



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

UNIVERSIDAD GABRIELA MISTRAL
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales



**MEJORA DE FLUIDEZ DE TRÁFICO EN EJE C1 SENTIDO
HUECHURABA A PROVIDENCIA DE AUTOPISTA SOCIEDAD
CONCESIONARIA TÚNEL SAN CRISTÓBAL
MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

Rodrigo Manuel Hinojosa Villa

Antofagasta, 2021



1. RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de tesis consiste en mejorar el nivel de servicio de “*Fluidez de Tráfico*” en el túnel Eje C1 con sentido Huechuraba a Providencia del Túnel San Cristóbal, debido a la congestión vehicular que se produce en la salida del túnel producto de la semaforización entre los cruces de Av. Los Conquistadores/Av. El Cerro y el cruce de Av. Santa María/Av. El Cerro. Esta congestión se extiende al interior del túnel e incluso hasta el ingreso a la autopista, llegando a tener más de 2000 mts de congestión vehicular, lo que involucra un riesgo para el usuario en lo que se refiere al tiempo de exposición a la contaminación en el interior del túnel; el aumento de permanencia en la autopista, lo que se traduce en el aumento del tiempo de su viaje y, por otra parte, la autopista disminuye sus ingresos debido a la disminución del paso de los vehículos por el pórtico de peaje.

El proyecto que ejecutar, consiste en el hundimiento de las Av. Los Conquistadores y Av. Santa María, de esta forma, se eliminaría la semaforización y se integraría a la autopista la Av. El Cerro. Así, la autopista cubre una mayor distancia, entregando a los automovilistas una conexión directa con el Puente Nueva Tajamar, Av. Santa María y calle Suecia.

El proyecto de tesis comienza con el análisis externo de la empresa pasando por el análisis microeconómico (Análisis Interno) para determinar la estrategia de negocio de la empresa en la que se identifican los flujos, los recursos e insumos por cada facility, determinando las capacidades y las competencias centrales de la empresa. Posteriormente se pasa a la etapa de producción y costos en el cual se identifica por cada una de las facilities la estructura de costo. Con esto determinado, se procede a pronosticar la demanda y determinar los ingresos operacionales futuros.

La siguiente etapa es la simulación de la producción en el cual se determina los tiempos de permanencia del usuario en el túnel, la velocidad de viaje y el largo de la congestión (cola) al interior del túnel, entre otros datos, a través de una animación en la que se puede observar el desplazamiento del flujo vehicular, semaforizaciones, puentes, calles, entre otros elementos de tránsito.

La Evaluación del Proyecto se realiza con los modelos financieros aplicados en el cual se determinará el valor firma de la empresa y si el proyecto aporta valor a la firma a través de una simulación determinística y estocástica por el método de Monte Carlo para finalmente terminar con un análisis de sensibilidad respecto de los supuestos (variables)s en relación con el VAN del Proyecto.

Durante la ejecución del proyecto de tesis se aplicaron varios modelos que se nombran a continuación:

- Modelo de Pronóstico de través de Regresión Simple que fue utilizado para proyectar los ingresos operacionales y las transacciones vehicular (producción “Q” de una autopista)
- Modelo de Producción o Simulación del Flujo Operacional, el cual se realizó con el Software Arena. Se hace notar que además de utilizar los módulos de diagramas de flujo, se utilizaron los módulos de Advance Process, los cuales permiten



la animación de la simulación y, por otra parte, también se utilizó la Herramienta Output Analyzer, la que permitió realizar un análisis de los resultados un poco más específicos al analizar observaciones individuales de una estadística en particular.

- Modelo de Simulación de Costos, el cual se realiza con Momento Mensual en Excel y permitió ver la variación de los costos en forma mensual al ir cambiando las transacciones vehiculares.
- Modelo de Simulación Financiero, obtenido a través de una proforma financiera corporativa que involucra EERR, Balance, FCF, VAN, TIR, Valor Firma, entre otros

Otra herramienta utilizada fue Crystal Ball de Oracle que permitió realizar análisis de sensibilidad y simulaciones estocásticas para realizar las comparaciones con las simulaciones determinísticas con un grado de incertidumbre en algunas variables que se definen a través del recorrido de esta tesis. Esta herramienta trabaja sobre los modelos de simulación financiera, de pronóstico y de costos nombrados anteriormente.

2. DIOS BENDIGA Y PROSPERE A TODOS A QUIÉNES ESCRIBO

A MI AMADA TAINA

Gracias por todo tu apoyo incondicional; sin tu amor no habría podido culminar este proceso. A pesar de los momentos difíciles que vivimos, las ganas de salir adelante siempre la hemos tenido y en conjunto nos enfocamos en soportarnos y de ese soporte se desprende como resultado mi paso a la obtención de mi 2do título profesional, que además de mostrar conocimiento en una determinada área, es la expresión de fortaleza, motivación, cariño y, sobre todo, de amor; y del bueno. Amor que considero inalienable tanto de mí hacia ti, como de las profundidades de tu tan noble corazón idóneo hacia mí. Gracias por ser quién eres, sin más ni menos aderezo celestial, tan solo ser lo que me fue predestinado por gracia. ¡Te amo negra mía!

A MI HIJA

Cuando la motivación se ve afectada por los embates de la buena batalla que es la vida, sale tu tierno rostro a apaciguar las aguas del torrente tormentoso que agobia mi mente humana. Son tus pequeñas delicadezas de tierna niña las que me dejan calmado, aunque las considerables distancias que nos separan e impiden sentirnos, nos hemos conformado con las tan pocas y distantes videos llamadas, pero dejamos que, en cada encuentro, florezca el amor tierno que nos hemos tenido desde tu concepción y así vuelvo atesorar los dulces recuerdos de aromas de bebé acicalado entre mis brazos. Contigo, mi vida ha sido de lo más bella. Gracias por ser parte de este proceso y de motivar mis ganas y deseos de superarme una y otra vez para tu deleite de hija buena.

A MIS PADRES Y FAMILIARES

Papá, gracias por estar en cada llamada. El que solo estés ahí me basta, pero con cada cruce de palabras, las llamadas se tornan diferenciadoras de un día normal y eres quién completa la parte holística de mis días. Muchas gracias por tus conocimientos



profundos en temas divinos. A mis hermanos, gracias por el apoyo que me han brindado en su debido momento. A mi mamá, gracias por lo que has hecho por mí y eso incluye mi nacimiento y las angustias que soportaste por mi causa durante mi vida.

A MIS PROFESORES

Gracias por su apoyo, palabras de aliento, orientación, sugerencias y, por qué no decirlo, los retos (regaños) que fueron parte del proceso que ustedes establecieron en mi pasar por la universidad.

A Luis Escobar, quién fuera mi mentor en estrategias y por el cual debo agradecer el descubrimiento de habilidades que potencialmente mantenía dormidas en algún lugar de mi cerebro. A ud le debo, en gran medida, mi título profesional y por tal responsabilidad, le estaré totalmente agradecido por su gran labor docente volcada hacia mi persona. ¡Muchas gracias!

A Pablo Contreras, el maestro de los negocios y análisis de empresas. Agradezco todas tus enseñanzas y confieso que no hay rencor por alguna mala nota “inmerecida” que me haya adjudicado. Simplemente gracias por lo que me entregó.

A Javier Bustos, debo comentar que Finanzas era un área que me provocaba cierta aversión, pero luego descubrí que el Señor Simón Benninga era tan práctico en sus libros y que ud fue capaz de transmitir los conocimientos de tan reconocida eminencia en dirección financiera en una forma didáctica y sencilla. Gracias por la paciencia y apoyo en los modelos. Todo lo adquirido en Finanzas Corporativas son créditos de su persona y es un área, que, al día de hoy, me encanta, por lo que se debe dar por enterado, que fue gracias a la motivación que ud me impulsó.

A TODOS LOS QUE FUERON PARTE DE MI VIDA DURANTE ESTE PROCESO

Muchas gracias a todos esos hermosos seres que en virtud del tiempo, del espacio y el momento, estuvieron a mi lado en los momentos precisos en los cuáles estuvieron conmigo, tanto como compañeros de carrera como amigos de la vida, porque no habría otro periodo mejor que el que ustedes estuvieron, porque el periodo de cada uno de ustedes fue el más certero y sepan todos ustedes, que cada palabra de aliento, de fortaleza, motivación y las lágrimas que lloraron conmigo y todo abrazo cariñoso recibido, están puestos en los párrafos de este documento que les entrego a modo de reconocimiento. Gracias a Luis Carrasco (Un gran profesional), Hugo Guldman (lo práctico hecho hombre), Christian Gómez (Uncharted y otros de PSP), Alexis Arévalo (Entre hamburguesas y buena voluntad, se vive mejor!), Priscila Meneses (emprendedora), Hugo Núñez (¡Seguridad ante todo y que nada te detenga!), Priscila Araos (¡vamos que se puede!), Natalia (Chef por naturaleza), Rodrigo Soza (¡siempre ahí con su Golden Cross bien fría!), Diego Huenchullán (el de siempre desde los 17 años) y muchos otros que no alcanzo a nombrar. A todos los no nombrados y escondidos, muchas gracias.

AL PERSONAL DE TUNEL SAN CRISTÓBAL

Gracias a la empresa por la oportunidad y por los excolegas que ya no los he vuelto a ver. Gracias por sus conocimientos y haberme hecho crecer como persona. Toda información obtenida de la empresa fue trabajada en este documento y espero les guste.

UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A Eduardo Pérez y Bernarda Vergara, que han sido y continúan siendo parte importante de mi vida, viéndolos como padres adoptivos que han estado conmigo en las buenas y en las malas y que me han apañado en los momentos más difíciles de mi vida en que el caos, tristeza y desorden llegaron a sabotear mis sueños, pero con su vida llena de cariño y amor supieron ser mi calzado por los largos caminos pedregosos que recorrí. Muchas gracias por su amor. Esta tesis es de ustedes.



UN RECONOCIMIENTO ESPECIAL

Y para finalizar, mi mayor reconocimiento a William Soto Santiago, quién me enseñó que la vida es un sueño y que a través de sus conferencias encontré fundamento y dirección de vida, siendo apartado de lo no conveniente, pero acercándome a lo bueno de la existencia humana. Muchas gracias por permitirme ser parte de su vida y nos encontraremos una vez más para continuar en la buena batalla. Dios lo bendiga y lo corone en Su nombre.



INDICE DE CONTENIDO

No se encontraron entradas de tabla de contenido.

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: SUPPLY CHAIN ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 4: FLOW-SHEET OPERACIONAL CON INSUMOS Y RECURSOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N°5: CADENA DE VALOR.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 6: MAPA DE RECURSOS Y CAPACIDADES.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 8: MAPA R& C ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 9: ESTRATEGIA DE REPOSICIONAMIENTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 10: CADENA DE VALOR CON ESTRATEGIAS FUNCIONALES ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 11: LEVERAGE DEL PROYECTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 12: DIBUJO GRAFICO DE BALANCEO SIN PROYECTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 13: BALANCE DE MASA ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 14: DESAGREGACIÓN DE FACILITY TRASVASIJE ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 15: DESAGREGACIÓN DE FACILITY SECADO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 16: DESAGREGACIÓN DE FACILITY ENVASADO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 17: SISTEMA ROBO-XI/XD ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 18: FLOW-SHEET OPERACIONAL CON INSUMOS Y RECURSOS CON PROYECTOERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.



FIGURA N° 19: COSTOS VARIABLES DE LA FACILITY PRENSADO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 20: COSTOS VARIABLES DE LA FACILITY PRE-SECADO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 21: COSTOS VARIABLES DE LA FACILITY SECADO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 22: COSTOS VARIABLES DE LA FACILITY ENVASADO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 23: COSTOS VARIABLES DE LA FACILITY PALETIZADO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 24: COSTOS VARIABLES DE LA FACILITY TRASVASIJE AUTOMÁTICO.ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 25: COSTOS VARIABLES DE LA FACILITY SECADO (SISTEMA NUEVO).ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

TABLA N° 8: COSTOS VARIABLES PARA UN Q.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 36: DIAGRAMA DE FAMILIA DE PRODUCTOS.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ECUACIÓN 2: FORMULA PRECIO REAL ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

TABLA N° 16: VARIABLES PARA LA REGRESIÓN.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ECUACIÓN 3: ECUACIÓN DE LA REGRESIÓN LINEAL.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 38: MODELO DE SIMULACIÓN LÍNEA NIDOS SIN PROYECTO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 40: MODULO SCHEDULE: PLAN DE PRODUCCIÓN NIDOS DE FETUCCINI AL HUEVOERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 41: ENTRADA PARA EL PRODUCTO FETTUCCINI HLP ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 42: ASSIGN SE DEBE LAVAR PRENSA.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 43: HOLD DE SET-UP.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 44: ASSIGN PRENSA LISTA.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 45: MODELO SET-UP LAVADO DE PRENSA.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 46: MODELO SET-UP CAMBIO DE FORMATO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 47: MODULO SCHEDULE: PLAN DE PRODUCCIÓN NIDOS DE FETUCCINI AL HUEVO CON PROYECTO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.



FIGURA N° 48: MODELO DE SIMULACIÓN LÍNEA NIDOS SIN PROYECTO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 49: RUN SETUP ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 50: RESULTADOS SIMULACIÓN MODELO SIN PROYECTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 51: TIEMPOS POR ENTIDAD DENTRO DEL PROCESO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 52: TIEMPOS DE ESPERA POR ENTIDAD SIN PROYECTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 53: TIEMPO TOTAL DE PROCESO SIN PROYECTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 54: RESULTADOS SIMULACIÓN MODELO CON PROYECTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 55: TIEMPOS POR ENTIDAD DENTRO DEL PROCESO CON PROYECTO..ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 56: TIEMPOS DE ESPERA POR ENTIDAD CON PROYECTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA N° 57: TIEMPO TOTAL DE PROCESO SIN PROYECTO.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.



INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: % DE PRODUCCIÓN DE CADA PRODUCTO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 2: TABLA BENCHMARKING.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 3: BALANCE DE LÍNEA SIN PROYECTO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 4: LÍNEA BALANCEADA SIN PROYECTO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 5: COMPONENTES DEL NUEVO SISTEMA DE SECADO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 6: COMPONENTES DEL SISTEMA DE ENVASADO NUEVO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 7: BALANCE DE LÍNEA CON PROYECTO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 8: COSTO DE PROYECTO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 9: COSTOS FIJOS SIN PROYECTO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 10: COSTOS FIJOS CON PROYECTO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 11: MATRIZ DE COSTO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 12: CALCULO DE CONSUMO PERCÁPITA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 13: CALCULO PRECIO REAL.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 14: TABLA PRECIO REAL 2018-2022	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 15: PIB PERCÁPITA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 16: VARIABLES PARA LA REGRESIÓN LINEAL.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 17: ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN LINEAL	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 18: COEFICIENTES DE LA REGRESIÓN LINEAL ...	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N°19: CONSUMO PERCÁPITA PROYECTADO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLA N° 20: VARIACIÓN % CONSUMO PERCÁPITA PROYECTADO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.



TABLA N° 21: CUADRO DE TIEMPOS Y RECURSOS DE LAS FACILITIES**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 22: TABLA DE RECURSOS**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 23: TABLA DE RECURSOS CON PROYECTO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 24: CUADRO DE TIEMPOS Y RECURSOS DE LAS FACILITIES CON PROYECTO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 25: MODELO DE SIMULACIÓN DE COSTOS PRODUCTOS “AL HUEVO” SIN PROYECTO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 26: MODELO DE SIMULACIÓN DE COSTOS PRODUCTOS “SABORES” SIN PROYECTO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 27: MODELO DE SIMULACIÓN DE COSTOS PRODUCTOS “AL HUEVO” CON PROYECTO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 28: MODELO DE SIMULACIÓN DE COSTOS PRODUCTOS “SABORES” CON PROYECTO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 29: MOMENTO MENSUAL DEL PROYECTO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 30: BALANCE GENERAL 2017**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 31: ESTADO DE RESULTADO 2017**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 32: FLUJO DE CAJA 2017**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 33: PROYECCIÓN BALANCE GENERAL**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 34: PROYECCIÓN ESTADO DE RESULTADO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 35: NIVEL DE DEUDA**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 36: CALCULO DE CAPM**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 37: CALCULO DEL WACC**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 38: PROYECCIÓN DE FLUJO DE CAJA Y VALOR ACTUAL NETO**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 39: PROYECCIÓN BALANCE GENERAL CON PROYECTO**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA N° 40: ESTADO DE RESULTADO CON PROYECTO**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**



CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 LA EMPRESA

El túnel San Cristóbal, también llamado túnel El Salto-Kennedy o variante Vespucio-El Salto-Kennedy, consiste en un sistema de dos túneles carreteros paralelos que cruzan en sentido norte-sur el Parque Metropolitano de Santiago de Chile, conectando las comunas de Providencia y Huechuraba. Se puede recorrer en un tiempo de entre 3 y 5 minutos, lo que facilita el desplazamiento de los santiaguinos en automóvil al optimizar los viajes dentro de la capital. El Túnel que descarga hacia el norte en Huechuraba lo hace en autopista Vespucio Norte Express, conectándose con la bajada de La Pirámide. La descarga hacia la zona oriente, por su parte, se hará en dos sentidos, uno hacia el Eje Kennedy de la autopista Costanera Norte y otro por avenida El Cerro, evitando así la subida de La Pirámide, que hoy se ve colapsada.

La concesión, que representó una inversión de 70 millones de dólares, contempló la construcción de obras de vialidad superficial para la conexión directa entre el norte y oriente de Santiago. Ambos túneles unidireccionales cuentan con equipamiento de seguridad del más alto estándar, con dos pistas de 3,5 metros por dirección. La obra vial, que atraviesa tres comunas del Gran Santiago (Huechuraba, Recoleta y Providencia), contempla también servicios al usuario, tales como vehículos y teléfonos de emergencia, grúas, cámaras con sistema de circuito cerrado, monitoreo de tráfico, detección de accidentes, vías de evacuación (8 galerías, 7 peatonales y 1 vehicular), sistemas de señalización variable, ventilación y detección de incendios, entre otros.

El túnel San Cristóbal opera bajo el sistema de free flow (cobro remoto de peaje), lo que implica que quienes accedan al Túnel deberán contar con su respectivo Televía.

El Túnel, en realidad, atraviesa el Cerro Tupahue y no el San Cristóbal, pero suele denominarse popularmente de esta forma a todo el Parque Metropolitano de Santiago, por lo que se utilizó el mismo nombre para el túnel.

Al momento de ser concesionada, Túnel San Cristóbal fue conformada por los siguientes socios: Grupo



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

ACS de España y HOCHTIEF de Alemania (que, con 125 años de historia, es la empresa constructora alemana más importante y la tercera a nivel mundial). Hoy, la sociedad concesionaria Túnel San Cristóbal S.A. esta conformada por el grupo canadiense Brookfield Asset Management, controlador de Autopista Vespucio Norte, es dueño y operador de activos de origen canadiense, con presencia en EE.UU., Canadá, Europa, Asia, Australia, Medio Oriente, Brasil, Colombia, Perú y Chile, con una cartera de activos mayor a USD 150 mil millones. La compañía es actualmente propietaria de tres proyectos en Chile, país donde proyecta ampliar su presencia, particularmente en proyectos de obras de infraestructura pública

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, en el ingreso al Túnel San Cristóbal por el sector Av. El Cerro, se produce congestión vehicular en el horario punta de la mañana y tarde. Las avenidas involucradas en la congestión vehicular de la mañana son Av. Nueva Tajamar, atravesando uno de los Puentes de Tajamar, la cual es cruzada por dos avenidas principales, que es Av. Andrés Bello y Av. Santa María, luego el flujo vehicular continúa por Av. El Cerro, que antes de unirse al Túnel San Cristóbal, le cruza la Av. Los Conquistadores. Para la congestión durante la tarde, el tráfico pasa por las mismas avenidas, la única diferencia es que el flujo vehicular tiene sentido desde el Túnel hacia Av. El Cerro y Nueva Tobalaba.

La congestión vehicular impacta a los conductores como a la concesionaria, debido a que la capacidad de las avenidas se ven al máximo, haciendo que los conductores disminuyan la velocidad vehicular, aumento en los tiempos de espera debido a la semaforización, aumento en los tiempos de desplazamientos de los conductores, aumento del consumo de combustible ante aceleraciones propias de una congestión, entre otros. Por otro lado, la concesionaria no cuenta con un flujo fluido de tráfico, más bien es un tráfico con pausas debido a la semaforización de las avenidas, por lo tanto, sus ingresos podrían ser mejores.

Considerando lo anterior, vemos que existe un costo de oportunidad para Túnel San Cristóbal, el cual podría mejorar el flujo vehicular en lo que respecta a su fluidez, tanto para el Túnel Eje C1, como para el Túnel Eje C2, en consideración que la tarifa por peaje es mucho mayor durante los horarios puntas, por lo que se podría capturar a conductores que desistan de circular por Túnel San Cristóbal debido a la congestión de vías de acceso al Túnel, lo que incrementaría el benefocio económico para la Concesionaria.

El Proyecto propone hundir las Av. Los Conquistadores y Av. Santa María, permitiendo la unión directa de Av. El Cerro. Esto se traduce en que la capacidad del tramo de acceso de la concesionaria se verá aumentada, porque se considerará a Av. El Cerro como una extensión de ese tramo de acceso, permitiendo el tráfico vehicular fluya sin detenimiento porque debido al hundimiento de las avenidas mencionadas, los semáforos serán eliminados (semáforo cruce Av. EL Cerro – Av. Los Conquistadores y semáforo cruce de Av. El Cerro – Av. Santa María). Así, los conductores tendrán una Av. El Cerro sin semaforización, lo que mejorará los niveles de servicio, como disminución del gasto de combustible. Por otro lado, la concesionaria se beneficiará de mayores ingresos durante el horario punta y aumentará la



capacidad del tramo de acceso de un túnel y del otro túnel, aumentará la capacidad del tramo de salida.

1.3 DESARROLLO DEL PROYECTO DE TESIS

La investigación se compone de las siguientes etapas:

- Capítulo II: Estrategia de la empresa y del proyecto

En este capítulo se realizará el análisis estratégico del negocio sin proyecto en situación actual para luego realizar el posicionamiento de la empresa dentro de la industria de las autopistas urbanas y su reposicionamiento con la aplicación del proyecto. Finalmente, se definirá si existe algún tipo de estrategia corporativa u operacional al aplicar el proyecto, como también el tipo de leverage estratégico para el proyecto.

- Capítulo III: Producción

Este capítulo trata de plasmar la operación a través del Flow-Sheet Operacional sin proyecto para ir desplegando, posteriormente las facilities críticas con información de flujos. Así mismo, se debe realizar en situación con proyecto; ambos modelos se realizarán con Excel. Posteriormente, se realizará la optimización del Flow-sheet operacional para determinar la capacidad del proceso en situación sin proyecto y finalmente se optimizará el Flow-sheet operacional con proyecto y proyectando el aumento de la capacidad.

