tramo 29+100, principalmente para los flujos de medio y largo itinerario, mediante una carretera de 4 carriles de circulación, cabe mencionar que en este *lugar, no se tiene el movimiento direccional Chiautempan – San Martín Texmelucan*, generando los ya consabidos problemas de tránsito y transporte en la carretera: *Federal Puebla – Belén*, por la movilidad aquí presentada.

Con la modernización de este puente *Entronque a Desnivel “El Molinito” se dará una solución integral que permita la movilidad de forma, eficaz, segura y rápida en las carreteras: Puebla – Belén y San Martín Texmelucan – Tlaxcala - El Molinito (cuota) (29+100),,* que generara en una infraestructura acorde a la movilidad socio-económica que se genere en la zona lo que conllevara al desarrollo de las actividades socioeconómicas de una manera más eficiente y eficaz, logrando *reducir los accidentes, congestionamientos, tiempos de recorrido y demoras, mejorando la movilidad de bienes, servicios y personas.*

Con la modernización de ésta infraestructura carretera se otorgara la movilidad requerida, reduciendo el índice de accidentes, contemplado en el Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

En esta carretera existe una estructura urbana desarticulada, la falta de continuidad de carriles, falta de una estructura que permita realizar la vuelta izquierda del sentido: Chiautempan- San Martín Texmelucan, vuelta izquierda de Apizaco a Chiautempan, se realiza en el carril de “ALTA en el sentido San Martín Texmelucan – Apizaco se reduce los carriles de dos a uno. Originando problemas viales en la movilidad de bienes y personas y que son reflejados por perdidas de horas hombre, accidentes constantes, demoras, contaminación del medio ambiente (smog o ruido), inconformidades de la sociedad teniendo que utilizar una infraestructura vial con una insuficiente operación del tránsito que en hora de máxima demanda son insuficientes para albergar los volúmenes originados derivándose los ya consabidos problemas de tránsito y transporte que de no solucionarse en el corto y mediano plazo acarrearía mayores problemas conduciéndonos a una ineficiencia e inseguridad aguda ante la necesidad de desplazarse entre los diferentes orígenes y destinos.

El corredor carretero: San Martín Texmelucan – Tlaxcala El Molinito (cuota), da servicio a los usuarios locales y de largo itinerario. Existe un alto porcentaje de vehículos de carga, principalmente de productos agrícolas e industriales, que se dirigen hacia el Centro o Sureste del país. Cabe mencionar que la carretera de cuota: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito, **fortalece la intensa actividad económica y comercial de la región.**

El principal problema es la falta de conectividad de manera eficiente, cumpliendo con la normatividad vigente entre los

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

camino locales y la carretera en su Tramo: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota), en el tramo 29+100, cuenta con 4 carriles, dos por sentido y accesos **controlados**, sin embargo en este punto se reduce el número de carriles de dos a uno por lo que se forma un cuello de botella, trayendo consigo los ya consabidos problemas de tránsito y transporte. Además de la falta de conectividad con las poblaciones aledañas. Actualmente se hace el movimiento vuelta izquierda en el Entronque a Hospitales a 2 km. de distancia ya que no se cuenta con la estructura requerida. en el Entronque” Molinito”

**PRINCIPALES
CARACTERÍSTICAS**

El proyecto consiste en la Modernización del Entronque a desnivel “Complejo Vial Metropolitano, Tlaxcala” de la Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota), en el tramo 29+100, con un ancho de calzada de 7.00 metros donde se alojan dos carriles de circulación (2 por sentido) de 3.50 metros de ancho cada uno, y acotamiento lateral externo de 2.50 m. por sentido, construcción de enlaces para la vuelta izquierda requerida.

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

**HORIZONTE DE
EVALUACIÓN**

El horizonte de evaluación del proyecto es de **31** años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de **30** años, debido a que el primer año es para su modernización.



Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

**DESCRIPCIÓN
DE LOS
PRINCIPALES
COSTOS DEL
PPI**

La inversión del proyecto es de \$294, 700.000 .97 (doscientos noventa y cuatro millones, setecientos mil pesos con noventa y siete centavos sin IVA. Por lo tanto, el monto de inversión incluyendo IVA es de \$ **341,852,001.13** Trescientos cuarenta y un millones, ochocientos cincuenta y dos mil un pesos con 13 centavos, como se muestra en la siguiente Tabla

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 1 DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS DEL PROGRAMA Y PROYECTO DE INVERSIÓN(PPI)

No.	PROGRAMA DE OBRA	COSTO
Página 1		
2	B) OBRAS DE DRENAJE	\$ 2,349,265.80
3	C) PAVIMENTOS	\$ 31,313,284.10
4	D) SEÑALAMIENTO	\$ 20,894,920.07
5	E) ESTRUCTURAS	\$ 162,717,895.00
	SUBTOTAL:	\$294,700,000.97
	IVA	\$47,152,000.16
	TOTAL	\$341,852,001.13

DESCRIPCIÓN DE
LOS
PRINCIPALES
BENEFICIOS DEL
PPI

Con la Modernización del Entronque a desnivel del **Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"**, se mejorarán las condiciones de circulación del tránsito local y de largo itinerario, por lo que se ofrecerán varias ventajas para el usuario y que consisten en:

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.

Reducción en los tiempos de recorrido.

- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.
- Disminuir la posibilidad de accidentes.
- Mejorar los niveles de servicio.
- Reducir la contaminación ambiental por gases y por ruido.
- Mejorar la actividad económica y productiva de la Región Centro del Estado, al contar con mejor infraestructura de acceso.
- Realizar acciones de bajo costo y gran efectividad, optimizando la infraestructura para dar solución a los problemas de movilidad.
- Tener una infraestructura acorde a la movilidad socioeconómica que se genere en la entidad.
- Conocer la eficiencia o deficiencia de la infraestructura vial actual.

Así como se logrará Beneficiar principalmente a una población aproximada de **540 273 habitantes**, al crear un acceso directo a la zona Metropolitana Tlaxcala-Apizaco. (*ver anexo 1 del Estudio de Impacto Vial*)

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Adicionalmente se considera que este proyecto tendrá un efecto importante en la movilidad de los bienes y productos que se mueven en dicha zona.

**PRINCIPALES
RIESGOS
ASOCIADOS A
LA EJECUCIÓN
Y OPERACIÓN
DEL PPI**

El principal riesgo que presenta este proyecto es el de la disponibilidad de la totalidad de los recursos para la conclusión de la obra en el tiempo y forma previsto.

Otros riesgos asociados al proyecto son los siguientes:

- La demanda social de obras adicionales al momento de la modernización,
- Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución.

**INDICADORES
DE
RENTABILIDAD**

TABLA 2 INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL PPI

Valor Presente Neto (VPN)	343,617
Tasa interna de Retorno (TIR)	20.1%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	14.9%

Conclusión

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Con la Modernización del Entronque a desnivel “**Molinito**” del **Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala**” en el km. 29+100, de la Carretera de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito, se beneficiará a un aproximado de *540 273 habitantes* de la región Central del Estado de Tlaxcala, así como sus áreas de influencia, impulsando el desarrollo social y económico de la región. Entre las poblaciones beneficiadas se encuentran: Tlaxcala, Chiautempan, San Pablo Apetatitlan, Apizaco, Puebla, entre otros.

CONCLUSIÓN
DEL ANÁLISIS
DEL PPI

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 3 POBLACIÓN BENEFICIADA

Población			
Estatal			
Estado	Población Estatal	Hombres	Mujeres
Tlaxcala	1,272,847	614,565	658,282
Zona Metropolitana Tlaxcala-Apizaco			
Municipios	Población por Municipio	Hombres	Mujeres
Amaxac de Guerrero	11,144	5,464	5,680
Apetatlán de Antonio Carvajal	15,271	7,348	7,923
Apizaco	78,624	37,122	41,502
Cuaxomulco	5,272	2,592	2,680
Chiautempan	70,011	33,611	36,400
Contla de Juan Cuamatzi	38,330	18,740	19,590
Panotla	27,154	13,015	14,139
Santa Cruz Tlaxcala	20,242	9,815	10,427
Tetla de la Solidaridad	32,613	15,974	16,639
Tlaxcala	95,051	44,855	50,196
Tocatlán	5,843	2,856	2,987
Totolac	21,814	10,338	11,476
Tzompantepec	16,359	7,768	8,591
Xaloztoc	23,905	11,855	12,050
Yauhquemecan	38,296	18,389	19,907
La Magdalena Tlaltelulco	18,873	8,956	9,917
San Damián Texoloc	5,569	2,759	2,810
San Francisco Tetlanohcan	10,910	5,333	5,577
Santa Isabel Xiloxotla	4,992	2,428	2,564
TOTAL	540,273	259,218	281,055

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Como consecuencia el Entronque, dará solución integral para que permita la movilidad de forma segura en el Tramo: carretero Puebla – Belén y San Martín Texmelucan – Tlaxcala - El Molinito (cuota), que permitirá tener una vía más eficaz, segura y rápida, mejorar la movilidad de bienes y de servicios a los usuarios, además de brindar confort y seguridad durante la utilización de dicha carretera en beneficio de la población e integrar la vialidad en una mejor distribución de la movilidad, fundamentalmente con el resto del Estado y zona conurbada de la región, ya que se permitirá que la población pueda reducir sus costos de operación y de traslado para obtener mayores utilidades en la venta de sus productos que conllevara a

- ✓ hacer más eficiente los servicios principalmente Industriales y comerciales, debido a una mayor fluidez vehicular constante.
- ✓ obtener importantes ahorros en los costos de operación vehicular.
- ✓ Se incrementará notablemente la seguridad de los usuarios.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

II. Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la Situación Actual

El entronque a desnivel “Molinito” “Complejo Metropolitano Tlaxcala, de la Carretera: de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito. Km. 29+100, en este punto se crean importantes conflictos de tránsito, debido a que se tienen pendientes de alrededor de 6.56 en longitud prolongada; por lo que se reduce su velocidad y la operación del tránsito, aumentando la probabilidad de accidentes por las características prevaletientes del lugar

Así mismo, no se tiene la continuidad de los carriles en el sentido: San Martín Texmelucan- Apizaco; de dos carriles se reduce a uno, generando un cuello de botella en curva, con la interferencia del acceso de Tizatlán; mientras que para realizar la vuelta izquierda en el sentido de Santa Ana Chiautempan – San Martín Texmelucan, tienen que hacer retorno hasta el entronque “Hospitales”, a una distancia de 2 km de ida y 2 km de vuelta. La vuelta izquierda de Apizaco – Santa Ana Chiautempan, se realiza en el carril de “ALTA” y con una pendiente descendente de más del 6.0% generando los problemas de vialidad y transporte, en una carretera con **un TDPA de 74963** vehículos, siendo el tramo carretero el más alto en volumen en el Estado de Tlaxcala, con una tasa de crecimiento importante, de alrededor del 3.5 %.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

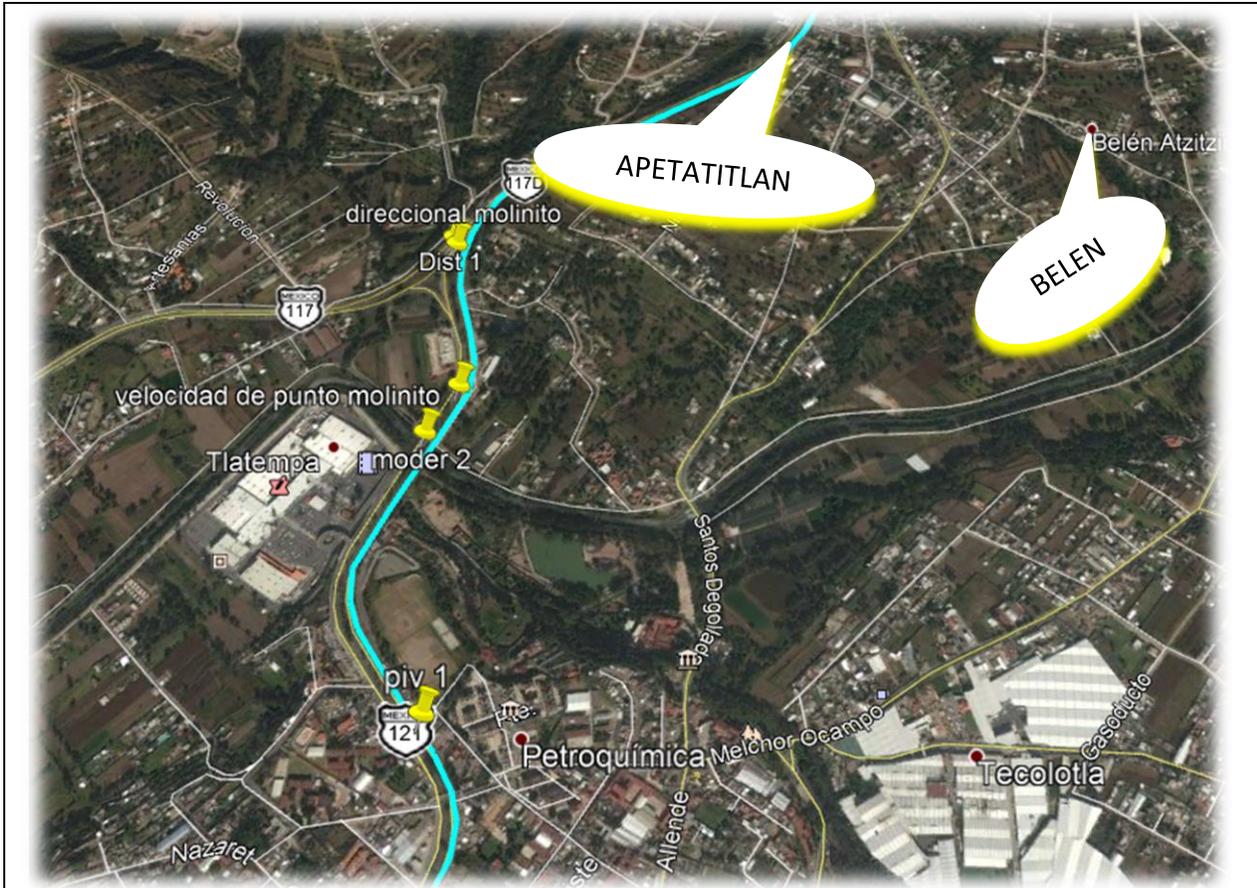
La estructura del pavimento se encuentra en regular estado físico. Por lo que **se requiere se realice** la “modernización del entronque Molinito”, para garantizar una mejor movilidad de bienes y personas.

Asimismo, este volumen de tránsito provoca un bajo nivel de servicio, por las condiciones físicas actuales del camino.

FIGURA 1 VOLUMEN DE TRÁNSITO EN EL MOLINITO



Complejo Vial Metropolitano “El Molinito” Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)



Coordenadas Geográficas

Inicio: latitud: 19°20'37.55"N N longitud: 98°11'56.20"O"

En ese sentido, se puede decir que el principal problema que se presenta en el Entronque es el diferencial de velocidades de operación y falta de continuidad de los cambios de circulación, lo cual tal como se ha dicho provoca altos tiempos de recorrido, formación de colas y mayores costos de operación vehicular, así como la probabilidad de accidentes. Cabe mencionar que para llegar realizar el movimiento de Santa Ana Chiautempan – San Martín Texmelucan, en este momento hay que tomar rutas indirectas, generando altos costos generales de

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

viaje, debido a la longitud del recorrido de 4 km. Aprovechando el “Entronque a Desnivel Hospitales”, por lo que se requiere se construya una estructura para realizar esta vuelta izquierda, de este modo impulsar el desarrollo de las actividades socioeconómicas de una manera más eficiente y eficaz para la conectividad, teniendo así un acceso franco con la Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito, km. 29+100 En beneficio de la movilidad de bienes y personas.

FOTO 1 Vista Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito



FOTO 2.- Vista carretera: Puebla - Belén. (Sentido 1 km. 32+910) “Molinito”



Complejo Vial Metropolitano "El Molinito" Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FOTO 3.- Vista Carretera: Puebla – Belén sentido 2 km. 32+360 (PFP)



Complejo Vial Metropolitano "El Molinito" Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FOTO 4 Vista Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito Sentido 2 KM 28+840 (TIZATLAN).



FOTO 5 Vista Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito - Sentido 2 KM 29+200 (Molinito)



Complejo Vial Metropolitano "El Molinito" Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FOTO 6-- Vista Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito - Sentido 1 KM 30+700 (BELEN).



FOTO 7 Vista Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito Sentido 1 KM 30+920.00 Belén



Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

b) Análisis de la Oferta Existente

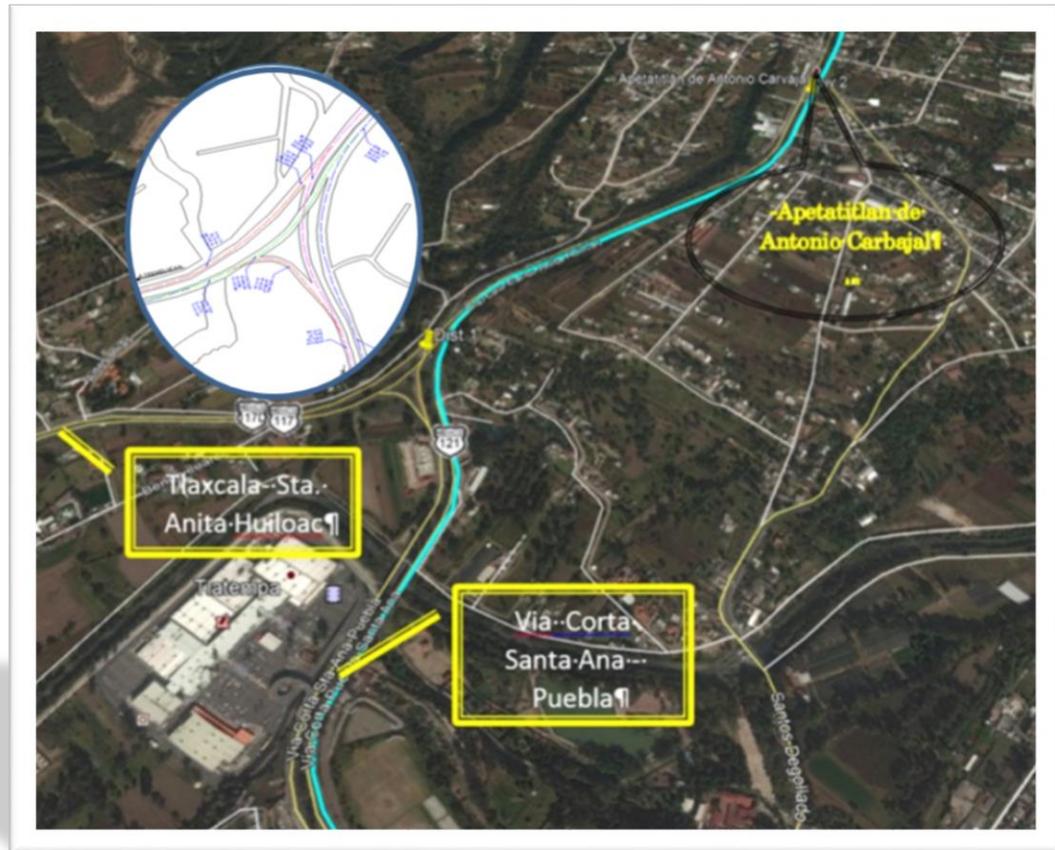
El Paso Inferior Vehicular (PIV) el “**Molinito**” en la Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito, en el km. 29+100; presenta una sección transversal que permite tomar dos carriles por sentido de 3.5 metros cada, dos acotamientos externos de 0.5 metros, cada uno mientras que la carretera Puebla-Belén, cuenta con dos carriles por sentido de 3.5 m cada uno, dos acotamientos externos de 2.5 m cada uno. Sin embargo en el sentido San Martín Texmelucan – Apizaco, se reduce en el entronque de dos carriles a uno, formando un cuello de botella, de igual forma en el sentido Chiautempan – Apizaco. Además el sentido: Chiautempan – San Martín Texmelucan se realiza de manera indirecta, utilizando el puente “Hospitales”

TABLA 4 DATOS DE LA OFERTA

Concepto	Texmelucan - Tlaxcala	Tlaxcala - Texmelucan	Ramal A Puebla -Belén
Longitud, km	1.00	1.00	1
Carriles	2.0	2.0	2.0
Ancho de carril, metros	3.50	3.50	3.50
Ancho de calzada, metros a	7.0	7.0	7.0
Ancho de acotamientos, metros	0.5	0.5	2.5
Tipo de pavimento	Asfalto	Asfalto	Asfalto
Velocidad de operación km/	90	90	80
Tipo de terreno c/	Montañoso	Montañoso	Lomerío
Estado físico	Regular	Regular	Regular
Índice internacional de rugosidad (iri)d/	4.0	4.0.	4.0

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FIGURA 4 CARACTERÍSTICAS DE LA OFERTA



c) Análisis de la Demanda Actual

A fin de conocer el volumen de tránsito que circula por la zona de estudio en la Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito y su área de influencia, se llevó a cabo estudios de campo, específicamente aforos manuales durante siete días las 24 horas, así como de los movimientos direccionales en el entronque “Molinito”.