- Capítulo IV: Costos Del Proyecto

La estructura de costos es esencial para el análisis microeconómico de la empresa, por lo que en este capítulo se identificarán los recursos e insumos por cada una de las facilities que crean valor. Estos recursos e insumos serán diferenciados en una matriz de costos variables, lo cual dará paso a la simulación determinística en situación sin y con proyecto.

- Capítulo V: Proyección de la Demanda

La proyección de la demanda se realizará con el modelo de pronósticos a través de regresión simple. Con este modelo se proyectarán los ingresos operacionales los cuáles serán imputados en el EERR en el ítem Ingresos Operacionales. Esta proyección se realizará para la situación sin y con proyecto, con la diferencia de este último en la cual irá el aumento de flujo vehicular en ocasión de la ejecución del proyecto de mejora de fluidez de tráfico, lo que implica una segmentación dada por un factor de crecimiento vehicular dado en un determinado horario de tráfico vehicular.

- Capítulo VI: Modelo de Simulación de Producción y Costos

En este capítulo se aplicará la modelación del flujo vehicular con el software Arena en la cual se podrá observar el movimiento de los vehículos y la representación de la congestión vehicular con datos empíricos, llegando a la demostración de los beneficios del proyecto para el usuario y la empresa con la ejecución del proyecto.

Respecto a la simulación de costos, se realizó el momento mensual en forma determinística, en la cual se aplicó el mismo modelo de pronóstico a través de la regresión simple para determinar la proyección de



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

las transacciones vehicular (flujo de vehículos que pasa por un pórtico de peaje)

- Capítulo VII: Modelo de Simulación Financiera

Antes de realizar la modelación financiera, se tomará conocimiento de los estados financieros de la empresa, para luego construir el modelo que permitirá el análisis financiero de la empresa. Esta modelación se realiza con una proforma financiera corporativa en el cual se establecerán los EERR, Balance, Ratios, CAPM, WACC, FCF, VAN, y Valor Firma en el año “0”.

Al aplicar el proyecto en el modelo, se determinará la TIR y el Aporte del Proyecto al Valor Firma de la empresa y se determinará la viabilidad económica del proyecto, determinando si este aporta o destruye el valor a la firma.



1. INTRODUCCIÓN

Las estrategias tienen que ver con las "grandes" decisiones que enfrenta una organización empresarial; decisiones que finalmente determinan su éxito o fracaso. El énfasis en los "patrones de objetivos" y "el marco del negocio de una empresa" sugiere que la estrategia se revela en términos de comportamiento consistente, lo que a su vez implica que la estrategia, una vez establecida, no es fácil de revertir. Finalmente, la idea de que la estrategia "define ... qué tipo de empresa es o debería ser" sugiere que las decisiones estratégicas dan forma a la personalidad competitiva de la empresa, su comprensión colectiva de cómo va a tener éxito dentro de su entorno competitivo.

En resumen, la estrategia es fundamental para el éxito de una organización, por lo que el estudio de la estrategia puede ser rentable e intelectualmente atractivo. El objetivo de este capítulo es estudiar y analizar la estrategia, principalmente (aunque no exclusivamente) desde la perspectiva económica. Se comprenderá como Túnel San Cristóbal compite y se organiza, como también se desarrollará una base para tomar buenas decisiones estratégicas.

a) Definición de Competidores:

Todas las empresas cuya elección estratégica afecta directamente a una u otra empresa. Las empresas también compiten indirectamente y esto se da cuando la elección estratégica de una empresa afecta el desempeño de una tercera empresa. Por otra parte, las empresas compiten en un mercado de entrada (Materias Primas, Recursos e Insumos) y de Salida (Producto final o servicio) y que los competidores y la naturaleza de competición podrían ser bastante diferentes en cada uno de estos mercados.

b) Definición de Mercado:

En economía, es un lugar donde se realizan las transacciones entre oferentes y demandante, pudiendo ser un mercado físico o virtual. Todos los mercados tienen una estructura que determina el poder de los participantes de influir en los precios. Es decir, el poder de mercado en estrategias de empresas es la capacidad de influir en los precios, lo que significa apropiarse de parte del Valor Agregado por la empresa en la transacción en el mercado.

c) Definición de Industria:

En términos prácticos se puede definir como un grupo de empresas que compiten por un mismo grupo de clientes.



1.1.Objetivo

El presente capítulo tiene por objetivo realizar el Análisis Estratégico de la Sociedad Concesionaria Túnel San Cristóbal y determinar las estrategias a aplicar en el proyecto de Solución a la Congestión Vehicular del Eje C1 Sentido Huechuraba-Providencia. El análisis se dividirá en las siguientes etapas:

- Análisis Externo: Consiste en la modelación de la supply chain de la industria, la estructura y poder de mercado, y el análisis horizontal y vertical, como punto de inicio a la Estrategia final a aplicar en el proyecto.
- Análisis Interno: Consistirá en determinar el Flowsheet operacional y su optimización a largo plazo, la Cadena de Valor y la optimización del Negocio, análisis de los recursos y capacidades, benchmarking y el diagnóstico de la empresa;
- Estrategia Funcional: Se aplicará el flowsheet operacional con proyecto y las estrategias funcionales asociadas.
- Leverage Estratégico: Definirá la estructura del proyecto y su apalancamiento.

1.2.Descripción de Concesiones

A principios de la década de los noventa, Chile abrió sus puertas a los mercados internacionales y a oportunidades para la inversión en materia de infraestructura pública a través del Sistema de Concesiones, sustentado en una asociación del Estado con los privados (APP) que permitió desarrollar importantes transformaciones en materia de conectividad vial y aeroportuaria.

Históricamente, el desarrollo y la conservación de la infraestructura pública en Chile fue ejecutado como inversión fiscal por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de sus distintas direcciones y reparticiones. Con esta nueva asociación, por primera vez se hizo partícipe al sector privado en los procesos de inversión, explotación y mantención de infraestructura con estándar específico, a cambio del cobro directo de tarifas a los usuarios y de la activación de subsidios.

El Sistema de Concesiones, que comenzó a ser aplicado en Chile desde 1993, se transformó en un ejemplo destacado a nivel mundial, permitiendo hasta diciembre de 2019 tener obras materializadas por US\$ 15.091 MM.

La confianza depositada en el modelo por importantes conglomerados nacionales y extranjeros consolidó el Sistema de Concesiones y situó a nuestro país a la vanguardia en el desarrollo de infraestructura pública. Gracias a esta modalidad, Chile ha tenido la oportunidad de materializar trascendentales obras y de proyectar una estrategia de integración territorial y de conexión internacional, transformando sus centros urbanos en ciudades más amigables, potenciando su desarrollo productivo y con una mejor calidad de vida para cada uno de sus habitantes.

En síntesis, la evolución y consolidación del sistema ha permitido, en dos décadas, abrir espacios a la



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

diversificación de la cartera de proyectos. Así, a las tradicionales áreas de la infraestructura pública concesionada como carreteras, autopistas urbanas o aeropuertos, se han sumado la concesión de edificación pública.

La agenda de infraestructura para el periodo 2014-2020 propone una gama de proyectos por casi US\$ 10.000 millones, que corresponden a iniciativas que respetan el medioambiente y las comunidades donde se emplazan y que recogen la experiencia acumulada en estas dos décadas de asociación público-privada.

1.3.Descripción de la Empresa Sociedad Concesionaria Túnel San Cristóbal

La Sociedad tiene como Objeto exclusivo la ejecución, reparación, conservación, mantenimiento, explotación y operación de la obra pública fiscal denominada “Concesión Variante Vespucio - El Salto - Kennedy” mediante el Sistema de Concesiones, así como la prestación y explotación de los servicios que se convengan en el contrato de concesión destinados a desarrollar en dicha obra y las demás actividades necesarias para la correcta ejecución del proyecto.



La “Concesión Variante Vespucio – El Salto – Kennedy” (VSK) tiene como objetivo conectar la Avenida Américo Vespucio, en el sector El Salto (comuna de Huechuraba y Recoleta), con la Avenida El Cerro y la Avenida Kennedy, (comunas de Providencia y Las Condes, respectivamente). Además, esta obra beneficia a las comunas de Ñuñoa, La Reina, Santiago, Conchalí, Independencia y Colina.



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

La Sociedad Concesionaria Tunel San Cristobal S.A. consta de dos túneles paralelos que cruzan bajo el Cerro San Cristóbal y una vialidad superficial que realiza las conexiones indicadas.

Las principales obras, en los aproximadamente 4 km de vía, son las siguientes:

- Aproximadamente 2,2 km de camino unidireccional de dos pistas de 3,5 m de ancho y con mediana de ancho variable y bermas de 1,5 m.
- Dos (2) túneles unidireccionales con una longitud de 1,825 km, aproximadamente.



La Avenida Américo Vespucio, en "La Pirámide", es el único punto de conectividad entre el nor-poniente y suroriente de Santiago. Por otra parte, se debe considerar que el Cerro San Cristóbal es una barrera natural que impide un acceso inmediato a la zona, lo que se dificulta aún más con la congestión vehicular. La construcción de dos túneles paralelos bajo el cerro mejora la conectividad entre el norte y sur de la ciudad. El proyecto conecta Américo Vespucio Norte, desde Avda. El Salto, en la comuna de Huechuraba, con dos puntos de la comuna de Providencia: la intersección de Avda. El Cerro con Los Conquistadores y la conexión con el puente Lo Saldes (a la altura de Kennedy).

En forma general, la autopista cuenta con:

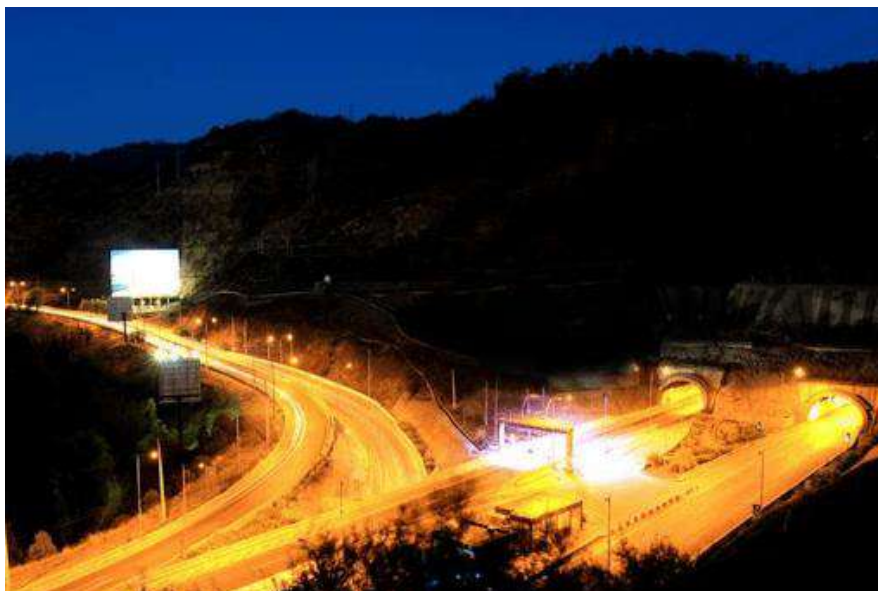
- Sistemas de ventilación
- Energía de respaldo / señalizaciones fijas y variables
- Sistema de seguridad y control a través de circuito cerrado de televisión
- Vehículos de rescate
- Teléfonos de emergencia
- Alarmas
- Altavoces

1.4. Visión y Misión de la Sociedad Concesionaria Túnel San Cristóbal S.A.

- **Visión:** “Ser reconocidos como una empresa confiable, socialmente responsable, eficiente,



- **Misión:** “Somos un operador de infraestructura vial concesionada en la ciudad de Santiago, orientado a entregar servicios de calidad a sus usuarios, comprometido con el desarrollo de sus colaboradores, la eficiencia de los procesos y la rentabilidad de la inversión.”



Acrónimos

- TSC** Sociedad Concesionaria Túnel San Cristóbal, S.A.
VSK Concesión Variante Vespucio – El Salto – Kennedy

1.5.Descripción de la Industria de Autopistas Urbanas Concesionadas

La renovación de la infraestructura vial del país, a través de más de 2.500 kilómetros de Autopistas Urbanas e Interurbanas, es la mejor muestra del logro alcanzado por el modelo de Concesiones. La Ruta 5, como eje estructurante del territorio nacional, con doble calzada entre La Serena y Parga y las vías transversales de alto estándar que articulan actualmente el desarrollo social y productivo del país, a través de La Ruta 78 Santiago San Antonio; la Ruta 68 Santiago – Valparaíso-Viña del Mar; el Acceso Norte a Concepción; la Ruta Interportuaria Talcahuano - Penco o la Red Vial del Litoral Central, entre otras, son un ejemplo de esta integración.

En obras desde 2013 y hasta 2016 se encuentra el tramo de la Ruta 5 comprendido entre La Serena y Vallenar que, sumado al proyecto Conurbación Coquimbo-La Serena y Caldera-Chañaral (ambos en la



Agenda 2014-2020), dotarán a la Ruta 5 de doble calzada de alto estándar entre Chañaral por el norte y Parga por el sur.

Por otra parte, mejorar la condición de vida para los habitantes de la capital ha sido otro de los objetivos primordiales. Las autopistas urbanas de Santiago son uno de los grandes hitos del Sistema de Concesiones. Vías como Autopista Central, Costanera Norte y Vespucio Norte y Sur, componen el eje principal de esta integración vial, con altos estándares de seguridad vial y tecnología de flujo libre que permite a las sociedades concesionarias urbanas realizar el cobro de peaje sin necesidad que los usuarios detengan su automóvil, mediante un sistema denominado Televía.

El sistema de concesiones está normado por el Decreto Supremo N°900, del Ministerio de Obras Públicas que fijó el texto refundido del DFL N° 164 de 1991, sobre Ley de Concesiones de Obras Públicas (“Ley de Concesiones”) y por el Decreto Supremo N° 956, Reglamento de la Ley de Concesiones de Obras Públicas (el “Reglamento de Concesiones”).

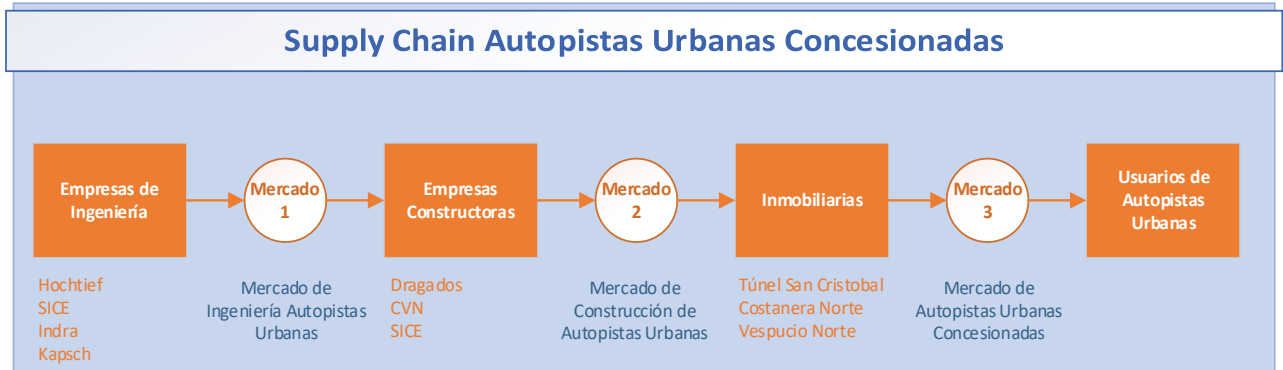
2. ANALISIS EXTERNO

El análisis externo, consta de un análisis competitivo en el que se identifica a los competidores y se define el mercado a través de la supply chain, en la que la empresa compite (estructura de mercado) para definir su curva de equilibrio y el poder de mercado, con el objetivo de evaluar el atractivo de la industria y el mercado en donde se desempeña la empresa, con el fin de detectar oportunidades que se encuentran a lo largo de la Supply Chain, que podrían dar mayores ventajas competitivas a la empresa, así como también detectar amenazas que podrían perjudicarla. De esta forma, se pueden formular las estrategias que le permitan aprovechar dichas oportunidades y que a su vez permitan eludir las amenazas, presentes o repeler en parte sus efectos.

2.1. Supply- Chain de la Industria de Autopistas Urbanas Concesionadas

En economía, la supply chain se define como cadena vertical, pero en estrategia de empresa se define como el proceso de transformación y transferencia de los productos a través de los mercados, es decir, la Supply Chain se extiende verticalmente alrededor de los procesos de transformación y de transacción que caracteriza las industrias y los mercados.

A continuación, se describe la Supply Chain de la Industria de las Autopistas Concesionadas:



- a) **Empresas de Ingeniería:** Son todas aquellas empresas que realizan ingeniería conceptual, básica, de Detalle, estudios de ingeniería, entre otros. Las áreas son variadas, como OCCC (Obras Civiles), OCEE (Obras Eléctricas), ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte), Telepeaje (Freeflow), Comunicaciones, etc. Por lo general, las empresas de ingeniería son especialistas en sus áreas.
- b) **Empresas Constructoras:** Son todas aquellas empresas que ejecutan la construcción de la ingeniería, llevando a cabo los proyectos de autopistas.
- c) **Inmobiliarias:** En esta industria, las empresas son las que se adjudicaron las licitaciones otorgadas por la Dirección de Concesiones de Obras Públicas viales, dependiente del Ministerio de obras Públicas y por lo general, son sociedades. Las empresas que aquí participan son las mismas concesionarias que próximamente tendrán la adjudicación de explotar la concesión, pero se encuentran en una etapa de construcción de autopista urbana.
- d) **Usuarios de Autopistas:** Son todos aquellos conductores que hacen uso de las autopistas urbanas.

2.2. Estructura, Equilibrio y Poder de Mercado

Para el caso del estudio de estructura, equilibrio y poder de mercado, se considerará la Supply Chain de la Industria de Autopistas Urbanas Concesionadas, debido a que en ellas se puede analizar el impacto durante la etapa de construcción y posterior explotación, ya que considera a los usuarios.

El análisis estructural de los mercados, se debe hacer usando los poderes de mercado que indican la capacidad de las empresas (del vendedor o del comprador) de una industria para influir en los precios de un bien. Como los vendedores o los compradores tienen, al menos, algún poder de mercado (en la mayoría de los mercados del mundo real), es necesario comprender cómo actúa este y cómo afecta a los productores y a los consumidores.



2.2.1. Estructura y Poder de Mercado de las Empresas de Ingeniería

2.2.1.1. Estructura de Mercado: Competencia Monopolística

Existen muchas empresas que realizan ingeniería y sus servicios son homogéneos entre sí, lo que implica que una pequeña variación de precio, los clientes preferirán otras empresas con precios más accesibles. Bajo estas condiciones, existe un único precio de mercado que está determinado por la interacción de todas las empresas prestadoras de servicios y compradores, pero este precio está fuera del control de ellos. En otras palabras, la demanda de este mercado es inelástico, por lo tanto, las empresas de ingeniería deciden producir lo que van a vender.

Este tipo de mercado se conoce como Mercado de Competencia Perfecta y una de sus características principales es que mantienen precios similares y los precios, generalmente se reducen al costo marginal, por lo tanto, estos mercados experimentan una fuerte competencia en precio.

Pero en el caso de la industria de autopista concesionadas o en la supply chain de las autopistas concesionadas, el mercado está bastante regulado por el MOP, debido que cada licitación presenta precios unitarios para ingeniería como para la construcción, además de existir un monto fijo total por la licitación, por lo tanto, los actores de esta supply chain deben ajustarse al precio entregado por el MOP.

Por otra parte, sin importar la cantidad de empresas de ingeniería, las empresas constructoras en el mundo de las autopistas urbanas trabajan con empresas con expertiz en su ámbito. Por ejemplo, en Chile por lo general, las empresas de ingeniería en especialidad ITS se considera a SICE, Indra entre otras. A pesar del precio que ellos puedan cobrar, no tendrá un mayor impacto en las demás empresas de ingeniería, una porque la licitación de la construcción ya fue adjudicada y la empresa constructora conoce a sus empresas de ingeniería y dos, se debe considerar que la licitación fija precios para los proyectos de ingeniería como también precios unitarios en la etapa constructiva. En consideración a lo primero, las empresas de ingeniería cuentan con cierta diferenciación respecto a sus servicios, porque las constructoras consideran ciertos factores o características para seguir trabajando con las mismas empresas de ingeniería.

Sumado a lo anterior, las empresas concesionarias para tener mejores economías realizan integraciones verticales, por lo tanto, parte de la ingeniería, construcción y posterior explotación estará dentro de las mismas empresas capitales que se adjudicaron la licitación.

En resumen, las empresas de ingeniería tienen servicios verticalmente diferenciados, porque producen un servicio mejor que otras empresas y tienen una diferenciación horizontal, como por ejemplo las empresas de ingeniería ITS trabajan con protocolos de Dirección de Tránsito de España, a lo cual las autopistas



Por lo tanto, este mercado tiene una estructura de Competencia Monopolística

2.2.1.2. Poder de Mercado

Para definir el Poder de Mercado de Ingeniería de Autopistas Urbanas, se consideró el valor de ingeniero especialista en el mercado, esto equivale a que el valor es de 3 UF la hora. En una jornada laboral de 9 hrs, el precio se encuentra cercano a las 27 UF por jornada laboral. El costo marginal del especialista es constante y se aproxima al CFMe, por lo tanto, el valor es de aproximadamente de 16,5 UF.

El Poder de Mercado tiene el siguiente valor:

$$PM = (P - CMg)/CMg = (27-16,5)/13,5 = \mathbf{0,63}$$

2.2.2. Estructura y Poder de Mercado de Empresas Constructoras de Ingeniería

2.2.2.1. Estructura de Mercado: Monopolio Bilateral

Como se indicó anteriormente las empresas constructoras, por lo general, son las mismas empresas inmobiliarias que se adjudican las concesiones. Estas empresas son expertas en el ámbito de construcción de autopistas. Para el caso de Túnel San Cristóbal la empresa constructora fue la Constructora Vespucio Norte, empresa formada por los mismos capitales y empresas asociada a la concesión. Luego de terminada la construcción, esta empresa dejó de funcionar. Así que, debido a su naturaleza asignada como concesionaria, se podría evaluar que ella es un *monopolio bilateral*. Pero si se analiza desde el punto de vista que la constructora participa en el proceso de licitación ante el MOP, se puede decir que su estructura de mercado es un Monopsonio, debido a que existen muchos oferentes y un solo demandante. Este análisis nos permite ver que decisiones estratégicas se deben tomar frente a una etapa de licitación y otra frente a una etapa de construcción.

Ahora, considerando las demás empresas constructoras de especialidad como, por ejemplo, las empresas de Comunicaciones, ITS, Peaje Freeflow, entre otras, son empresas que realizan su propia ingeniería y construcción. Por ejemplo, tenemos a SICE e Indra en comunicaciones e ITS y son ellas mismas, además de generar la ingeniería, son las que ejecutan la etapa de montaje o construcción, aunque esto no es necesario que sea así, pero las autopistas, por lo general, funcionan con el sistema de contrato de Llave en Mano, que implica que las empresas por sus especialidades hacen la ingeniería y construcción o



montaje de sus sistemas.

En resumen, se puede decir que la estructura de mercado para la constructora principal es un monopolio bilateral dado a que fue asignado por licitación por el Estado de Chile a través del MOP por licitación de obras públicas.

2.2.2.2. Poder de Mercado

Para el análisis del poder de mercado de las constructoras, se consideró el precio del metro lineal de túnel construido. Por información recopilada en la misma constructora el Precio por metro lineal de túnel construido es de 323,46 UF y su costo marginal es de 186,11 UF. Por lo tanto, el poder de mercado es el siguiente:

$$PM = (P - CMg)/CMg = (323,46-186,11)/186,11 = 0,73$$

2.2.3. Estructura y Poder de Mercado de Autopistas Urbanas Concesionadas (Inmobiliarias)

2.2.3.1. Estructura de Mercado: Monopolio Regulado

Como se indicó en el subtítulo anterior, las inmobiliarias que se adjudican la concesión se enfrentan a una estructura de mercado del tipo Monopsonio (un comprador y varios oferentes) durante la etapa de licitación lo que se traduce en una competencia y luego de la etapa de construcción, comienza la etapa de explotación y la estructura de mercado a la que se enfrentan es completamente distinta.

El mercado al que se enfrenta la autopista durante su etapa de explotación es del tipo Monopolio Regulado. Existen algunas características principales como el que es la única que ofrece una transformación espacial a través de un túnel en pocos minutos desde Huechuraba a Providencia y son pocas alternativas de vías de tráfico que puedan competir con ella, por lo tanto, esas cuotas de mercado no influyen en la cuota de producción de la autopista.

Por otra parte, los precios del peaje están regulados por el Estado, según bases técnicas de licitación.

A pesar de que cada una de las autopistas ofrece un servicio diferenciado en cuanto a localización y transformación espacial que experimenta el usuario en el que se incluye el tiempo de movilización y velocidad del viaje; además, que son muy pocas las autopistas que compiten entre sí y no es posible la entrada de otra concesionaria para competir en esa determinada localización adquirida por licitación pública, se podría considerar una competencia monopolística, pero si se considera las vías alternativas de



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

túnel San Cristóbal para un viaje desde El Salto o Huechuraba hasta Providencia o Las Condes, los usuarios podrían optar por vía La Pirámide o a su vez, si desean ir al inicio de Providencia desde El Salto, seguramente podrían optar por no usar el túnel e ir desde El Salto hasta Recoleta y luego de ahí a Plaza Italia, apareciendo en el inicio de la Comuna de Providencia. Por otro lado, si los usuarios desean ir desde el aeropuerto hasta el sector oriente, podrían considerar a Túnel San Cristóbal junto a Américo Vespucio como alternativa a Costanera Norte. Por lo tanto, según donde se quiera dirigir el usuario y sus preferencias, serán las alternativas que puedan considerar al tomar la decisión de cuales vías considerar para llegar a destino. También hay que considerar que muchos usuarios se mueven por precio y las autopistas no pueden modificar sus precios porque están fijados por decretos, aunque cada año es ajustado según IPC y otros factores, así que los costos de peaje sumados a los costos de combustible son factores que influyen en la decisión de ir por una autopista u otra alternativa.

Por tal motivo, se considera a las autopistas urbanas concesionadas con una estructura de mercado del tipo *Monopolio Regulado* porque cada una de ellas se presenta como si fuera un monopolio porque sus competencias (otras vías urbanas) no poseen las características de la autopista en cuanto a localización, rapidez, seguridad de tráfico, entre otros. Por otra parte, son pocas las autopistas concesionadas y no se permite el ingreso de más empresas en el mercado. Y por el lado del cliente o usuarios, sus preferencias por una u otra autopista o alternativa quedan sujetas a los factores de precio de peaje, gasto de combustible y tiempo según sea la localización de las vías respecto a su destino.

2.2.3.2. Poder de Mercado

Para el análisis del Poder de Mercado de Autopistas Urbanas Concesionadas, se realizará la demanda segmentando en base a los horarios Fuera de Punta, Horario Punta y Saturación. Para este caso solo se considerará los vehículos categoría 1 y 4 que son los vehículos menores y motos. El segmento horario estará definido según tabla y sólo se considerará el sentido El Salto-Kennedy, ya que el proyecto apunta a dar solución a la congestión vehicular que se produce en el eje C1 que tiene el sentido El Salto-Kennedy. En la siguiente tabla se indica el valor de las tarifas cobradas por TSC.

TARIFAS 2011

TÚNEL SAN CRISTÓBAL

VARIANTE VESPUCCIO - EL SALTO - KENNEDY

VALOR TARIFA BASE FUERA DE PUNTA (TBFP), SEGÚN SENTIDO Y CATEGORÍA

SENTIDO	TIPO DE TARIFA	MOTOS, MOTONETAS AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES Y CAMIONES	CAMIÓN CON REMOLQUE
EL SALTO - KENNEDY	TBFP	\$ 231	\$ 694	\$ 1.196
KENNEDY - EL SALTO	TBFP	\$ 185	\$ 555	\$ 925

VALOR TARIFA BASE PUNTA (TBP) Y TARIFA DE SATURACIÓN (TS) SEGÚN SENTIDO, TIPO DE DÍA Y PERIODO HORARIO.

SENTIDO	TIPO DE DÍA	PERIODO	TIPO DE TARIFA	MOTOS, MOTONETAS AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES Y CAMIONES	CAMIÓN CON REMOLQUE
EL SALTO - KENNEDY	Laboral	07:00 a 10:00	TBP	\$ 370	\$ 1.110	\$ 1.849
EL SALTO - KENNEDY	Laboral	17:30 a 20:30	TS	\$ 462	\$ 1.387	\$ 2.312
EL SALTO - KENNEDY	Sábado	10:00 a 14:00	TBP	\$ 370	\$ 1.110	\$ 1.849
KENNEDY- EL SALTO	Laboral	07:00 a 10:00	TBP	\$ 277	\$ 832	\$ 1.387
KENNEDY- EL SALTO	Laboral	17:30 a 20:30	TBP	\$ 277	\$ 832	\$ 1.387
KENNEDY- EL SALTO	Sábado	10:00 a 14:00	TBP	\$ 277	\$ 832	\$ 1.387
KENNEDY- EL SALTO	Domingo	17:00 a 21:00	TBP	\$ 277	\$ 832	\$ 1.387
EL SALTO - KENNEDY	Festivo	10:00 a 14:00	TBP	\$ 370	\$ 1.110	\$ 1.849
KENNEDY- EL SALTO	Festivo	10:00 a 14:00	TBP	\$ 277	\$ 832	\$ 1.387

Para el cálculo de Poder de mercado se consideró el horario punta en saturación, que vendría siendo el segmento horario de 17:30 Hrs a 20:30 Hrs, incluyendo solamente los vehículos de Categoría 1 que serían los automóviles menores y las motos; Q=Vehículos C1 (Motos y autos). El precio y el CMg está determinado por el paso de cada vehículo y según información obtenida a Gerencia de Finanzas el CMg sería de 175 CLP

Por lo tanto, el poder de mercado de las Autopistas Concesionadas sería de:

$$PM \text{ (Concesiones)} = (P - CMg)/CMg = (462-175)/175 = \mathbf{1,64}$$

2.3.Equilibrio de Túnel San Cristóbal

En algunos mercados oligopolísticos, una gran empresa tiene una proporción significativa de las ventas totales y un grupo de empresas más pequeñas abastece al resto del mercado (vías alternativas a la autopista). En ese caso, la gran empresa puede actuar como una empresa Dominante y fijar un precio que maximice sus propios beneficios. Las demás, que apenas pueden influir individualmente en el precio, actúan entonces como competidoras perfectas; consideran dado el precio fijado por la empresa dominante y producen de acuerdo con ese precio. Pero ¿qué sucede cuando la empresa tiene regulación de precios?

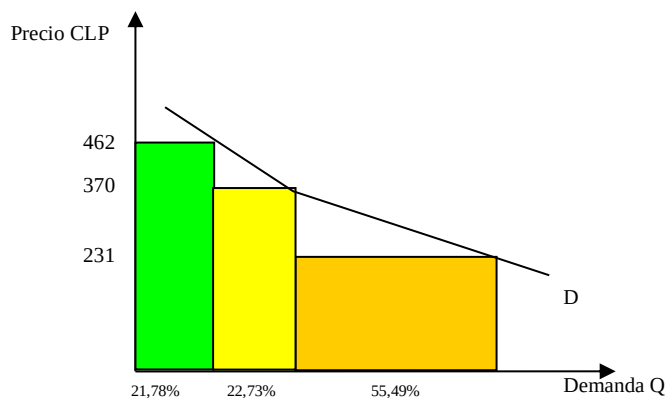
Por condiciones dadas en bases de licitación, el estado a través del MOP, impide que las empresas acumulen excesivo poder de monopolio debido a su coste social. En un mercado competitivo la regulación de precios siempre provoca una pérdida irrecuperable de eficiencia. Sin embargo, esto no sucede a las autopistas urbanas concesionadas porque mantienen poder de mercado.



2.3.1. Demanda de Túnel San Cristóbal

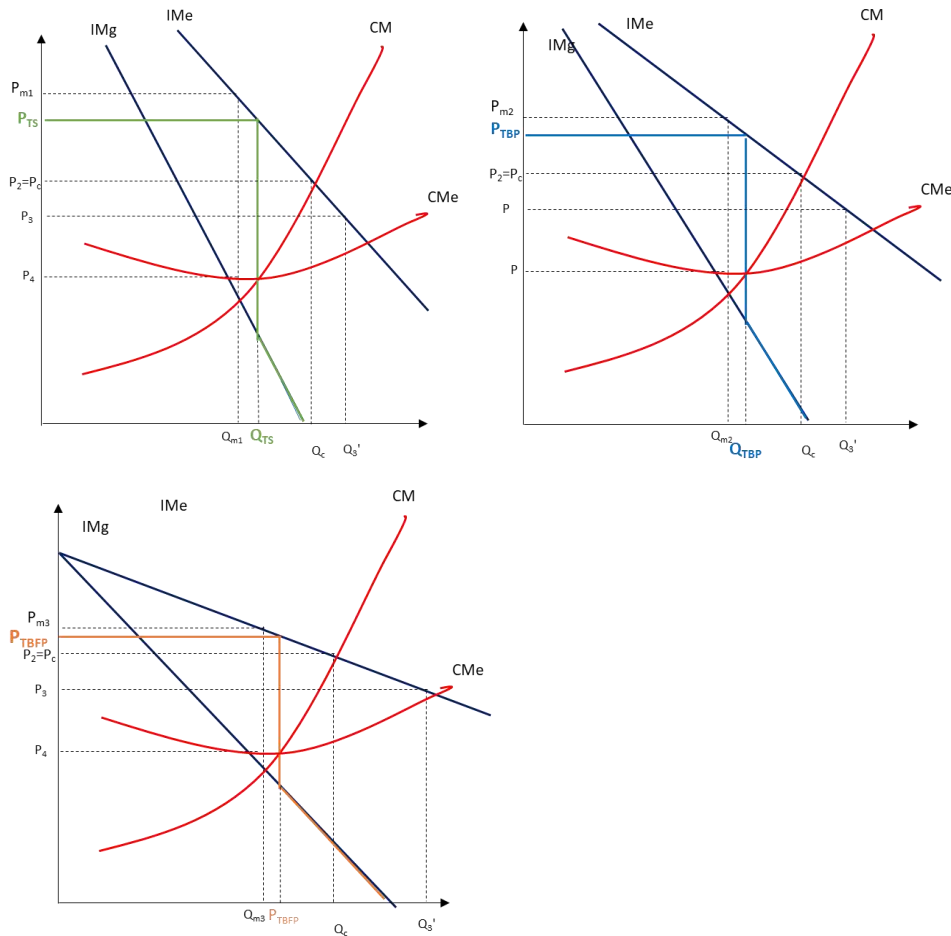
En la siguiente tabla se puede apreciar la demanda a la que se enfrenta Túnel San Cristóbal. La demanda del mercado es la producción de la autopista, porque el monopolista es el mercado.

	Mercado	TBFP	TBP	TS
Laboral 07:00 a 10:00	20,24%		112903	
Laboral 17:30 a 20:30	21,78%			121518
Sábado 10:00 a 14:00	2,04%		11360	
Festivo 10:00 a 14:00	0,45%		2512	
Horas restantes	55,49%	309559		
Total	100%			
Total Veh/mes	557852	309559	126775	121518
Precio		\$ 231	\$ 370	\$ 462
TBFP	55,49%			
TBP	22,73%			
TS	21,78%			



2.3.2. Equilibrio de Túnel San Cristóbal

A continuación, se explicará la curva de equilibrio con regulación de precios dados por el MOP a las Autopistas Urbanas.



Se tomará la curva de equilibrio que muestra la regulación de los precios P_{TS} . Se puede observar que P_{m1} y Q_{m1} son el precio y la cantidad sin regulación, es decir, en el punto en el que el ingreso marginal es igual al costo marginal. TSC tiene tres tipos de tarifas, teniendo como precio máximo la Tarifa de Saturación TS en \$462 CLP. Para hallar el nivel de producción que maximiza los beneficios de la empresa, se debe averiguar en cómo afecta la regulación a sus curvas de ingreso medio y marginal. Como TSC no puede cobrar más de P_{TS} por los niveles de producción producidos hasta Q_{TS} , su nueva curva de ingreso medio es una línea recta horizontal en P_{TS} . En los niveles de producción superiores a Q_{TS} , la nueva curva de ingreso medio es idéntica a la antigua curva de ingreso medio: en estos niveles de producción TSC cobra menos de P_{TS} y, por lo tanto, no le afecta la regulación.

Para maximizar los beneficios, TSC debe producir la cantidad Q_{TS} , ya que ese es el punto en el que su curva de ingreso marginal corta a su curva de costo marginal.

A medida que baja más el precio, la cantidad producida continúa aumentando y la pérdida irrecuperable de eficiencia disminuye. Al precio P_C , en el que se corta el ingreso medio y el coste marginal, la cantidad producida ha aumentado hasta el nivel competitivo y ha desaparecido la pérdida irrecuperable de eficiencia provocada por el poder de monopolio. Una reducción aún mayor del precio, por ejemplo a P_3 , provoca una disminución de la cantidad. Esta disminución equivale a imponer un precio máximo a una



industria competitiva. Surge una escasez ($Q_3' - PTBFP$), así como una pérdida irrecuperable de eficiencia como consecuencia de la regulación. A medida que se reduce aún más el precio, la cantidad producida continúa disminuyendo y aumenta la escasez. Finalmente, si el precio se reduce debajo de P_4 , que es el coste medio mínimo, TSC perdería dinero y quebraría.

2.4. Análisis de Vertical de Túnel San Cristóbal

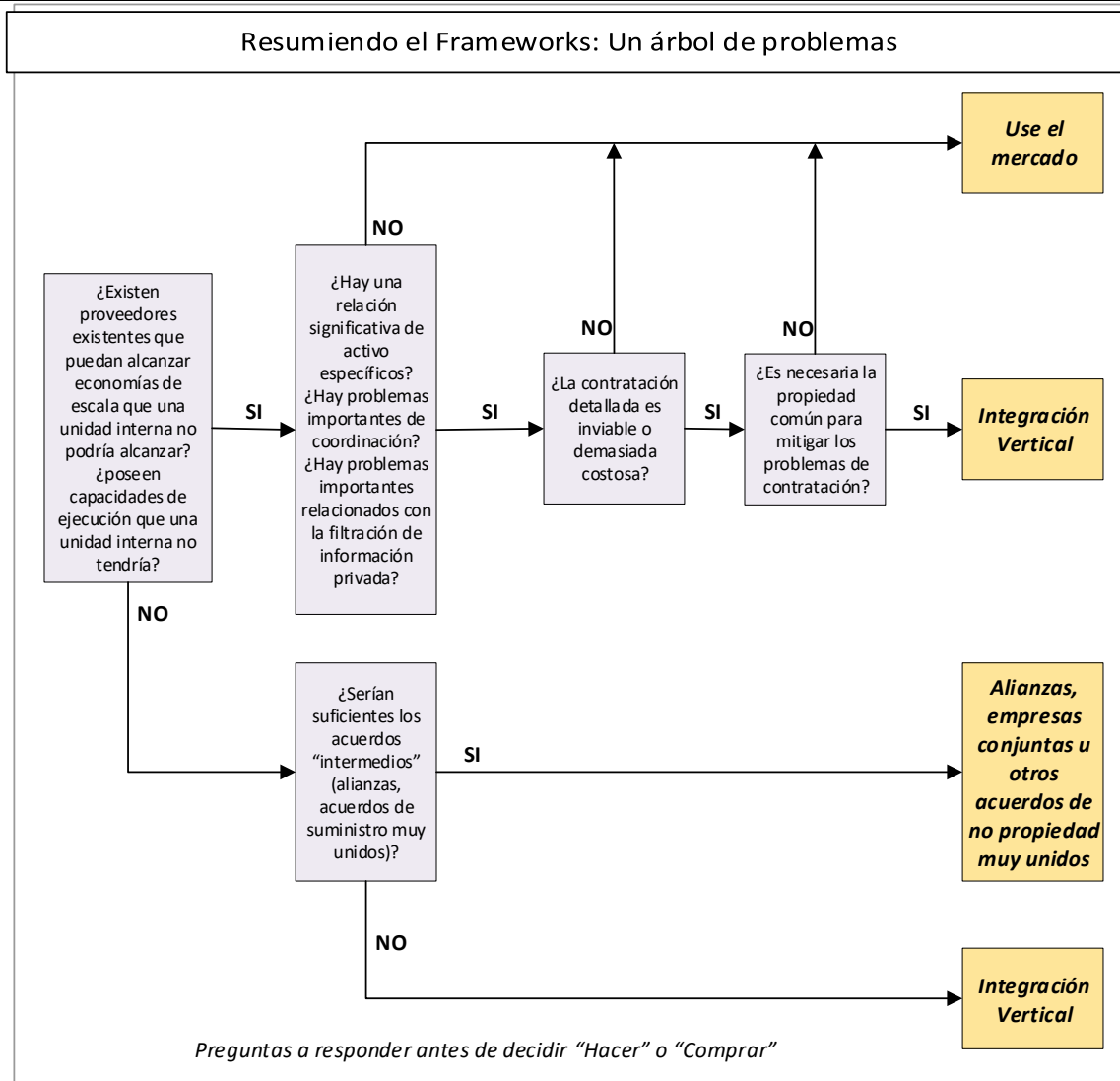
En general, bienes en una economía "fluyen" a lo largo de una cadena vertical de materias primas y componentes para la fabricación, a través de la distribución y venta por menor. La cadena vertical incluye actividades directamente relacionadas con el procesamiento y manipulación de materiales desde la materia prima (por ejemplo, madera) hasta el producto acabado. Las actividades de procesamiento incluyen la adquisición de materias primas, procesamiento de bienes y ensamblaje. Las actividades de manejo incluyen todos lo asociado al transporte y almacenamiento. Las actividades de una autopista incluyen el ingreso a la vía, transformación espacial y salida de la vía. Cuando hablamos de las actividades que son anteriores o posteriores en un proceso de producción, generalmente nos referimos a esos procesamiento y actividades de manejo.

2.4.1. Definiendo Límite Vertical: ¿Comprar o Hacer?

Los Límites Verticales son las decisiones de una empresa para realizar una actividad propia o compra independiente. Estas decisiones se conocen como la decisión de hacer o comprar. "Hacer" significa que la empresa realiza la propia actividad. "Comprar" significa que confía en una firma independiente para realizar la actividad, quizás bajo contrato. Aunque puede sonar extraño, cuando una empresa adquiere a un proveedor de insumos, esa firma esta "haciendo" el insumo, debido a que está realizando la actividad internamente (in-house).

En general, bienes en una economía "fluyen" a lo largo de una cadena vertical de materias primas y componentes para la fabricación, a través de la distribución y venta por menor. Los economistas dicen que los primeros pasos en la cadena vertical son aguas arriba en el proceso de producción, y pasos posteriores son descendentes

La razón para utilizar el mercado, o "razones para comprar," se derivan de las empresas de un simple concepto- empresas del mercado suelen ser más eficiente (es decir, pueden llevar a cabo la actividad a un costo menor o mayor calidad que el comprador que ha realizado la actividad propia). A veces estas eficiencias son tangibles en el sentido que pueden ser estimados con datos contables. A veces son intangibles, tienen más que ver con incentivos y "efectos de burocracia" que con cualquier cosa fácilmente monitoreada por los contables.



2.4.2. El Límite Vertical de Túnel San Cristóbal

En el ámbito comercial TSC debía enfrentar el costo de facturación, lo que implicaba contratar personal, implementar infraestructura tecnológica para la realización de boletas y facturas. Por otra parte, Autopista Vespucio Norte es una empresa “hermana” por así decirlo, porque los mismos capitales de inversión son de TSC, por lo tanto, se pensó en una estrategia de realizar una facturación única, considerando la instalación tecnológica que AVN poseía. Es así que TSC decidió salir a comprar en el mercado, porque existía en el mercado un proveedor (AVN) que era capaz de conseguir economía de escalas a través de sus capacidades de ejecución, además de mantener una relación de activos específicos como lo es la autopista en sí. Por lo tanto, si TSC produjera la facturación, sus costos se dispararían siendo ineficiente frente al mercado. Por lo tanto, la decisión de “Comprar” fue un éxito de decisión que permitió aplicar la estrategia de boleta única entre TSC y AVN.



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

Por otra parte, en el ámbito operacional, existe saturación al interior del túnel eje C1 que tiene sentido El Salto a Providencia, la cual se debe a la semaforización en Av. Los Conquistadores. Esta situación genera un atochamiento durante el horario punta de la tarde, lo que implica disminución en los niveles de servicios a los usuarios (rapidez, velocidad) y que en ocasiones no exista cobro de peaje, porque el tráfico se detiene o la circulación es menor a los 10Km/hr.

Nuestro cliente de tráfico serían las calles receptoras de éstos. Por lo tanto, Av. Los Conquistadores y Av. El Cerro, serían nuestros clientes de tráfico, pero ellos están generando cuellos de botella debido a la Semaforización, tanto en Av. Los Conquistadores con Av. El Cerro, como la semaforización entre Av. El Cerro y Av. Santa María.

Se comprenderá que no se puede realizar un contrato con la municipalidad ni la gobernación regional común para mitigar el problema, tampoco algún tipo de alianza con la UOCT para gestionar el semáforo, aunque se ha trabajado en forma coordinada con ellos, pero el tráfico supera la capacidad. Por lo tanto, nuestro cliente de tráfico debe mejorar sus cuellos de botella y la solución es hundiendo las Av. Los Conquistadores y Av. Santa María, realizando una conexión directa entre Av El Cerro, así los usuarios de TSC podrían salir hacia AV. Los Conquistadores, Av. Santa María y Av. Nueva Tajamar sin semaforización.