Se identificaron 4 estaciones maestras en los datos Viales que edita la SCT

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA. 4.- TDPA ESTACIONES

KM : 31+650			KM : 35+20C		
TE : 3			TE : 1		
AÑO	TDPA (AMBOS SENTIDOS)	INCREMENTO	AÑO	TDPA (AMBOS SENTIDOS)	INCREMENTO
2010	36532		2010	37642	
2011	45734	25.19%	2011	42130	11.92%
2012	51248	12.06%	2012	45431	7.84%
2013	55692	8.67%	2013	50586	11.35%
2014	60966	9.47%	2014	52090	2.97%
2015	67593	10.87%	2015	54615	4.85%
2016	69852	3.34%	2016	60576	10.91%
10 CARRETERA: PUEBLA - BELEM			21 CARRETERA: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)		
KM : 28+000			KM : 29+000		
TE : 1			TE : 3		
AÑO	TDPA (AMBOS SENTIDOS)	INCREMENTO	AÑO	TDPA (AMBOS SENTIDOS)	INCREMENTO
2010	28898		2010	37502	
2011	62999	118.00%	2011	25104	-33.06%
2012	58588	-7.00%	2012	26437	5.31%
2013	45818	-24.80%	2013	27409	3.68%
2014	41768	-8.84%	2014	27202	-0.76%
2015	42322	1.33%	2015	29829	9.66%
2016	46548	9.99%	2016	32181	7.88%

Como resultado de estos estudios se conoció el Tránsito Promedio Diario Anual de la carretera: de cuota: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito km 29+100,

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 5 TDPA EN LA ZONA DE ESTUDIO

LUGAR DE AFORO	DOBLE SENTIDO		AFOROS			
	H.M.D		A	B	C	TOTAL
	VOL	HORA	%	%	%	TDPA
Carretera: Puebla - Belen km. 32+200	3700	14:00 -15:00	93.09	1.08	5.83	51417
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala-El Molinito (cuota) km. 28+840	3276	13:00-14:00	87.98	2.91	9.11	39482
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala-El Molinito (cuota) km. 29+800	5388	17:00 -18:00	88.13	2.21	9.66	71212
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala-El Molinito (cuota) km. 31+920	5658	08:00-09:00	88.49	2.12	9.39	74963

A efecto de conocer los movimientos direccionales en la carretera: de cuota: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito km 29+100, se efectuó también aforo direccional. Además se asignaron en base a las condiciones prevalecientes actuales y futuras por lo que el transito esperado se presenta a continuación con el siguiente volumen de tránsito.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 6 Movimientos direccionales del proyecto

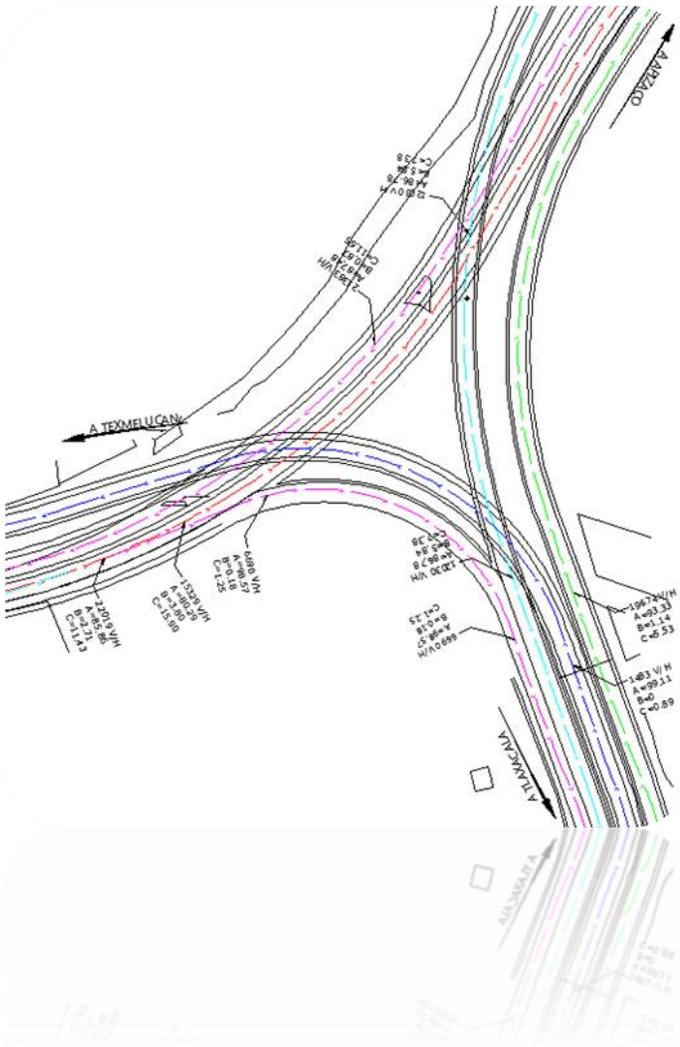
MOVIMIENTO DIRECCIONAL		
ORIGEN	DESTINO	TPDA
Chiautempan	Apizaco	19,667
Chiautempan	Tlaxcala	1,483
Apizaco	Chiautempan	12,025
Apizaco	Tlaxcala	21,375
Tlaxcala	Apizaco	15,323
Tlaxcala	Chiautempan	6,688

Total de movilidad presentada (TDPA)= 76561

A fin de identificar los movimientos la figura 6 muestra gráficamente cada uno de ellos, con lo que se puede relacionar con el volumen de tránsito señalado en la tabla 7.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FIGURA 6 Movimientos Direccionales asignados



Para conocer la variación horaria a lo largo del día se realizó aforos manuales en: La Carretera: San Martín Texmelucan-Tlaxcala – El Molinito (Cuota) Subtramo Km.32+910, durante 24 horas continuas, por siete días, localizando en un lugar estratégico para captar la mayor parte de la movilidad que afecta directamente a la zona de estudio, determinando así las fluctuaciones al transcurso para los días: sábado, domingo, lunes, martes miércoles,

**Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)**

jueves y viernes, es donde se presentan las actividades normales de la zona de estudio. y su área de influencia.

En el anexo (3) se muestra la demanda en la carretera: San Martín Texmelucan-Tlaxcala – El Molinito (Cuota) km 32+910 de acuerdo al comportamiento horario de los resultados de los aforos realizados

De los datos de aforo se obtuvo para los días:

TABLA 7 Tránsito Diario Anual carretera San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km. 32+910

FECHA	CANTIDAD DE VEHICULOS (TDPA)
Sábado 25 de Noviembre de 2017	80035
Domingo 26 de Noviembre de 2017	68470
Lunes 27 de Noviembre de 2017	79289
Martes 28 de Noviembre de 2017	74963
Miércoles 29* de Noviembre de 2017	74145
Jueves 30 de Noviembre de 2017	70287
Viernes 01 de Diciembre de 2017	77470

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 8 Demanda por periodos de congestión

Complejo Metropolitano "El Molinito"		
DATOS BASICOS DE LA EVALUACION		
TRAMOS	TPDA con Congestión	TPDA sin Congestión
1.- Chiautempan - Apizaco	19,667	5,900
2.- Chiautempan - Tlaxcala	1,483	445
3.- Apizaco - Chiautempan	12,025	3,608
4.- Apizaco - Tlaxcala	21,375	6,413
5.- Tlaxcala - Apizaco	15,323	4,597
6.- Tlaxcala - Chiautempan	6,688	2,006
1.- Chiautempan - Apizaco	19,667	5,900
2.- Chiautempan - Tlaxcala	1,483	445
3.- Apizaco - Chiautempan	12,025	3,608
4.- Apizaco - Tlaxcala	21,375	6,413
5.- Tlaxcala - Apizaco	15,323	4,597
6.- Tlaxcala - Chiautempan	6,688	2,006

Para conocer la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) del tramo en análisis, se tomaron los Datos Viales históricos de la SCT, correspondientes a la carretera: de cuota: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito, km 29+00, 31+650, 35+200, 28+800 y la carretera Puebla – Belén km 32+200, a los cuales se le

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

dio un tratamiento estadístico para determinar la recta al ajuste de dichos datos por medio de mínimos cuadrados de los datos históricos registrados para los años 2010 al 2017.

TABLA 9 Resumen del TDPA de Datos Viales editados por la SCT

TDPA			
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA- EL MOLINITO KM 29.00			
AÑO	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL
2010	18557	18945	37502
2011	13299	11805	25104
2012	13620	12817	26437
2013	14192	13217	27409
2014	14152	13050	27202
2015	14267	15562	29829
2016	16111	16070	32181
TDPA			
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA- EL MOLINITO KM 31.65			
AÑO	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL
2010	18243	18289	36532
2011	22433	23301	45734
2012	26178	25070	51248
2013	27579	28113	55692
2014	30676	30290	60966
2015	33187	34406	67593
2016	34296	35556	69852
TDPA			
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA- EL MOLINITO KM 35.200			

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

AÑO	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL
2010	18935	18707	37642
2011	19970	22160	42130
2012	22453	22978	45431
2013	25546	25040	50586
2014	26652	25438	52090
2015	27249	27366	54615
2016	30596	29980	60576
TDPA			
PUEBLA - BELEM KM 28.80			
AÑO	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL
2010	15426	13472	28898
2011	34215	28784	62999
2012	29467	29121	58588
2013	23388	22430	45818
2014	21097	20671	41768
2015	21661	20661	42322
2016	23767	22781	46548

TASA DE CRECIMIENTO

Determinación de la tasa de incremento anual

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 10. ESTACION 1 Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) Km. 29+000

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

CÁLCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADROS

Carretera: carretera San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota)
km 29+000

AÑO	A	T.P.D.A. V	A ²	PRODUCTO A x V
2010	1	37502	1	37502
2011	2	25104	4	50208
2012	3	28437	9	79311
2013	4	27409	16	109636
2014	5	27202	25	136010
2015	6	29629	36	178974
2016	7	32181	49	225267
Σ A	28	205664	140	816908
Σ A ²	784			
N	7			

$V = a_0 + a_1 \cdot A$

EN DONDE:

V = TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL
(VARIABLE DEPENDIENTE)

a_0 = ORDENADA AL ORIGEN

a_1 = PENDIENTE DE LA RECTA

A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)

$$a_0 = \frac{(\Sigma V)(\Sigma A^2) - (\Sigma A)(\Sigma AV)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 30201.71$$

$$a_1 = \frac{N(\Sigma AV) - (\Sigma A)(\Sigma V)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = -205.29$$

N = NUMERO TOTAL DE DATOS

ECUACION DE LA RECTA

$V = 30201.71 + (-205.29) \cdot A$

2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (i)

$$i = \frac{N(a_1)}{\Sigma V - (a_1)(\Sigma A)} = -0.0068$$

TASA DE INCREMENTO ANUAL (%) i = -0.68

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 11 ESTACION 2 Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 31+650

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

CÁLCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS
Carretera: carretera San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 31+650

AÑO	A	T.P.D.A. V	A ²	PRODUCTO A x V
2010	1	36532	1	36532
2011	2	45734	4	91468
2012	3	51248	9	153744
2013	4	55692	16	222768
2014	5	60966	25	304830
2015	6	67593	36	405558
2016	7	69852	49	488964
Σ	28	387617	140	1703864
Σ A ²	784			
N	7			

$V = a_0 + a_1 \cdot A$

EN DONDE:

V = TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL
(VARIABLE DEPENDIENTE)

a_0 = ORDENADA AL ORIGEN

a_1 = PENDIENTE DE LA RECTA

A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)

$$a_0 = \frac{(\sum V)(\sum A^2) - (\sum A)(\sum AV)}{N(\sum A^2) - (\sum A)^2} = 33460.14$$

$$a_1 = \frac{N(\sum AV) - (\sum A)(\sum V)}{N(\sum A^2) - (\sum A)^2} = 5478.43$$

N = NUMERO TOTAL DE DATOS

ECUACION DE LA RECTA

$V = 33460.14 + 5478.43A$

2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (I)

$$i = \frac{N(a_1)}{\sum V - (a_1)(\sum A)} = 0.1637$$

TASA DE INCREMENTO ANUAL (%) I = 16.37

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 12 Estación 3 Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 35+210



DETERMINACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

ALCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 35+21

AÑO	A	T.P.D.A. V	A ²	PRODUCTO A x V
2010	1	37642	1	37642
2011	2	42130	4	84260
2012	3	45431	9	136293
2013	4	50586	16	202344
2014	5	52090	25	260450
2015	6	54615	36	327690
2016	7	60576	49	424032
Σ	28	343070	140	1472711
(Σ) ²	784			
N =	7			

$$V = a_0 + a_1 A$$

EN DONDE:

V=TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL
(VARIABLE DEPENDIENTE)

a₀ = ORDENADA AL ORIGEN

a₁ = PENDIENTE DE LA RECTA

A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)

$$a_0 = \frac{(\Sigma V)(\Sigma A^2) - (\Sigma A)(\Sigma AV)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 34662.71$$

$$a_1 = \frac{N(\Sigma AV) - (\Sigma A)(\Sigma V)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 3586.82$$

N = NUMERO TOTAL DE DATOS

ECUACION DE LA RECTA

$$V = 34662.71 + 3586.82A$$

2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (i)

$$i = \frac{N(a_1)}{\Sigma V - (a_1)(\Sigma A)} = 0.1035$$

TASA DE INCREMENTO ANUAL (%) | i = 10.35

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 13 ESTACION 4 Carretera: Puebla – Belén km 28+800

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

CÁLCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

Carretera: Puebla - Belen km 28+800

AÑO	A	T.P.D.A. V	A ²	PRODUCTO A x V
2010	1	28898	1	28898
2011	2	62999	4	125998
2012	3	58588	9	175764
2013	4	45818	16	183272
2014	5	41768	25	208840
2015	6	42322	36	253932
2016	7	46548	49	325836
Σ -	28	326941	140	1302540
(Σ) ²	784			
N =	7			

$$V = a_0 + a_1 \cdot A$$

EN DONDE:

V = TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL
(VARIABLE DEPENDIENTE)

a₀ = ORDENADA AL ORIGEN

a₁ = PENDIENTE DE LA RECTA

A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)

$$a_0 = \frac{(\sum V)(\sum A^2) - (\sum A)(\sum AV)}{N(\sum A^2) - (\sum A)^2} = 47452.14$$

$$a_1 = \frac{N(\sum AV) - (\sum A)(\sum V)}{N(\sum A^2) - (\sum A)^2} = -186.57$$

N = NUMERO TOTAL DE DATOS

ECUACION DE LA RECTA

$$V = 47452.14 + (-186.57) \cdot A$$

2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (i)

$$i = \frac{N(a_1)}{\sum V - (a_1)(\sum A)} = -0.0039$$

TASA DE INCREMENTO ANUAL (%)	i = -0.39
-------------------------------------	------------------

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

d) Interacción de la Oferta-Demanda

La Carretera: San Martín Texmelucan – El Molinito km 29+100, opera con un nivel de servicio E y la Carretera Puebla – Belén, opera a un nivel de servicio C. Presenta congestión en las horas pico.

.Lo anterior implica que el usuario disminuya notablemente su velocidad, tenga una operación con demoras., aumentando la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

TABLA 14 Nivel de servicio de las ramas del entronque

CARRETERA DE AFORO	AFOROS				NIVEL DE SERVICIO
	A	B	C	TOTAL	
	%	%	%	TDPA	
Carretera: Puebla - Belen km. 32+200	93.09	1.08	5.83	51417	C
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala-El Molinito (cuota) km. 31+920	88.49	2.12	9.39	74963	E

Se determinó el nivel de servicio para cada enlace en función de la tasa de crecimiento a través del tiempo. Así que aplicando el mismo sistema de cálculo se obtuvo el siguiente resultado para cada pronóstico de tránsito:

TABLA 15 Interacción Oferta-demanda

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

COMPLEJO METROPOLITANO "EL MOLINITO"										
PIV "MOLINITO" (ACTUAL)										
	R ama 1 C hiautempan - A pizaco		R ama3 A pizaco - C hiautempan		R ama4 A pizaco - T laxcala		R ama 5 T laxcala - A pizaco		R ama 6 T laxcala - C hiautempan	
AÑO	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS
0	19667	D	12025	C	21375	E	15323	D	6688	B
1	20355	E	12446	C	22123	E	15859	D	6922	B
2	21068	E	12881	C	22897	E	16414	D	7164	B
3	21805	E	13332	D	23699	E	16989	D	7415	B
4	22568	E	13799	D	24528	E	17583	D	7675	B
5	23358	E	14282	D	25387	E	18199	D	7943	B
6	24176	E	14782	D	26275	E	18836	D	8221	B
7	25022	E	15299	D	27195	E	19495	D	8509	C
8	25898	E	15835	D	28147	E	20177	E	8807	C
9	26804	E	16389	D	29132	E	20884	E	9115	C
10	27742	E	16962	D	30152	E	21615	E	9434	C
11	28713	E	17556	D	31207	E	22371	E	9764	C
12	29718	E	18171	D	32299	E	23154	E	10106	C
13	30758	E	18807	D	33430	E	23964	E	10460	C
14	31835	E	19465	D	34600	E	24803	E	10826	C
15	32949	E	20146	E	35811	E	25671	E	11205	C
16	34102	E	20851	E	37064	E	26570	E	11597	C
17	35296	E	21581	E	38361	E	27500	E	12003	C
18	36531	E	22336	E	39704	E	28462	E	12423	C
19	37810	E	23118	E	41093	E	29458	E	12858	C
20	39133	E	23927	E	42532	E	30490	E	13308	D
21	40503	E	24765	E	44020	E	31557	E	13773	D
22	41920	E	25631	E	45561	E	32661	E	14256	D
23	43388	E	26529	E	47156	E	33804	E	14754	D
24	44906	E	27457	E	48806	E	34987	E	15271	D
25	46478	E	28418	E	50514	E	36212	E	15805	D
26	48105	E	29413	E	52282	E	37479	E	16359	D
27	49788	E	30442	E	54112	E	38791	E	16931	D
28	51531	E	31508	E	56006	E	40149	E	17524	D
29	53335	E	32610	E	57966	E	41554	E	18137	D
30	55201	E	33752	E	59995	E	43008	E	18772	D
31	57133	E	34933	E	62095	E	44514	E	19429	D
32	59133	E	36156	E	64268	E	46072	E	20109	E

El análisis de capacidad indica que el nivel de servicio actual es “E” pero muy cercano al nivel de servicio “F”, en la Carretera: San Martín Texmelucan-Tlaxcala – El Molinito (Cuota) sin embargo en el entronque y como cambian las características de

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

cada enlace, presenta un nivel de servicio “F” lo que significa que existe una interrelación entre el tránsito lo que genera que disminuya notablemente su velocidad y ante una eminente creciente en la probabilidad de ocurrencia de accidentes, lo cual refleja la necesidad de efectuar alguna acción para darle solución al problema presentado.

III. Situación sin el PPI

a) Optimizaciones

En caso de que el proyecto no se realice, se propone un programa de señalamiento horizontal y vertical, esto para guiar al usuario de una manera segura.

Al mismo tiempo, se prevé la conservación y mantenimiento de la superficie de rodadura del tramo. Con estas acciones, la seguridad y la velocidad de operación se incrementarían, sin embargo, sería de manera poco significativa, debido a que *continuarían existiendo Interacción con los usuarios de largo recorrido respecto del local, por lo tanto, no aumentaría la capacidad de la vía, igualmente se continuarían generando demoras en los recorridos, reduciendo la calidad del servicio.*

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 16 Costo de las optimizaciones

No.	PROGRAMA DE OBRA	COSTO
1	A) TERRACERIAS	\$ 77,424,636.00
2	B) OBRAS DE DRENAJE	\$ 2,349,265.80
3	C) PAVIMENTOS CONCRETO HIDRAULICO	\$ 60,121,505.47
4	D) SEÑALAMIENTO	\$ 20,894,920.07
5	E) ESTRUCTURAS	\$ 162,717,895.00
SUBTOTAL:		\$323,508,222.33
IVA		\$51,761,315.57
TOTAL		\$375,269,537.90

Las velocidades optimizadas no se consideran las adecuadas, debido a que el usuario que transita por esta vía busca continuidad, comodidad, seguridad y rapidez en el viaje, lo que no se consigue en la situación actual optimizada.

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 17 SITUACIÓN ACTUAL OPTIMIZADA

Tramo	Acciones por realizar	Velocidad (km/hr)*	No. de carriles	Estado físico	Acotamientos
Carretera de cuota: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito	Conservación Periódica y mejora del señalamiento.	90	4	Bueno	No
Carretera Puebla -Belén	Conservación Periódica y mejora del señalamiento.	80	4	Bueno	si

Fuente: Elaboración propia con base en la información recabada del estudio de Ingeniería de Tránsito:

TABLA 18 SITUACIÓN ACTUAL

Carretera	Acciones por realizar	Velocidad (km/hr)*	No. de carriles	Estado físico	Acotamientos
Carretera de cuota: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito	Conservación Rutinaria	90	4	Regular	No
Puebla – Belén	Conservación Rutinaria	80	4	Regular	SI

Fuente: Elaboración propia con base en la información recabada del estudio de Ingeniería de Tránsito:

b) Análisis de la Oferta

En caso de no realizar el proyecto las características básicas de la carretera serían las mismas, salvo el estado superficial que cambia debido a los trabajos

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

relacionados con la optimización y con ello ligeramente la velocidad de operación, pero no habrá seguridad en la Carretera: San Martín Texmelucan-Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100, se seguirá utilizando las alternativas existentes, con todos los problemas que con esta actividad conlleva.

TABLA 19 Datos de la oferta

CONCEPTO	CARRETERA DE CUOTA: SAN MARTÍN TEXMELUCAN– TLAXCALA – EL MOLINITO	PUEBLA –BELEN
Longitud, km	1.00	1.0
Carriles	4	4.0
Ancho de carril, metros	3.50	3.5
Ancho de calzada, metros a/	14.0	14.0
Ancho de acotamientos, metros	0.0	2.5
Tipo de pavimento	Asfalto	Asfalto
Velocidad de operación, km/h b/	90	80
Tipo de terreno	Lomerío	Lomerío
Estado físico	Regular	Regular
Índice internacional de rugosidad (IRI)d/	4.0	4.5

c) Análisis de la demanda

Se considera que dado que los trabajos de optimización presentan un efecto marginal en las condiciones de operación del tramo, además de tratarse de vialidades existentes, por lo que la demanda permanece prácticamente constante. En ese sentido, se considera la misma como se muestra en la siguiente tabla.

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 20 Análisis de la Demanda

COMPLEJO METROPOLITANO "EL MOLINITO"							
DATOS BASICOS DE LA EVALUACION							
TRAMOS	LONGTUD (Km)	TPDA	TERRENO (p,l,m)	ESTADO FISICO	COMPOSICION (A,B,C) % Con congestión		
CONDICION ACTUAL SIN PROYECTO							
Chiautempan - Apizaco	1.0	19,667	p	3.5	93.3%	1.1%	5.5%
Chiautempan - Tlaxcala	4.0	1,483	p	3.5	99.1%	0.0%	0.9%
Apizaco - Chiautempan	1.0	12,025	p	3.5	86.8%	5.8%	7.4%
Apizaco - Tlaxcala	1.0	21,375	p	3.5	87.5%	0.9%	11.7%
Tlaxcala - Apizaco	1.0	15,323	p	3.5	80.3%	3.8%	15.9%
Tlaxcala - Chiautempan	1.0	6,688	p	3.5	98.6%	0.2%	1.3%
CONDICION ACTUAL CON PROYECTO							
Chiautempan - Apizaco	1.0	19,667	p	2.5	93.3%	1.1%	5.5%
Chiautempan - Tlaxcala	1.0	1,483	p	2.5	99.1%	0.0%	0.9%
Apizaco - Chiautempan	1.0	12,025	p	2.5	86.8%	5.8%	7.4%
Apizaco - Tlaxcala	1.0	21,375	p	2.5	87.5%	0.9%	11.7%
Tlaxcala - Apizaco	1.0	15,323	p	2.5	80.3%	3.8%	15.9%
Tlaxcala - Chiautempan	1.0	6,688	p	2.5	98.6%	0.2%	1.3%

El análisis de capacidad indica que el nivel de servicio en que opera el tramo es **C** y **E**, significa que por un lado se tiene flujo libre y por otro se tiene un **flujo saturado** la operación, la velocidad se ve afectada por la presencia del tránsito, la libertad de maniobra es restringida y el nivel de comodidad y eficiencia desciende notablemente.

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

De acuerdo con la TCMA seleccionada (**3.5%**), misma que se detalla anteriormente, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, para conocer la *problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto*. De este análisis se observa que el nivel de servicio es bajo y está en el momento de toma de decisiones,

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

alcanzando su capacidad en este momento, llegando a su nivel en la reducción de la velocidad bajando hasta 20 km/h. y condición de parada en las horas de máxima demanda. , como se mostró anteriormente.

e) Alternativas de solución

A fin de dar solución a la problemática detectada se procedió a generar un listado de posibles soluciones, las cuales posteriormente se analizarían de manera técnica y económica a fin de determinar la mejor de ellas. De este ejercicio se obtuvieron 3 posibles soluciones, de las cuales una fue eliminada de forma automática al resultar evidente que no funcionaría como solución, de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Su viabilidad técnica.
2. La capacidad de solventar la problemática en el largo plazo.
3. Su viabilidad económica

La opción de modernizar el Entronque “Molinito” incorporando la estructura para la vuelta izquierda, así mismo ampliando el puente existente, para dar continuidad dado que desde su análisis técnico se pudo observar que la capacidad sería limitada, debido a que se forma un cuello de botella por lo que alcanzaría un nivel de servicio adecuado.

Por lo que se contó con 3 alternativas a analizar con mayor detalle que a continuación se describen:

ALTERNATIVA 1.

Ejecución del proyecto por pavimentación con concreto hidráulico.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito” Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Consiste en la modernización del tramo a dos cuerpos de 10.50 m. cada uno separados por una faja separadora central de 1 m. Cada cuerpo alberga 2 carriles de circulación de 3.5 m. cada uno, acotamientos laterales exteriores de 2.5 metros e interiores de 0.5 metros, a base de concreto hidráulico para una vida útil de 30 años, con la modernización del PSV existente para alojar 2 carriles de circulación por rama.