La estrategia puede ser en dos formas: O el MOP realiza esa modificación a su entero costo o TSC realiza una integración Vertical hacia adelante para incorporar la Av. El Cerro a su concesión y explotar esa zona, lo que implica un aumento en el costo de Túnel San Cristóbal y economía de escalas

2.5. Análisis Horizontal de Túnel San Cristóbal

Los límites horizontales de la empresa son las economías de escala y alcance y éstas determinan las cantidades y variedades de productos y servicios que produce. Los límites horizontales difieren notablemente entre las distintas industrias, y a través de las empresas dentro de ellas.

2.5.1. Definiendo Límite Horizontal: Economías de Alcance y de Escalas

2.5.1.1. Economía de Escala

El proceso de producción de un determinado bien o servicio exhibe economías de escala en un rango de producción cuando el coste medio (es decir, el costo por unidad de producción) disminuye con el rango. Cuando el coste medio (CMe) disminuye, aumenta la producción, y el costo marginal (CM) (es decir, el coste de la última unidad producida) debe ser menor que el costo medio total. Si el costo medio está



aumentando, entonces el costo marginal debe exceder el costo medio, y decimos que la producción exhibe deseconomías de escala. Por lo tanto, las economías de escala existen si la empresa logra un ahorro de costes unitarios a medida que aumenta la producción de un bien o servicio determinado.

2.5.1.2. Economía de Alcance

Considerando que las economías de escala son generalmente definidas en términos de disminución de funciones de costo promedio, las economías de alcance son generalmente definidas en términos de la relación costo total de producción de una variedad de bienes y servicios en una misma empresa versus por separado en dos o más empresas. Formalmente, se denota a $TC(Q_x, Q_y)$ como el costo total para una empresa productora de Q_x unidades del bien X y Q_y las unidades del bien Y. Luego, una producción de proceso exhibe economías de alcance si:

$$TC(Q_x, Q_y) < TC(Q_x, 0) + TC(0, Q_y)$$

Esta fórmula refleja la idea de que es más barato para una sola empresa producir los bienes X e Y que para una empresa producir X y otra para que produzca Y. Para dar otra interpretación de la definición, se debe tener en cuenta que los costos totales de una empresa son iguales a cero si se produce cero cantidades de ambos productos, por lo que $TC(0, 0) = 0$. Luego, se reorganiza la fórmula anterior para que diga:

$$TC(Q_x, Q_y) - TC(0, Q_y) < TC(Q_x, 0) - TC(0, 0)$$

Esto dice que el costo incremental de la producción de Q_x unidades del bien X, frente a ninguno en absoluto, es menor cuando la empresa está produciendo una cantidad positiva Q_y del bien Y.

2.5.2. El Límite Horizontal de Túnel San Cristóbal

El unir AV. Kennedy con Túnel San Cristóbal fue una economía de escala porque la inversión fue realizar una conexión de un tramo corto a través de un puente que pasaba por sobre Av. Santa María y Costanera Norte, lo que permitió capturar un segmento de mercado de usuarios que viven o se dirigen hacia Vitacura y Las Condes, significando un aumento en sus ingresos y disminución en sus costos medios. Lo que implicó en mayores beneficios para la empresa y en cuanto al usuario, éstos aumentaron sus excedentes debido a que sus costos de combustible disminuyeron al reducir la cantidad de kilometraje circulado por conectar en forma directa con las comunas mencionadas.

Respecto a las economías de alcance, se puede considerar que TSC posee canalizaciones subterráneas que forman un anillo que se unen a las canalizaciones públicas del sector de Providencia y Huechuraba - El Salto, además de unirse con las canalizaciones subterráneas de AVN, esto abre una línea de negocio



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

para ofertar servicios de canalizados montados para el tendido de cables de comunicaciones. TSC no tendría que invertir en ningún costo fijo adicional, porque los ductos, cámaras de conexión, canalizaciones de empalme hacia las cámaras públicas se encuentran realizadas.

$$TC(Q_{TT}, Q_{SC}) < TC(Q_{TT}, 0) + TC(0, Q_{SC})$$

Donde:

$TC(Q_{TT})$ = Costo total de Producción de Tráfico en Túnel

$TC(Q_{SC})$ = Costo Total de Producción Servicio de Comunicaciones a terceros

$TC(Q_{TT}, Q_{SC})$ = Costo Total de Producir Tráfico en Túnel y Servicio de Comunicaciones a terceros

$TC(Q_{SC})$ = Costo Consumo Energía + Costo Sala Eléctrica + Costo mt lineal de ductos

$TC(Q_{SC}) = 30000 + 150000 + 1250000 = \$1.430.000 \text{ CLP}$

$TC(Q_{TT}) = \$64.970.326.000 \text{ CLP}$

$TC(Q_{TT}, Q_{SC}) = 64.970.326.000 + 1.430.000 = 64.971.756.000$

Por lo tanto, si TSC hiciera una nueva infraestructura asociada a la venta de servicios de comunicaciones no podría existir economía de alcance debido a que el costo sería muy grande. Entonces se cumple la ecuación de economía de escala si TSC utiliza la misma infraestructura existente, puesto a que el costo aumenta un 1%.

Es así como las empresas de comunicaciones como Claro, Entel, Movistar, entre otras han podido realizar instalaciones y hacer uso de ese servicio. El costo de estos servicios se traduce en el consume de energía de los HUB's, la disposición en planta de los equipos en tableros en Salas Eléctricas y el costo del metro lineal del uso de canalizado. Estos costos son tan mínimos respecto al costo de la construcción y activos fijos de la concesionaria, que casi son despreciables, pero por cada uno de estos servicios la empresa recibe cerca de \$10.000.000 mensuales como ingresos no ordinarios (ingresos distintos al tráfico vehicular). Por lo tanto, ha sido un costo de oportunidad muy bien aprovechado.

2.6.DIAGNÓSTICO

La renovación de la infraestructura vial del país, a través de Autopistas Urbanas y Rutas Interurbanas, es la mejor muestra del logro alcanzado por la *Industria de las Concesiones*. La Ruta 5, como eje estructurante del territorio nacional, con doble calzada entre Vallenar y Parga y las vías transversales de alto estándar que articulan actualmente el desarrollo social y productivo del país, a través de La Ruta 78 Santiago San Antonio; la Ruta 68 Santiago – Valparaíso – Viña del Mar; el Acceso Norte a Concepción; entre otras, son un ejemplo de esta integración.



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

Por otra parte, mejorar la condición de vida para los habitantes de la capital ha sido otro de los objetivos primordiales. Las autopistas urbanas de Santiago son uno de los grandes hitos del Sistema de Concesiones. Vías como Autopista Central, Costanera Norte y Vespucio Norte y Sur, componen el eje principal de esta integración vial, con altos estándares de seguridad vial y tecnología de flujo sin barreras (free flow) que permite a las sociedades concesionarias urbanas realizar el cobro de peaje sin necesidad que los usuarios detengan su automóvil, mediante un sistema denominado telepeaje

2.6.1. Mercado de Túnel San Cristóbal

El alcance del mercado geográfico o de localización de Túnel San Cristóbal es esencial para analizar las oportunidades y amenazas de la industria de las concesiones urbanas a la que pertenece. Se debe considerar que los usuarios que utilizan el Túnel San Cristóbal son aquellos que se desplazan desde Huechuraba a Providencia; considerando el sentido de flujo vehicular de la pista Eje C1 que va desde El Salto a Providencia, por lo tanto, sus competidores son las vías alternativas que ofrecen la misma transformación espacial como lo es la Subida La Pirámide, o Av. El Salto y dentro de sus proveedores de vehículos, nos encontramos que son las vías que nacen des Ciudad Empresarial, Av. El Salto y Autopista Vespucio Norte que tiene conexión directa con Túnel San Cristóbal. Respecto a sus clientes o sectores que reciben a los vehículos en el sector de Providencia, nos encontramos con las Av. El Cerro, Av. Los Conquistadores y Av. Kennedy.

2.6.2. Oportunidades

- d) Muy baja rivalidad interna debido a la poca cantidad de competidores
- e) Un muy alto poder de mercado (1,64) frente a sus proveedores y clientes
- f) Barrera de entrada de nuevos competidores es casi nula
- g) Por sus características analizadas anteriormente, Túnel San Cristóbal es un Monopolio Regulado
- h) Factibilidad de Integración Vertical hacia adelante. Esto significa que Av. El Cerro o Av. Los Conquistadores podrían ser parte de la concesionaria.

2.6.3. Amenazas

- i) Posibilidad de un sustituto al túnel como lo es la construcción de Teleférico desde Providencia a Huechuraba.
- j) Barreras de Salida altas debido a los recursos escasos túneles y la infraestructura vial en general.
- k) Cierre de vías o cuellos de botellas por distintos motivos, como accidentes, incidentes, mantenimiento, entre otros. Si éstos cierres se realizan en el ingreso vehicular a las pistas, se traduce



en disminución de flujo vehicular, a su vez, disminución de ingresos. Si esto ocurre en la salida de la autopista, se produce una detención del flujo vehicular, lo que produce congestión vehicular, lo que no permite el ingreso de nuevos vehículos a la autopista.

I) Alto Poder de Negociación del Estado como políticas públicas son un factor determinante en la regulación de precio debido al coste social que implica una infraestructura vial, lo que significa que los precios regulados podrían ser menores a los proyectados o presupuestados en forma anual, en consideración a los altos Costos fijos en Mantenimiento de Infraestructura Vial y a la fuerte inversión inicial. A pesar que la regulación de precio está fijada por Bases Técnicas de Licitación y Contrato entre el Estado y la Concesionaria, éstas pueden sufrir reveses, como lo es la presión social por el costo de vida de las personas por sobre el estado. Esta presión será derivada a las concesionarias, quienes tendrán que asumir pérdidas de beneficios.

2.6.4. Atractivo de la Industria

A pesar de las amenazas, las políticas públicas de Chile son bastantes estables, el poder de mercado de la concesionaria es muy alto frente a sus proveedores y clientes. A pesar de tener regulación de precios, sus beneficios respecto a su producción están por sobre una industria competitiva. También se debe considerar la integración vertical hacia adelante como un aumento de las capacidades y mejora del flujo vehicular, lo que involucraría en un aumento de ingresos y beneficios a la concesionaria. Por lo tanto, el atractivo de la industria es muy alto.

3. ANALISIS INTERNO

3.1.Descripción de la Sociedad Concesionaria Túnel San Cristóbal S.A.

La Sociedad tiene como Objeto exclusivo la ejecución, reparación, conservación, mantenimiento, explotación y operación de la obra pública fiscal denominada “Concesión Variante Vespucio - El Salto - Kennedy” mediante el Sistema de Concesiones, también la prestación y explotación de los servicios que se convengan en el contrato de concesión destinados a desarrollar dicha obra y las demás actividades necesarias para la correcta ejecución del proyecto.

3.2.Análisis Interno de la Sociedad Concesionaria Túnel San Cristóbal S.A.

La naturaleza del análisis del entorno interno de la empresa es que ella logre ventajas competitivas



Las empresas no solo deben tener la estructura organizacional correcta para lograr una ventaja competitiva, sino que también deben contar con los recursos que necesitan para aumentar su capacidad de innovación. La probabilidad de lograr una ventaja competitiva sostenible aumenta si las empresas utilizan sus recursos, capacidades y competencias centrales únicas y si fundamentan en ellos las estrategias que implementan.

Como se explica en este capítulo, Túnel San Cristóbal logra la competitividad estratégica y obtiene rendimientos superiores al promedio cuando adquiere competencias centrales únicas, las agrupa y las utiliza como palanca para aprovechar las oportunidades presentes en el entorno externo.

En este capítulo se hablará de la empresa misma, a través del análisis del entorno interno. Cuando se realiza este análisis, la empresa está en posición de determinar “*que puede hacer*”, es decir, las acciones que puede emprender con base en sus recursos, capacidades y competencias centrales únicas. Las competencias centrales son la fuente de la ventaja competitiva de la empresa. La magnitud de esta ventaja competitiva depende, sobre todo, de la singularidad de sus competencias centrales. Cuando la empresa equipara lo que *hace* con lo *que podría hacer* (en función de las oportunidades y las amenazas presentes en el entorno externo) puede desarrollar su visión, perseguir su misión, elegir sus estrategias e implementarlas.

“Las competencias centrales de una organización, sumadas a los resultados de los análisis de su entorno general, el de la industria y el de los competidores, deben guiar la elección de sus estrategias”.

Algunas definiciones:

- 1) **Creación de Valor:** La creación de valor para los clientes es la fuente de los rendimientos superiores al promedio que obtiene una empresa. El valor económico es creado cuando un productor combina insumos, como mano de obra, capital, materias primas y componentes comprados para hacer un producto cuyo beneficio percibido B excede el costo C incurrido en la fabricación del producto.

$$\text{Valor Creado} = \text{Excedente del consumidor} + \text{Excedente del Productor}$$

$$\text{Valor Creado} = (B - P) + (P - C)$$

$$\text{Valor Creado} = B - C$$

- 2) **Recursos:** Los recursos son de espectro amplio y abarcan un abanico de fenómenos individuales, sociales y organizacionales. Los recursos por sí solos no producen una ventaja competitiva, de hecho, una ventaja competitiva se suele basar en la *agrupación única de varios recursos*. Algunos recursos de las empresas son Tangibles y otros Intangibles.



- a) **Recursos Tangibles:** Son activos que se pueden ver y cuantificar. Éstos son: Recursos Financieros, Organizacionales, Físicos y Tecnológicos.
 - b) **Recursos Intangibles:** Son activos que suelen tener profundas raíces en la historia de la empresa y que se han ido acumulando con el transcurso del tiempo. Como los recursos intangibles están incrustados en patrones únicos de rutinas, dificultan hasta cierto punto que los competidores los puedan analizar e imitar. El conocimiento, la confianza entre gerentes y empleados, las capacidades de los gerentes, las rutinas de la organización (la forma única en que las personas trabajan juntas), las capacidades científicas, la capacidad para la innovación y la reputación de la empresa por sus bienes o servicios y por la forma en que interactúa con las personas (como empleados, clientes y proveedores) son ejemplos de recursos intangibles.
- 3) **Capacidades:** Las capacidades son una combinación de recursos que se pueden rentabilizar. Son las actividades que una empresa realiza especialmente bien en comparación con otras empresas. Las capacidades existen cuando los recursos han sido integrados a propósito con el fin de desempeñar una o varias tareas específicas. Los recursos son de espectro amplio y abarcan un abanico de fenómenos. Se puede pensar de los recursos como “sustantivos” (son cosas que la empresa “tiene”) y a las capacidades como “verbo” (son las cosas que las empresas “hacen”). Las capacidades pueden residir dentro de funciones particulares de negocio.
- 4) **Competencias Centrales:** Las competencias centrales son las capacidades que conducen a una especialización y con ello a una ventaja competitiva frente a sus rivales. Las competencias centrales distinguen a una empresa en términos de competencia y reflejan su personalidad. Van surgiendo con el transcurso del tiempo a medida que la organización avanza en el proceso de acumulación de diversos recursos y capacidades y aprende a aplicarlos. Como capacidad para emprender acciones, las competencias centrales son “las joyas de la corona de una empresa”; es decir, las actividades que ésta desempeña especialmente bien en comparación con sus competidores y las cuales le permiten agregar valor único a sus bienes y servicios durante un largo periodo.

3.3.Optimización de la Operación en el Largo Plazo

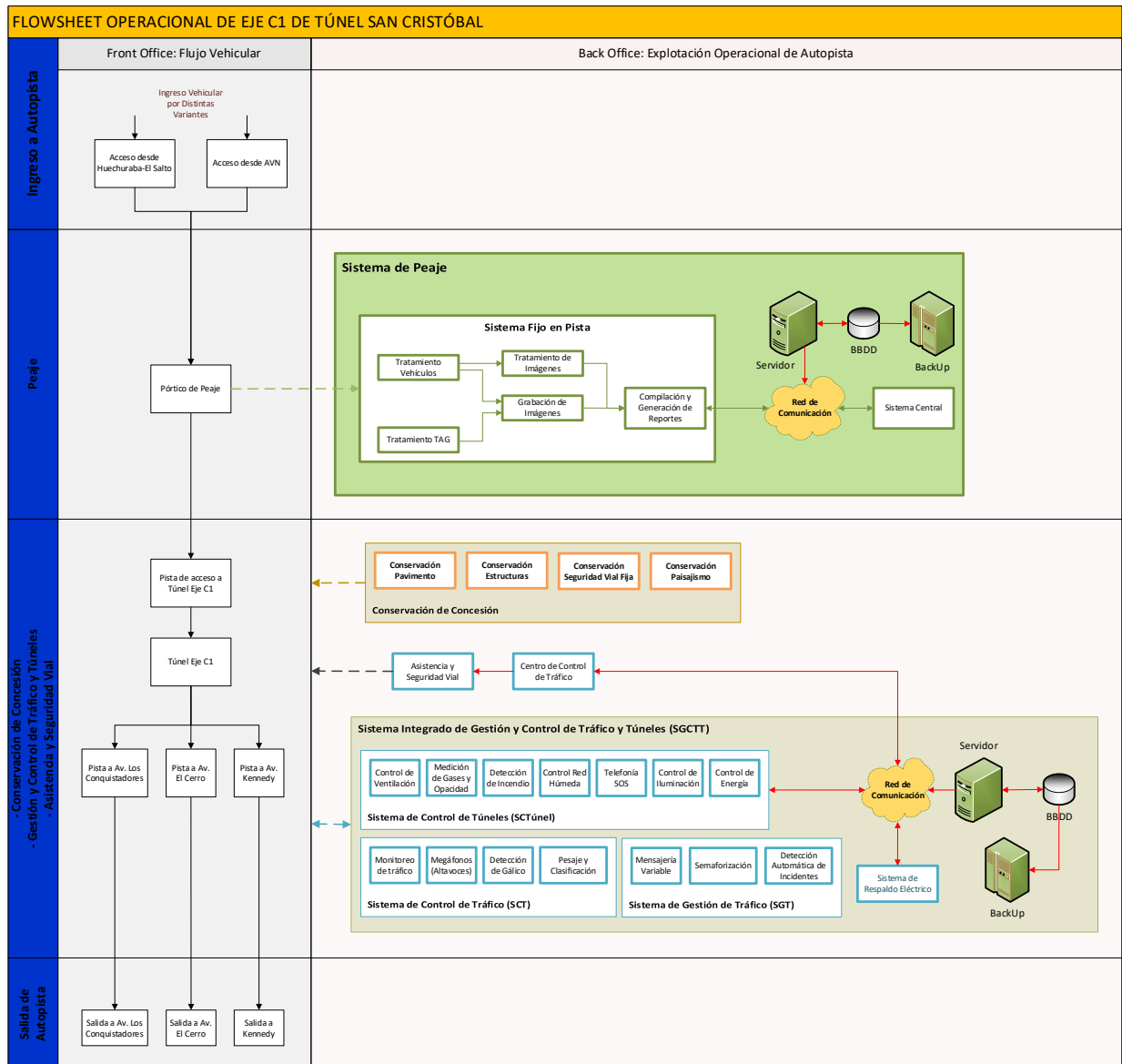
La Optimización a Largo Plazo consiste en buscar: Economías de Escala, Economías de Alcance y Economías de Aprendizaje y deben cumplir con 3 condiciones:

- a) **Crean Δ Valor en forma Sustancial**
- b) **Agregan nuevos mercados**
- c) **Son distintivos y difíciles de imitar.**

Para la optimización de la operación en el largo plazo se desplegará el flowsheet operacional de Túnel San Cristóbal, se identificarán las facilities críticas, se desagregarán y posteriormente se realizará un análisis horizontal de ellas, buscando las posibles mejoras que requieran para optimizar la operación, que al final se traduce en el proyecto de tesis.



3.3.1. Flowsheet Operacional de Túnel San Cristóbal



El flowsheet operacional de servicio es un modelo del servicio en el que se puede visualizar tanto un Front Office (Momento de verdad por dónde transita el usuario en un su vehículo), como el Back Office en el que se encuentra toda la operación para entregar al usuario de la autopista una experiencia de viaje segura y expedita.

Cabe hacer notar que la autopista tiene dos explotaciones: la operacional y la comercial. Esta última, considera el servicio al cliente, facturación, cobranza, entre otros. Para el caso de este proyecto, el análisis se enfocará en la explotación operacional, aunque en la comercial también se podría hallar costo de oportunidades que agreguen valor al cliente, además de los ya existentes procesos de valor como el pago vía electrónica por una página web, entre otros, pero para el caso de estudio de este proyecto solo nos



La explotación Operacional consiste en las siguientes facilities:

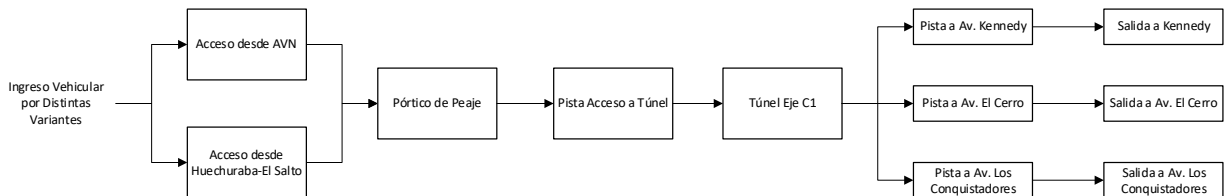
- Ingreso a Autopista
- Peaje
- Asistencia y Seguridad Vial (vehículos, herramientas, materiales y personas especializadas en la asistencia en ruta)
- Gestión y Control de Tráfico y Túneles
- Conservación de Concesión
- Salida de Autopista

A continuación, se describen las distintas facilities, tanto del front como del back office del flowsheet operacional de servicio junto a sus recursos e insumos.

3.3.2. Front Office: Flujo Vehicular por la Concesión

El Front Office se divide en facilities permitirán al usuario tener la experiencia de una transformación espacial a través de las pistas y túneles las que lo conectarán con distintas comunas.

Esta experiencia se basa en niveles de servicio que entrega la autopista a través de la capacidad, fluidez de tráfico y seguridad vial.



- Acceso desde AVN y Huechuraba – El Salto:** En estas facilities se encuentran las pistas proveedores de vehículos de Vespucio Norte y de Huechuraba y El Salto y se conectan con la pista de la concesión.
- Órtico de Peaje:** Esta facility se realiza el Cobro Electrónico de Peaje (ETC); que es un sistema multipista de flujo libre basado en el sistema Kapsch MLFF y Tags desarrollados por Kapsch TrafficCom AB.
- Pista Acceso a Túnel:** En esta facility se encuentran las pistas, estructuras, señalizaciones fijas y seguridad vial, además de los equipos de campos que forman parte del Sistema Integrado de Gestión y Control de Tráfico (SIGCT) que brinda la autopista al usuario.