Ventajas:

- Representa una solución integral a la problemática del tránsito vehicular en la zona.
- Es una solución de largo plazo, además cumple con el propósito de incrementar las velocidades de operación.
- Contribuye satisfactoriamente a la solución de la situación actual.
- Genera una mayor seguridad para los usuarios.
- Vida útil de 30 años con el mantenimiento adecuado.
- Menores costos de conservación.

Desventajas

- Alto costo de modernización (469 mdp) 37 % más cara que la alternativa 2.

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 21. ALTERNATIVA No. 1

No.	PROGRAMA DE OBRA	COSTO
1	A) TERRACERIAS	\$ 77,424,636.00
2	B) OBRAS DE DRENAJE	\$ 2,349,265.80
3	C) PAVIMENTOS	\$ 31,313,284.10
4	D) SEÑALAMIENTO	\$ 20,894,920.07
5	E) ESTRUCTURAS (INCLUYE VIADUCTO DE 475 m DE LONGITUD)	\$ 273,043,370.00
	SUBTOTAL:	\$405,025,475.95
	IVA	\$64,804,076.14
	TOTAL	\$469,829,552.11

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito” Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

ALTERNATIVA 2.

Ejecución del proyecto por pavimentación con concreto asfáltico.

Consiste en la modernización del tramo a dos cuerpos de 10.50 m. cada uno separados por una faja separadora central de 1 m. Cada cuerpo alberga 2 carriles de circulación de 3.5 m. cada uno, acotamientos laterales exteriores de 2.5 metros e interiores de 0.5 metros, a base de concreto hidráulico para una vida útil de 30 años, con la modernización del PSV existente para alojar 2 carriles de circulación por rama.

Ventajas

- Representa una solución integral a la problemática del tránsito vehicular en la zona.
- Es una solución de largo plazo, además cumple con el propósito de incrementar las velocidades de operación.
- Uso eficiente de los recursos
- Contribuye satisfactoriamente a la solución de la situación actual.
- Genera una seguridad para los usuarios.
- Vida útil de 30 años con el mantenimiento adecuado.
- Menores costos de conservación.

Desventajas

- **Mayores costos de Modernización (375, mdp) 10 % más cara que la alternativa 3**

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 22 ALTERNATIVA No. 2

No.	PROGRAMA DE OBRA	COSTO
1	A) TERRACERIAS	\$ 77,424,636.00
2	B) OBRAS DE DRENAJE	\$ 2,349,265.80
3	C) PAVIMENTOS CONCRETO HIDRAULICO	\$ 60,121,505.47
4	D) SEÑALAMIENTO	\$ 20,894,920.07
5	E) ESTRUCTURAS	\$ 162,717,895.00
SUBTOTAL:		\$323,508,222.33
IVA		\$51,761,315.57
TOTAL		\$375,269,537.90

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

ALTERNATIVA 3.-

Por lo tanto, la alternativa 3 es una solución de largo plazo, con un mejor diseño geométrico, disminuyendo entrecruzamientos, mayor velocidad global de operación y sección transversal adecuada, así como la que representa el menor CAE por lo tanto resulta ser la más adecuada.

TABLA 23 ALTERNATIVA No. 3

No.	PROGRAMA DE OBRA	COSTO
Página 1		
2	B) OBRAS DE DRENAJE	\$ 2,349,265.80
3	C) PAVIMENTOS	\$ 31,313,284.10
4	D) SEÑALAMIENTO	\$ 20,894,920.07
5	E) ESTRUCTURAS	\$ 162,717,895.00
	SUBTOTAL:	\$294,700,000.97
	IVA	\$47,152,000.16
	TOTAL	\$341,852,001.13

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

IV. Situación con el PPI

a) Descripción general

Tipo de Proyecto	
Proyecto de infraestructura económica	<input checked="" type="checkbox"/>

El proyecto consiste en la Modernización del Entronque a desnivel “Molinito”, Gasa de conexión de la carretera Puebla – Belén a carretera San Martín Texmelucan - El Molinito (cuota) y la modernización de las GASAS adicionales complementarias de los movimientos direccionales. El camino actual es pavimentado, tiene el ancho de calzada de 7.0 metros de dos carriles por sentido en ambas carreteras, cuatro carriles de circulación de 3.5 metros de ancho cada uno, faja separadora central de 2.0 m. y acotamiento de 0-2.5 m. ambos por sentido, con una pendiente máxima del 6% y un grado máximo de curvatura de 7°.

La carpeta asfáltica será de **10 cm.** de espesor, así como la modernización del PIV para poder alojar 2 carriles por sentido en dicha carretera, a base de una estructura de concreto pres forzado, TRABE TIPO NEBRASKA de 2.0 m de peralte por 44.00 m. de longitud y su cimentación a base de Pilas de 2.00 m de diámetro.

Se encuentra en terreno montañoso

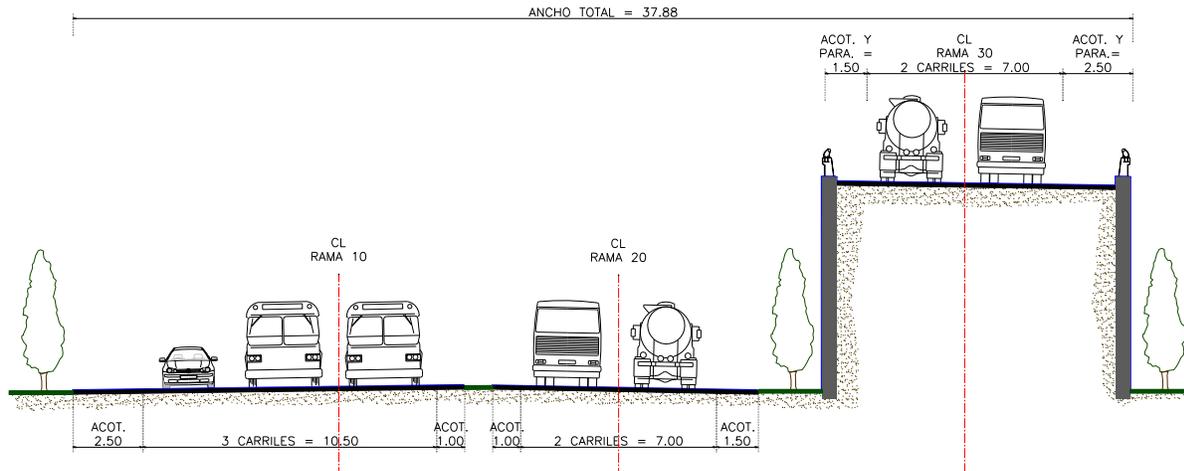
Complejo Vial Metropolitano "El Molinito" Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FIGURA 7 SECCIÓN TRONCAL



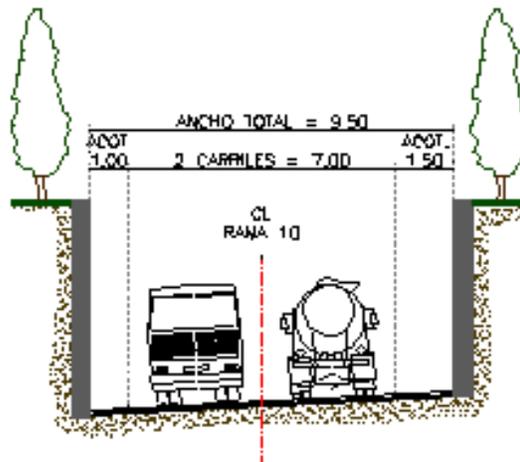
Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FIGURA 8 SECCIÓN TIPO 02 EN RAMA 20 (KM 20+180)



SECCION TIPO 02 EN RAMA 20 (KM 20+180)

FIGURA 9 SECCIÓN TIPO 03 ,



SECCION TIPO 03 EN
RAMA 10 (KM 11+560)

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FIGURA 10 SECCION TIPO 04 Y 05

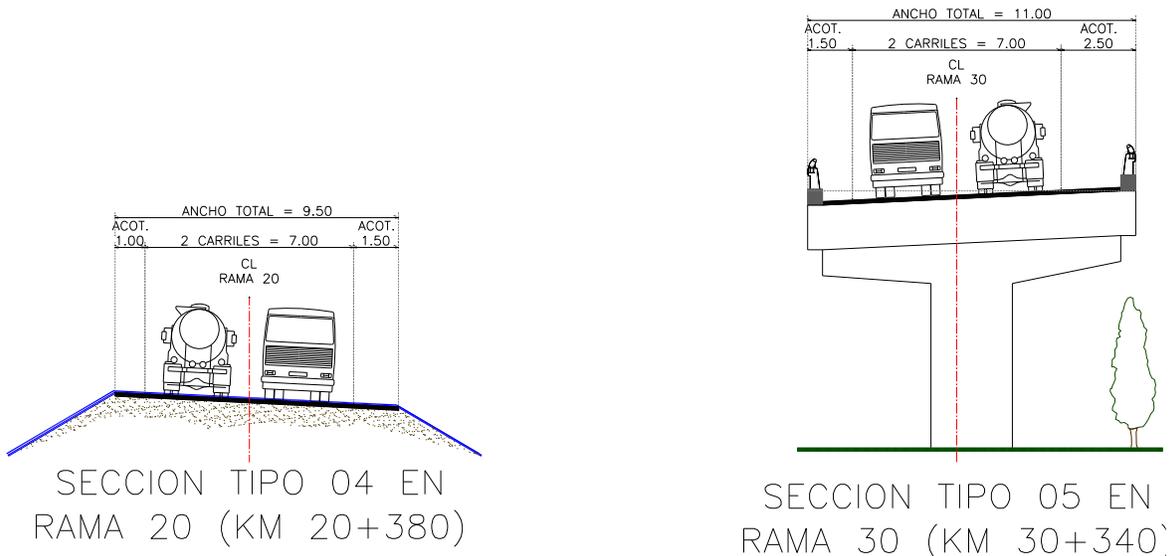


FIGURA 11 SECCIÓN TIPO 06 Y 07

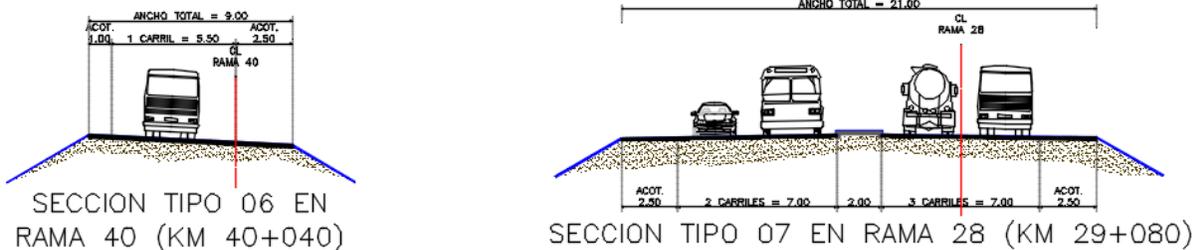


TABLA 24 Costos de la obra

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

No.	PROGRAMA DE OBRA	COSTO
Página 1		
2	B) OBRAS DE DRENAJE	\$ 2,349,265.80
3	C) PAVIMENTOS	\$ 31,313,284.10
4	D) SEÑALAMIENTO	\$ 20,894,920.07
5	E) ESTRUCTURAS	\$ 162,717,895.00
SUBTOTAL:		\$294,700,000.97

La siguiente tabla muestra costos de la obra sin incluir el IVA y la descripción de los componentes

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Componente	Tipo	Principales Características
TERRACERÍAS	Excavaciones, Prestamos, Compactaciones, Formación y Compactación	Cuerpo de terraplén de espesor variable compactada al 90% de su peso volumétrico
DRENAJE.	ALCANTARILLAS TUBULARES DE CONCRETO N.CTR. CAR .1.03.002/00	
		<ul style="list-style-type: none"> □ De 150cm de diámetro. Clase 1 □ De 150cm de diámetro. Clase 2 □ Malla electro soldada 6-6/10-10 en muros cabezote por temperatura. □ Plantilla de 20cm de espesor con material granular compactado al 90% de su PVSM □ Cunetas de sección triangular de concreto hidráulico de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$, por unidad de obra terminada. □ Lavadero de concreto hidráulico de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$, por unidad de obra terminada □ Tubería de concreto, por unidad de obra terminada

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Componente	Tipo	Principales Características
ESTRUCTURA	Estructuras de concreto pre esforzadas y reforzadas , Trabe tipo Aashto IV	a) de 30.60 m. de longitud, según proyecto. P.U.O.T.
SUBYACENTE	Excavaciones, Prestamos, Compactaciones, Formación y Compactación	Capa de 0.5 metros de espesor compactada al 95% de su peso volumétrico seco máximo
SUBRASANTE	Excavaciones, Prestamos, Compactaciones, Formación y Compactación	Capa de 0.3 metros de espesor compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo
PAVIMENTOS	Base hidráulica, con materiales pétreos procedentes de bancos que elija el contratista	incluyendo suministro, acarreo, tendido y compactado al 100% conforme a lo indicado en el proyecto, P.U.O.T.
	Carpeta asfáltica asfáltico modificado con polímero, acarreo, mezclado extendido	con mezcla en caliente de granulometría densa con materiales procedentes de bancos que elija el contratista, incluye: cemento compactado al 95% conforme a lo indicado en el proyecto, P.U.O.T. (N- CTR-CAR-1-04-006/09)
	Base estabilizada con cemento asfáltico	AC-20, con materiales pétreos procedentes de bancos que

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Componente	Tipo	Principales Características
		elija el contratista incluye: cemento asfáltico AC-20, acarreos, mezclado, extendido y compactado al 95 % conforme lo indicado en el proyecto, la cual deberá ser elaborada en planta estacionaria en caliente por unidad de obra terminada
INFRAESTRUCTURA	Pilotes de concreto reforzado	F ^c =250 kg/cm ² colados en el lugar de 1.50 de diámetro, incluye: perforación con lodos estabilizadores, suministro y habilitado de acero de refuerzo, concreto, separadores y maniobras auxiliares, P.U.O.T. , (N-CTR-CAR-1-06-003/01)
SEÑALAMIENTO	Informativo, Restrictivo y preventivo.	Horizontal y Vertical.

b) Alineación estratégica

El proyecto contribuye a la consecución del Objetivo 4.9 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, que dice “Contar con una infraestructura de transporte que refleje en menores costos para realizar la actividad económica”.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Para lo anterior este proyecto se alinea al Estrategia 4.9.1 del PND **“Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia”**.

Línea de acción “Llevar a cabo la modernización de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos”.

Con relación al Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, el proyecto está alineado con el Objetivo:

1: “Contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social”.

Alineándose con la Estrategia 1.1: “

Desarrollar a México como plataforma logística con infraestructura de transporte multimodal que genere costos competitivos y valor agregado, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social”. Como se menciona en el Plan Nacional de Desarrollo 2013 -2018, que a la letra dice:

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 42, fracción I de la Ley Orgánica de la Administración

Línea de acción:

1.1.4 Modernizar y ampliar la infraestructura de transportes de forma que propicie un desarrollo regional equilibrado.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Respecto al el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018, el proyecto está alineado con el Objetivo 1:

“Desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social”.

Para lo que se alinea a la Estrategia 1.1

“Modernizar, construir y conservar la red carretera federal, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos, de eficiencia, seguridad y equidad regional”.

Líneas de acción:

- Construir, modernizar y conservar carreteras y carreteras, privilegiando los recorridos de largo itinerario.
- Construir infraestructura que permita brindar mayor seguridad a los usuarios.

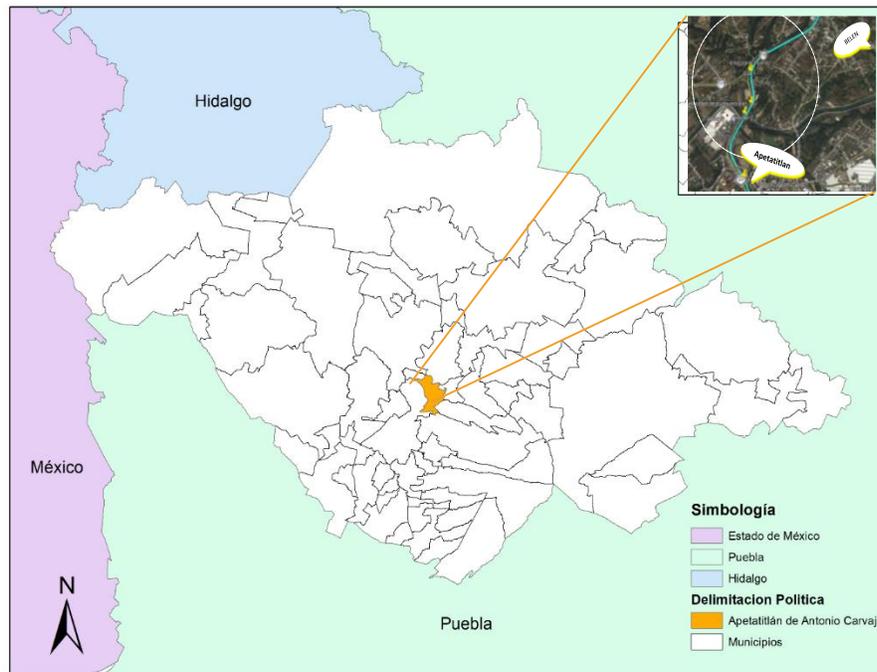
c) Localización geográfica

El tramo en estudio se localiza en la Carretera de Cuota: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito, con la vía corta Santa Ana en el km. 29+100. Ubicado en el Altiplano Central Mexicano a 2 340 metros sobre el nivel del mar, en un eje de coordenadas geográficas entre los 19 grados 18 minutos latitud norte y los 98 grados 14 minutos longitud oeste. Colinda al norte con el Municipio de Amaxac de Guerrero; al sur colinda con el Municipio de Tlaxcala, al Oriente se establecen

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

linderos con los Municipios de Santa Ana Chiautempan y Amaxac de Guerrero, asimismo al poniente colinda con los municipios de Tlaxcala y Totolac.

FIGURA 12 TRAMO EN ESTUDIO COORDENADAS GEOGRAFICAS



Coordenadas Geográficas

Inicio: latitud: 19°20'39.21"N" N longitud: 98°11'55.12"O"

d) Calendario de actividades

Las principales acciones requeridas para realizar el proyecto se han programado de acuerdo a las siguientes fechas:

TABLA 26 Calendario de Actividades.

ACTIVIDAD	AÑO
Proceso de licitación	Febrero 2018

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Modernización	Marzo – Diciembre 2018
Inicio de operaciones	Enero de 2019

TABLA 27.- Programa de ejecución del proyecto

TIEMPO									
MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.26			
\$ 783,088.60	\$ 783,088.60	\$ 783,088.60							
					\$ 7,828,321.03	\$ 7,828,321.03	\$ 7,828,321.03	\$ 7,828,321.01	
							\$ 6,964,973.36	\$ 6,964,973.36	\$ 6,964,973.35
	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.58		

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

e) Monto total de inversión

No.	PROGRAMA DE OBRA	COSTO
1	A) TERRACERIAS	\$ 77,424,636.00
2	B) OBRAS DE DRENAJE	\$ 2,349,265.80
3	C) PAVIMENTOS	\$ 31,313,284.10
4	D) SEÑALAMIENTO	\$ 20,894,920.07
5	E) ESTRUCTURAS	\$ 162,717,895.00
	SUBTOTAL:	\$ 294,700,000.96
	IVA	\$47,152,000.16
	TOTAL	\$341,852,001.13

f) Fuentes de financiamiento

FUENTE DE LOS RECURSOS	PROCEDENCIA	MONTO	PORCENTAJE
1. Federales	Recursos Fiscales	\$341 852 001.13	100 %
2. Estatales			
3. Municipales			
4. Fideicomisos			
5. Otros			
Total c/IVA		\$341 852,001.13	100 %

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

g) Capacidad instalada

La geometría del paso a desnivel, tendrá características que permitirán atender la demanda en el horizonte de planeación con los niveles de servicio que se muestran en la tabla 28. De acuerdo con el análisis de capacidad, se observa que el nivel de servicio del proyecto es adecuado durante el horizonte de planeación.

Se pronosticaron las demandas al horizonte de evaluación, tomando como base la información de oferta y demanda. También se obtuvieron los niveles de servicio de los tramos para el horizonte de evaluación, dando como resultado que para la Carretera: de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito. Se comienza con un nivel de servicio “C” hasta el año 19, del año 10 al 19 se tiene un nivel “E”, del año 23 al año 30 presenta un nivel continuando con este crecimiento.

Para la carretera Puebla – Belén, comienza con un servicio “B” hasta el final del horizonte de evaluación en nivel continua siendo “F”. Continuando con este crecimiento.

El nivel de servicio “A” permite una circulación libre y fluida, sin problemas de velocidad o adelantamientos.

El nivel de servicio “B” representa una circulación estable a alta velocidad, sin formación de colas.

El nivel de servicio “C” establece una circulación estable con colas poco consistentes.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

En el nivel “D” ya se presentan colas y dificultad para realizar adelantamientos, en condiciones de circulación inestables. El nivel “E” es aquel que está muy cerca del límite de la capacidad de la vía, la velocidad y maniobras se ven seriamente reducidas

El proyecto consiste en la modernización del Entronque el “Molinito” estará constituido por dos carriles (1) por sentido, 7.0 de calzada, cada uno separados por una faja separadora central de 2 m. Acotamientos laterales exteriores de 2.5 metros e interiores de 0.5 metros cada uno. Con el proyecto en operación se mejora el nivel de servicio del tramo, quedando con las siguientes características:

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
 Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA28 Análisis de capacidad asignado

COMPLEJO METROPOLITANO "EL MOLINITO"												
PIV "MOLINITO" (ASIGNADO)												
R ama 1 Chiautempan - A pizaco			R ama2 Chiautempan - T laxcala		R ama3 A pizaco - Chiautempan		R ama4 A pizaco - T laxcala		R ama 5 T laxcala - A pizaco		R ama 6 T laxcala - Chiautempan	
AÑO	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS
0:	19667	B	1483	A	12025	A	21375	C	15323	B	6688	A
1:	20355	B	1535	A	12446	A	22123	C	15859	B	6922	A
2:	21068	B	1589	A	12881	A	22897	C	16414	B	7164	A
3:	21805	B	1644	A	13332	A	23699	C	16989	B	7415	A
4:	22568	B	1702	A	13799	A	24528	C	17583	B	7675	A
5:	23358	B	1761	A	14282	A	25387	C	18199	B	7943	A
6:	24176	C	1823	A	14782	A	26275	C	18836	B	8221	A
7:	25022	C	1887	A	15299	A	27195	C	19495	B	8509	A
8:	25898	C	1953	A	15835	A	28147	C	20177	B	8807	A
9:	26804	C	2021	A	16389	B	29132	D	20884	B	9115	A
10:	27742	C	2092	A	16962	B	30152	D	21615	B	9434	A
11:	28713	C	2165	A	17556	B	31207	D	22371	C	9764	A
12:	29718	C	2241	A	18171	B	32299	D	23154	C	10106	A
13:	30758	C	2319	A	18807	B	33430	D	23964	C	10460	A
14:	31835	D	2401	A	19465	B	34600	D	24803	C	10826	A
15:	32949	D	2485	A	20146	B	35811	D	25671	C	11205	A
16:	34102	D	2572	A	20851	B	37064	D	26570	C	11597	A
17:	35296	D	2662	A	21581	B	38361	D	27500	C	12003	A
18:	36531	D	2755	A	22336	B	39704	E	28462	C	12423	A
19:	37810	D	2851	A	23118	B	41093	E	29458	C	12858	A
20:	39133	D	2951	A	23927	C	42532	E	30490	C	13308	A
21:	40503	E	3054	A	24765	C	44020	E	31557	C	13773	A
22:	41920	E	3161	A	25631	C	45561	E	32661	D	14256	A
23:	43388	E	3272	A	26529	C	47156	E	33804	D	14754	A
24:	44906	E	3386	A	27457	C	48806	E	34987	D	15271	B
25:	46478	F	3505	A	28418	C	50514	F	36212	D	15805	B
26:	48105	F	3627	A	29413	C	52282	F	37479	D	16359	B
27:	49788	F	3754	A	30442	C	54112	F	38791	D	16931	B
28:	51531	F	3886	A	31508	D	56006	F	40149	D	17524	B
29:	53335	F	4022	A	32610	D	57966	F	41554	D	18137	B
30:	55201	F	4162	A	33752	D	59995	F	43008	D	18772	B
31:	57133	F	4308	A	34933	D	62095	F	44514	E	19429	B
32:	59133	F	4459	A	36156	D	64268	F	46072	E	20109	B

Tal como se observa en la tabla anterior, al efectuar el análisis de capacidad se encontró que la intersección operaría a un nivel de servicio C, este nivel de servicio representa una circulación a flujo libre, en donde los usuarios están exentos de la presencia de otros en la circulación. Poseen libertad para elegir su velocidad y maniobrar dentro del tránsito. El nivel de comodidad y conveniencia es buena.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Al comparar estos niveles de servicio con la situación actual, se observa un aumento en la capacidad vial del tramo, y por consiguiente una gran mejoría en los niveles de servicio.

h) Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las que se muestran en la siguiente tabla.

Año	Obras por realizar	Inversión (mdp)	Longitud (km)
2018	Colado de pilas de cimentación, modernización de subestructura, obras de drenaje, montaje de Estructuras y pavimentación del Puente Inferior Vehicular (PIV “Molinito”)	\$ 23,445,401.30	1 km de la Carretera : San Martín Texmelucan – Tlaxcala -El Molinito (cuota)

i) Vida útil

Vida útil del PPI	
Vida útil en años	El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 30 años, debido a que el primer año es el tiempo que se lleva su modernización.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

j) Descripción de los aspectos más relevantes

Estudios técnicos

Técnicamente el proyecto ejecutivo se realiza de acuerdo a la normatividad vigente de la SCT y cuenta con el visto bueno correspondiente. En el ámbito jurídico, se cuenta con el 100% del derecho de vía necesario.

Estudios legales

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 36, inciso I, establece que corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte y las comunicaciones de acuerdo a las necesidades del país. Asimismo, en los incisos XXI y XXII del mismo artículo se establece que corresponde a la SCT construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y centrales de autotransporte federal; construir y conservar caminos y puentes, en cooperación con los gobiernos de las entidades federativas, con los municipios y los particulares.

En el Capítulo II, artículo 5º de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal se establece que corresponden a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sin perjuicio de las otorgadas a otras dependencias de la Administración Pública Federal las siguientes atribuciones:

I. Planear, formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de los caminos, puentes, servicios de autotransporte federal y sus servicios auxiliares;

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

- II. Construir y conservar directamente caminos y puentes;
- III. Otorgar las concesiones y permisos a que se refiere esta Ley; vigilar su cumplimiento y resolver sobre su revocación o terminación en su caso;
- IV. Vigilar, verificar e inspeccionar que los caminos y puentes, así como los servicios de autotransporte y sus servicios auxiliares cumplan con los aspectos técnicos y normativos correspondientes; (Reforma en el DOF de fecha 4 de enero de 1999).
- V. Determinar las características y especificaciones técnicas de los caminos y puentes;
- VI. Expedir las normas oficiales mexicanas de caminos y puentes así como de vehículos de autotransporte y sus servicios auxiliares;
- VII. Derogada. (DOF de fecha 4 de enero de 1999).
- VIII. Establecer las bases generales de regulación tarifaria; y
- IX. Las demás que señalen otras disposiciones legales aplicables.

El procedimiento de contratación, ejecución y control de las obras se lleva a cabo con base en lo establecido en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas (LOPSRM).

Al respecto, el entronque el “**Molinito**”, cuenta con el derecho de vía necesario debido a que el Estado los ha adquirido la troncal y las estructuras se construirán sobre el camino existente. Cabe mencionar que el equipo de adquisición del Municipio de Tlaxcala ha implementado la estrategia correspondiente para realizar dicho trámite. A la fecha se lleva el 98% de adquisición de derecho de vía, para la modernización del Entronque correspondiente.

Estudios de mercado

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Debido a que la obra es en una vía existente el mercado del proyecto está dado por su tránsito y las vialidades existentes, en ese sentido el análisis de la demanda llevado a cabo en las secciones anteriores se equipara al estudio de mercado.

Estudios Específicos

Estudio Costo – Beneficio de la Carretera de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito. Km. 29+100 que concluye:

La evaluación del El entronque a desnivel del “**Molinito**” del tramo muestra que es una obra de infraestructura económicamente rentable.

La puesta en operación de esta obra permitirá mejorar la movilidad de los viajeros que circulan por este tramo carretero, lo que dará una mejor conectividad entre las carreteras de la zona. En este contexto, esta obra apoyará al desarrollo de la región Metropolitana del Estado y zonas aledañas, además de potenciar la rentabilidad de las inversiones en materia turística que emprenda el Gobierno del Estado.

k) Análisis de la Oferta

Para la Situación con proyecto considerando la entrada en operación del proyecto, mejorará de forma considerable la velocidad, seguridad y comodidad de operación, lo que las demoras disminuirían drásticamente, por lo que se tendría una vialidad de flujo continuo, dando un nivel de servicio “**C**”. Es importante mencionar que, con la realización del proyecto de infraestructura presentado (Oferta) se

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito” Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

pretende disminuir accidentes, impulsar el desarrollo económico y social, y mejorar el nivel de servicio de la vialidad para el volumen de tránsito que utiliza por diversas razones esta zona (Demanda). De manera que la demanda será cubierta con la oferta propuesta, y los costos que se presentan respecto a tiempos de recorrido y COV se reducen de forma sensible, siendo ahora esta reducción beneficios a la comunidad.

En ese sentido, una vez que entre en operación el proyecto la oferta de Infraestructura en el cruce quedaría como sigue:

TABLA 29 Oferta con Proyecto

CONCEPTO	CARRETERA; SAN MARTÍN TEXMELUCAN EL MOLINITO (CUOTA)	PUEBLA BELÉN
Longitud (km)	300 m	2.0
Tipo de vialidad	B4	C4
Número de carriles	2	2
Ancho de sección (m)	21.0	21.0
Tipo de terreno	Lomerío	Lomerío
Velocidad de operación (km/hr)*	90	80
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de Rugosidad (IRI m/km)	3.5	3.5

**El promedio de las velocidades de los vehículos ligeros*

I) Análisis de la Demanda

Para la determinación de la situación con proyecto, se calculó la asignación de tránsito para el tramo en estudio. Lo anterior, considerando la puesta en marcha de los componentes del proyecto entronque “Molinito”, de la Carretera de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito. Km. 29+100 y la carretera: Puebla – Belén.

**Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)**

La asignación de tránsito de una vialidad consiste en estimar la cantidad de vehículos que utilizarán en un nuevo trayecto o uno existente con mejoras en sus condiciones de operación y la cantidad de vehículos que dejarán de utilizar las vialidades existentes antes del proyecto, cuyo efecto principal serán las mejoras en la velocidad y disminución de las demoras operativas sobre la red vial actual.

El tránsito asignado para una nueva vialidad se compone de:

- Tránsito Asignado (TA): usará inmediatamente la nueva vía
- Tránsito Generado (TG): nuevos viajes que se generarán por la nueva vialidad
- Tránsito Desarrollado (TD): generado por el desarrollo del uso del suelo en la zona de influencia este no se considera para este caso
- Crecimiento Normal del Tránsito (CNT): incremento natural del tránsito por el uso de vehículo.

TRÁNSITO ASIGNADO (TA)

Dado que es una vialidad existente y que el proyecto es respuesta a la congestión del tramo en su estado actual, se puede decir que el tránsito asignado se obtiene de los propios aforos vehiculares. Para este casos ya están definidos por el TPDA que utiliza el tramo del entronque a desnivel el “Molinito” de Carretera: San Martín Texmelucan – El Molinito (cuota). km. 29+100 y la carretera: Puebla – Belén.

TRÁNSITO GENERADO (TG)

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”**Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)**

El tránsito generado (TG) consta de aquellos viajes vehiculares, distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva carretera o vialidad. El tránsito generado se compone de tres categorías:

i) Tránsito inducido, o nuevos viajes no realizados previamente por ningún modo de transporte;

ii) Tránsito convertido, o nuevos viajes que previamente se hacían masivamente en taxi, autobús, tren, avión o barco, y que por razón de la nueva carretera o vialidad se harían en vehículos particulares; y

iii) Tránsito trasladado, consistente en viajes previamente hechos a destinos completamente diferentes, atribuibles a la atracción de la nueva carretera o vialidad y no al cambio en el uso del suelo.

Usualmente, al tránsito generado se le asignan tasas de entre el 5 y el 25% del tránsito actual, con un periodo de generación de uno o dos años después de que la vialidad ha sido abierta al servicio.

TRÁNSITO DESARROLLADO (TD)

El tránsito desarrollado (TD) es el incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la carretera. A diferencia del tránsito generado, el tránsito desarrollado continua creciendo por muchos años después que la nueva carretera ha sido puesta al servicio. El incremento del tránsito debido al desarrollo normal del suelo adyacente forma parte del crecimiento normal del tránsito, por lo tanto, éste no se considera como una parte del tránsito desarrollado. Pero la experiencia indica que en carreteras construidas con altas especificaciones, el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápidamente de lo normal, generando valores del orden del 5.0% del tránsito actual.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”**Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)**

Para el caso del TD se utilizan usualmente los criterios del Instituto de Ingenieros del Transporte (ITE) y la clasificación del uso de suelo en habitacional, industrial y comercial según el plan de desarrollo urbano de la zona, para estimar la generación de viajes desarrollados como resultado de la mejora del área adyacente directamente atribuible al proyecto.

CRECIMIENTO NORMAL DEL TRÁNSITO

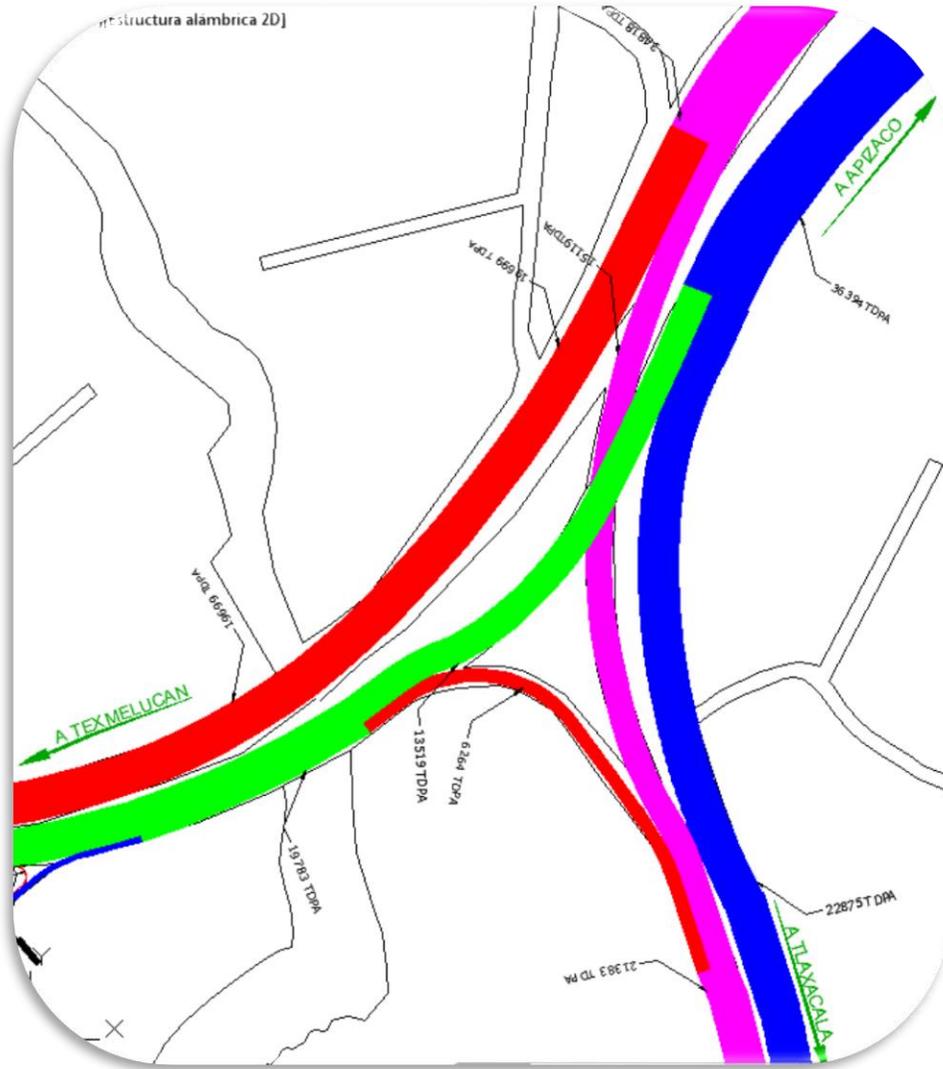
El crecimiento normal del tránsito (CNT) es el incremento del volumen de tránsito debido al aumento normal en el uso de los vehículos. El deseo de las personas por movilizarse, la flexibilidad ofrecida por el vehículo y la producción industrial de más vehículos cada día, hacen que este componente del tránsito siga aumentando.

Aunque se ha comprobado que existe cierta correlación entre el crecimiento del parque vehicular y el crecimiento del TDPA, debe tenerse precaución en la utilización de los indicadores del crecimiento del parque vehicular para propósitos del proyecto, ya que no necesariamente reflejan las tasas de crecimiento en el área local bajo estudio.

Considerando todos los elementos antes mencionados se asignó el tránsito en el entronque a desnivel del “El Molinito” de la Carretera de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito como a continuación se describe:

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

FIGURA 13 Movimientos direccionales por hora (actuales)



En la tabla siguiente se muestra la demanda considerada para la situación con proyecto.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 30 TPDA de la Carretera: Carretera de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito. Km. 29+100

TRAMOS	LONGITUD (Km)	TPDA	TERRENO (p,l,m)	ESTADO FISICO	COMPOSICION (A,B,C) % Con congestión		
--------	---------------	------	-----------------	---------------	---	--	--

CONDICION ACTUAL SIN PROYECTO

<u>1.-</u> Chiautempan - Apizaco	1.0	19,667	p	3.5	93.3%	1.1%	5.5%
<u>2.-</u> Chiautempan - Tlaxcala	4.0	1,483	p	3.5	99.1%	0.0%	0.9%
<u>3.-</u> Apizaco - Chiautempan	1.0	12,025	p	3.5	86.8%	5.8%	7.4%
<u>4.-</u> Apizaco - Tlaxcala	1.0	21,375	p	3.5	87.5%	0.9%	11.7%
<u>5.-</u> Tlaxcala - Apizaco	1.0	15,323	p	3.5	80.3%	3.8%	15.9%
<u>6.-</u> Tlaxcala - Chiautempan	1.0	6,688	p	3.5	98.6%	0.2%	1.3%

CONDICION ACTUAL CON PROYECTO

<u>1.-</u> Chiautempan - Apizaco	1.0	19,667	p	2.5	93.3%	1.1%	5.5%
<u>2.-</u> Chiautempan - Tlaxcala	1.0	1,483	p	2.5	99.1%	0.0%	0.9%
<u>3.-</u> Apizaco - Chiautempan	1.0	12,025	p	2.5	86.8%	5.8%	7.4%
<u>4.-</u> Apizaco - Tlaxcala	1.0	21,375	p	2.5	87.5%	0.9%	11.7%
<u>5.-</u> Tlaxcala - Apizaco	1.0	15,323	p	2.5	80.3%	3.8%	15.9%
<u>6.-</u> Tlaxcala - Chiautempan	1.0	6,688	p	2.5	98.6%	0.2%	1.3%

Partiendo de ese nivel de demanda se procedió a efectuar un análisis de capacidad para la situación con proyecto, en donde se observó que impera el nivel de servicio “C” lo cual es considerado adecuado, ya este nivel de servicio representa una circulación a flujo libre, en donde los usuarios están exentos de la presencia de otros en la circulación. Poseen libertad para elegir su velocidad y maniobrar dentro del tránsito. El nivel de comodidad y conveniencia es excelente.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Además generará un mejoramiento a los centros de población colindante, ya que al considerar éstas adecuaciones se tendrá un acceso más fluido y seguro en la zona dado el incremento en la movilidad vehicular del tramo carretero y por consiguiente también a las vialidades colindantes.

m) Diagnóstico de La Interacción Oferta-Demanda

De acuerdo con los datos de tránsito pronosticados, se llevó a cabo un análisis de capacidad del proyecto, para conocer su comportamiento a través del horizonte de evaluación, de donde se observa que el proyecto atenderá la demanda durante el horizonte de planeación con un nivel de servicio aceptable, tal como se muestran en la tabla núm. 28

V. Evaluación del PPI

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

La metodología para calcular los costos de modernización y conservación depende del nivel al que se encuentra el proyecto; es decir, si se tiene a nivel perfil, se utilizan los costos índice por tipo de obra por tipo de terreno, los cuales se multiplican por la longitud aproximada; si se cuenta con el proyecto ejecutivo, los costos se calculan mediante la multiplicación de los costos unitarios de cada componente por el volumen de obra a realizar.

a.1. ETAPA DE EJECUCIÓN

Para efectos de la evaluación económica, se consideró el monto total de inversión sin IVA. La ejecución de proyecto se hará en un ejercicio presupuestal, al final del cual se estará en condiciones de operar el tramo para satisfacer la demanda de flujo vehicular al nivel de servicio requerido, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 20. Calendario de inversiones (sin IVA)

No.	PROGRAMA DE OBRA	COSTO	TEMPO																	
			MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10								
1	A) TERRACERIAS	\$ 77,424,636.00																		
			\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29	\$ 11,060,662.29									
2	B) OBRAS DE DRENAJE	\$ 2,349,265.80																		
			\$ 783,088.60	\$ 783,088.60	\$ 783,088.60															
3	C) PAVIMENTOS	\$ 31,313,284.10																		
										\$ 7,828,321.03	\$ 7,828,321.03	\$ 7,828,321.03	\$ 7,828,321.03	\$ 7,828,321.03						
4	D) SEÑALAMIENTO	\$ 20,894,920.07																		
														\$ 6,964,973.36	\$ 6,964,973.36	\$ 6,964,973.36				
5	E) ESTRUCTURAS	\$ 162,717,895.00																		
	SUBTOTAL	\$ 294,700,000.96		\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57	\$ 23,245,413.57						

Avance anual 100%

a.2. ETAPA DE OPERACIÓN

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente:

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

- (i) **Mantenimiento rutinario**, que incluye básicamente la limpieza y bacheo general, así como reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo, de forma anual desde el inicio de operaciones;
- (ii) **Conservación periódica**, que incluye riego de sello cada 4 años y tendido de sobre carpeta cada 8 años
- (iii) **Remodernización**, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 15 años.

La siguiente tabla presenta los costos de mantenimiento y conservación considerados para las situaciones sin y con proyecto, de acuerdo a las frecuencias indicadas.

Tabla 21 – Mantenimiento y Conservación (Miles de Pesos/año)

SITUACIÓN	RUTINARIO	PERIODICA		REMODERNIZACIÓN
		BACHEO GENERAL Y RIEGO DE SELLO	SOBRECARPETA	
RUTA ACTUAL SIN PROYECTO				
Carretera: San Martín – Tlaxcala – El Molinito (Cuota) KM. 29+100				
RUTA ACTUAL CON PROYECTO				
33.608				

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

Los beneficios del proyecto se estimaron en función de dos fuentes: (i) ahorro de tiempo de viaje de los usuarios y (ii) ahorros en costo de operación vehicular.

AHORRO EN TIEMPO DE VIAJE

Para la estimación de los beneficios por este concepto se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto. Las velocidades iniciales para ambos casos se muestran en la tabla 8.

En ambos casos, sin y con proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Cuadro 2 del Boletín Notas 147, Artículo 1, enero-febrero de 2014, del IMT.

De acuerdo con estudios realizados por el IMT, **el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$ 51.06** y por motivo de placer de **\$30.64 pesos por hora, actualizado a 2018.**

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 64.3% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 35.7% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla 23.

Tabla 22- Configuración del valor del tiempo

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD
Valor del tiempo viaje de trabajo	51.06	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	30.64	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	64.30	%
Número de pasajeros auto	2.20	pas/veh
Número de pasajeros autobús	19.30	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	20.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	17.64	ton/veh
Tasa de descuento	10%	

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios para el primer año de operación del proyecto.

Tabla 23 – Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación del proyecto

COSTOS (MDP)	SIN PROYECTO	CON PROYECTO	BENEFICIOS
Por tiempo de viaje del tránsito	7,105,717.39	6,547,945.96	

Ahorro en costos de operación vehicular

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el IMT en su Publicación Técnica 368, sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran en las siguientes tablas.

.Tabla 31 cargo por concepto de intereses para diferentes tasas reales.