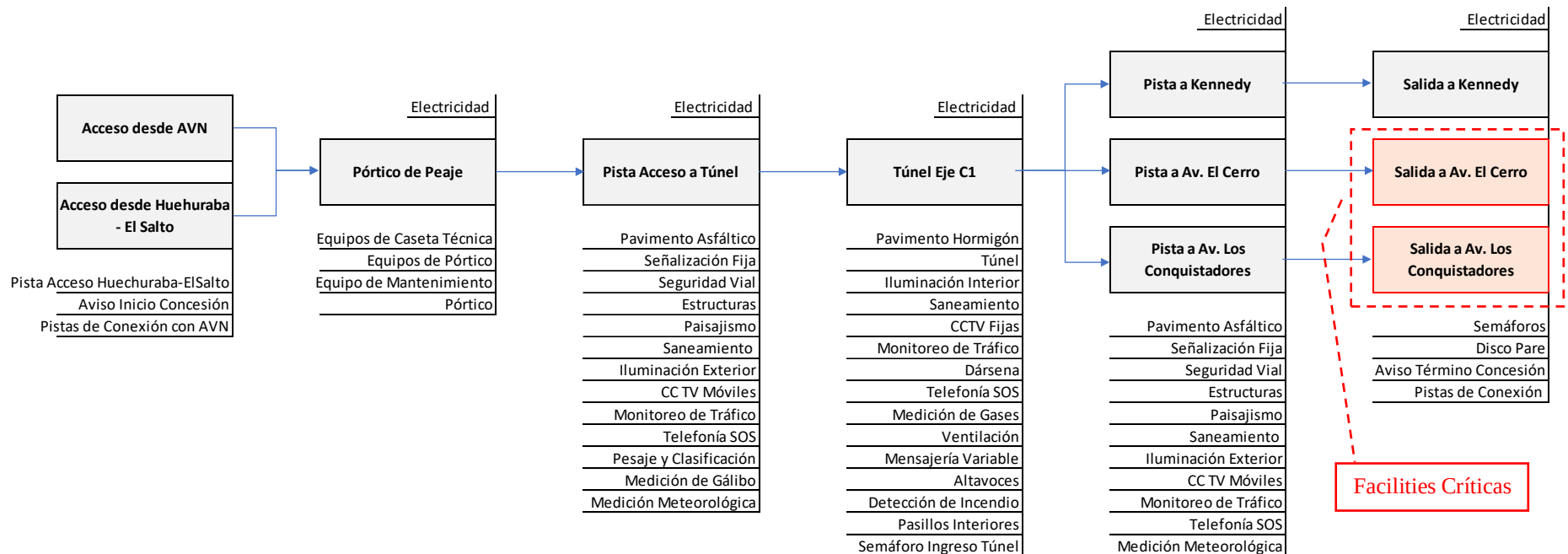
Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

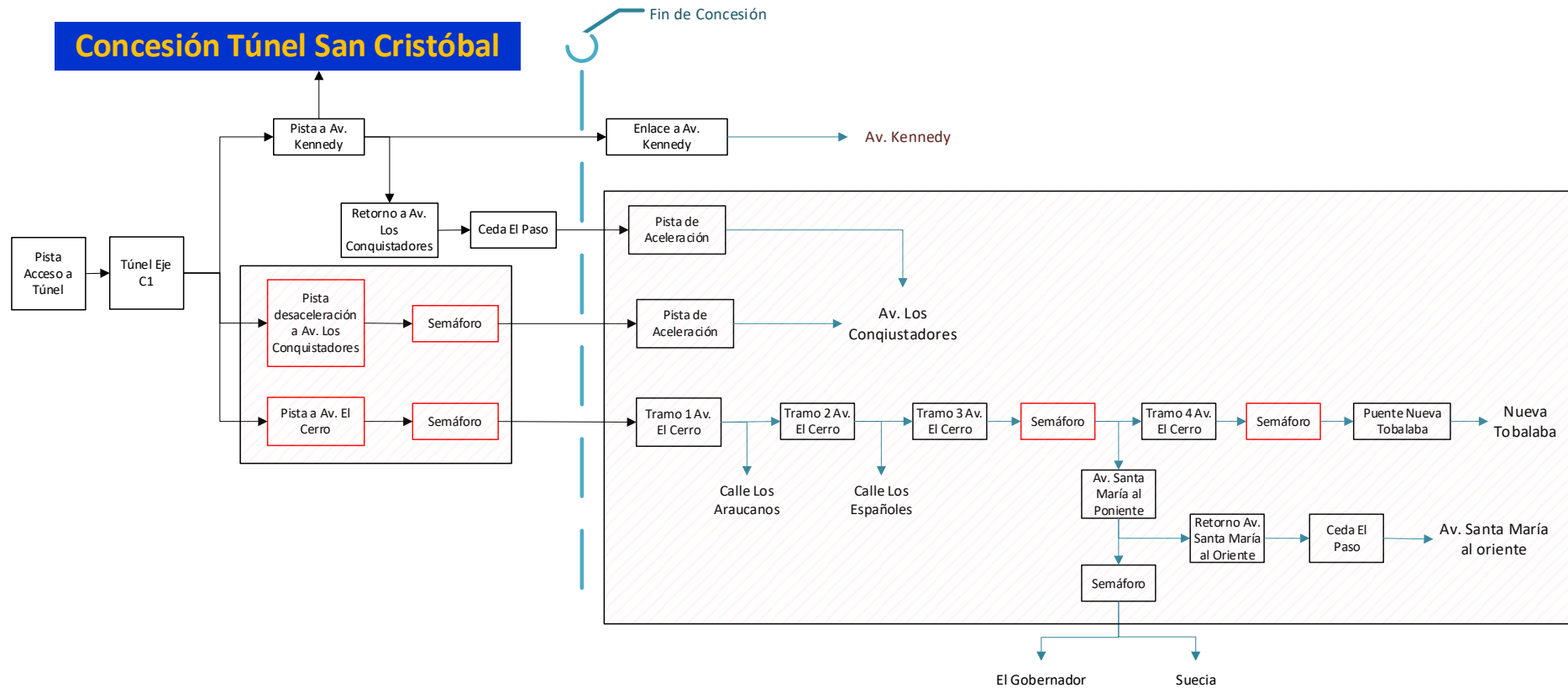
- d) **Túnel Eje C1:** En esta facility, además de encontrarnos con el principal recuso y capacidad de la empresa que es el túnel, también se encuentran los Sistemas de Gestión de Tráfico, de Control de Tráfico y de Control de Túneles lo que le permite a la autopista gestionar y controlar el tráfico, como también controlar las variables que se manifiestan al interior del túnel, entregando al usuario una mayor seguridad en transito vehicular por la autopista.
- e) **Pistas a Av. Kennedy, El Cerro, Los Conquistadores:** Estas son las pistas que conectarán a las distintas salidas de la concesión que se unirán a las variantes mencionadas a nuestros receptores o clientes de tráfico vehicular. En estas facilities también encontraremos estructuras, señalizaciones fijas y seguridad vial, como también los equipos de campos que forman parte del Sistema Integrado de Gestión y Control de Tráfico (SIGCT) que brinda la autopista al usuario.

3.3.2.1. *Facilities Críticas del Front Office junto a sus Recursos e Insumos*





3.3.2.2. *Desagregación de Facilities Críticas del Front Office*



La desagregación corresponde a las Salidas hacia Av. Kennedy, Av. El Cerro, Av. Los Conquistadores y Av. Santa María, pero la zona que se encuentra achurada de color rojo es la que produce criticidad en el Sistema. A esta zona la llamaremos “Confluencia Vehicular” y es la que analizaremos.



Universidad Gabriela Mistral

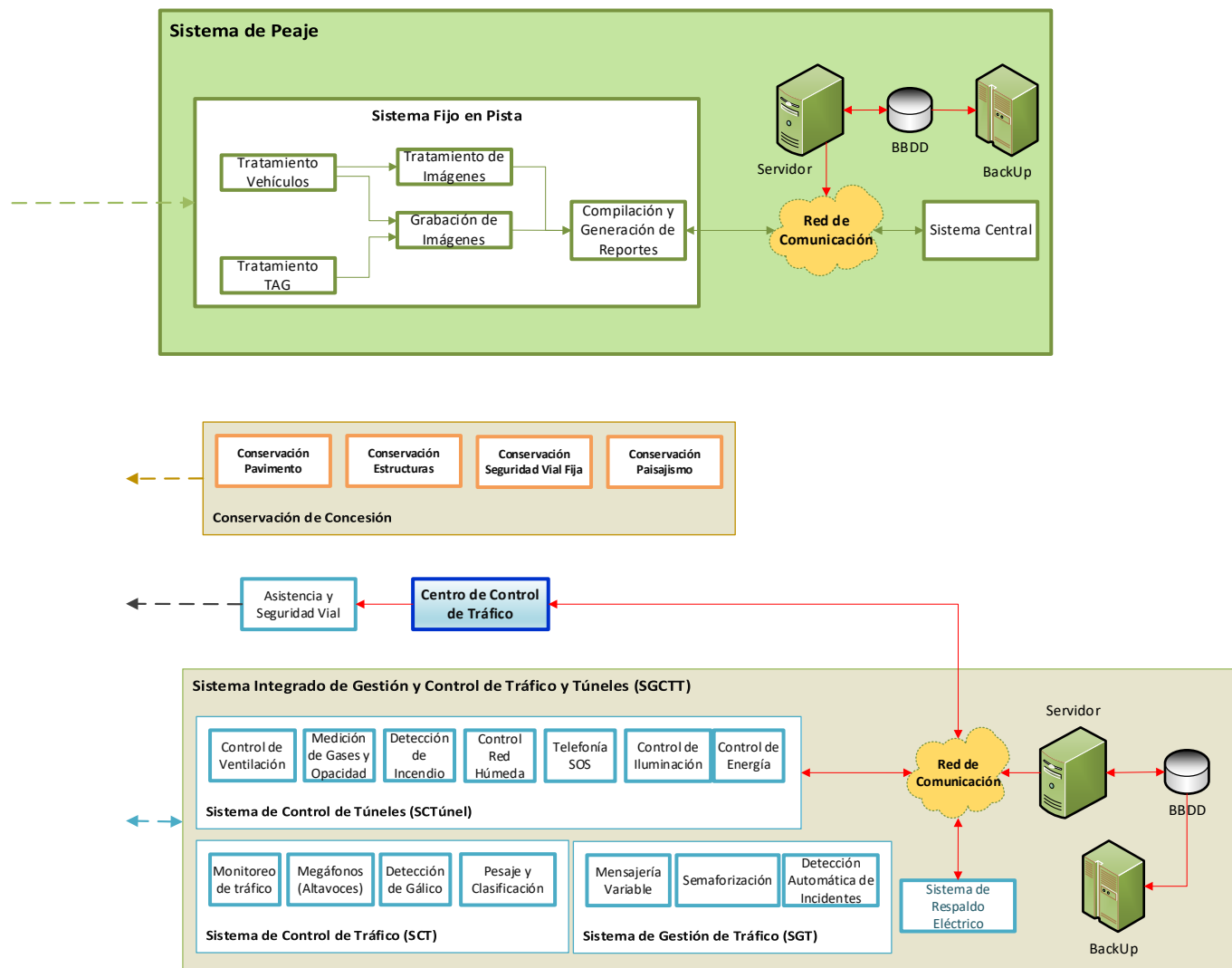
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

- a) **Dirección hacia Av. Los Conquistadores:** Al momento que los vehículos salen del Túnel Eje C1, se encuentran con una pista de desaceleración que dará la conexión hacia Av. Los Conquistadores, pero antes, los vehículos deben pasar por un semáforo peatonal que luego los conectará a la pista de aceleración que enlazará finalmente con la Av. Los Conquistadores.
- b) **Dirección hacia Av. El Cerro:** Al momento que los vehículos salen del Túnel Eje C1, tienen la opción de seguir en forma recta sin cambios de carril para realizar conexión con Av. El Cerro. Esta conexión se realiza a través de un semáforo que los conectará con los distintos tramos de Av. El Cerro y sus distintas salidas que son Los Araucanos, Los Españoles, Av. Santa María, Nueva Tobalaba, Suecia y El Gobernador. En estas facilities nos encontramos con distintos semáforos y Ceda el Paso que permitirán las distintas conexiones.

3.3.3. Back Office: Operaciones

Las operaciones de la concesión consisten en distintas actividades que permiten la operación y éstas se dividen en las siguientes facilities:





a) Sistema de Peaje: El sistema de Cobro Electrónico de Peaje (ETC) es un sistema multipista de flujo libre basado en el sistema Kapsch MLFF y Tags desarrollados por Kapsch TrafficCom AB.

Una configuración multipista significa que se permite la conducción normal en el área de cobro del peaje, permitiéndose, por ejemplo, sobrepasar y cambiar de pista.

El funcionamiento de flujo libre implica la no detención del flujo de tráfico debido a que el pago del peaje se lleva a cabo de forma automática. Ello se consigue mediante un enlace de microondas de Comunicación Dedicada de Corto Alcance (DSRC) de 5,8 GHz que se establece entre el Pórtico de Peaje y el Tag instalado en el vehículo. Todos los datos necesarios para realizar el cargo se transfieren en el momento de pasar por el Pórtico de Peaje.

Se efectúa un seguimiento automático de todos los vehículos destinado a garantizar que se ha realizado el cargo correspondiente al vehículo correcto. El seguimiento se lleva a cabo por dos subsistemas de medición autónomos, uno basado en comunicaciones de microondas con el Tag, y el otro basado en el procesamiento de imágenes de video estereoscópicas. Las mediciones se comparan para determinar y asegurar que el vehículo en cuestión es el correcto para efectuar el cargo.

Un vehículo equipado con un Tag que pasa un Punto de Cobro (PC) estará sujeto a un cargo a una cuenta central, bien por el método de prepago o por el de pago posterior. La tasa de peaje depende del tipo de vehículo. El sistema mide las dimensiones del vehículo (largo, ancho y altura), lo clasifica y comprueba que dicha clasificación corresponde con la declarada por el Tag y es la correcta.

El sistema también permite el paso de vehículos no equipados con Tag, pero que tienen su placa patente registrada en la Lista de Pase Diario.

El mecanismo de cobro del sistema ETC permite un funcionamiento de flujo libre, al efectuar con posterioridad el correspondiente cargo a aquellos vehículos que transgreden el pago del peaje en alguna forma (denominados pasaje excepcional). Este mecanismo de cobro se basa en la captura de imágenes de video del automóvil y del número de su placa patente y en la evaluación del número de su patente mediante un Sistema de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR).

El sistema también admite la utilización de Listas de Acciones donde son registrados Tags individuales para ser sujetos a tratamiento especial cuando el vehículo pasa por un PC.

b) Conservación de Concesión: Como dice su nombre, este grupo de facilities permiten la conservación, a través del mantenimiento, de todas las estructuras, pavimentos (de hormigón y asfalto), seguridad vial (estructuras mecánicas y señaléticas) y paisajismo (jardines, obras arquitectónicas y elementos naturales que se encuentran dentro del perímetro concesionado).

c) Asistencia Vial y Seguridad Vial: Esta facility está compuesta por personas, equipos y vehículos de rescate que permiten el rescate, asistencia en ruta, gestionar tráfico con señalética móvil y segregación de pista. Esta facility permite que se produzca momentos de verdad cuando un usuario presente algún inconveniente en pista. Durante un incidente o accidente el personal de asistencia vial procede a realizar el apoyo en pista necesario para ayudar al usuario en panne



o dificultad, liberando la pista y permitiendo un flujo vehicular fluido. Esta instalación es de vital importancia ante incidentes y accidentes en pista.

- d) Centro de Control de Tráfico:** Es una sala de operaciones en el que se encuentra un operador visualizando las cámaras del CCTV, controlando el tráfico y los túneles, además de realizar gestión de tráfico, a través de planes de gestión determinados en el sistema o en forma manual. Esta sala de operaciones es una entidad de importancia para el usuario, ya que es él quien controla la activación de semáforos y mensajerías ante incidentes o accidentes, además de tener una mirada macro de la situación de la autopista, entregando información de relevancia a los asistentes viales en pista. Además, el Centro de Control mantiene a un Carabinero las 24 hrs para controlar vandalismo, robos o sabotaje que se pudieran producir dentro de la concesión que pudieran afectar a los usuarios. Por otra parte, este centro mantiene una comunicación directa con la UOCT realizando un trabajo coordinado con la semaforización de las variantes de entrada y salida a los túneles, como también existe una comunicación directa con Bomberos e Instituciones de Salud ante posibles emergencias en pista y en túneles como accidentes vehicular o incendio.
- e) Sistema de Respaldo Eléctrico:** Si existe un corte de energía en la concesión, esto no detendría el flujo vehicular el cual no depende de la energía inyectada a los sistemas, sino que depende las vías despejadas. Un corte de energía impediría que la semaforización, mensajería variable, iluminación interior de túneles y otros sistemas dejen de funcionar, pero lo más importante es que el sistema de peaje dejaría de funcionar, por lo que no se podría realizar los cobros correspondientes, perjudicando el ingreso monetario a la empresa. Para evitar esta situación, existe una facility que permite a la autopista funcionar de forma autónoma sin el proveedor de energía falla en la entrega de ésta. Por lo tanto, es un sistema de vital importancia para el respaldo de energía para toda la concesión.
- f) SIGCTT:** Esta sigla significa Sistema Integrado de Gestión y Control de Tráfico y Túneles y es en ella donde encontramos los sistemas ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte) y otros sistemas de control. A continuación, se detallan los subsistemas del SIGCTT:
- i. *Sistema de Gestión de Tráfico:* Como lo dice su nombre, permite la gestión del tráfico vehicular, a través de la Detección Automática de Incidentes, semaforización y mensajería variable. Estos dos últimos sistemas son parte fundamental para segregar pistas, direccionar flujo o detener ingreso de vehículos al interior de túneles.
 - ii. *Sistema de Control de Tráfico:* Este subsistema del SIGCTT, considera el control vehicular a través del monitoreo de tráfico, CCTV, Medición de datos atmosféricos, altura de los vehículos (Gálibo), pesaje y clasificación vehicular, como también cuenta con altavoces con el cual el operador del centro de control pueda enviar instrucciones o mensajes audibles a los usuarios o asistentes viales.
 - iii. *Sistema de Control de Túneles:* El control de los túneles reviste una gran importancia cuando ocurren incidentes o accidentes y si éstos generan incendio o amago de incendio, o cuando la capacidad de las pistas, al interior de los túneles se ve sobrepasada por el flujo vehicular, lo que puede elevar los niveles de CO y Opacidad al interior

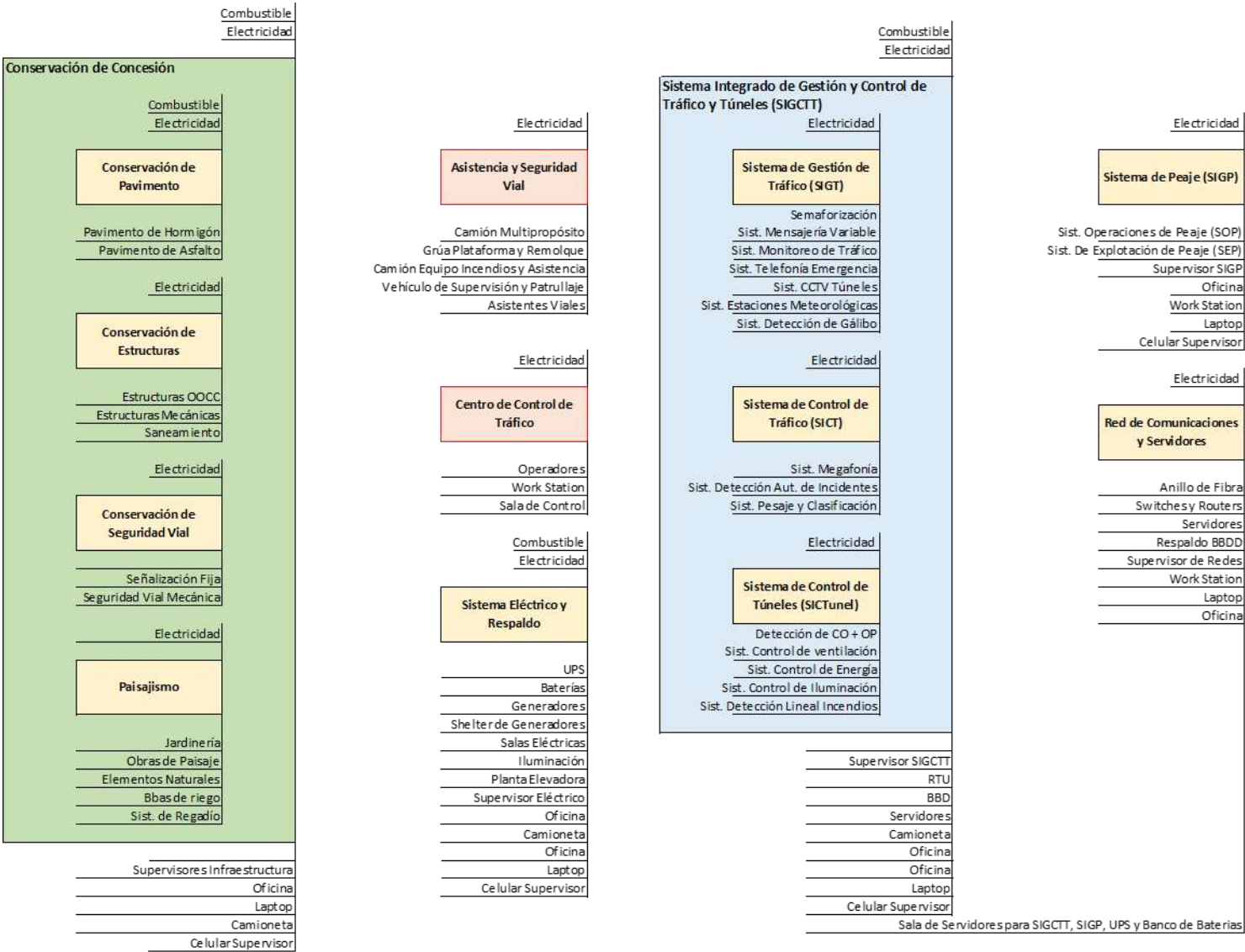


de los túneles. En consideración a lo anterior, el sistema de control de túneles cuenta con una ventilación controlada por algoritmos o en forma manual, como también cuenta con un sistema de detección de incendio, red húmeda, gabinetes de extinción de incendio y Postes SOS. Por otra parte, debido a los cambios de iluminación exterior a los túneles, existe un sistema de control de iluminación interior de túneles, evitando que el usuario pueda sufrir encandilamiento o sufrir el efecto túnel al interior de éstos.

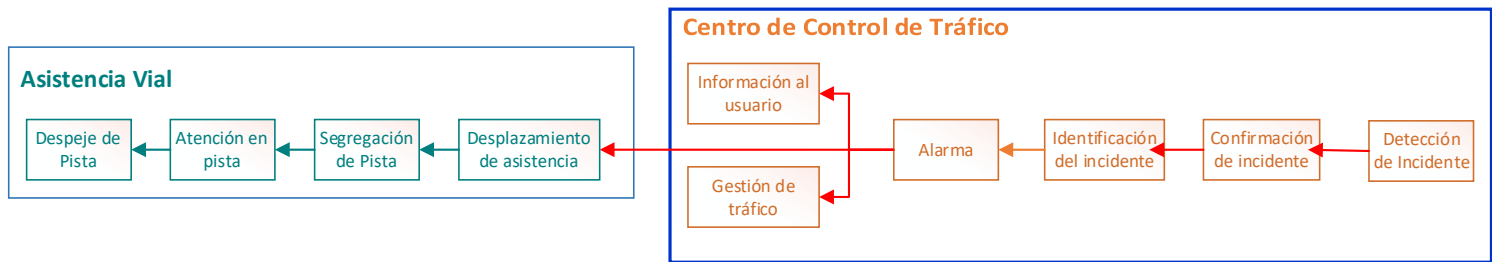
- g) Red de Comunicaciones y Servidores:** Túnel San Cristóbal cuenta con un doble anillo de Fibra Óptica que cubre toda la concesión, además de contar con switches principales de red, también cuenta con switches de acceso en los pasillos interiores de los túneles, los cuáles comunican a los distintos dispositivos de los sistemas mencionados anteriormente. Este sistema permite tener redundancia, además de contar con niveles de seguridad en la red. Este sistema considera servidores y BBDD de respaldo, tanto para los datos del SIGCTT, como para los datos del sistema de Peaje. Estos datos son almacenados en discos de tambor y en cintas que se almacenan en cajas de seguridad.



3.3.3.1. *Facilities Críticas del Back Office junto a sus Recursos e Insumos*



3.3.3.2. *Desagregación de Facilities Críticas del Back Office*





a) Detección de Incidentes: El aviso de un incidente o contingencia puede ser recibido por alguno de los siguientes medios:

- i. Aviso de Usuario: Considera a cualquier usuario, que mediante el uso de los postes SOS o una llamada por teléfono, informa del incidente ocurrido en algún lugar de la obra vial.
- ii. Aviso Externo: Es generado por cualquier medio o entidad ajena a la concesión, por ejemplo, Carabineros, Bomberos, Inspección Fiscal, etc.
- iii. Personal de terreno y funcionarios TSC: Corresponde al aviso efectuado por cualquier persona que trabaja en la concesionaria, ya sea contratista o personal de la Concesionaria.
- iv. SGCTT: Corresponde al aviso o a la detección generada por cualquiera de los sistemas de gestión y control de la autopista, es decir CCTV, DAI, detectores (espiras, opacimetro, galibo, temperatura), entre otros.

Todos los avisos son centralizados a través del CCT.

b) Confirmación del Incidente: El Operador de turno en el Centro de Control a través del CCTV y otros medios disponibles de información, determina si existe o no un incidente.

c) Identificación del Incidente: El Operador de turno en el Centro de Control determina la ubicación física en que se encuentra la contingencia y su tipo. La información básica para recabar para cada caso es:

- Tramo
- Sentido Eje (C1, C2, C1P, C2P, C1K, C2K)
- Pista
- Punto Kilométrico (Pk) Aproximado
- Si es dentro del túnel, punto referencial galería más próxima
- Tipo de contingencia
- Cantidad y tipo de vehículos involucrados si los hubiese.
- Circunstancia especial (inundación-derrame-manifestación-derrumbe)

d) Alarma: El Operador de turno en el Centro de Control determina los niveles de acción y comunicación. Estos niveles están definidos como sigue:

- **Nivel 0:** Incidente sin mayor gravedad, no produce alteraciones importantes en el flujo de circulación o los valores admisibles en la calidad de servicio, y no excede la capacidad de los recursos disponibles de la concesionaria, pero si supone un incremento del riesgo asociado. En este estado, los incidentes son gestionadas directamente por la concesionaria y por su estado de situación no requieren la intervención ni aviso a entidades externas.
- **Nivel 1:** Contingencia / Accidente que representa alteraciones en el flujo de circulación o superan valores admisibles en la calidad de servicio, pero que puede ser tratado con los recursos de la concesionaria y eventualmente con apoyo externo. De bajo impacto mediático y social.
- **Nivel 2:** Contingencia / Accidentes que requieren la intervención de servicios externos a los recursos de TSC, representan alteraciones importantes en la circulación del flujo de tránsito o superan valores admisibles en la calidad de servicio, o que presenten múltiples lesionados, heridos graves o muertos, con impacto social y mediático alto y muy posible cobertura de prensa y presencia de los medios. Como las situaciones de alerta nivel 1 y 2 implican actuaciones de servicios externos a la explotación, los medios disponibles por parte de TSC se constituyen como medios de apoyo a los servicios públicos que enfrentan la emergencia. En cuanto a la información que se maneja debido a los niveles de alerta, estos serán informados jerárquicamente a quienes corresponda según la siguiente tabla.



	Nivel de Alerta		
	N0	N1	N2
Gerencia General			X
Gerencia de Operaciones			X
Jefe de Operaciones		X	X
Jefe de Turno (Grupo seg. Vial)	X	X	X
Inspector Fiscal		X	X
Carabineros		X	X
Bomberos			X
SAMU			X

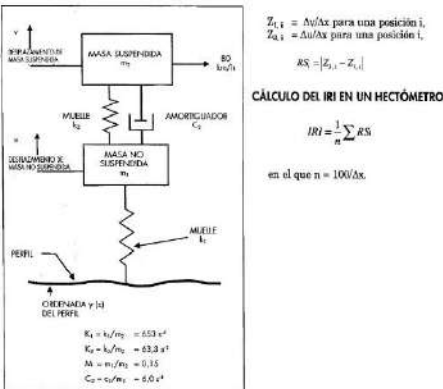
3.3.4. Optimización en el Largo Plazo de Túnel San Cristóbal

La optimización es la disciplina de ajustar un proceso o función para que llegue a una situación óptima o hacer que un conjunto específico de parámetros entregue los mejores resultados sin violar alguna restricción., teniendo como objetivos comunes el minimizar costos y/o maximizar el rendimiento.

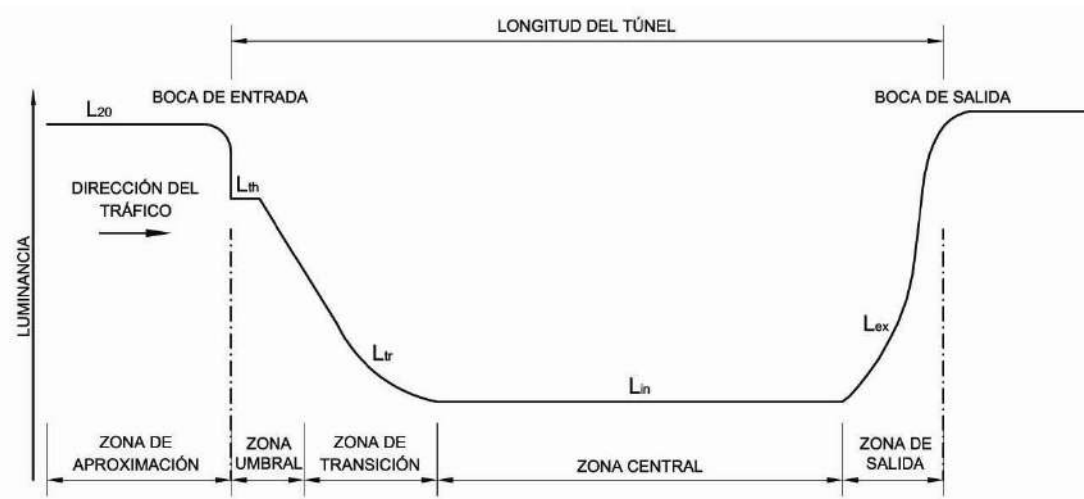
La optimización se realiza a través de las economías de escala (se refiere a la obtención de beneficios a través del uso de tecnologías lo que varía el coste medio de producción), economías de alcance (se refiere a la producción de dos o más productos, obteniendo economías de escala) y economías de aprendizaje. Esto se hará a través del análisis horizontal para detectar, dentro de las facilities críticas, las optimizaciones a largo plazo.

3.3.4.1. Economías de Escala

- a) **Pavimento:** Uno de los mayores costos fijos de Túnel San Cristóbal es el mantenimiento del pavimento. Éste debe cumplir con un cierto IRI (Índice de Rugosidad Internacional) que mide el movimiento vertical del asiento del conductor del vehículo a lo largo de una distancia dada. Si al construir la carpeta de rodado se realiza un IRI con exceso de desviación, los costos constructivos serán mayores y si se realiza un IRI de baja desviación, es posible que sea rechazado por la Inspección Fiscal, lo que involucraría un mayor costo de reconstrucción, y si queda al límite inferior, el pavimento requerirá de intervenciones a futuro para mejorar su rugosidad (IRI) que involucra máquinas que van dañando el pavimento. Por lo tanto, se puede encontrar economías de escala al implementar tecnología que permite la medición de este índice, disminuyendo los costos de mantenimiento.



- b) **Iluminación:** Otro costo fijo es el de la iluminación. Los túneles cuentan con iluminarias en funcionamiento las 24 horas y otras que se sincronizan con la luz solar, lo que permite el encendido de iluminarias de refuerzos tanto al ingreso como a la salida del túnel. Se puede encontrar economías de escala de varias maneras. Una ajustando el encendido de algunas luces de refuerzos, realizando las mediciones de necesarias para no quedar bajo norma y la otra es invertir en iluminarias con tecnología LED, lo que permitiría disminuir el consumo en más de un 50%.



- c) **Compras:** Se puede obtener economías de escala en la compra adelantada de Hormigón y Asfalto. Túnel San Cristóbal tiene historial suficiente para saber la cantidad aproximada de cambio de hormigón y asfalto. Se podría conseguir a un menor precio si ésta se compra con antelación al momento de la necesidad.

3.3.4.2. Economías de Alcance

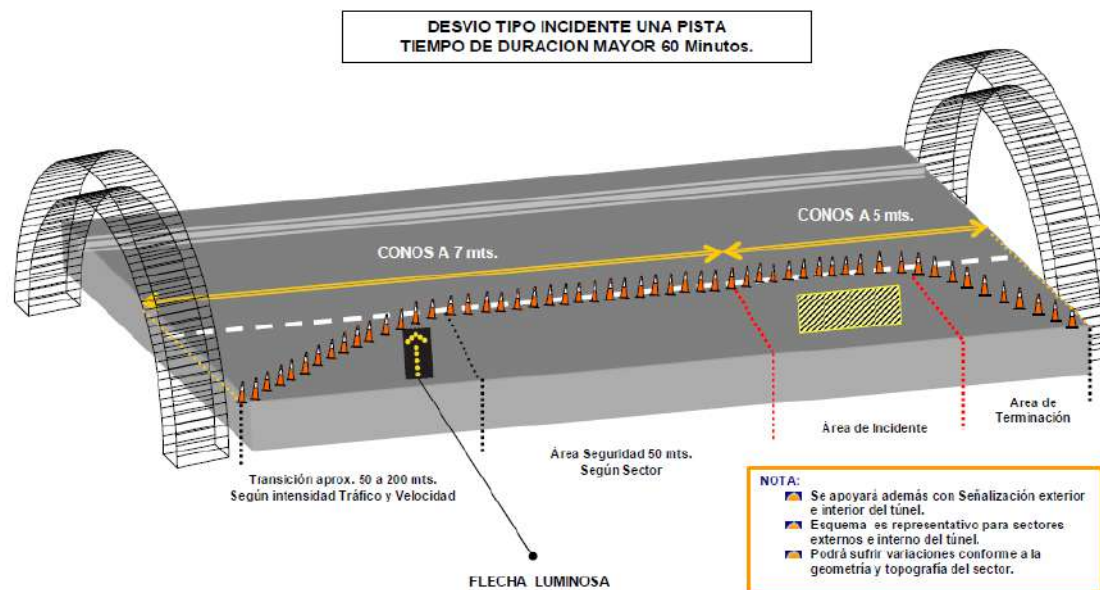
El arriendo de las canalizaciones subterráneas sería una economía de alcance en la cual se podría arrendar el metro cuadrado lineal de canalización para cualquier empresa que desee realizar un tendido de cableado eléctrico o de fibra óptica. Las empresas que más se beneficiarían, serían aquellas que requieran de una conexión única y privada desde Providencia a Huechuraba. Esto otorgaría ingresos disminuirían los costos medios.

3.3.4.3. Economías de Aprendizaje

- a) **Expandiendo la Asistencia en Pista para obtener Ventaja en Costo:** El aprendizaje ha sido un valor en Túnel San Cristóbal, en la que se puede ver las disminuciones en tiempo de respuesta a los incidentes en pista. Este aprendizaje, produjo la creación de un Centro de atención de emergencia en pista en los horarios punta, lo que facilita la llegada del equipo de emergencia y asistencia en unos pocos minutos. En tiempo atrás, existía un solo centro de disposición de equipos de emergencia y si en el Túnel EJE C1 ocurría un incidente, los vehículos de emergencia debían salir de la base

en Providencia, ir a Huechuraba, retornar por el paso inferior de El Salto y dirigirse al lugar del incidente (Túnel EJE C1 es el que tiene sentido de Huechuraba a Providencia). Ese desplazamiento involucraba costo en combustible y lo más importante, tiempo en atención que llegaba a los 10 minutos. Hoy en día, la asistencia llega entre 2 a 3 minutos al túnel eje C1. Respecto al túnel eje C2, los vehículos se demoraban en llegar al túnel en 1 minuto, porque la base se encuentra en Providencia.

- b) Disminuyendo los errores del Asistente en Pista:** En muchas ocasiones, se cometieron errores como, por ejemplo, mala segregación de pista en distancia, lo que no daba tiempo a los usuarios a cambiar de carril al ver la segregación y entraban a ellas para evitar colisiones con otros vehículos, lo cual afectaba la seguridad del asistente en pista. Detención de un vehículo de emergencia en pista sin encender sus señalizaciones como vehículo de emergencia, esto provocó colisiones por alcance entre los usuarios y el vehículo de emergencia. Todas estas experiencias han hecho profundizar en la optimización de la atención en pista con muchas horas de cursos, inducciones, lecciones aprendidas lo que ha disminuido los incidentes por causa de una mala gestión del asistente en pista. Los costos de colisiones por alcance también disminuyeron y era el principal costo operativo afectado, porque el vehículo de emergencia debía ser sacado de la operación, y puesto en taller mecánico de reparación, lo que aumentaba los costos por subcontratar vehículos de emergencia.



3.4.Optimización del Negocio en el Largo Plazo

Para la optimización del negocio, se desplegará la Cadena de Valor de Túnel San Cristóbal y se analizará desde el punto de vista del “Make” y el “Buy” a las facilities críticas desagregadas, con esto se observará las mejoras a las funciones objetivos de las actividades que crean valor al cliente (usuario de autopista) cumpliendo con los objetivos del negocio, ósea, los objetivos a lograr con el cliente y dando cumplimiento a la estrategia del negocio.

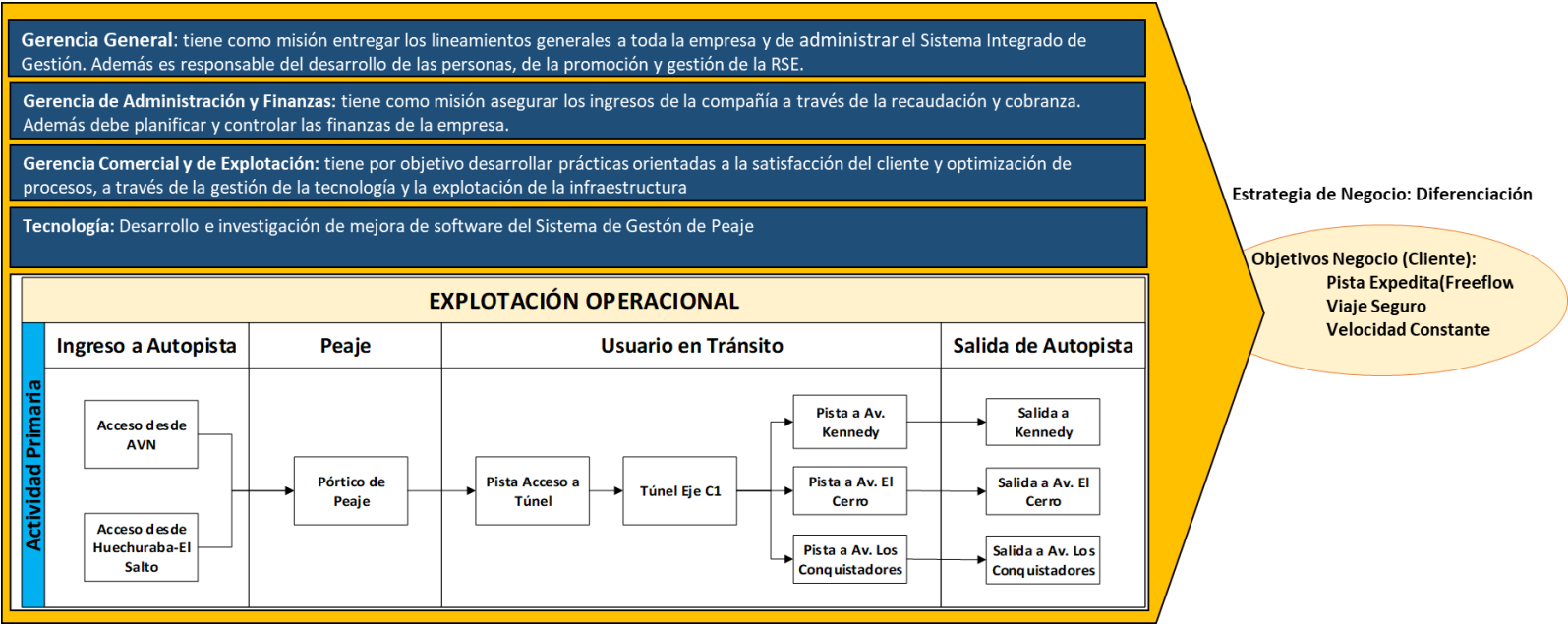


¿Por qué analizar la cadena de valor? Porque es estratégica y permite a la empresa saber cuáles son las actividades de la operación que crean valor y cuáles no, y que a través de esas actividades podrá obtener rendimientos superiores al promedio cuando el valor que crea sea superior a los costos que contrae para crearlo.

La empresa solo creará valor para los clientes y tendrá oportunidades para captar ese valor si los recursos y capacidades sean una fuente de ventaja competitiva y permita a la empresa:

- a) Desempeñar actividades de forma que proporcione un valor superior al que proporcionan los competidores; o
- b) Desempeñar actividades que crean valor y que los competidores no puedan desempeñar.

3.4.1. Cadena de Valor de Túnel San Cristóbal



- a) **Acciones Estratégicas:**
 - i. **Estrategia de Negocio: Diferenciación**
 - ii. **Objetivos de Negocio:**
 1. **Pista Expedita:** Se busca que el usuario tenga la experiencia de un viaje sin interrupciones por vehículos detenidos o elementos que bloqueen el tráfico.
 2. **Viaje Seguro:** Se busca que el usuario viaje a su destino sin accidentes o incidentes que le afecten en forma directa o indirecta.
 3. **Velocidad Constante:** Se busca que el usuario, al cumplir los dos puntos anteriores, tenga un viaje con velocidad constante o que su tiempo de viaje sea el mínimo.
- b) **Actividades Secundarias:**
 - i. **Gerencia General:** tiene como misión entregar los lineamientos generales a toda la empresa y de administrar el Sistema Integrado de Gestión (Calidad). Además, es responsable del desarrollo de las



personas, de la promoción y gestión de la RSE.

- ii. **Gerencia de Administración y Finanzas:** tiene como misión asegurar los ingresos de la compañía a través de la recaudación y cobranza. Además, debe planificar y controlar las finanzas de la empresa.
- iii. **Gerencia Comercial y de Explotación:** tiene por objetivo desarrollar prácticas orientadas a la satisfacción del cliente y optimización de procesos, a través de la gestión de la tecnología y la explotación de la infraestructura.
- iv. **Tecnología:** Desarrollo e investigación de mejora de software del Sistema de Gestión de Peaje.

c) Actividades Primarias:

- a) **Ingreso a Autopista:** En esta actividad el usuario hace contacto con la autopista desde Autopista Vespucio Norte y desde el acceso de Huechuraba – El Salto.
 - i. **Función Objetivo de Ingreso a Autopista:** Que el usuario haga un ingreso seguro y fluido a la autopista.
- b) **Peaje:** En esta actividad la autopista realiza el cobro del peaje.
 - i. **Función Objetivo de Peaje:**
 - 1. Cobrar Peaje con Sistema Multipista y Freeflow
 - 2. Vehículos deben portar TAG o Pase Diario
- c) **Usuario en Tránsito:** En esta actividad el usuario se desplaza por la pista haciendo uso de los servicios entregados por la concesionaria, como iluminación, indicaciones luminosas, asistencia en ruta, etc.
 - i. **Función Objetivo:** Permitir la transformación Espacial en forma segura y fluida
- d) **Salida de Autopista:** En esta actividad, el usuario deja de tener contacto con la concesión y hace ingreso a las vías públicas o privadas de otras concesionarias.
 - i. **Función Objetivo:** Que el usuario haga conexiones segura y fluida a las vías de destino.

3.4.2. Optimización del Negocio de Túnel San Cristóbal

- a) **Ingreso a Autopista (Make):** La concesión es la única que puede producir esta actividad debido a que no se puede producir una pista en otro lado.
- b) **Peaje (Buy):** En esta actividad se considera el “Buy” porque este sistema puede ser ejecutado por una Concesión que tiene una mejor economía de escala. Si consideramos que Túnel San Cristóbal tiene todo un sistema para tan solo dos pódicos de peaje, en consideración que Autopista Vespucio Norte tiene el mismo sistema para atender 17 Pódicos, por lo tanto, Vespucio Norte es mucho más eficiente que Túnel San Cristóbal. Además, ambas autopistas están conectadas por fibra óptica, por lo que los equipos como servidores, BBDD, grabadores, entre otros, pueden ser atendidos por los mismos equipos de Autopista Vespucio Norte.
- c) **Usuario en Tránsito (Make):** La concesión es la única que puede producir esta actividad debido a que no se puede producir una pista, ni menos un túnel en otro lado.
- d) **Salida de Autopista (Make):** Debido al atochamiento que se produce en sector de Av. El Cerro en horario punta, producto de la semaforización y las distintas intersecciones del sector, es necesario incorporar la Av. El Cerro a la



concesión para transformarla en un “Make” y reducir la congestión vehicular del sector.

Debido a que las actividades se conforman por recursos fijos inamovibles, esto imposibilita a que se pueda realizar las actividades por terceros. Lo que sí se puede tercerizar son las funciones de operaciones, pero eso entraría en el ámbito de optimización de operaciones en el largo plazo, como por ejemplo la subcontratación completa de la mantención, los operadores, entre otros. También existiría la posibilidad de subcontratar los vehículos y herramientas de asistencia en ruta, pero por bases técnicas de licitación, la concesionaria debe tenerlos como recursos fijos.

3.5. Análisis de Recursos y Capacidades

Los recursos, las capacidades y las competencias centrales sientan las bases de la ventaja competitiva. Los recursos son la fuente de las capacidades de la empresa y son agrupados con el fin de crear tales capacidades. A su vez, éstas son la fuente de las competencias centrales de la empresa, las cuales son la base de las ventajas competitivas. Más adelante se identificarán los recursos escasos, las competencias centrales y el mapa de capacidades de Túnel San Cristóbal.