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA B.1
CARGO POR CONCEPTO DE INTERESES PARA DIFERENTES TASAS
REALES
(% del precio del vehículo nuevo, por cada 1,000 veh-km)

Tasa real %	Camión tres ejes	Camión dos ejes	Autobús foráneo	Vehículo ligero
2	0.00	0.00	0.00	0.02
4	0.01	0.01	0.01	0.05
6	0.01	0.01	0.01	0.07
8	0.02	0.02	0.02	0.09
10	0.02	0.02	0.02	0.12
12	0.03	0.03	0.02	0.14
14	0.03	0.03	0.03	0.17
16	0.04	0.04	0.03	0.19
18	0.04	0.04	0.04	0.21
20	0.05	0.05	0.04	0.24

Tasa real %	Camión articulado (T3-S3)	Camión articulado (T3-S2)	Camión articulado (T3-S2-R4)
2	0.00	0.00	0.01
4	0.01	0.01	0.01
6	0.01	0.01	0.02
8	0.02	0.02	0.02
10	0.02	0.02	0.03
12	0.03	0.03	0.03
14	0.03	0.03	0.04
16	0.04	0.03	0.04
18	0.04	0.04	0.05
20	0.04	0.04	0.05

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 32 vehículo ligero

Vehículo ligero

URVAN Nissan, con motor de 139 HP
Llantas Firestone convencionales

Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	172.08
Uso de lubricantes	litros	1.85
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.06
Tiempo de operador	horas	10.68
Mano de obra de mantenimiento	horas	2.15
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.14
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.40
Intereses (tasa 1.53%)	% precio vehículo nuevo	0.02

Costos unitarios en pesos, precios 2016

Precio de vehículo nuevo	\$	232 335.00
Costo de combustible	\$/litro	11.05
Costo de lubricantes	\$/litro	27.30
Costo de llanta nueva	\$/llanta	970.00
Tiempo de operador	\$/hora	23.29
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	22.10
Tasa de interés anual	%	1.53
Costos indirectos por veh-km	\$	0.36

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 3.96

Consumo de combustible	\$	1 901.46
Uso de lubricantes	\$	50.55
Consumo de llantas	\$	58.05
Tiempo de operador	\$	248.81
Mano de obra de mantenimiento	\$	47.59
Refacciones	\$	334.85
Depreciación	\$	919.09
Interés	\$	42.19
Costos indirectos	\$	360.00

Tabla 33 autobús foráneo

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Autobús foráneo

Autobús integral foráneo, con motor SCANIA DC12 02 EPA de 380 HP

Sin aire acondicionado

Llantas 1100-22.00 normal

Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	398.63
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.26
Tiempo de operador	horas	11.47
Mano de obra de mantenimiento	horas	11.06
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.13
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.05
Intereses (tasa 1.53%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2016

Precio de vehículo nuevo	\$	2 169 720.00
Costo de combustible	\$/litro	11.57
Costo de lubricantes	\$/litro	26.65
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 790.00
Tiempo de operador	\$/hora	66.64
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	57.20
Tasa de interés anual	%	1.53
Costos indirectos por veh-km	\$	1.09

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 11.98

Consumo de combustible	\$	4 612.12
Uso de lubricantes	\$	89.86
Consumo de llantas	\$	727.72
Tiempo de operador	\$	764.17
Mano de obra de mantenimiento	\$	632.52
Refacciones	\$	2 898.88
Depreciación	\$	1 095.96
Interés	\$	67.07
Costos indirectos	\$	1 090.00

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Tabla 34 camión de dos ejes

Camión de dos ejes

Camión pesado dos ejes INTERNATIONAL 4300 con motor NAVISTAR DT 466
Carrocería de "estacas" 2.44 x 2.10 m x 22 pies
Llantas 1100-20.00 normal
Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	328.45
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.16
Tiempo de operador	horas	13.09
Mano de obra de mantenimiento	horas	8.18
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.15
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 1.53%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2016

Precio de vehículo nuevo	\$	519 460.00
Costo de combustible	\$/litro	11.57
Costo de lubricantes	\$/litro	26.65
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 605.00
Tiempo de operador	\$/hora	46.85
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	38.02
Tasa de interés anual	%	1.53
Costos indirectos por veh-km	\$	0.63

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 6.96

Consumo de combustible	\$	3 800.20
Uso de lubricantes	\$	89.86
Consumo de llantas	\$	415.82
Tiempo de operador	\$	613.41
Mano de obra de mantenimiento	\$	310.92
Refacciones	\$	759.98
Depreciación	\$	317.60
Interés	\$	19.44
Costos indirectos	\$	630.00

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Tabla 35 camión de tres ejes

Camión de tres ejes

Camión pesado tres ejes INTERNATIONAL 4400 con motor NAVISTAR DT 466
Carrocería de "estacas" 2.44 x 2.10 m x 23 pies
Llantas 1100-20.00 normal

Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	446.79
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.24
Tiempo de operador	horas	13.41
Mano de obra de mantenimiento	horas	12.43
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.21
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 1.53%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2016

Precio de vehículo nuevo	\$	593 152.00
Costo de combustible	\$/litro	11.57
Costo de lubricantes	\$/litro	26.65
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 605.00
Tiempo de operador	\$/hora	46.85
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	38.02
Tasa de interés anual	%	1.53
Costos indirectos por veh-km	\$	0.86

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 9.50

Consumo de combustible	\$	5 169.41
Uso de lubricantes	\$	89.86
Consumo de llantas	\$	614.76
Tiempo de operador	\$	628.24
Mano de obra de mantenimiento	\$	472.76
Refacciones	\$	1 274.53
Depreciación	\$	369.63
Interés	\$	22.62
Costos indirectos	\$	860.00

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 36 CAMIÓN ARTICULADO T3-S2)

Camión articulado (T3-S2)

Tractocamión de tres ejes INTERNATIONAL 9200i con MOTOR CUMMINS ISX de 450 HP
Semirremolque de dos ejes, tipo caja de aluminio de 40 pies
Llantas 1100-20.00 normal
Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	483.92
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.33
Tiempo de operador	horas	11.48
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.05
Intereses (tasa 1.53%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2016

Precio de vehículo nuevo	\$	1 116 138.00
Costo de combustible	\$/litro	11.57
Costo de lubricantes	\$/litro	26.65
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 605.00
Tiempo de operador	\$/hora	53.40
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	38.02
Tasa de interés anual	%	1.53
Costos indirectos por veh-km	\$	1.21

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 13.27

Consumo de combustible	\$	5 598.90
Uso de lubricantes	\$	145.29
Consumo de llantas	\$	863.33
Tiempo de operador	\$	612.87
Mano de obra de mantenimiento	\$	1 158.77
Refacciones	\$	3 047.46
Depreciación	\$	592.15
Interés	\$	36.24
Costos indirectos	\$	1 210.00

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

TABLA 37 CAMIÓN ARTICULADO T3-S3)

Camión articulado (T3-S3)

Tractocamión de tres ejes INTERNATIONAL 9200i con MOTOR CUMMINS ISX de 450 HP
Semirremolque de tres ejes, tipo caja de aluminio de 40 pies
Llantas 1100-20.00 normal
Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	579.47
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.39
Tiempo de operador	horas	12.21
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 1.53%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2016

Precio de vehículo nuevo	\$	1 160 340.00
Costo de combustible	\$/litro	11.57
Costo de lubricantes	\$/litro	26.65
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 605.00
Tiempo de operador	\$/hora	53.40
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	38.02
Tasa de interés anual	%	1.53
Costos indirectos por veh-km	\$	1.35

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 14.89

Consumo de combustible	\$	6 704.49
Uso de lubricantes	\$	145.29
Consumo de llantas	\$	1 020.25
Tiempo de operador	\$	651.98
Mano de obra de mantenimiento	\$	1 158.77
Refacciones	\$	3 168.15
Depreciación	\$	647.18
Interés	\$	39.61
Costos indirectos	\$	1 350.00

TABLA 38 CAMIÓN ARTICULADO T3-S2-R4)

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Camión articulado (T3-S2-R4)

Tractocamión de tres ejes INTERNATIONAL 9200i con MOTOR CUMMINS ISX de 450 HP
Semirremolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes, tipo caja de aluminio de 40 pies.
Llantas 1100-20.00 normal
Consumos por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	760.89
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.56
Tiempo de operador	horas	14.21
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 1.53%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2016

Precio de vehículo nuevo	\$	1 361 850.00
Costo de combustible	\$/litro	11.57
Costo de lubricantes	\$/litro	26.65
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 605.00
Tiempo de operador	\$/hora	53.40
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	38.02
Tasa de interés anual	%	1.53
Costos indirectos por veh-km	\$	1.70

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 18.66

Consumo de combustible	\$	8 803.50
Uso de lubricantes	\$	145.29
Consumo de llantas	\$	1 457.68
Tiempo de operador	\$	758.55
Mano de obra de mantenimiento	\$	1 158.77
Refacciones	\$	3 718.34
Depreciación	\$	860.54
Interés	\$	52.67
Costos indirectos	\$	1 700.00

Para la situación actual optimizada sin proyecto se consideró una calidad de la superficie de rodamiento correspondiente a la meta del promedio nacional de la

**Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)**

red federal de carreteras, así como la eliminación de los reductores de velocidad, y un señalamiento horizontal y vertical en buen estado.

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo y se encuentran en las hojas de cálculo anexas.

La siguiente tabla presenta los costos totales de operación vehicular (miles de pesos por año) para las situaciones sin y con proyecto.

Tabla 25– Beneficios por ahorro en costos de operación para el primer año de operación del proyecto

Costos (MDP)	Sin Proyecto	Con Proyecto
Operación vehicular del tránsito	12,292,197.31	10,631,339.00

La evaluación económica del proyecto se realizó a nivel prefactibilidad utilizando velocidades de operación para la situación con proyecto estimadas y costos de obra a partir de precios índice, bajo las siguientes premisas:

- En la situación sin proyecto se considera la situación actual optimizada en cuanto a la calidad de la superficie de rodamiento en buen estado físico del señalamiento horizontal y vertical, y una tasa de crecimiento del tránsito del 3.5% anual durante el periodo de análisis.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

- En la situación con proyecto se consideró las características geométricas indicadas en la descripción del proyecto. Incluye costos por molestias a los usuarios ya que en tránsito urbano o suburbano es muy difícil evitarlos.

La siguiente tabla resume el valor de los parámetros básicos utilizados para llevar a cabo la evaluación económica del proyecto.

TABLA 39 Parámetros para la evaluación económica

TRAMOS	LONGITUD (Km)	TPDA	TERRENO (p,l,m)	ESTADO FISICO	COMPOSICION (A,B,C) % Con congestión		
--------	---------------	------	-----------------	---------------	---	--	--

CONDICION ACTUAL SIN PROYECTO

1.	Chiautempan - Apizaco	1.0	19,667	p	3.5	93.3%	1.1%	5.5%
-								
2.	Chiautempan - Tlaxcala	4.0	1,483	p	3.5	99.1%	0.0%	0.9%
-								
3.	Apizaco - Chiautempan	1.0	12,025	p	3.5	86.8%	5.8%	7.4%
-								
4.	Apizaco - Tlaxcala	1.0	21,375	p	3.5	87.5%	0.9%	11.7%
-								
5.	Tlaxcala - Apizaco	1.0	15,323	p	3.5	80.3%	3.8%	15.9%
-								
6.	Tlaxcala - Chiautempan	1.0	6,688	p	3.5	98.6%	0.2%	1.3%
-								

CONDICION ACTUAL CON PROYECTO

1.	Chiautempan - Apizaco	1.0	19,667	p	2.5	93.3%	1.1%	5.5%
-								
2.	Chiautempan - Tlaxcala	1.0	1,483	p	2.5	99.1%	0.0%	0.9%
-								

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

3.	Apizaco - Chiautempan	1.0	12,025	p	2.5	86.8%	5.8%	7.4%
4.	Apizaco - Tlaxcala	1.0	21,375	p	2.5	87.5%	0.9%	11.7%
5.	Tlaxcala - Apizaco	1.0	15,323	p	2.5	80.3%	3.8%	15.9%
6.	Tlaxcala - Chiautempan	1.0	6,688	p	2.5	98.6%	0.2%	1.3%

Inversión (mdp) sin IVA 294.70

c) Cálculos de indicadores de rentabilidad (VPN,TIR,TRI)

Tabla 27 – Indicadores económicos

Indicadores de Rentabilidad	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	\$294,700,000.97 MDP
Tasa interna de retorno (TIR)	20.1%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	14.9% %

Fuente: Elaboración propia resultado de la evaluación económica

d) Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad. Para ello se consideraron 3 variables que se consideraron como las más relevantes para este tipo de proyectos, que son:

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

INVERSIÓN.-

Se refiere al costo de modernización del proyecto, es indudable la importancia de esta variable en un análisis costo beneficio, dado que con un incremento en ella podría dejar de ser rentable el proyecto, por lo que el análisis de sensibilidad a la inversión nos permitirá identificar hasta que costo de inversión seguiría siendo rentable.

COSTOS DE MANTENIMIENTO.-

Los costos de mantenimiento conforman el segundo grupo de costos para el análisis costo-beneficio, considerando este grupo se tendría entonces analizada la sensibilidad del proyecto a los costos que incurriría el proyecto durante el horizonte de análisis, de ahí la importancia de considerarlo.

DEMANDA.-

La demanda es una variable que no debe dejar de ser considerada en un análisis de sensibilidad de un proyecto. Todo proyecto de inversión económica está dirigido a la satisfacción de una demanda, asimismo la demanda y su comportamiento en el período de análisis es un valor estimado que conlleva un cierto grado de incertidumbre, por lo que es necesario ver qué pasaría con la rentabilidad del proyecto si la demanda es mayor o menor a fin de tomar las decisiones adecuadas en el tamaño óptimo del mismo o la posibilidad de postergarlo.

Sobre los indicadores de rentabilidad socioeconómica, se efectuó el análisis de sensibilidad correspondiente. Lo anterior a fin de obtener los puntos de inflexión ante los cuales el proyecto deja de ser rentable ($VPN = 0$).

El análisis de sensibilidad arrojó los siguientes resultados:

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Tabla 28.- Análisis de sensibilidad

Variable	Variación respecto a su valor original	Impacto sobre el indicador de rentabilidad
Inversión	Incremento en 100 %	VPN = 0
Costos de mantenimiento	Incremento en 2560 %	VPN = 0
Demanda	Decremento de 51%	VPN = 0

El análisis de sensibilidad demuestra que la el entronque a desnivel del “Molinito”: Carretera de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito km 29+100 y Carretera Puebla – Belén, es un buen proyecto, que soporta incrementos en el costo de inversión por más del 90% y es prácticamente insensible a los incrementos en costos de mantenimiento. El hecho de soportar una disminución de más del 50% de su demanda lo hace aceptable, dado que es una vialidad existente que mejoraría sus condiciones de operación por lo que en ese caso, es sumamente difícil que disminuya su volumen de tránsito, además de que a fin de efectuar un análisis conservador no se consideró tránsitos atraídos o generados por su nueva condición.

Tabla 29 – Análisis de sensibilidad al monto de la inversión

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
 Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN

Variación	Inv	TIR	VPN	TRI
1.4	412.58	15.1%	225.737	10.7%
1.3	383.11	16.1%	255.207	11.5%
1.2	353.64	17.2%	287.677	12.4%
1.1	324.17	18.5%	314.147	13.6%
1.0	294.70	20.1%	343.617	14.9%
0.9	265.23	21.9%	373.087	16.6%
0.8	235.76	24.2%	402.557	18.6%
0.7	206.29	27.0%	432.027	21.3%
0.6	176.82	30.7%	461.497	24.9%
2.16	636.552	10.0	0.0	6.9
1.49	439.103	14.3	199.214	10.0

Tabla 30 – Análisis de sensibilidad al mantenimiento

SENSIBILIDAD AL MANTENIMIENTO

Variación	Mantenim	TIR	VPN	TRI
1.4	4,445,000.00	20.0%	339.160	14.9%
1.3	4,127,500.00	20.0%	340.274	14.9%
1.2	3,810,000.00	20.0%	341.389	14.9%
1.1	3,492,500.00	20.0%	342.503	14.9%
1.0	3,175,000.00	20.1%	343.617	14.9%
0.9	2,857,500.00	20.1%	344.731	14.9%
0.8	2,540,000.00	20.1%	345.846	14.9%
0.7	2,222,500.00	20.1%	346.960	14.9%
0.6	1,905,000.00	20.2%	348.074	14.9%
31.8	100,965,000.00	10.0%	0.00	12.4%
46.0	146,050,000.00	3.5%	324.958	10.0%

Tabla 31 – Análisis de sensibilidad a la demanda (TPDA)

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

SENSIBILIDAD AL TDPA BASE (1 año)

Variación	TDPA	TIR	VPN	TRI
1.4	107,185.40	26.3%	587.985	20.6%
1.3	99,529.30	24.8%	526 895	19.2%
1.2	91,873.20	23.2%	465 801	17.8%
1.1	84,217.10	21.7%	404 709	16.3%
1.0	76,561.00	20.1%	343 617	14.9%
0.9	68,904.90	18.4%	282 525	13.5%
0.8	61,248.80	16.8%	221 433	12.1%
0.7	53,592.70	15.0%	160 341	10.6%
0.6	45,936.60	13.2%	99 249	9.2%
0.44%	336.87	10.1%	0.0	6.9%
0.66%	505.3026	14.3%	135 904	10.0%

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

e) Análisis de riesgos

Descripción	Impacto
La falta de los recursos presupuestales necesarios para concluir la obra en el tiempo previsto	Retraso en la Terminación de la Obra y molestias y costos adicionales a los usuarios de estas vías
Necesidad de obras adicionales del gobierno del estado al momento de la modernización, generada por situaciones de emergencia meteorológica o social.	Posposición del proyecto
Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y el tiempo de ejecución.	Retraso en la terminación de la obra en el tiempo previsto; molestias y aumento de costos generales de viaje adicionales a los usuarios de estas vías

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

VI. Conclusiones y Recomendaciones

Con la Modernización del PIV “Molinito de la: Carretera de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito, se beneficiara a un aproximado de 540 273. habitantes directos de la región Centro - Sur del Estado de Tlaxcala, ubicado en el municipio de San Pablo Apetatitlan y Tlaxcala, así como sus áreas de influencia, impulsando el desarrollo social, económico y turístico de la región.

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debido a los ahorros en costos de operación y una reducción en tiempos de recorrido, los cuales son superiores a los costos de inversión y conservación necesarios a lo largo de la vida útil del proyecto.

Los insumos importantes para la evaluación económica del proyecto son los costos de operación vehicular y los montos de inversión correspondientes a la situación con y sin proyecto. Los costos de operación vehicular se refieren a los de los usuarios de la infraestructura y a los asociados con el valor del tiempo de los pasajeros, en las condiciones con y sin proyecto.

Aunado a lo anterior, con la modernización del Entronque el “Molinito” y el “PIV” de esta obra se obtendrían los siguientes beneficios:

- Se proporcionara acceso permanente de manera eficiente a un aproximado de 540 273. Habitantes, impactando de manera directa a diversas localidades como

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

son: Tlaxcala, Chiautempan, San Pablo Apetatitlan, Apizaco, Puebla, San Martín Texmelucan, entre otros.

- Se hará más eficiente los servicios principalmente Industriales y comerciales, debido a una mayor fluidez vehicular constante.
- Se obtendrán importantes ahorros en los costos de operación vehicular.
- Se incrementara notablemente la seguridad de los usuarios.
- Como resultado de un mayor intercambio comercial y turístico, se prevé que las actividades productivas de la región se incrementarán, fundamentalmente en la producción agrícola, ganadera, silvícola, artesanal, comercial e industrial, con el resto del Estado, ya que se permitirá que la población pueda reducir sus costos de operación y ahorro en tiempos de traslado para obtener mayores utilidades en la venta de sus productos.

La puesta en operación de esta obra permitirá mejorar la movilidad de los viajeros a través de las carreteras mencionadas en el capítulo 2 y se fomentara una mejor conectividad entre las localidades aledañas.

En síntesis, con este proyecto la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Operación más segura para los usuarios, al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes.
- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

- Reducción en los tiempos de recorrido y costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Garantizar el flujo libre y seguro de los vehículos que circulan por esta vía.
- Mejoría en la interconexión de las carreteras federales y estatales del área de influencia del proyecto.

De acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se recomienda la realización de este proyecto.

- Mejorar los niveles de servicio.
- Reducir la contaminación ambiental por gases y por ruido.

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Responsables de la Información

Ramo: SCT, IMT, GOBIERNO DEL ESTADO DE TLAXCALA

Entidad: Tlaxcala

Área Responsable: SECODUVI

Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
	Director General de Carreteras		23/01/2018

Versión	Fecha
1	23 de enero de 2018

*El administrador del programa y/o proyecto de inversión, deberá tener como mínimo el nivel de Director de Área o su equivalente en la dependencia o entidad correspondiente, apegándose a lo establecido en el artículo 43 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

VII. Anexos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Análisis de la Oferta y la Demanda	Contiene el análisis de la oferta y demanda en la situación actual, sin proyecto y con proyecto.
Anexo B	Memoria de cálculo con los costos beneficios e indicadores de rentabilidad del proyecto	
Anexo H	Análisis de sensibilidad	

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

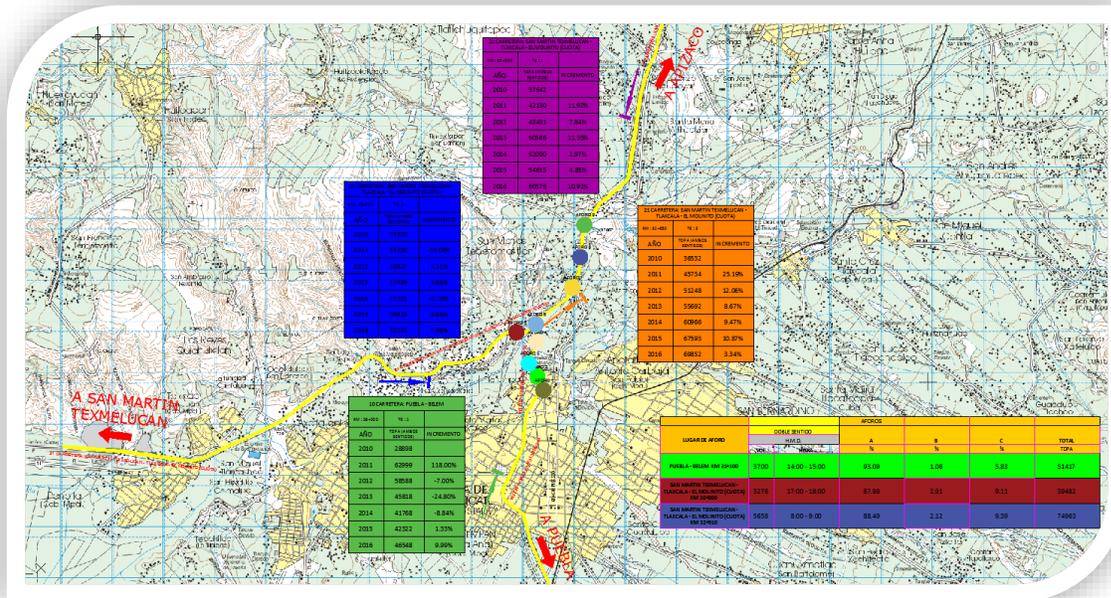
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

ANEXO A

Análisis de la Oferta y la Demanda

A fin de conocer el volumen de tránsito que circula por la intersección formada por la: Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito y la Carretera: Puebla Belén, se llevó a cabo estudios de campo, específicamente aforos manuales durante siete días las 24 horas en la Carretera: Carretera de cuota San Martín – Tlaxcala – El Molinito. La ubicación de las estaciones se muestra en la siguiente figura.

Figura 1.- Ubicación y tipo de las estaciones de aforo



Como resultado de estos estudios se conoció el tránsito promedio diario anual de las vialidades en estudio como se muestra a continuación:

Tabla 2.- TPDA en la zona de estudio

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito" Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

CARRERAS: PUEBLA - BELEN	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	TDPA
	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4			
ESTACION: X. C. TLAXCALA - BELEM SC 1	89.50%	0.70%	3.90%	0.70%	2.20%	1.70%	1.30%	100.00%	23767	46548
KM 28.80	21271	166	927	166	523	404	309			
CARRERAS: PUEBLA - BELEN	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	46548
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
ESTACION: X. C. TLAXCALA - BELEM SC 2	88.40%	0.70%	4.40%	0.70%	2.50%	1.90%	1.40%	100.00%	22781	
KM 28.80	20138	159	1002	159	570	433	319			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	TDPA
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
ESTACION: T. IZQ. TIZATLAN SC1	86.70%	2.00%	9.10%	0.60%	0.70%	0.40%	0.50%	100.00%	16111	32181
KM 29.00	13968	322	1466	97	113	64	81			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	32181
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
ESTACION: T. IZQ. TIZATLAN SC2	85.70%	2.20%	9.70%	0.60%	0.90%	0.40%	0.50%	100.00%	16070	
KM 29.00	13772	354	1559	96	145	64	80			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	TDPA
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
ESTACION: T. DER. SAN PABLO APETATITLÁN SC1	89.40%	1.10%	6.10%	0.70%	1.30%	0.80%	0.60%	100.00%	34296	69852
KM 31.65	30661	377	2092	240	446	274	206			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	69852
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
ESTACION: T. DER. SAN PABLO APETATITLÁN SC2	88.20%	1.20%	6.70%	0.90%	1.40%	1.00%	0.60%	100.00%	35556	
KM 31.65	31360	427	2382	320	498	356	213			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	TDPA
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
ESTACION: OCOTOXCO SC1	87.80%	1.40%	6.40%	1.10%	1.80%	0.80%	0.70%	100.00%	30596	60576
KM35.2	26863	428	1958	337	551	245	214			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	60576
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
ESTACION: OCOTOXCO SC2	87.10%	1.50%	6.70%	1.20%	1.90%	0.90%	0.70%	100.00%	29980	
KM35.2	26113	450	2009	360	570	270	210			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	TDPA
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
Aforo . Tizatlan SC1	85.86%	2.71%	9.23%	0.60%	0.70%	0.40%	0.50%	100.00%	19783	39482
KM 28+840	16986	536	1826	119	138	79	99			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	39482
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
Aforo . Tizatlan SC2	87.98%	2.91%	6.71%	0.60%	0.90%	0.40%	0.50%	100.00%	19699	
KM 28+840	17332	573	1322	118	177	79	98			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	TDPA
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
Aforo . Molinito SC1	88.13%	2.21%	5.86%	0.70%	1.30%	0.80%	1.00%	100.00%	36394	71212
KM 29+800	32074	804	2133	255	473	291	364			
CARRERAS: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)	CLASIFICACION DE TDPA								TOTAL	71212
A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4				
Aforo . Molinito SC2	87.78%	2.54%	5.78%	0.90%	1.40%	1.00%	0.60%	100.00%	34818	
KM 29+800	30563	884	2013	313	488	348	209			

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

El volumen de tránsito censado en la estación de aforo es representativo del tiempo en que se llevó a cabo, por lo que no sería el representativo de un TPDA, en virtud de que la muestra se efectuó en sólo siete días del año. El principal objetivo de un aforo es obtener un volumen diario representativo en el camino y que sirva como referencia para cualquier día del año; por esta razón, es necesario estimar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), que indique el flujo vehicular en promedio, que circula en cualquier día del año, como este valor se obtiene teóricamente al dividir la suma de todos los flujos vehiculares del año entre los 365 días del mismo, para ello se necesita efectuar el proceso de expansión y de la muestra.

Dado que la muestra de tránsito abarcó tres días, solamente es necesario aplicar el factor mes (Fm). más un factor por semana (Fs.) De tal manera que de acuerdo a los aforos en la zona de estudio se afectaron por dichos factores mediante la siguiente expresión:

Por lo que aplicando la formula $TPDA = TPDd * Fs * Fm$

A efecto de conocer la demanda del cruce en análisis, se llevó a cabo estudios de campo, consistentes en un aforo direccional durante 24 horas. El aforo se realizó de acuerdo a lo indicado por la metodología de la ingeniería de tránsito, que consiste en ir realizando un conteo y clasificación de cada vehículo que realiza cada trayectoria en la intersección con cortes cada 15 minutos.

Como resultado del estudio de aforo se obtuvo un tránsito que ya ajustado con los aforos manuales de 24 horas de vehículos para la carretera: Carretera San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito KM.29+100”

Para conocer la variación horaria a lo largo del día se realizó en la Carretera: Carretera de cuota San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito, estudios de aforo durante 24 horas continuas, localizando estos lugares estratégicos para captar la

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

mayor parte de la movilidad que afecta directamente a la zona de estudio, determinando así las fluctuaciones al transcurso del día normal a las actividades en la zona de estudio y su influencia.

Por lo anterior, a fin de tener un mejor análisis se dividió la demanda en dos periodos: “con congestión” y “sin congestión”.

La tabla 4 muestra la demanda en el cruce de acuerdo a los periodos de congestión.

Figura 4. Comportamiento horario carretera: Texmelucan – El Molinito km 28+840 (Tizatlán).



Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

CARRETERAS:	SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)									
SUBTRAMO1:	SUBTRAMO KM. 31+340 - 32+915									
SUBTRAMO2:	SUBTRAMO KM. 23+630 - 30+740									
ORIGEN	TLAXCALA	SENTIDOS			APIZACO - SAN MARTIN TEX					
LUGAR	MOLINITO KM 29+260									
	FECHA DE AFORO: 27/11/2017									
HORARIO	TIPO DE VEHICULO / VOLUMEN									
POR HORA	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2- R3	T3-S2- R4		
0	1	104	0	13	0	2	0	0	119	
1	2	70	0	29	0	3	0	0	102	
2	3	60	0	51	0	4	0	0	115	
3	4	43	0	77	0	10	1	0	131	
4	5	157	3	100	6	15	5	0	286	
5	6	240	0	55	7	12	6	0	320	
6	7	489	60	39	3	9	0	0	600	
7	8	655	53	41	3	6	1	0	759	
8	9	591	54	30	4	6	2	0	687	
9	10	1020	35	69	6	13	3	0	1146	
10	11	925	45	34	2	24	0	0	1030	
11	12	902	50	30	5	18	4	0	1009	
12	13	1010	45	19	5	10	1	0	1090	
13	14	1142	55	22	10	14	2	0	1245	
14	15	1382	19	6	9	20	4	0	1440	
15	16	1367	55	20	2	13	4	0	1461	
16	17	1503	71	17	5	12	6	0	1614	
17	18	1299	7	90	17	26	9	0	1448	
18	19	1271	7	88	15	35	5	0	1421	
19	20	1119	6	94	12	36	6	0	1273	
20	21	868	8	103	5	35	2	0	1021	
21	22	564	0	95	1	21	1	0	682	
22	23	345	0	75	0	11	0	0	431	
23	24	205	0	59	0	4	0	1	269	
		17331	573	1256	117	359	62	1	0	19699
		87.98%	2.91%	6.38%	0.59%	1.82%	0.31%	0.01%	0.00%	100.00%

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

MOVIMIENTO DIRECCIONAL		
ORIGEN	DETINO	TDPA
TLAXCALA	APIZACO	22875
TEXMELUCAN	TLAXCALA	6264
TEXMELUCAN	APIZACO	13519
APIZACO	TEXMELUCAN	19699
APIZACO	TLAXCALA	15119

TOTAL= 77,476

Figura 4. Movimientos Direccionales TDPA (actuales)

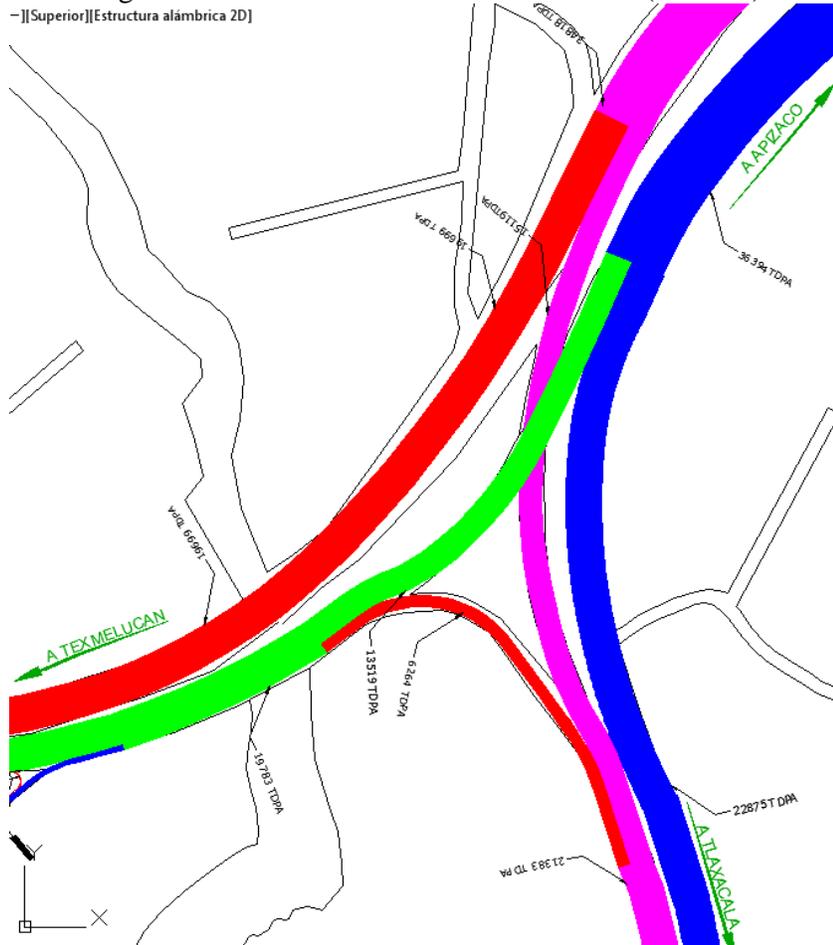


DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS DIRECCIONALES

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Figura 4.- Movimientos direccionales por hora (actuales).

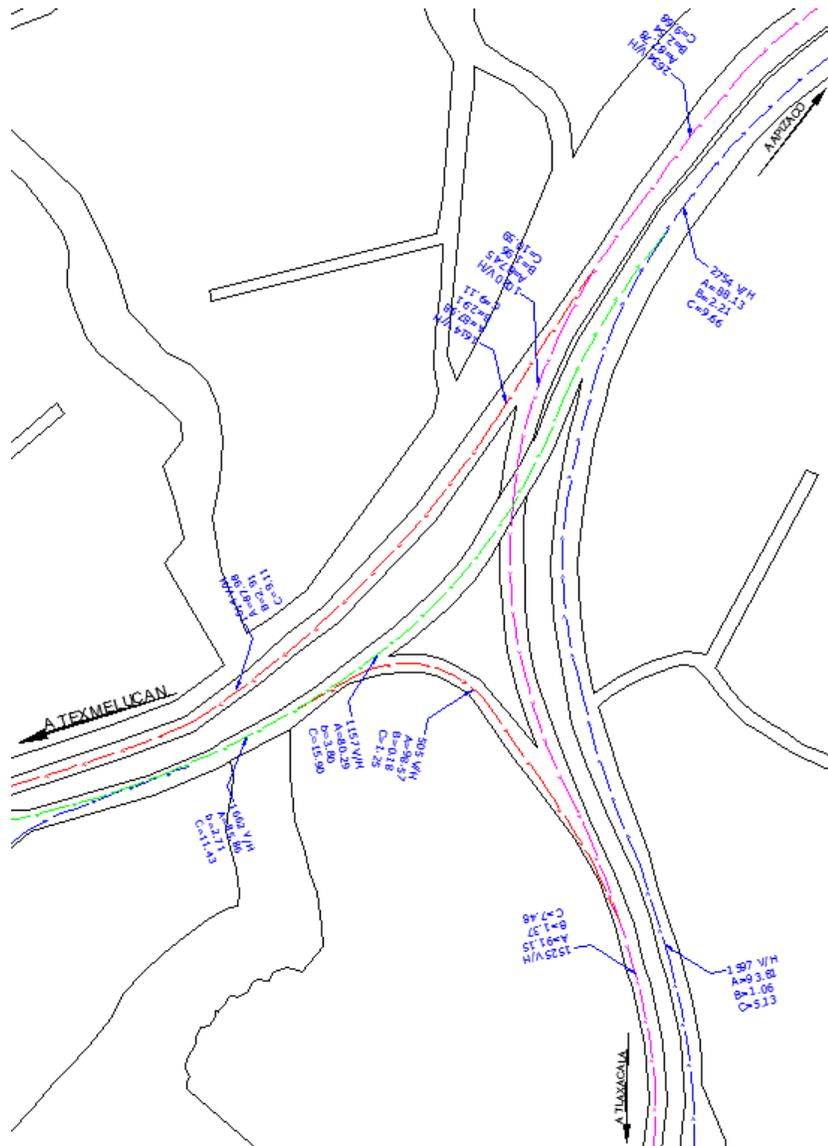


Tabla 3 – Volúmenes diarios asignados

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

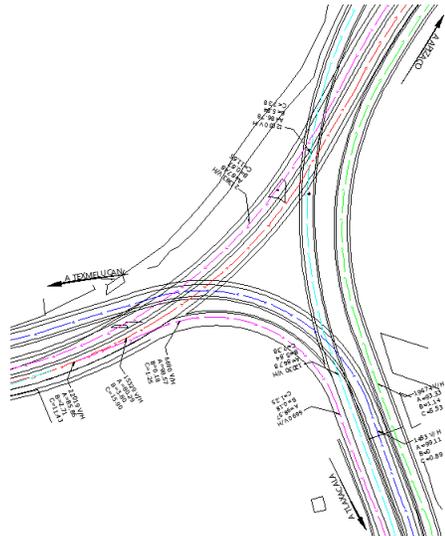
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

MOVIMIENTO DIRECCIONAL		
ORIGEN	DETINO	TDPA
TLAXCALA	APIZACO	19,667
TLAXCALA	TEXMELUCAN	1,483
TEXMELUCAN	TLAXCALA	6,688
TEXMELUCAN	APIZACO	15,323
APIZACO	TEXMELUCAN	21,375
APIZACO	TLAXCALA	12,025

TOTAL= 76,561

Se determinó que el total de beneficiados asciende a 76561 vehículos diarios, con una composición vehicular de 88.87% automóviles, 2.19 % autobuses y 8.94% camiones de carga. A fin de identificar los movimientos la figura 3 muestra gráficamente cada uno de ellos, con lo que se puede relacionar con el volumen de tránsito señalado en la tabla 3.

Figura 3. Movimientos direccionales asignados



ESTUDIO DE VELOCIDAD INSTANTANEA

La calidad del viaje se asocia, con frecuencia, con la velocidad o el tiempo de recorrido. La velocidad es un factor importante en el transporte terrestre; ya que el

**Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)**

movimiento vehicular tiene una participación considerable en la economía, seguridad, tiempo y servicio (comodidad y conveniencia), tanto para los conductores como para el público en general.

La velocidad es la relación de movimiento del tránsito, o de vehículos específicos y se expresa, generalmente, en kilómetros por hora o millas por hora. Sin embargo, existen dos tipos diferentes de medidas de velocidad media con base en el tiempo o velocidad media de punto, que es el valor central de un grupo de velocidades vehiculares instantáneas, medidas en un lugar dado, de una vía. La segunda expresión de velocidad promedio es la velocidad media, con base en la distancia o, velocidad de recorrido.

El estudio de velocidad de punto (Velocidad instantánea) está diseñado para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo las condiciones del tránsito y atmosféricas, prevalecientes a la hora de llevar a cabo el estudio. Para tener una evaluación estadística confiable se deben registrar las velocidades de un número adecuado de vehículos.

El estudio a realizar nos devolverá datos de las características de velocidad actual de las vialidades en estudio. Por lo cual se realizará un aforo vehicular de velocidad en un punto, con método manual, esta estación se ubicará en cada uno de los sentidos de las carreteras. Carretera: Puebla – Belén y San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito con una longitud de paso de 50 m, la hora para el aforamiento oscila entre 11:00 y 13:00 horas.

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala

CARRETERAS: PUEBLA - BELEN
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)

SUBTRAMO1: SUBTRAMO KM. 31+340-32+915

SUBTRAMO2: SUBTRAMO KM. 23+630 -30+740

ORIGEN	TLAXCALA		SENTIDO:	APIZACO - TLAXCALA	
LUGAR	TEXMELUCAN		FECHA:	29/11/2017	
			DISTANCIA BASE:	50 m.	
VELOCIDAD EN km/h	PUNTOS INTERMEDIOS (X)	No. DE VECES (F)	(X) (F)	%	% ACUM.
Grupo de Velocidades L1 - L (km/h)					
115.5 - 120.5	118	8	944	2	100
110.5 - 115.5	113	21	2373	5	98
105.5 - 110.5	108	36	3888	8	94
95.5 - 100.5	98	43	4214	10	86
90.5 - 95.5	93	92	8556	20	76
85.5 - 90.5	88	0	0	0	56
80.5 - 85.5	83	29	2407	6	56
75.5 - 80.5	78	28	2184	6	49
70.5 - 75.5	73	74	5402	16	43
65.5 - 70.5	68	38	2584	8	27
60.5 - 65.5	63	12	756	3	18
55.5 - 60.5	58	12	696	3	16
50.5 - 55.5	53	5	265	1	13
45.5 - 50.5	48	2	96	0	12
40.5 - 45.5	43	0	0	0	12
35.5 - 40.5	38	20	760	4	12
30.5 - 35.5	33	32	1056	7	7
25.5 - 30.5	28	0	0	0	0
20.5 - 25.5	23	0	0	0	0
15.5 - 20.5	18	0	0	0	0
TOTAL	Σ	452	Σ(X) (F) = 36181	100	

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala

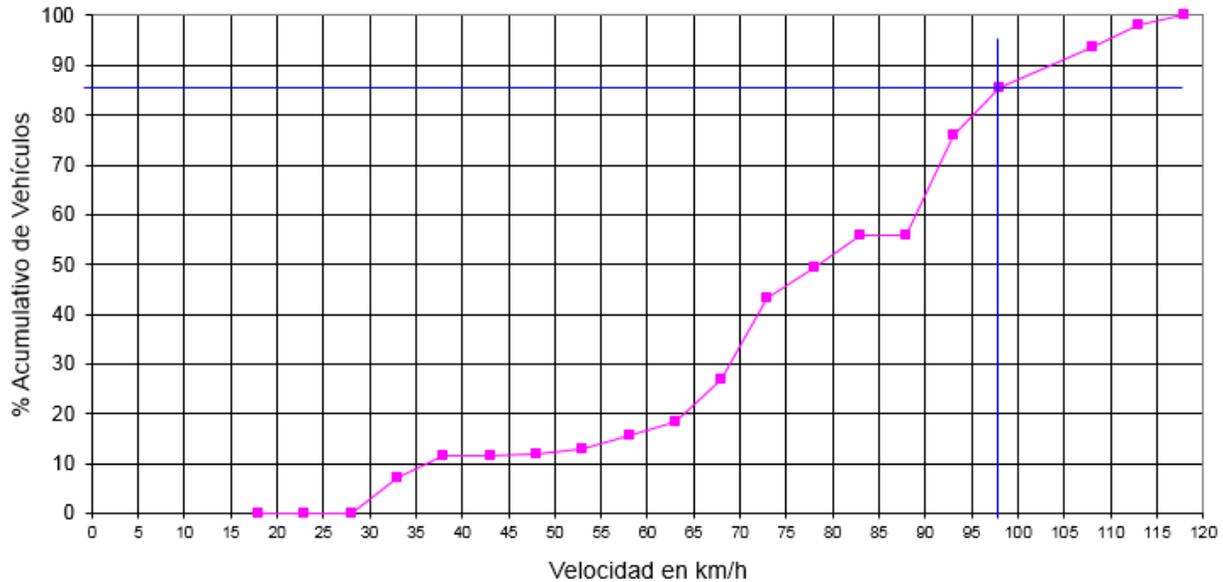
CARRETERAS: PUEBLA - BELEN
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)

SUBTRAMO1: SUBTRAMO KM. 31+340-32+915

SUBTRAMO2: SUBTRAMO KM. 23+630 -30+740

GRAFICA DE VELOCIDAD DE PUNTO

ORIGEN: TLAXCALA	SENTIDO: APIZACO - TLAXCALA
LUGAR: TEXMELUCAN	FECHA: 29/11/2017
ESTADO DEL PAVIMENTO: REGULAR	DISTANCIA BASE: 50 m.



Observaciones: El 85 % Percentil nos da una velocidad de 97.5 km/h., con una clasificación vehicular de:

A= 87.36% B= 5.23% C= 7.41%

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala

CARRETERAS: PUEBLA - BELEN
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)

SUBTRAMO1: SUBTRAMO KM. 31+340-32+915

SUBTRAMO2: SUBTRAMO KM. 23+630 -30+740

ORIGEN	TLAXCALA		SENTIDO:	TLAXCALA - APIZACO	
LUGAR	TEXMELUCAN		FECHA:	29/11/2017	
			DISTANCIA BASE:	50 m.	
VELOCIDAD EN km/h	PUNTOS INTERMEDIO S (X)	No. DE VECES (F)	(X) (F)	%	% ACUM.
Grupo de Velocidades L1 - L (km/h)					
115.5 - 120.5	118	15	1770	4	100
110.5 - 115.5	113	25	2825	6	96
105.5 - 110.5	108	35	3780	8	90
95.5 - 100.5	98	30	2940	7	82
90.5 - 95.5	93	82	7626	19	75
85.5 - 90.5	88	0	0	0	56
80.5 - 85.5	83	53	4399	13	56
75.5 - 80.5	78	43	3354	10	43
70.5 - 75.5	73	42	3066	10	33
65.5 - 70.5	68	49	3332	12	23
60.5 - 65.5	63	12	756	3	11
55.5 - 60.5	58	30	1740	7	8
50.5 - 55.5	53	4	212	1	1
45.5 - 50.5	48	1	48	0	0
40.5 - 45.5	43	0	0	0	0
35.5 - 40.5	38	0	0	0	0
30.5 - 35.5	33	0	0	0	0
25.5 - 30.5	28	0	0	0	0
20.5 - 25.5	23	0	0	0	0
15.5 - 20.5	18	0	0	0	0
TOTAL	Σ	421	Σ(X) (F) = 35848	100	

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala

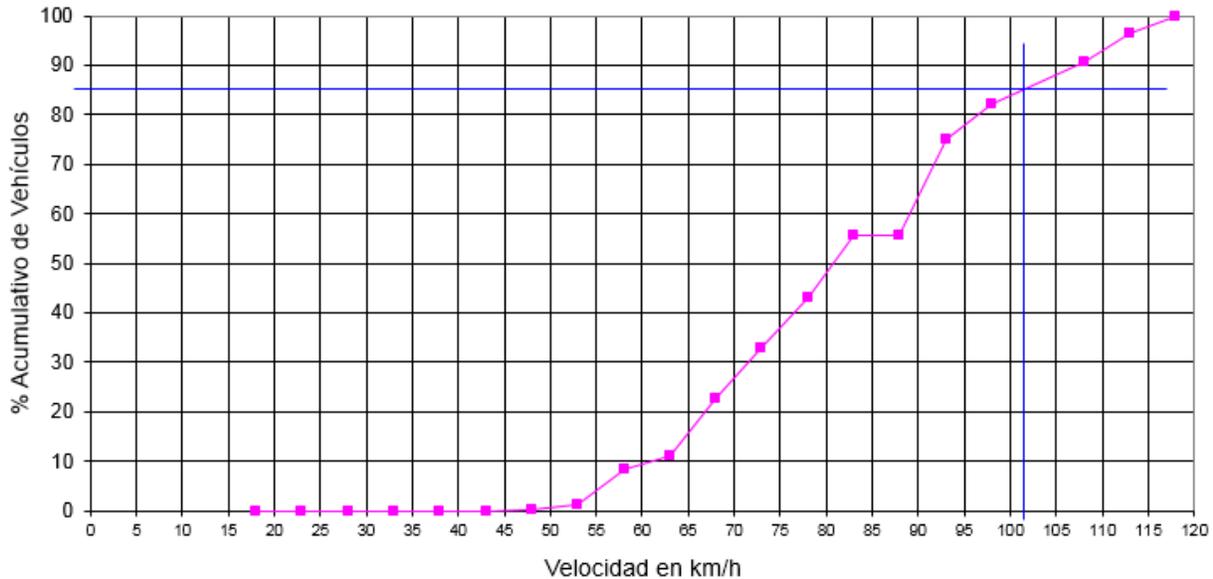
CARRETERAS: PUEBLA - BELEN
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)

SUBTRAMO1: SUBTRAMO KM. 31+340-32+915

SUBTRAMO2: SUBTRAMO KM. 23+630 -30+740

GRAFICA DE VELOCIDAD DE PUNTO

ORIGEN: TLAXCALA	SENTIDO: TLAXCALA - APIZACO
LUGAR: TEXMELUCAN	FECHA: 29/11/2017
ESTADO DEL PAVIMENTO: REGULAR	DISTANCIA BASE: 50 m.