3.5.1. Identificación de Recursos

Los recursos son de espectro amplio y abarcan un abanico de fenómenos individuales, sociales y organizacionales. Por lo general los recursos solos no producen ventaja competitiva. De hecho, una ventaja competitiva se suele basar en la *agrupación única de varios recursos*. En esta etapa, se identificarán los recursos Tangibles, e Intangibles de Túnel San Cristóbal, identificando los recursos escasos de las facilities.

3.5.1.1. Recursos Tangibles

- a) Recursos Físicos: Estos recursos fueron identificados en los puntos 3.3.2.1 y 3.3.3.1 anteriormente mencionados.
- b) Recursos Organizacionales: Estructura simple y reducida para la planeación, control y coordinación.
- c) Recursos Tecnológicos: Acervo de Equipos ITS, Peaje Freeflow y Herramientas y Recurso de Rescate y Emergencias.

3.5.1.2. Recursos Intangibles

- a) Recursos Humanos: Operadores Especialistas en Seguridad y Gestión de Tráfico, Asistentes Viales especialistas en Emergencias y Rescate Vehicular.
- b) Recursos de Reputación: Nombre Túnel San Cristóbal, buena calidad de pavimento, Túnel Moderno con seguridad vial de alto nivel.



3.5.1.3. Recursos Escasos

- a) Túneles
- b) Pistas
- c) Pórticos de Peaje

3.5.2. Identificación de Capacidades como Competencias Centrales

Las capacidades existen cuando los recursos han sido integrados a propósito con el fin de desempeñar una o varias tareas específicas y éstas sirven como ventaja competitiva frente a sus rivales.

Se identificarán las capacidades de Túnel San Cristóbal integrando los recursos y detectando las cosas que la empresa “hace”, así también se construirán las competencias centrales basadas en el análisis de la cadena de valor, como competencias que crean valor al usuario.

Recordemos que los rivales de la autopista son la Subida la Pirámide, Av. El Salto y si el usuario desea trasladarse al aeropuerto, la Autopista Costanera Norte también se considera un rival por localización. Pero para este proyecto, solo consideramos el EJE C1 con sentido Huechuraba a Providencia, por lo tanto, sus rivales son Subida La Pirámide y Av. El Salto.

En el subtítulo 3.4.1 y 3.4.2 se analizaron las actividades primarias de la Cadena de Valor (obtenidas del flowsheet operacional de servicio) y la optimización a largo plazo del negocio y de esas actividades primarias se desprenden las capacidades con las cuales se construirá las competencias centrales de la empresa. Para la construcción de esas competencias centrales se requiere determinar cuatro criterios específicos de ventaja competitiva sostenible que son:

- a) Capacidad Valiosas: Permiten a la empresa aprovechar las oportunidades o neutralizar las amenazas que están presentes en su entorno externo.
- b) Capacidades Singulares: Son aquellas que pocos o ningún competidor posee.
- c) Capacidades Costosas de Imitar: Son aquellas que otras empresas no pueden desarrollar con facilidad.
- d) Capacidades Insustituibles: Son aquellas que no tienen equivalente estratégico.

Por lo tanto, si la empresa tiene los cuatro criterios, entonces la empresa tiene una competencia central y si tiene una Competencia Central, tiene Ventaja Competitiva Sostenible.



Actividades	Capacidades y/o Recursos	Son Valiosos?	Son Singulares?	Son Costosos de Imitar?	Son Insustituibles?	Competencia Central?	Ventaja Competitiva Sostenible?
Ingreso y Salida de Autopista	Conexión con El Salto, Autopista Vespucio Norte y Ciudad Empresarial	SI	SI	SI	NO	NO	NO
	Conexión con Av. Los Conquistadores, Av. El Cerro y Av. Kennedy	SI	SI	SI	NO	NO	NO
Peaje	Cobro de peaje con sistema Freeflow y multipista	SI	NO	SI	NO	NO	NO
	Operación Conjunta con Vespucio Norte	NO	SI	SI	NO	NO	NO
Usuario en Tránsito	Centro de Control y Gestión de Tráfico y Túneles	SI	NO	SI	NO	NO	NO
	Seguridad Vial	SI	NO	SI	NO	NO	NO
	Seguridad de Túnel	SI	NO	SI	NO	NO	NO
	Dos túneles mineros urbanos de dos carriles que pueden ser bidireccionales (Recursos Escasos)	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	Pistas asfaltada y hormigonadas por toda la Concesión	SI	SI	SI	NO	NO	NO
	Capacidad de permitir la transformación espacial a un usuario entre las comunas de Huechuraba/Recoleta y Providencia/Las Condes en 3 a 5 minutos	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	Operación de Túnel San Cristóbal desde Vespucio Norte	SI	SI	SI	NO	NO	NO
	Asistencia en pista con vehículos, herramientas y personal calificados en rescate y enfermería en 3 minutos	SI	SI	SI	NO	NO	NO

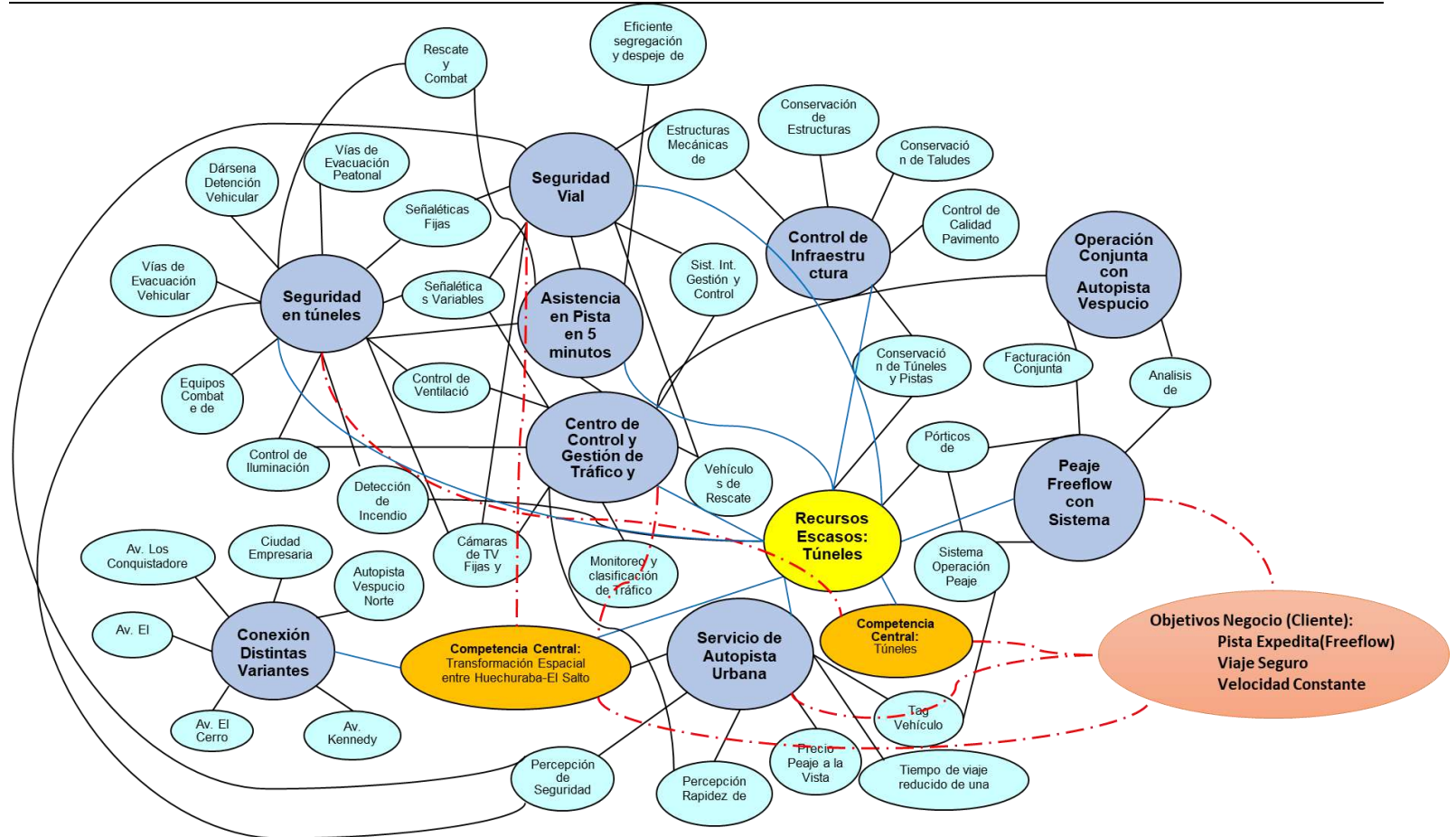
3.5.3. Mapa de Recursos y Capacidades

Las empresas desarrollan un mapa que muestra la forma en que integran las actividades. La forma en que Túnel San Cristóbal ha integrado sus actividades sienta las bases para que la aplicación de su estrategia de diferenciación en la transformación espacial del usuario de Huechuraba-El Salto hacia Providencia-Las Condes tenga éxito.

Como se observa en la figura, Túnel San Cristóbal ha configurado las actividades que desempeña en torno a los siguientes puntos estratégicos:

- a) Recurso Escaso: Túneles mineros urbanos
- b) Competencias Centrales:
 - i. Transformación Espacial entre Huechuraba-El Salto y Providencia-Las Condes en forma segura
 - ii. Túneles Bidireccionales con seguridad de uso
- c) Capacidades:
 - i. Peaje Freeflow con Sistema Multipista
 - ii. Servicio de Autopista Urbana

Los Recursos escasos y las competencias centrales de Túnel San Cristóbal dificultan que algún competidor pueda imitar su estrategia de diferenciación.



3.6. Benchmarking

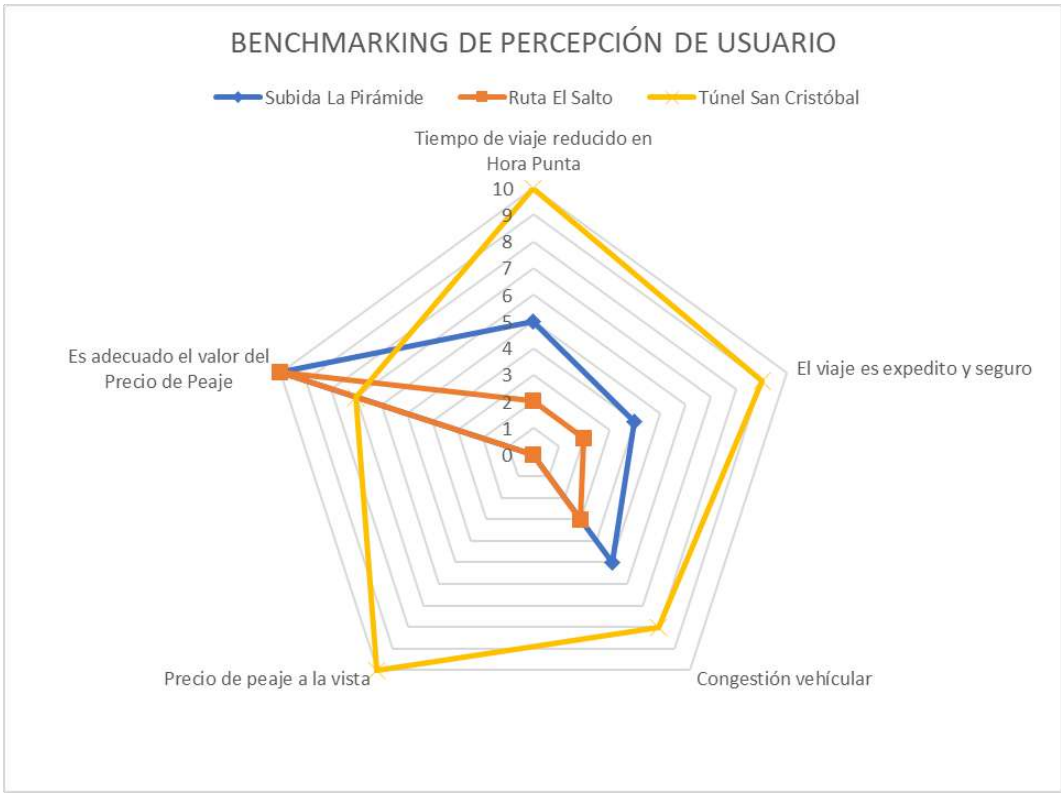
El Benchmarking permite la comparación entre empresas, a través del análisis de cualquier proceso crítico, recursos, o capacidades. Este análisis se basará en dar puntuaciones a las capacidades existentes para entender la posición de los rivales de Túnel San Cristóbal.

Uno de los rivales vendría siendo la Subida de La Pirámide, el otro es la ruta por El Salto de la comuna de Recoleta hasta Av. Providencia y un tercer rival sería la Autopista Costanera Norte, que afecta solo a algunos usuarios que pueden optar como alternativa a Túnel San Cristóbal para llegar a Providencia o Las Condes desde el sector norte y aeropuerto.

Se determina que se evaluará con notas desde 0 a 10, siendo 0 el valor más malo y 10 el valor más bueno. También se debe considerar que la evaluación se realizará desde el punto de vista de la percepción del usuario considerando las capacidades de servicio.



		Empresas competidoras		
Actividades	Capacidades de Servicio según Percepción de Usuario en Hora Punta Eje C1 Sentido Huechuraba a Providencia	Subida La Pirámide	Ruta El Salto	Túnel San Cristóbal
Percepción del Usuario	Tiempo de viaje reducido en Hora Punta	5	2	10
	El viaje es expedito y seguro	4	2	9
	Congestión vehicular	5	3	8
	Precio de peaje a la vista	0	0	10
	Es adecuado el valor del Precio de Peaje	10	10	7
PROMEDIO		4,8	3,4	8,8



3.7.Diagnóstico

3.7.1. Fortalezas

- a) El tiempo de Viaje reducido en Hora Punta: A pesar de que en Hora Punta existe congestión vehicular en las pistas, la preferencia sigue indicando que el tiempo de viaje sigue siendo menor si se opta por vía La Pirámide o por Av. El Salto. Este tiempo puede llegar a 10 minutos respecto a vía La Pirámide, que en algunos casos puede llegar a 30 minutos de tránsito y por Av. El salto, se puede extender por los 45 minutos. Así que la baja demora es debido a que el túnel une en



forma rápida las comunas de Providencia y Las Condes con Huechuraba. El otro factor es el uso del peaje Freeflow, lo que garantiza la libre circulación sin detención por pago.

- b) El Viaje Expedito y Seguro: Todo ciudadano común que haga uso de la vía La Pirámide, sabe, sin manejar datos duros, que existe un gran riesgo de accidentes en esa vía, debido a las curvas, peraltes y el grado de elevación de la vía, lo que aumenta la inseguridad vial producto de las características técnicas de la vialidad de esa zona. Otro factor que involucra accidente, son los percolados o líquidos que botan los vehículos producto de la velocidad y el peralte de las curvas, que produce que sus cargas líquidas caigan de sus vehículos, como también el descontrol o la imprudencia de los conductores frente al volante. Estos factores hacen que la opción de usar la autopista como una vía con altos estándares de seguridad vial, tanto en la infraestructura como en las señaléticas y sistemas ITS. Por lo tanto, Túnel San Cristóbal, frente a sus competidores es la mejor opción.
- c) El precio del Peaje a la vista: A pesar de que el indicar el precio del peaje en una concesión de autopista urbana sea un requisito por bases de licitación, los usuarios de las autopistas valoran mucho este factor porque saben el precio real del valor del peaje, pero existen ciertos reclamos asociados a este tipo de indicación. Muchas veces, las autopistas tienen esa indicación con tiempo periodo de tiempo, por lo que en muchas ocasiones el conductor no alcanza a ver el precio, producto de la velocidad que lleva y cuando pasa por el pórtico, la indicación del precio ya no es visible. Por otra parte, otras autopistas indican el precio de peaje por kilómetro y no por lo que cuesta realmente el cobro del pórtico, por lo que se puede decir que es un precio engañoso. En Túnel San Cristóbal, el precio indicado es el precio del pórtico y esta indicación es fija, por lo que en todo momento el conductor podrá observar el precio. Sus competidoras como AV. El Salto y La Pirámide no exhiben precio porque es una ruta libre de cobro. Por lo tanto, es una oportunidad comercial de transparencia en precio que Túnel indique precio por pórtico y no por kilometraje.
- d) El Valor Adecuado del Precio del Peaje: El precio del peaje es un valor fijado por el MOP, basado en demanda, depreciación, aumento del parque automotriz, entre otros y ese precio se ve reflejado por tramos de concesión según los kilómetros recorrido por el usuario. En Túnel San Cristóbal, existe un precio único para ambos pórticos, tanto en el sentido de Huechuraba a Providencia y viceversa. Los usuarios reclaman que el valor del peaje es excesivo, pero a pesar de ellos la preferencia de viaje sigue siendo por la autopista, por lo que el usuario se encuentra más dispuesto a pagar el costo por un aumento de beneficio en su canasta de viaje, que se podría traducir en Tiempo de viaje menor, Seguridad de las vías y una velocidad de traslado más constante que por las vías competidoras a Túnel San Cristóbal. Por lo tanto, el uso de Túnel San Cristóbal en Seguridad Vial, Tiempo de Viaje, y Velocidad constante de traslado del usuario, agrega más valor a los conductores respecto a sus vías competidoras. Esto se puede comprobar con el cálculo del Poder de Mercado de Túnel San Cristóbal de 1,64 y por la demanda inelástica en horario punta.



3.7.2. Amenazas

- a) La Congestión Vehicular: Túnel San Cristóbal tiene una congestión vehicular evidente en hora punta y mucha saturación en horarios que van de las 18:00 a 20:00, pero esta congestión, aún permite un tiempo de viaje menor respecto a sus competidoras. El mayor conflicto que impacta la circulación de los usuarios de la autopista es la semaforización en la salida de la autopista por el Eje C1, lo que implica que cuando el semáforo esté en rojo se comience a producir congestión vehicular que puede extenderse con vehículos al interior del túnel. Algunas situaciones que impactan al usuario:
- I. Debido a la congestión vehicular en el eje C1, se complica la llegada de vehículos de emergencia a incidencias que ocurren al interior del túnel eje C1 durante el horario punta.
 - II. Capacidad limitada y ésta disminuye producto de la congestión, debido a que disminuye la velocidad de circulación de los vehículos al llegar a sector semaforizado.
 - III. Los conductores, al emerger del túnel Eje C1, tienen visual de los Semáforos que unen la concesión con Av. Los Conquistadores a tan solo 50 mts, lo que produce, según la velocidad de salida del vehículo, una detección tardía del semáforo, lo que produce colisiones por alcance, al no tener un tiempo de respuesta adecuado para el frenado. Esto implica, cuellos de botella o detención de flujo vehicular.
 - IV. No existe un paso superior para el cruce peatonal en la conexión de la concesión y la Av. Los Conquistadores. La falta de este recurso ha producido incidentes por causa de peatones que cruzan sin respetar semaforización y conductores que se aproximan a alta velocidad y no tienen tiempo de reacción de frenado ante los semáforos. Esto implica cuellos de botella o detención total del flujo vehicular.
 - V. Semáforos de la conexión de la concesión con Av. Los Conquistadores producen cuello de botella.

Existe una oportunidad de mejora en esta facility de la concesionaria, lo que será derivado en el proyecto en estudio para esta tesis.

3.7.3. Atractivo de la Industria

Es muy atractiva la industria porque Túnel San Cristóbal es un monopolio, aunque es regulado, sigue siendo un monopolio con altos beneficios económicos. También se puede considerar el poder mercado y la demanda inelástica en horario punta, lo que hace de esta industria muy atractiva.

4. ESTRATEGIA DEL NEGOCIO

El objetivo fundamental de una empresa al utilizar cualquier tipo de estrategia es tener ventaja competitiva y obtener rendimientos superiores al resto de sus competidores. Esto significa que “la estrategia de negocios” refleja las elecciones de la empresa respecto a la forma en que pretende competir en cada mercado de productos o servicios y las estrategias deberían permitir que la empresa



tenga una mejor posición para competir en el mercado de una determinada industria. Por lo tanto, se analizará las estrategias operacionales o funcionales de la empresa para saber su fortaleza y junto a la evaluación del Poder de Mercado se podrá conocer su posición en la industria. De esta forma, podremos conocer el Posicionamiento Estratégico del Negocio de Túnel San Cristóbal a través de una Matriz Atractivo de la Industria – Fortaleza Del Negocio.

4.1.Strategic Fit o RBS

Nos enfocaremos en dos tipos de estrategias las Complementariedades o Estrategias de Ajuste (*Strategic Fit*) y Estrategias Basadas en Recursos (RBS) y se determinará cuál es la mejor estrategia para Túnel San Cristóbal.

4.1.1. Strategi Fit o Complementariedades

Los economistas usualmente utilizan el concepto de economías de alcance para describir las sinergias que disfruta una empresa que produce en forma complementarias productos y servicios. El término complementariedades describe las sinergias entre las prácticas organizacionales y estas prácticas muestran complementariedades cuando los beneficios de introducir una práctica se ven reforzados por la presencia de otras.

El término Complementariedades se conoce con el nombre de Estrategias de Ajuste o Strategic Fit y producen ventaja competitiva en el largo plazo sobre los rivales de una empresa. A través del ajuste estratégico, el “conjunto” de las estrategias de la empresa supera la “suma de sus partes” de sus procesos organizacionales. Por lo tanto, es difícil para una empresa copiar la estrategia porque deberían tener éxito en la copia de cada uno de los procesos individuales. Por ejemplo: el copiar una práctica organizacional de una empresa tiene una probabilidad de éxito de un 80%, todas sus prácticas son únicas y la totalidad de ellas son 10. En este caso, la probabilidad de copiar las 10 prácticas equivale a $0,80^{10} = 0,11$ u 11%. No solo es poco probable que los rivales copien las 10 prácticas, la complementariedad entre las diez prácticas implica que existe una desventaja sustancial para las empresas que puedan copiar incluso ocho o nueve de ellas.

4.1.2. Estrategia Basada en Recursos (RBS)

La habilidad de una empresa para crear valor superior depende de su stock de recursos (activos específicos, factores de producción, como patentes, reputación de marca-nombre, base instalada y activos humanos) y de sus capacidades distintivas (actividades que la empresa haga mejor que sus competidores) que surgen del uso de sus recursos.

Los recursos y capacidades por sí solos no aseguran una ventaja competitiva. Una ventaja competitiva es sostenible solo si los recursos y las capacidades son escasas e imperfectamente móviles.

4.2.Posicionamiento Estratégico del Negocio de Túnel San Cristóbal (Situación Sin Proyecto)

El posicionamiento estratégico no es otra cosa que las diferentes formas que las empresas se posicionan para competir en la misma industria, diferenciando sus servicios o productos o compitiendo por costos.