Observaciones: El 85 % Percentil nos da una velocidad de 102 km/h., con una clasificación vehicular de:

A= 88.22% B= 4.62% C= 7.16%

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala

CARRETERAS: PUEBLA - BELEN
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)

SUBTRAMO1: SUBTRAMO KM. 31+340-32+915

SUBTRAMO2: SUBTRAMO KM. 23+630 -30+740

ORIGEN	TLAXCALA	SENTIDO:	APIZACO - TLAXCALA
LUGAR	MOLINITO	FECHA:	29/11/2017
		DISTANCIA BASE:	50 m.

VELOCIDAD EN km/h	PUNTOS INTERMEDIOS (X)	No. DE VECES (F)	(X) (F)	%	% ACUM.
115.5 - 120.5	118	7	826	1	100
110.5 - 115.5	113	3	339	0	99
105.5 - 110.5	108	16	1728	3	98
95.5 - 100.5	98	42	4116	7	96
90.5 - 95.5	93	80	7440	13	89
85.5 - 90.5	88	0	0	0	77
80.5 - 85.5	83	70	5810	11	77
75.5 - 80.5	78	37	2886	6	66
70.5 - 75.5	73	110	8030	17	60
65.5 - 70.5	68	85	5780	13	43
60.5 - 65.5	63	74	4662	12	29
55.5 - 60.5	58	42	2436	7	18
50.5 - 55.5	53	32	1696	5	11
45.5 - 50.5	48	20	960	3	6
40.5 - 45.5	43	1	43	0	3
35.5 - 40.5	38	18	684	3	3
30.5 - 35.5	33	0	0	0	0
25.5 - 30.5	28	0	0	0	0
20.5 - 25.5	23	0	0	0	0
15.5 - 20.5	18	0	0	0	0
TOTAL	Σ	637	Σ(X) (F) = 47436	100	

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala

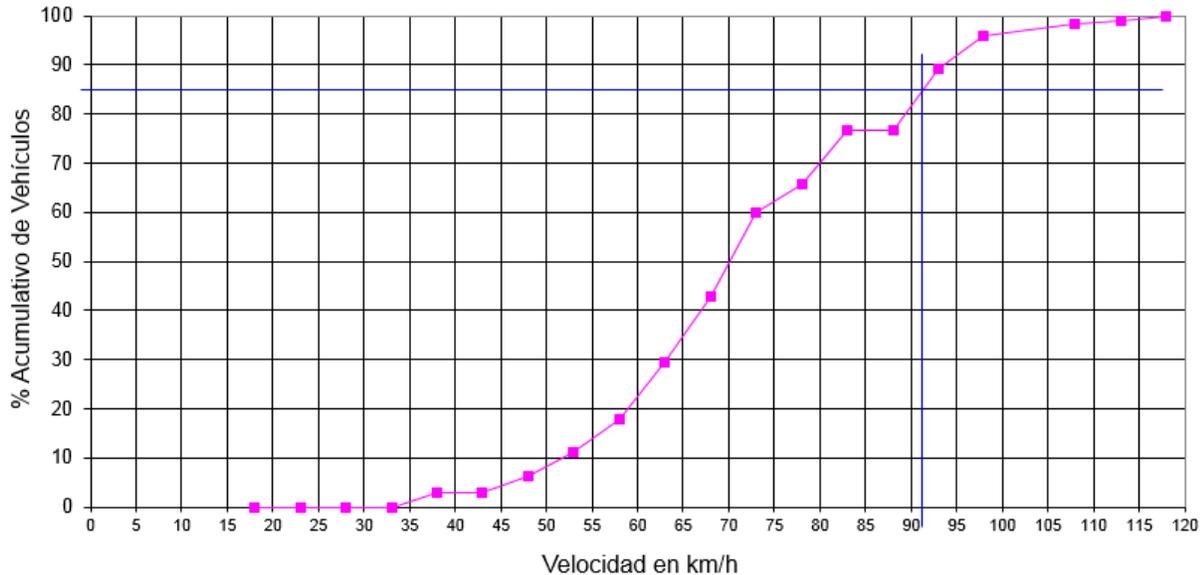
CARRETERAS: PUEBLA - BELEN
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)

SUBTRAMO1: SUBTRAMO KM. 31+340-32+915

SUBTRAMO2: SUBTRAMO KM. 23+630 -30+740

GRAFICA DE VELOCIDAD DE PUNTO

ORIGEN: APIZACO	SENTIDO: APIZACO - TLAXCALA
LUGAR: MOLINITO	FECHA: 29/11/2017
ESTADO DEL PAVIMENTO: REGULAR	DISTANCIA BASE: 50 m.



Observaciones: El 85 % Percentil nos da una velocidad de 91 km/h., con una clasificación vehicular de:

A= 89.55% B= 2.65% C= 7.80%

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

CARRETERAS: PUEBLA - BELEN
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)

SUBTRAMO1: SUBTRAMO KM. 31+340-32+915

SUBTRAMO2: SUBTRAMO KM. 23+630 -30+740

ORIGEN	TLAXCALA	SENTIDO:	TLAXCALA - APIZACO
LUGAR	MOLINITO	FECHA:	29/11/2017
		DISTANCIA BASE:	50 m.

VELOCIDAD EN km/h	PUNTOS INTERMEDIOS (X)	No. DE VECES (F)	(X) (F)	%	% ACUM.
Grupo de Velocidades L1 - L (km/h)	S (X)	(F)			
115.5 - 120.5	118	0	0	0	100
110.5 - 115.5	113	5	565	1	100
105.5 - 110.5	108	12	1296	2	99
95.5 - 100.5	98	10	980	2	97
90.5 - 95.5	93	42	3906	8	95
85.5 - 90.5	88	0	0	0	86
80.5 - 85.5	83	42	3486	8	86
75.5 - 80.5	78	76	5928	15	78
70.5 - 75.5	73	94	6862	18	63
65.5 - 70.5	68	89	6052	17	45
60.5 - 65.5	63	31	1953	6	27
55.5 - 60.5	58	57	3306	11	21
50.5 - 55.5	53	45	2385	9	10
45.5 - 50.5	48	6	288	1	1
40.5 - 45.5	43	0	0	0	0
35.5 - 40.5	38	0	0	0	0
30.5 - 35.5	33	0	0	0	0
25.5 - 30.5	28	0	0	0	0
20.5 - 25.5	23	0	0	0	0
15.5 - 20.5	18	0	0	0	0
TOTAL	Σ	509	Σ(X) (F) = 37007	100	

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

CARRETERAS:

PUEBLA - BELEN

SUBTRAMO1:

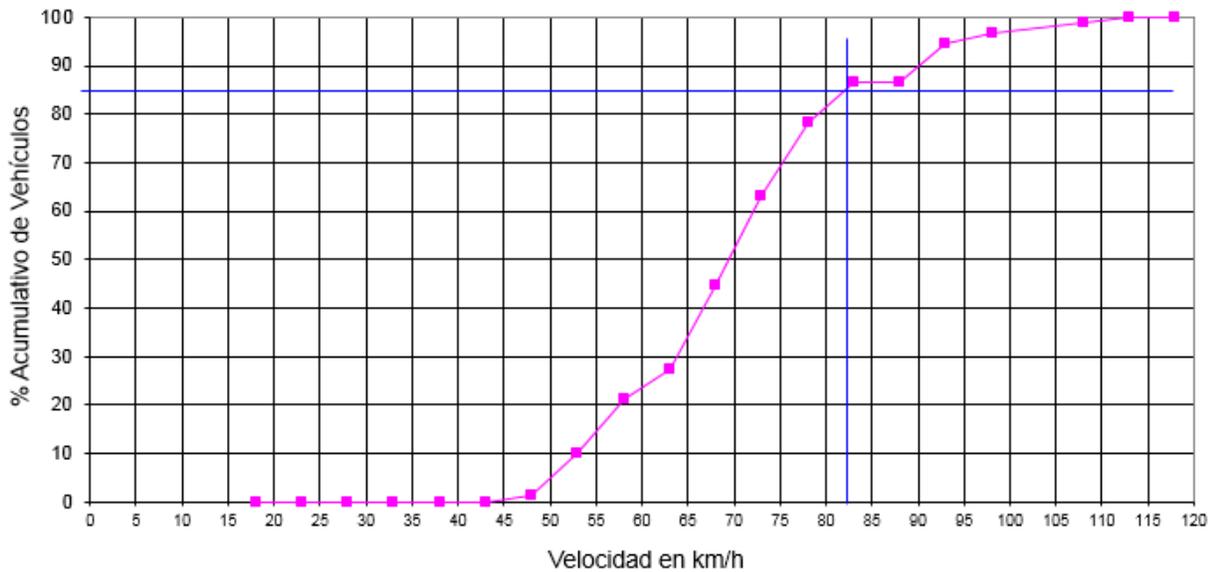
SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA - EL MOLINITO (CUOTA)

SUBTRAMO2:

SUBTRAMO KM. 23+630 -30+740

GRAFICA DE VELOCIDAD DE PUNTO

ORIGEN: TLAXCALA	SENTIDO: TLAXCALA - APIZACO
LUGAR: MOLINITO	FECHA: 29/11/2017
ESTADO DEL PAVIMENTO: REGULAR	DISTANCIA BASE: 50 m.



Observaciones:	El 85 % Percentil nos da una velocidad de	82 km/h., con una clasificación vehicular de:
	A= 94.30%	B= 1.38% C= 4.32%

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Para conocer la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) del tramo en análisis, se tomaron los Datos Viales históricos de la SCT, correspondientes a la carretera: la carretera: carretera de cuota: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito, específicamente en la caseta de SAN Martín Texmelucan - Tlaxcala - el Molinito km 29+00. 31+650. 32+200. 28+800 (como se muestra en las siguientes tablas y graficas), a los cuales se le dio un tratamiento estadístico para determinar la recta al ajuste de dichos datos por medio de mínimos cuadrados de los datos históricos registrados para los años 2010 al 2017, dando como resultado una tasa del 3.50 % anual.

Comportamiento histórico del tránsito

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito" Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

ESTACION 1 Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota)

km 29+000

 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL				
CÁLCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS				
Carretera: carretera San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 29+000				
AÑO	A	T.P.D.A. V	A ²	PRODUCTO A x V
2010	1	37502	1	37502
2011	2	25104	4	50208
2012	3	26437	9	79311
2013	4	27409	16	109636
2014	5	27202	25	136010
2015	6	29829	36	178974
2016	7	32181	49	225267
Σ =	28	205664	140	816908
(Σ) ² =	784			
N =	7			

$$V = a_0 + a_1 \cdot A$$

EN DONDE:

V = TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL
(VARIABLE DEPENDIENTE)

a₀ = ORDENADA AL ORIGEN

a₁ = PENDIENTE DE LA RECTA

A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)

$$a_0 = \frac{(\Sigma V)(\Sigma A^2) - (\Sigma A)(\Sigma AV)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 30201.71$$

$$a_1 = \frac{N(\Sigma AV) - (\Sigma A)(\Sigma V)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = -205.29$$

N = NUMERO TOTAL DE DATOS

ECUACION DE LA RECTA

$$V = 30201.71 + (-205.29) \cdot A$$

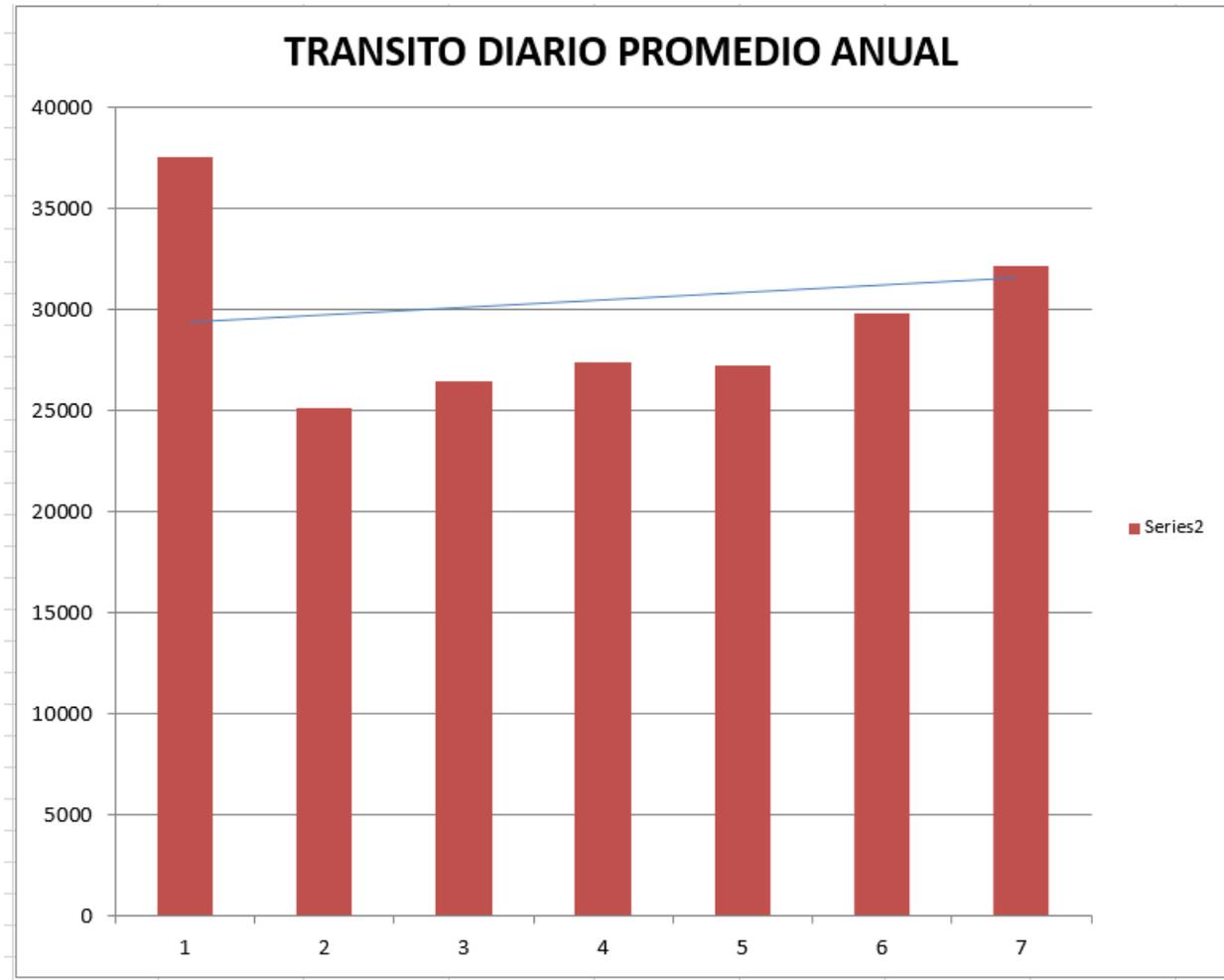
2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (i)

$$i = \frac{N(a_1)}{\Sigma V - (a_1)(\Sigma A)} = -0.0068$$

TASA DE INCREMENTO ANUAL (%) **i = -0.68**

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)



DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

ESTACION 2 Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 31+650



DETERMINACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

CALCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS
Carretera: carretera San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 31+650

AÑO	A	T.P.D.A. V	A ²	PRODUCTO A x V
2010	1	36532	1	36532
2011	2	45734	4	91468
2012	3	51248	9	153744
2013	4	55692	16	222768
2014	5	60966	25	304830
2015	6	67593	36	405558
2016	7	69852	49	488964
Σ -	28	387617	140	1703864
(Σ) ² =	784			
N =	7			

$V = a_0 + a_1 \cdot A$

EN DONDE:

V = TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL
(VARIABLE DEPENDIENTE)

a_0 = ORDENADA AL ORIGEN

a_1 = PENDIENTE DE LA RECTA

A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)

$$a_0 = \frac{(\Sigma V)(\Sigma A^2) - (\Sigma A)(\Sigma AV)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 33460.14$$

$$a_1 = \frac{N(\Sigma AV) - (\Sigma A)(\Sigma V)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 5478.43$$

N = NUMERO TOTAL DE DATOS

ECUACION DE LA RECTA

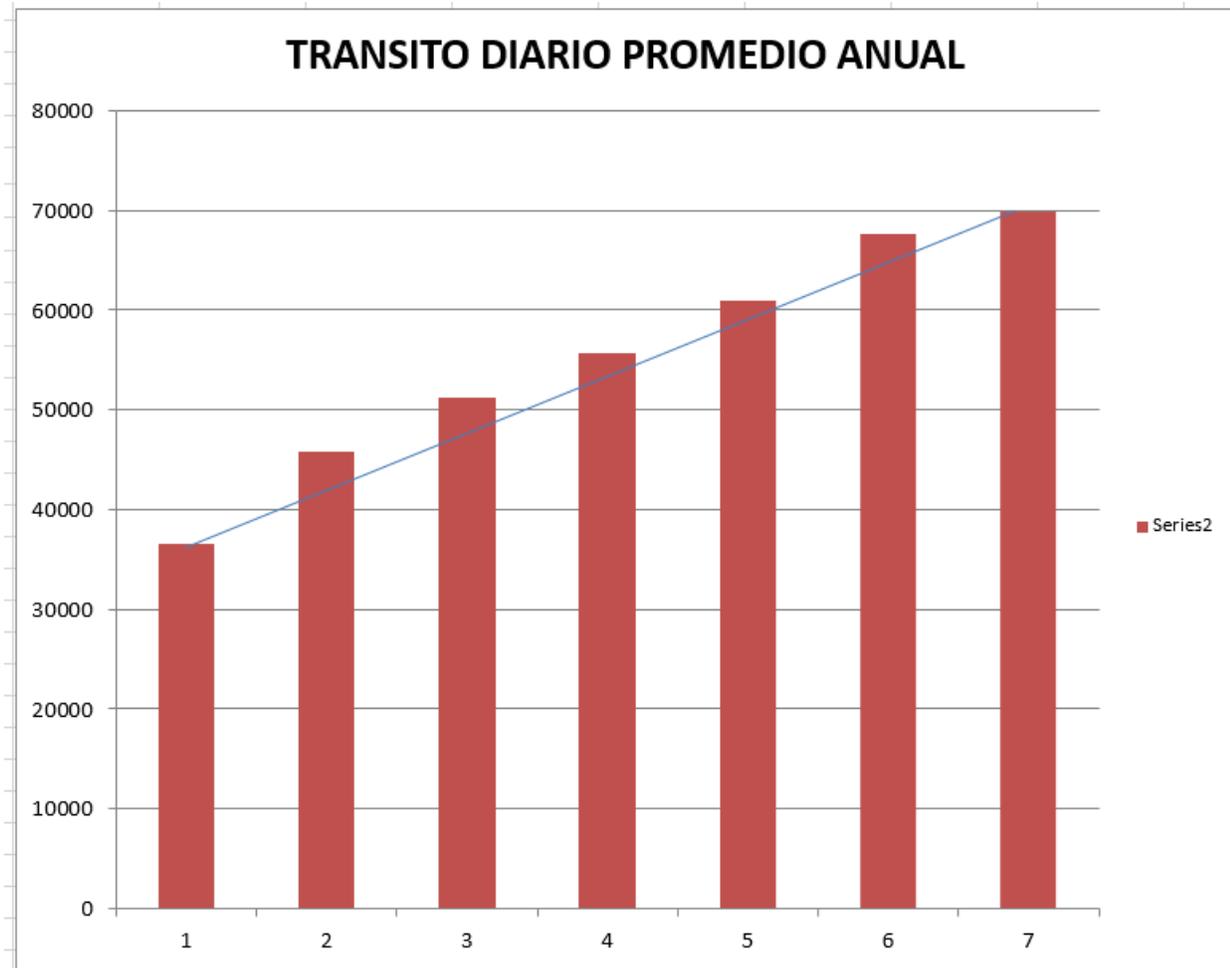
$V = 33460.14 + 5478.43A$

2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (i)

$$i = \frac{N(a_1)}{\Sigma V - (a_1)(\Sigma A)} = 0.1637$$

TASA DE INCREMENTO ANUAL (%) i = 16.37

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)



Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Estación 3 Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 35+210



DETERMINACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

CALCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota) km 35+21

AÑO	A	T.P.D.A. V	A ²	PRODUCTO A x V
2010	1	37642	1	37642
2011	2	42130	4	84260
2012	3	45431	9	136293
2013	4	50586	16	202344
2014	5	52090	25	260450
2015	6	54615	36	327690
2016	7	60576	49	424032
Σ -	28	343070	140	1472711
(Σ) ² =	784			
N =	7			

$V = a_0 + a_1 A$

EN DONDE:

V = TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL
(VARIABLE DEPENDIENTE)

a_0 = ORDENADA AL ORIGEN

a_1 = PENDIENTE DE LA RECTA

A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)

$$a_0 = \frac{(\Sigma V)(\Sigma A^2) - (\Sigma A)(\Sigma AV)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 34662.71$$

$$a_1 = \frac{N(\Sigma AV) - (\Sigma A)(\Sigma V)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 3586.82$$

N = NUMERO TOTAL DE DATOS

ECUACION DE LA RECTA

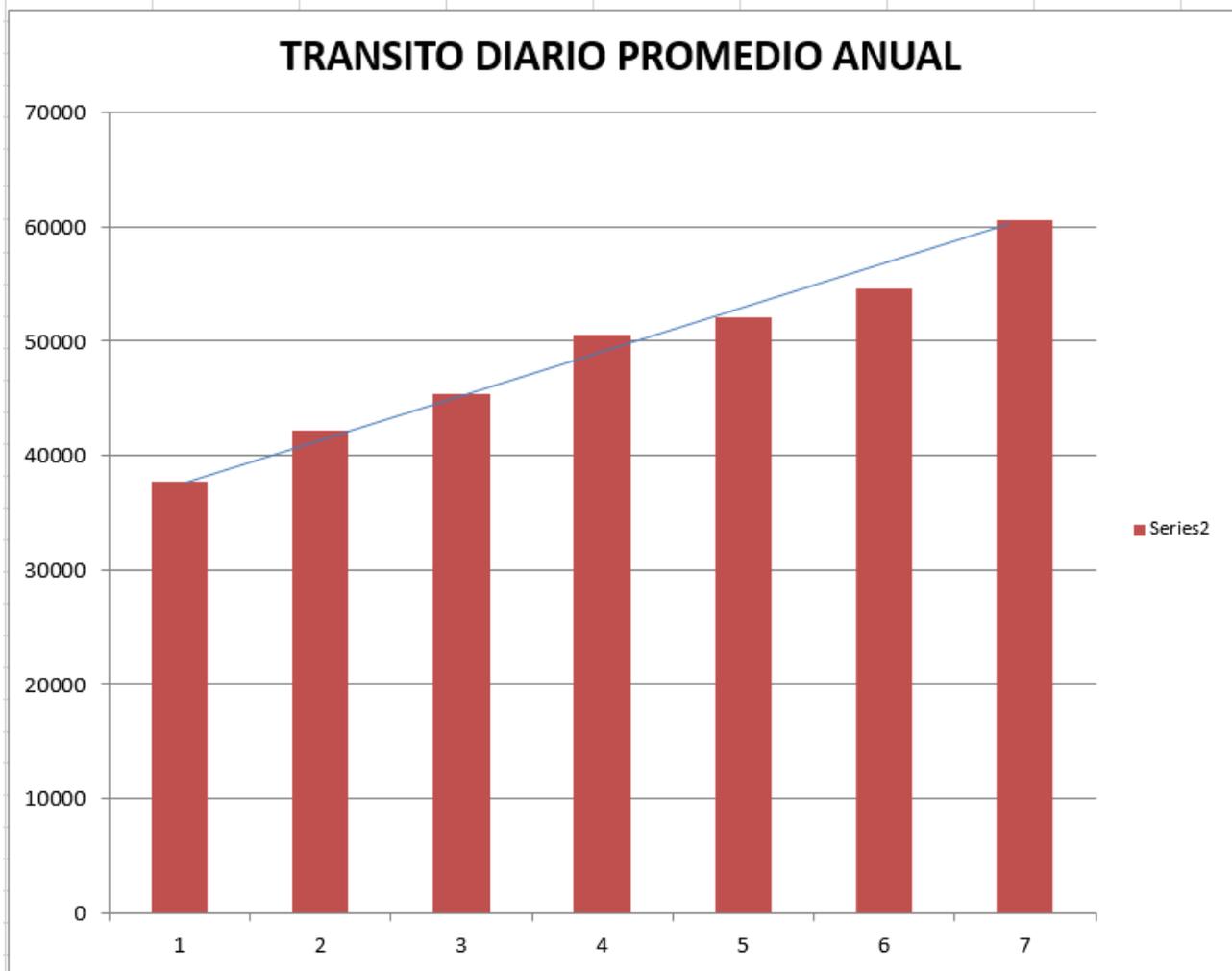
$V = 34662.71 + 3586.82A$

2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (i)

$$i = \frac{N(a_1)}{\Sigma V - (a_1)(\Sigma A)} = 0.1035$$

TASA DE INCREMENTO ANUAL (%) i = 10.35

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

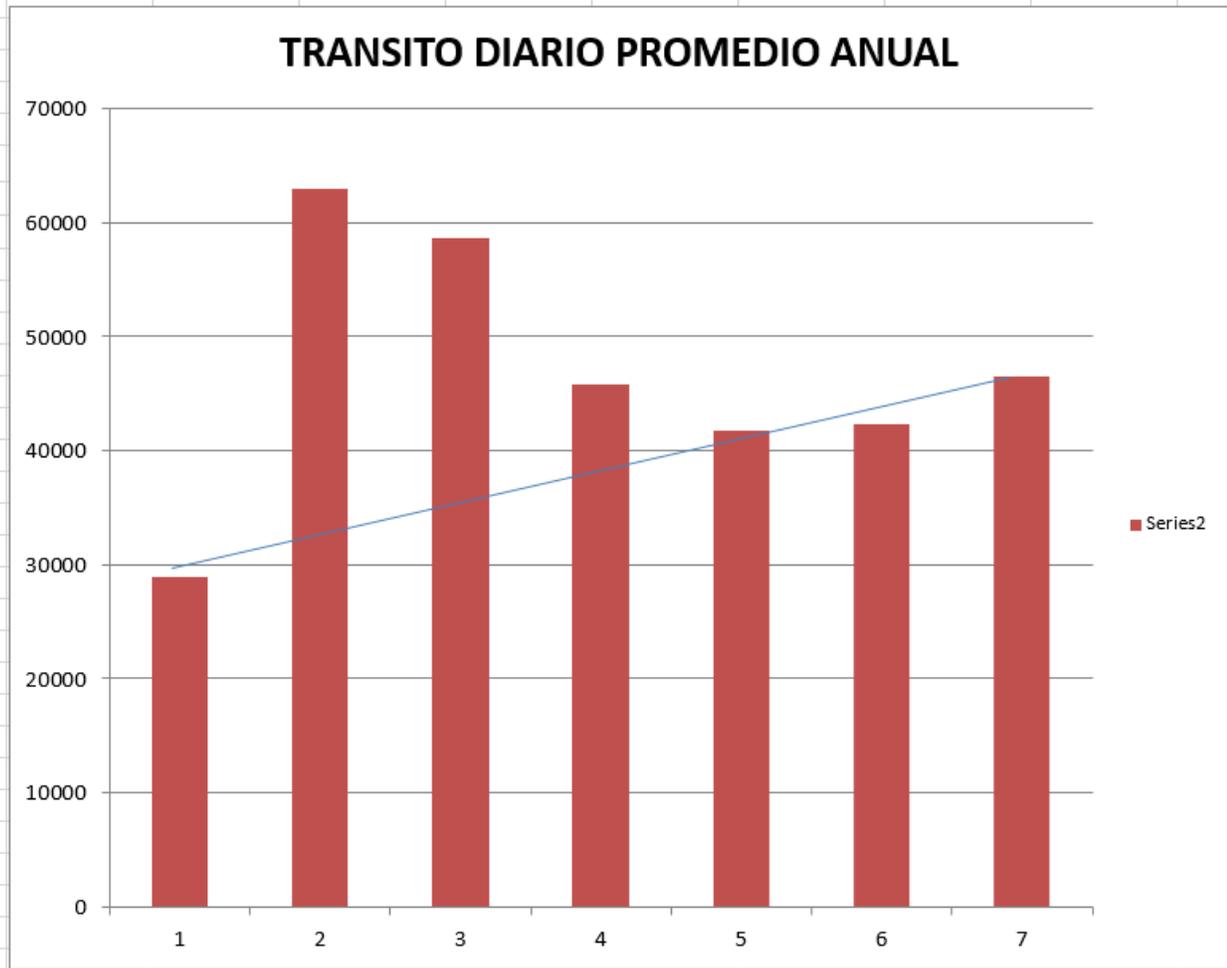


Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

**ESTACION 4 Carretera: San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito (cuota)
km 28+800**

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL				
CÁLCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS				
Carretera: Puebla - Belen km 28+800				
AÑO	A	T.P.D.A. V	A ²	PRODUCTO A x V
2010	1	28898	1	28898
2011	2	62999	4	125998
2012	3	58588	9	175764
2013	4	45818	16	183272
2014	5	41768	25	208840
2015	6	42322	36	253932
2016	7	46548	49	325836
Σ	28	326941	140	1302540
Σ ²	784			
N	7			
$V = a_0 + a_1 \cdot A$				
EN DONDE:				
V = TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (VARIABLE DEPENDIENTE)				
a ₀ = ORDENADA AL ORIGEN				
a ₁ = PENDIENTE DE LA RECTA				
A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)				
$a_0 = \frac{(\Sigma V)(\Sigma A^2) - (\Sigma A)(\Sigma AV)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = 47452.14$				
$a_1 = \frac{N(\Sigma AV) - (\Sigma A)(\Sigma V)}{N(\Sigma A^2) - (\Sigma A)^2} = -186.57$				
N = NUMERO TOTAL DE DATOS				
ECUACION DE LA RECTA				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $V = 47452.14 + (-186.57) \cdot A$ </div>				
2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (i)				
$i = \frac{N(a_1)}{\Sigma V - (a_1)(\Sigma A)} = -0.0039$				
TASA DE INCREMENTO ANUAL (%)				
				i = -0.39

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)



MOVILIDAD PEATONAL

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Se realizaron una serie de Aforos Peatonales para determinar de una forma cuantitativa la movilidad peatonal, interactuando con el vehículo automotor, conociendo estos volúmenes, estaremos en posibilidad de definir el tiempo adecuado para proteger y regular al peatón, cuando exista un dispositivo para el control del tránsito.

A continuación en la siguiente tabla se presentan los volúmenes peatonales registrados en las direccionales correspondientes se muestran los resultados en los cruces con mayor movilidad registrados.

SENTIDO		TRAMOS	CANTIDAD	HMD		CANTIDAD
AFORO PEATONAL						
Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala						
MIÉRCOLES 29 DE NOVIEMBRE DEL 2017						
TIZATLAN		TIZATLAN-MARIANO MATAMOROS (PUENTE)	84	17:00	17:45	9
		MARIANO MATAMOROS -TIZATLAN (PUENTE)	72	16:45	17:00	9
DOBLE SENTIDO (PUENTE)		DOBLE SENTIDO (PUENTE)	156			
		TIZATLAN-MARIANO MATAMOROS (A NIVEL)	19	15:45	16:30	4
		MARIANO MATAMOROS-TIZATLAN (A NIVEL)	13	06:45	07:30	2
DOBLE SENTIDO (A NIVEL)		DOBLE SENTIDO (A NIVEL)	32			

Tabla 4. Demanda por periodos de congestión

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

DATOS BASICOS DE LA EVALUACION

TRAMOS	LONGITUD (Km)	TPDA	TERRENO (p,l,m)	ESTADO FISICO	COMPOSICION (A,B,C) % Con congestión		
CONDICION ACTUAL SIN PROYECTO							
1.- Chiautempan - Apizaco	1.0	19,667	p	3.5	93.3%	1.1%	5.5%
2.- Chiautempan - Tlaxcala	4.0	1,483	p	3.5	99.1%	0.0%	0.9%
3.- Apizaco - Chiautempan	1.0	12,025	p	3.5	86.8%	5.8%	7.4%
4.- Apizaco - Tlaxcala	1.0	21,375	p	3.5	87.5%	0.9%	11.7%
5.- Tlaxcala - Apizaco	1.0	15,323	p	3.5	80.3%	3.8%	15.9%
6.- Tlaxcala - Chiautempan	1.0	6,688	p	3.5	98.6%	0.2%	1.3%
CONDICION ACTUAL CON PROYECTO							
1.- Chiautempan - Apizaco	1.0	19,667	p	2.5	93.3%	1.1%	5.5%
2.- Chiautempan - Tlaxcala	1.0	1,483	p	2.5	99.1%	0.0%	0.9%
3.- Apizaco - Chiautempan	1.0	12,025	p	2.5	86.8%	5.8%	7.4%
4.- Apizaco - Tlaxcala	1.0	21,375	p	2.5	87.5%	0.9%	11.7%
5.- Tlaxcala - Apizaco	1.0	15,323	p	2.5	80.3%	3.8%	15.9%
6.- Tlaxcala - Chiautempan	1.0	6,688	p	2.5	98.6%	0.2%	1.3%

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

ANEXO B

Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI

COMPLEJO METROPOLITANO "EL MOLINITO"								
COSTOS TOTALES SIN PROYECTO (miles de pesos/año)								
AÑO	SITUACION SIN PROYECTO				SITUACION SIN PROYECTO			
	Situación con congestión		Situación sin congestión		(Costos totales)			
	COV	Tiempo	COV	Tiempo	COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
0	216,022	87,586	1,100	829	217,122	88,415	270	305,807
1	223,889	91,597	1,139	858	225,028	92,456	270	317,754
2	234,226	95,840	1,179	889	235,406	96,730	270	332,406
3	242,742	100,323	1,221	922	243,963	101,244	270	345,477
4	252,029	105,086	1,264	955	253,293	106,040	1,575	360,909
5	261,191	110,142	1,309	989	262,500	111,131	270	373,901
6	270,685	115,516	1,355	1,025	272,040	116,541	270	388,851
7	281,034	121,221	1,403	1,062	282,438	122,284	270	404,991
8	291,248	127,319	1,453	1,101	292,701	128,420	7,470	428,591
9	303,888	133,830	1,504	1,141	305,392	134,971	270	440,633
10	314,865	140,795	1,557	1,182	316,423	141,978	270	458,670
11	327,926	148,240	1,613	1,225	329,539	149,465	270	479,274
12	339,783	156,256	1,670	1,270	341,452	157,526	1,575	500,554
13	353,370	164,885	1,729	1,317	355,099	166,202	270	521,571
14	366,785	174,151	1,790	1,365	368,576	175,515	270	544,361
15	381,621	184,223	1,854	1,415	383,475	185,638	270	569,383
16	395,413	195,154	1,920	1,466	397,333	196,621	20,070	614,023
17	411,545	207,057	1,988	1,520	413,533	208,577	270	622,380
18	426,415	220,063	2,059	1,576	428,474	221,639	270	650,383
19	443,946	234,333	2,132	1,634	446,078	235,968	270	682,315
20	459,983	250,061	2,208	1,694	462,191	251,756	1,575	715,522
21	476,599	267,484	2,286	1,757	478,885	269,241	270	748,397
22	496,323	286,896	2,368	1,822	498,691	288,718	270	787,679
23	514,346	308,667	2,452	1,890	516,799	310,556	270	827,625
24	533,024	333,269	2,540	1,960	535,563	335,229	7,470	878,262
25	552,378	361,317	2,630	2,033	555,009	363,350	270	918,629
26	572,435	393,548	2,724	2,109	575,159	395,657	270	971,086
27	593,219	431,233	2,822	2,188	596,040	433,420	270	1,029,730
28	614,756	475,859	2,923	2,270	617,679	478,128	1,575	1,097,382
29	637,074	529,701	3,027	2,355	640,102	532,056	270	1,172,427
30	660,202	596,217	3,136	2,443	663,338	598,661	270	1,262,269
	12,232,941.58	7,060,283.18	59,255.73	45,434.21	12,292,197.31	7,105,717.39	47,520.00	19,445,434.70

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

COMPLEJO METROPOLITANO "EL MOLINITO"

COSTOS TOTALES CON PROYECTO (miles de pesos/año)

AÑO	SITUACION CON PROYECTO				SITUACION CON PROYECTO (Costos totales)			
	Situación con congestión		Situación sin congestión		COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
	COV	Tiempo	COV	Tiempo				
0	188,570	74,993	1,177	989	189,747	75,982	240	265,970
1	195,458	78,110	-	-	195,458	78,110	240	273,808
2	202,598	81,383	-	-	202,598	81,383	240	284,221
3	209,998	84,812	-	-	209,998	84,812	240	295,050
4	217,668	88,430	-	-	217,668	88,430	1,400	307,498
5	225,617	92,241	-	-	225,617	92,241	240	318,098
6	233,857	96,258	-	-	233,857	96,258	240	330,354
7	242,396	100,482	-	-	242,396	100,482	240	343,118
8	251,247	104,960	-	-	251,247	104,960	6,640	362,847
9	262,792	111,026	-	-	262,792	111,026	240	374,058
10	272,384	116,094	-	-	272,384	116,094	240	388,717
11	282,403	121,776	-	-	282,403	121,776	240	404,420
12	292,710	127,501	-	-	292,710	127,501	1,400	421,610
13	303,392	133,596	-	-	303,392	133,596	240	437,228
14	314,463	140,088	-	-	314,463	140,088	240	454,791
15	325,937	147,043	-	-	325,937	147,043	240	473,220
16	337,830	154,501	-	-	337,830	154,501	17,840	510,170
17	350,155	162,520	-	-	350,155	162,520	240	512,915
18	364,323	172,708	-	-	364,323	172,708	240	537,271
19	377,612	182,126	-	-	377,612	182,126	240	559,978
20	391,384	192,360	-	-	391,384	192,360	1,400	585,144
21	405,658	203,531	-	-	405,658	203,531	240	609,429
22	420,941	218,038	-	-	420,941	218,038	240	639,219
23	436,290	231,648	-	-	436,290	231,648	240	668,178
24	452,198	246,770	-	-	452,198	246,770	6,640	705,609
25	496,291	450,186	-	-	496,291	450,186	240	946,717
26	514,344	475,854	-	-	514,344	475,854	240	990,439
27	533,054	504,536	-	-	533,054	504,536	240	1,037,830
28	552,443	536,979	-	-	552,443	536,979	1,400	1,090,822
29	572,536	574,284	-	-	572,536	574,284	240	1,147,060
30	593,360	618,105	-	-	593,360	618,105	240	1,211,704
	10,631,339.00	6,547,945.96	0.00	0.00	10,631,339.00	6,547,945.96	42,240.00	17,221,524.97

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

COMPLEJO METROPOLITANO "EL MOLINITO"

AHORROS (miles de pesos/año)

AÑO	AHORROS POR PERIODO				AHORROS TOTALES			
	Situación con congestión		Situación sin congestión		COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
	COV	Tiempo	COV	Tiempo				
0	27,452	12,593	(77)	(161)	27,375	12,432	30	39,837
1	28,430	13,488	1,139	858	29,570	14,346	30	43,946
2	31,628	14,458	1,179	889	32,808	15,347	30	48,185
3	32,744	15,511	1,221	922	33,965	16,432	30	50,428
4	34,361	16,655	1,264	955	35,625	17,610	175	53,411
5	35,573	17,901	1,309	989	36,882	18,890	30	55,802
6	36,828	19,258	1,355	1,025	38,183	20,283	30	58,497
7	38,638	20,740	1,403	1,062	40,041	21,802	30	61,873
8	40,001	22,359	1,453	1,101	41,454	23,460	830	65,744
9	41,096	22,804	1,504	1,141	42,600	23,944	30	66,575
10	42,482	24,702	1,557	1,182	44,039	25,884	30	69,953
11	45,523	26,463	1,613	1,225	47,135	27,689	30	74,854
12	47,073	28,756	1,670	1,270	48,743	30,026	175	78,943
13	49,979	31,290	1,729	1,317	51,708	32,606	30	84,344
14	52,322	34,062	1,790	1,365	54,113	35,427	30	89,570
15	55,684	37,180	1,854	1,415	57,538	38,594	30	96,162
16	57,583	40,654	1,920	1,466	59,503	42,120	2,230	103,853
17	61,390	44,537	1,988	1,520	63,378	46,057	30	109,465
18	62,092	47,355	2,059	1,576	64,150	48,931	30	113,111
19	66,334	52,207	2,132	1,634	68,466	53,841	30	122,337
20	68,599	57,701	2,208	1,694	70,807	59,396	175	130,378
21	70,941	63,953	2,286	1,757	73,227	65,710	30	138,968
22	75,382	68,858	2,368	1,822	77,750	70,680	30	148,460
23	78,057	77,019	2,452	1,890	80,509	78,908	30	159,447
24	80,826	86,498	2,540	1,960	83,365	88,458	830	172,653
25	56,088	(88,869)	2,630	2,033	58,718	(86,836)	30	(28,088)
26	58,090	(82,306)	2,724	2,109	60,815	(80,197)	30	(19,353)
27	60,165	(73,304)	2,822	2,188	62,986	(71,116)	30	(8,100)
28	62,313	(61,120)	2,923	2,270	65,236	(58,851)	175	6,560
29	64,538	(44,583)	3,027	2,355	67,565	(42,228)	30	25,367
30	66,842	(21,887)	3,136	2,443	69,978	(19,444)	30	50,564
	1,601,602.58	512,337.22	59,255.73	45,434.21	1,660,858.31	557,771.43	5,280.00	2,223,909.73

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

ANEXO C

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad. Para ello se consideraron 3 variables que se consideraron como las más relevantes para este tipo de proyectos, que son:

INVERSIÓN.- Se refiere al costo de modernización del proyecto, es indudable la importancia de esta variable en un análisis costo - beneficio, dado que con un incremento en ella podría dejar de ser rentable el proyecto, por lo que el análisis de sensibilidad a la inversión nos permitirá identificar hasta que costo de inversión seguiría siendo rentable.

COSTOS DE MANTENIMIENTO.- Los costos de mantenimiento conforman el segundo grupo de costos para el análisis costo-beneficio, considerando este grupo se tendría entonces analizada la sensibilidad del proyecto a los costos que incurriría el proyecto durante el horizonte de análisis, de ahí la importancia de considerarlo.

DEMANDA DEL PROYECTO.- La demanda es una variable que no debe dejar de ser considerada en un análisis de sensibilidad de un proyecto. Todo proyecto de inversión económica está dirigido a la satisfacción de una demanda, asimismo la demanda y su comportamiento en el período de análisis es un valor estimado que conlleva un cierto grado de incertidumbre, por lo que es necesario ver qué pasaría con la rentabilidad del proyecto si la demanda es mayor o menor a fin de tomar las decisiones adecuadas en el tamaño óptimo del mismo o la posibilidad de postergarlo. Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables antes señaladas sobre los indicadores de rentabilidad

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

del proyecto modificando las cifras del 60 % al 140% respecto del valor programado. Los resultados se muestran en las tablas siguientes.

Este análisis de sensibilidad muestra que aun aumentando en un 140% el monto de la **inversión**, el proyecto sería rentable económicamente, para un incremento de 390% el VPN sería cero.

En el análisis de sensibilidad muestra que aun aumentando en un 140% los costos de **conservación y mantenimiento** durante la vida útil del proyecto éste sería rentable económicamente. Asimismo, se observa poca sensibilidad de los indicadores respecto a estos costos.

Este análisis de sensibilidad muestra que aun al disminuir la **demanda** al 40%, el proyecto seguiría siendo rentable económicamente, sin embargo al disminuir la demanda al 85% el VPN sería igual a cero.

SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN

Variación	Inv	TIR	VPN	TRI
1.4	412.58	15.1%	225.737	10.7%
1.3	383.11	16.1%	255.207	11.5%
1.2	353.64	17.2%	287.677	12.4%
1.1	324.17	18.5%	314.147	13.6%
1.0	294.70	20.1%	343.617	14.9%
0.9	265.23	21.9%	373.087	16.6%
0.8	235.76	24.2%	402.557	18.6%
0.7	206.29	27.0%	432.027	21.3%
0.6	176.82	30.7%	461.497	24.9%
2.16	636.552	10.0	0.0	6.9
1.49	439.103	14.3	199.214	10.0

Complejo Vial Metropolitano "El Molinito"

Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

SENSIBILIDAD AL MANTENIMIENTO

Variación	Mantenim	TIR	VPN	TRI
1.4	4,445,000.00	20.0%	339.160	14.9%
1.3	4,127,500.00	20.0%	340 274	14.9%
1.2	3,810,000.00	20.0%	341 389	14.9%
1.1	3,492,500.00	20.0%	342 503	14.9%
1.0	3,175,000.00	20.1%	343 617	14.9%
0.9	2,857,500.00	20.1%	344 731	14.9%
0.8	2,540,000.00	20.1%	345 846	14.9%
0.7	2,222,500.00	20.1%	346 960	14.9%
0.6	1,905,000.00	20.2%	348 074	14.9%
31.8	100,965,000.00	10.0%	0.00	12.4%
46.0	146,050,000.00	3.5%	324 958	10.0%

SENSIBILIDAD AL TDPA BASE (1 año)

Variación	TDPA	TIR	VPN	TRI
1.4	107,185.40	26.3%	587.985	20.6%
1.3	99,529.30	24.8%	526 895	19.2%
1.2	91,873.20	23.2%	465 801	17.8%
1.1	84,217.10	21.7%	404 709	16.3%
1.0	76,561.00	20.1%	343 617	14.9%
0.9	68,904.90	18.4%	282 525	13.5%
0.8	61,248.80	16.8%	221 433	12.1%
0.7	53,592.70	15.0%	160 341	10.6%
0.6	45,936.60	13.2%	99 249	9.2%
0.44%	336.87	10.1%	0.0	6.9%
0.66%	505.3026	14.3%	135 904	10.0%

Complejo Vial Metropolitano “El Molinito”
Carretera: San Martín Texmelucan - Tlaxcala – El Molinito (Cuota. km. 29+100)

Bibliografía

1. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Raúl Coss Bu, Editorial Limusa, 2006.
2. Boletín Notas Número 136, Mayo-Junio de 2012, Dr. Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García, Instituto Mexicano del Transporte.
3. Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2010; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 337.
4. Criterios de Evaluación de Proyectos, NassirSapagChain, Mc Graw Hill, 1993.
5. Datos Viales de 1999 a 2011, Secretaría de Comunicaciones y Transportes
6. Estimating Vehicle Operating Costs, Rodrigo S. Archondo Callao y Asif Faiz, World Bank Technical Paper Number 234, Washington, D. C. 1994.
7. Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina, Editorial Mc Graw Hill, 2000.
8. Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de SolminihaC Tampier; Universidad Católica de Chile, 1998.
10. La Conservación de Carreteras en México, la experiencia reciente, Cedric Iván Escalante Sauri, Asociación Mexicana de Ingeniería en Vías Terrestres A. C., 2002.
11. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. DOF del 27 de abril de 2012.
12. Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D. C. 2006.
13. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, 1991.
14. Metodología General para la Evaluación de Proyectos, CEPEP Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, D. F. 2008.
15. Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México, el caso del transporte de pasajeros, Dr. Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García. IMT Publicación Técnica 291. 2006.
16. The Little Book of Profiling, Michael W. Sayers and Steven M. Karamihas, University Of Michigan, 1998.