Para ubicar la posición actual de la empresa en la matriz de Fortaleza del Negocio Versus Atractivo de la Industria, las cuales ubicará a la empresa según las fortalezas (recursos escasos, capacidades y competencias centrales), versus el Poder de Mercado que ésta tenga frente a sus competidores en la industria. En el atractivo de la industria el poder de mercado tiene un valor calculado de 1,64 y las fortalezas de la empresa se reflejaron en la percepción del cliente mostrada en el título de Benchmarking en la cual se obtuvo un valor de 8,9.

Pero antes de proyectar la matriz, se definirá la estrategia en la cual se basa la autopista Túnel San Cristóbal para comprender su posición actual junto al valor de la fortaleza obtenido en el análisis de benchmarking.

4.2.1. Estrategias de Túnel San Cristóbal

4.2.1.1. Marco Conceptual que define las estrategias basadas en Recursos Escasos

Las estrategias de la autopista están basadas en los dos túneles que cumplen la condición de ser escasos y son inalcanzables por sus competidores y estos recursos permiten una competencia central que es la capacidad de transformar espacialmente al usuario de la autopista desde Huechuraba a Providencia-Las Condes. Además, tiene la capacidad de realizar cobros Freeflow. A continuación, se detalla las características que permiten que sus estrategias sean basadas en recursos:

- a) Los túneles son recursos escasos (scarce) junto a las pistas y además de ser escasos son recursos co-especializados (cospecialized), porque agregan valor trabajando juntos, además son recursos inamovibles o imperfectamente movibles (imperfectly mobile), lo que entrega una ventaja sostenible junto a las capacidades.
- b) La competencia central como lo es la transformación espacial de los usuarios entre las comunas de Recoleta-Huechuraba/Providencia-Las Condes y la Bidireccionalidad de los túneles, también forman ventajas sostenibles.
- c) La capacidad de realizar cobros Freeflow, lo que permite que no exista detención vehicular para realizar el pago de peaje.
- d) Al tener recursos escasos y que éstos sean inamovibles, además de las competencias centrales, producen mecanismos de aislamiento (Isolating Mechanisms) que neutralizan a la competencia, lo que da impedimentos a la imitación (Impediments to Imitation), así que estos mecanismos impiden la existencia de empresas como potenciales entrantes.
- e) También existen impedimentos para imitar (Impediments to Imimitation), como lo son las restricciones legales (Legal Restrictions) a través de los contratos de licitaciones para operar el túnel por los 30 años de concesión, que impide la construcción de otro túnel que conecte la comuna de Recoleta-Huechuraba/Providencias-Las Condes a través del Cerro San Cristóbal.

4.2.1.2. Estrategias Operacionales

Estas estrategias se enfocan en permitir la fluidez de tráfico y que no exista congestión vehicular producto de accidente, incidente o cuellos de botellas en las salidas de la autopista, además, esta fluidez debe entregar seguridad vial al usuario mientras realiza su



- a) Gestionar el Tráfico basado en planes de operación sobre los Paneles de Mensajería Variable, Semaforización y Detección automática de Incidentes.
- b) Gestionar el Tráfico con segregación y Paneles de Mensajería Móviles a través de personal y vehículos en pista.
- c) Asistir a los usuarios en ruta en el menor tiempo posible para liberar las pistas estableciendo bases de atención en pista en cada cabezal de túnel
- d) Coordinar con UOCT los tiempos de semaforización de Av. El Cerro y Av. Los Conquistadores para disminuir la congestión vehicular en la salida del túnel con Sentido Huechuraba a Providencia.
- e) Controlar los niveles de gases al interior de los túneles para evitar el cierre de éstos.
- f) No detener vehículos que evaden el peaje por no portar tag o pase diario dentro de la concesión.

4.2.1.3. Estrategias Comerciales

Estas estrategias se deben basar en que todos los usuarios paguen el peaje al mes vencido, disminución de costo en la facturación y evitar la evasión de peaje.

- a) Suscribir al máximo de usuarios con TAG al pago automático y boleta electrónica. De esta manera se busca el pago al mes vencido y la disminución de costos en papelería y servicio postal.
- b) Detectar vehículos que no llevan TAG ni placa patente, identificando a su conductor con imagen entregando información con denuncia a inspección fiscal y fiscalía.
- c) Subcontratar servicios de gestión de peaje a Autopista Vespucio Norte para disminuir el costo de cobro siendo esta empresa más eficiente por contar con plataforma e infraestructura tecnológica instalada.

4.2.2. Matriz Fortaleza del Negocio – Atractivo de la Industria (Posición Actual)

Para proyectar el posicionamiento se consideró el Poder de Mercado que posiciona a la empresa en el Atractivo de la Industria (eje horizontal), calculado en el capítulo de Análisis Externo de la Empresa, lo que entregó un valor de 1,64 PM. Respecto a la posición en la Fortaleza del Negocio, se tomará el valor obtenido con el Benchmarkin que fue de 8,8.

La posición actual de Túnel San Cristóbal se puede observar en la siguiente matriz.



4.3.Re-Posicionamiento Estratégico del Negocio de Túnel San Cristóbal (Situación Con Proyecto)

Para el reposicionamiento estratégico se debe incorporar las nuevas estrategias que permita aumentar las fortalezas del negocio lo que implicará en un desplazamiento en el eje vertical de la matriz y posteriormente un desplazamiento en el eje horizontal, que será un aumento en el poder de mercado que desplazará la nueva posición a un mejor atractivo de la industria.

4.3.1. Estrategias de Reposicionamiento

4.3.1.1. Integración Vertical Hacia Adelante (Estrategia Corporativa)

Para evitar la congestión vehicular que produce el punto de confluencia vehicular en la salida del Eje C1 sentido Huechuraba a Providencia, se deben realizar modificaciones del tipo estructural en el ámbito vial que involucra Obras Civiles, Obras Eléctricas de gran envergadura que el estado por sí solo no podría realizar, por lo tanto, se determina que se debe integrar a la concesión las siguientes avenidas con sus respectivas intersecciones: Av. El Cerro en las intersecciones de Av. Los Conquistadores y Av. Santa María y calles intermedias. Esta estrategia es del tipo Corporativa.



4.3.1.2. Aumento de Flujo Vehicular en el Eje C1 Sentido Huechuraba a Providencia (Estrategia Comercial)

Al realizar la estrategia corporativa de integrar la Av. El Cerro junto a sus intersecciones, se podrá disminuir el tiempo de congestión vehicular en ese eje, además, permitirá abrir un nuevo punto localización de conexión directa con el sector de Sanhattan, que es el famoso núcleo empresarial y negocios que se ubica en por Av. Tajamar, Av. Vitacura y Costanera Center. Esto permitirá que los usuarios se conecten en forma directa con el lugar, por lo que se podría lograr un nuevo slogan: A Sanhattan por Vespucio y Túnel San Cristóbal, lo que beneficiaría, incluso a los ejecutivos de negocio que lleguen al aeropuerto, lo que permitiría capturar una nueva participación de mercado que disfruta la autopista Costanera Norte.

4.3.1.3. Nuevo Precio del Peaje (Estrategia Comercial)

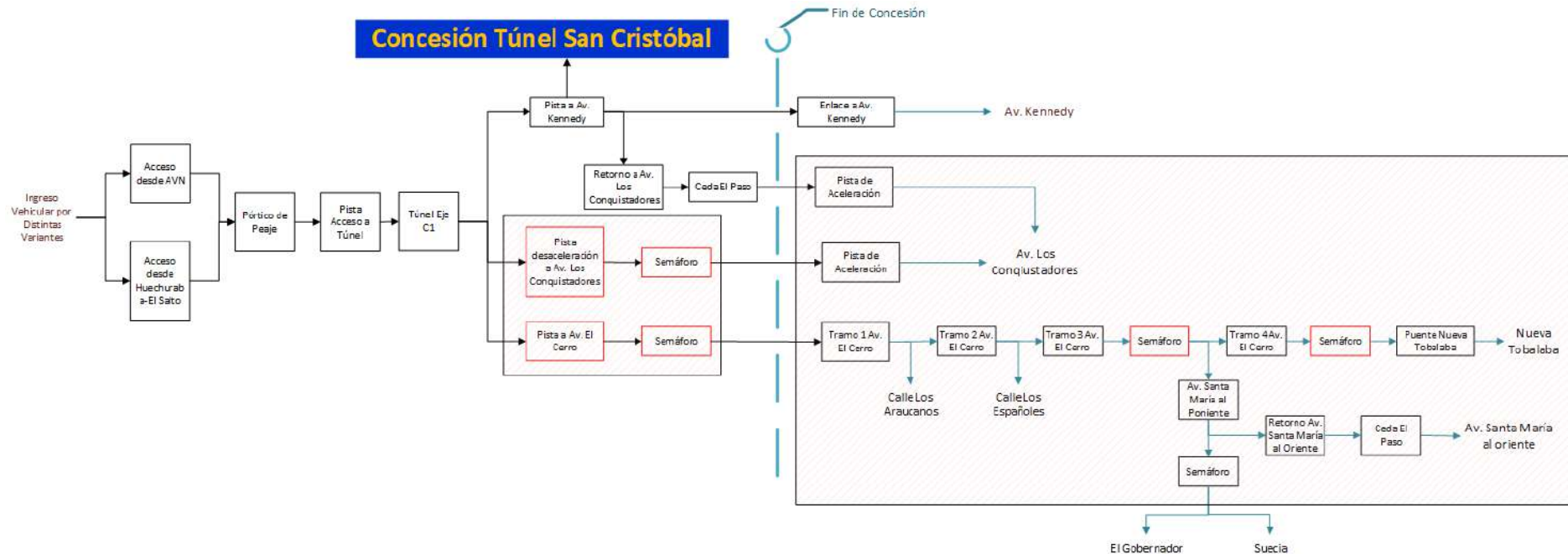
Un nuevo precio sería calculado que permitiría a la autopista disfrutar de nuevos beneficios. Este precio deberá ser calculado según sean los costos de construcción y la inversión sobre la construcción.

4.3.1.4. Aumento de Activos Tecnológicos y de Infraestructura Vial (Estrategia Operacional)

La incorporación de Av. El Cerro hasta el puente Nueva Tajamar, permitirá un aumento de pista, de sistemas ITS asociados y de una nueva base operativa de asistencia en pista, debido a que el cabezal de la concesionaria cambiaría de lugar al sector del Puente Nueva Tajamar. Esta extensión de la autopista, también permitirá la disminución de accidente que ocurren en las intersecciones de Av. Los Conquistadores, como también la disminución del tiempo del usuario en la concesión porque se disminuiría la congestión vehicular.

4.3.2. Estrategia Aplicada con Proyecto

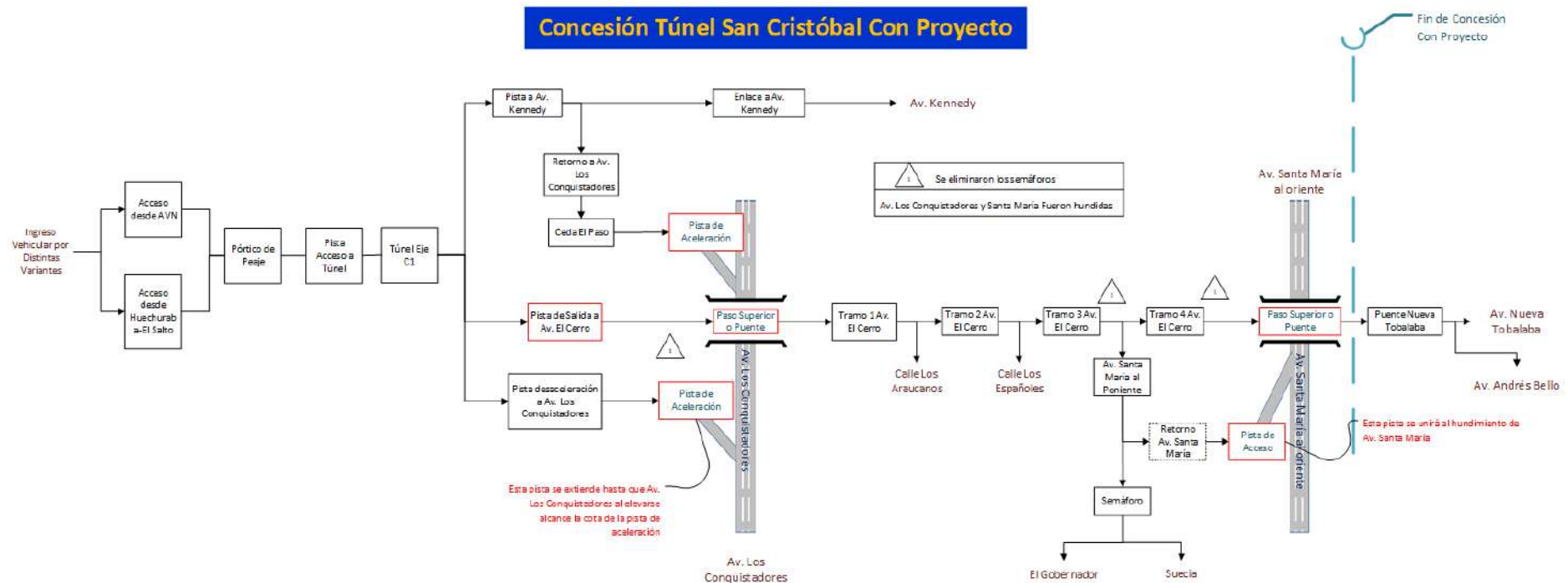
4.3.2.1. *Flowsheet Sin Proyecto*



Las facilities críticas detectadas se encuentran dentro y fuera de la concesión y son las que se encuentran en la zona achurada. Es este el sector que genera la congestión vehicular dada por las intersecciones con Av. Los Conquistadores y Av. Santa María. Al término de la concesión nos encontramos con dos semáforos en la intersección de Av. El Cerro con Av. Los Conquistadores, uno es peatonal para el cruce de los transeúntes de la pista de aceleración y el otro semáforo es para permitir el flujo vehicular entre Av. El Cerro y Av. Los Conquistadores. Los siguientes semáforos ubicados en Av. El Cerro entre el tramo 3 y 4 y entre el tramo 4 y Puente Nueva de Tajarar también son foco de congestión vehicular. El primero es un semáforo peatonal a demanda de los transeúntes y el segundo es un semáforo que permite el flujo vehicular entre AV. El Cerro y Av. Santa María. Todos estos semáforos generan detención del flujo vehicular, lo que

ocasiona la congestión del sector. Este sector es denominado como Confluencia Vehicular del Sector Av. El Cerro.

4.3.2.2. *Flowsheet Con Proyecto*

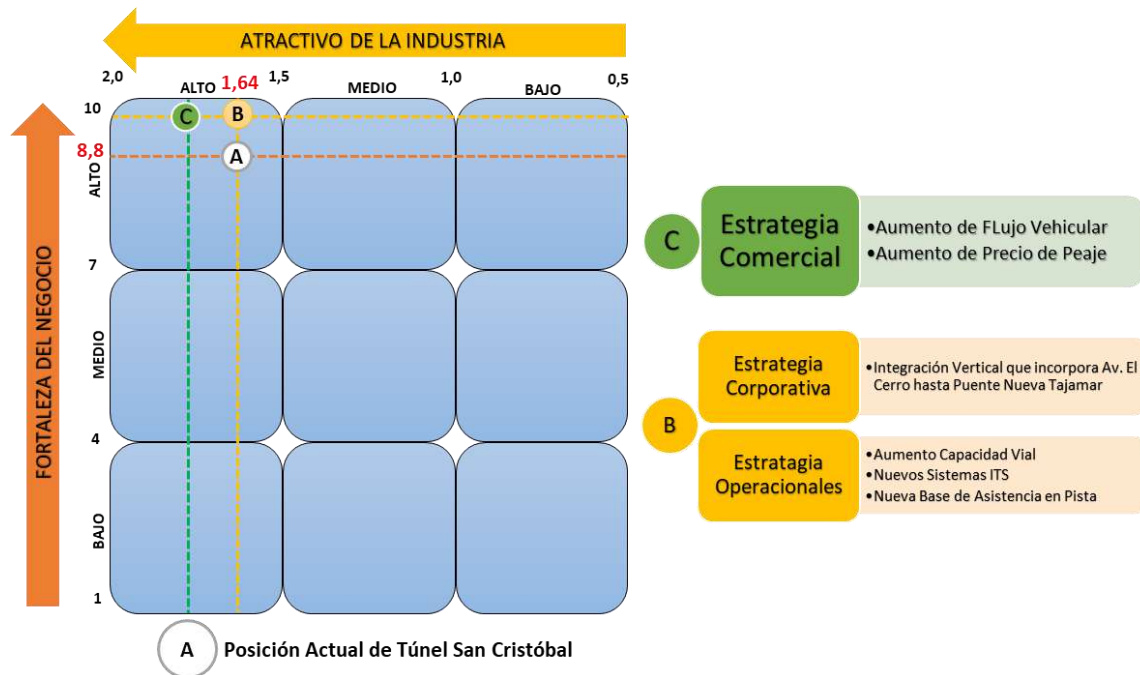


En este flowsheet con proyecto se puede apreciar las modificaciones a las facilities críticas del sistema. En primera instancia, se puede observar el hundimiento de Av. Los Conquistadores y la conexión de la salida de Túnel San Cristóbal es a través de un paso superior o puente que se conecta con Av. El Cerro. La Pista de Aceleración que se une con la salida de Túnel y Av. Los Conquistadores emerge y así se pueda unir a ella. También se hunde Av. Santa María y se debe realizar una pista de acceso que se hundirá hasta conectar con Av. Santa María. El tramo 4 de Av. El Cerro se conectará en forma directa con un paso superior o puente y se unirá al puente de Nueva Tobalaba. En el flujo que se conecta a la salida del túnel hasta el puente Nueva Tobalaba se eliminaron todos los semáforos. De esta forma, se da continuidad directa al flujo hasta la Av. Nueva Tobalaba y Av. Andrés Bello.

4.3.3. Matriz Fortaleza del Negocio – Atractivo de la Industria (Con Proyecto)

Al aumentar el flujo, aumentan las transacciones que son más ingresos ordinarios para la empresa. La disminución de accidentes y congestión disminuirá los costos de atención en pistas y la detención de transacciones. También existirá un nuevo precio de peaje que aumentará el ingreso ordinario a la empresa.

Al aumentar el precio de peaje y al disminuir los costos operacionales, la empresa obtendrá un nuevo Poder de Mercado que dará a Túnel San Cristóbal una nueva posición en el eje horizontal. Al aumentar la salida del túnel eje C1, la empresa aumentará la disposición de la oferta que es nada menos que la disponibilidad de ocupación de la capacidad de las pistas, por lo tanto, la empresa disfrutará de una nueva posición en la matriz.



5. LEVERAGE DEL PROYECTO

El leverage estratégico corresponde a cuantas veces nos vamos a tener que apalancar (deuda) para lograr el hundimiento de Av. Los Conquistadores y Av. Santa María, además de la incorporación de dos pasos superiores, los cuales apuntan a extender la concesión hasta el Puente Nueva Tajamar y con esto lograr los objetivos estratégicos corporativo, operacionales y comerciales.

Para lograr dimensionar la deuda, se dividió el proyecto en Intangibles y Gastos generales del Proyecto y cada uno de ellos seguirá la siguiente estrategia de construcción:



- a) **Dirección de Proyectos:** La función objetivo es controlar y gestionar el proyecto de la zona de confluencia vehicular.
- b) **Ingeniería:** Su función objetivo es Diseñar y Proyectar el hundimiento de las Avenidas Los Conquistadores y Santa María.
- c) **Construcción:** Su función objetivo es hundir las Avenidas Los Conquistadores y Santa María

Los intangibles son considerados subproyectos dentro del proyecto principal y se considera realizar las siguientes actividades:

- a) Proyecto Vial:
 - i. Extensión de Pista de Aceleración de Av. Los Conquistadores desde Salida de túnel eje C1 hacia Av. Los Conquistadores
 - ii. Conexión de Tramo 3 de Autopista (Salida de Túnel) con Av. El Cerro y conexión de Av. El Cerro con Puente Nueva Tajamar
- b) Proyecto de Estructuras:
 - i. Hundimiento de Av. Los Conquistadores, involucra Paso Vehicular Superior
 - ii. Hundimiento de Av. Santa María, involucra Paso Vehicular Superior
- c) Proyecto de Saneamiento/Eléctrico:
 - i. Colectores de Aguas Lluvias
 - ii. Canalizaciones eléctricas
- d) Proyecto de Seguridad Vial
 - i. Eliminación de Semaforización de intersección de Av. Los Conquistadores.
 - ii. Eliminación de Semaforización de Paso Peatonal en intersección de Tramo 3 de Av. El Cerro con dirección a Suecia.
 - iii. Eliminación de semaforización de intersección de Tramo 4 de Av. El Cerro con Av. Santa María.
 - iv. Incorporar Señaléticas fijas y variables
- e) Proyecto de Paisajismo
 - i. Extensión de jardineras de Bandejon central hacia concesión y hacia Puente Nueva Tajamar

Por lo tanto, se podrá efectuar, desde este análisis estratégico la deuda que asumirá la concesionaria para apalancar el proyecto de inversión en infraestructura vial, obras eléctricas y sistemas ITS asociado a la incorporación de la Av. El Cerro junto a sus intersecciones de Av. Los Conquistadores y Av. Santa María.



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

PROYECTO	PRESUPUESTO ESTIMADO (UF)		PRESUPUESTO ESTIMADO en M\$	
	Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)
Intangibles				
Proyecto vial	13.689,00	16.426,80	328859	394631
Proyecto de Estructuras	83.024,00	99.628,80	1994536	2393443
Proyecto de Saneamiento	4.219,00	5.062,80	101356	121627
Proyecto de Seguridad Vial	2.398,00	2.877,60	57609	69130
Proyecto de Paisajismo	1.369,00	1.642,80	32888	39466
Subtotal Intangibles	104.699,00	125.638,80	2.515.248	3.018.298
Gastos Generales del Proyecto				
Interferencias	22.720,00	27.264,00	545816	654980
Expropiaciones	0,00	0,00	0	0
Cambio de Servicios	500,00	600,00	12012	14414
Desvío de Tránsito	1.369,00	1.642,80	32888	39466
Otros	1.680,00	2.016,00	40360	48432
Subtotal Gastos	26.269,00	31.522,80	631.076	757.291
Total Intangibles y Gastos	130.968,00	157.161,60	3.146.324	3.775.589
TOTAL INVERSIÓN DIRECTA		288.129,60		6.921.913

El costo de inversión ascenderá a un monto de \$6.921.913.000 CLP para la construcción de la obra vial de mejora de la congestión vehicular en el Eje C1 sentido Huechuraba a Providencia de la Concesionaria Túnel San Cristóbal.



CAPITULO III: PRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se proyectará el flowsheet operacional de servicio sin y con proyecto, en el cuál se desplegarán las Facilities Críticas con información de flujos vehicular de la autopista. Luego se desplegarán las capacidades de la autopista y se determinará el nivel de servicio de la autopista. De esta forma se conocerán los tiempos del usuario en la autopista con sus respectivas restricciones y las capacidades que finalmente determinarán el nivel de servicio.

2. FLUJO VEHICULAR (BALANCE DE MASA)

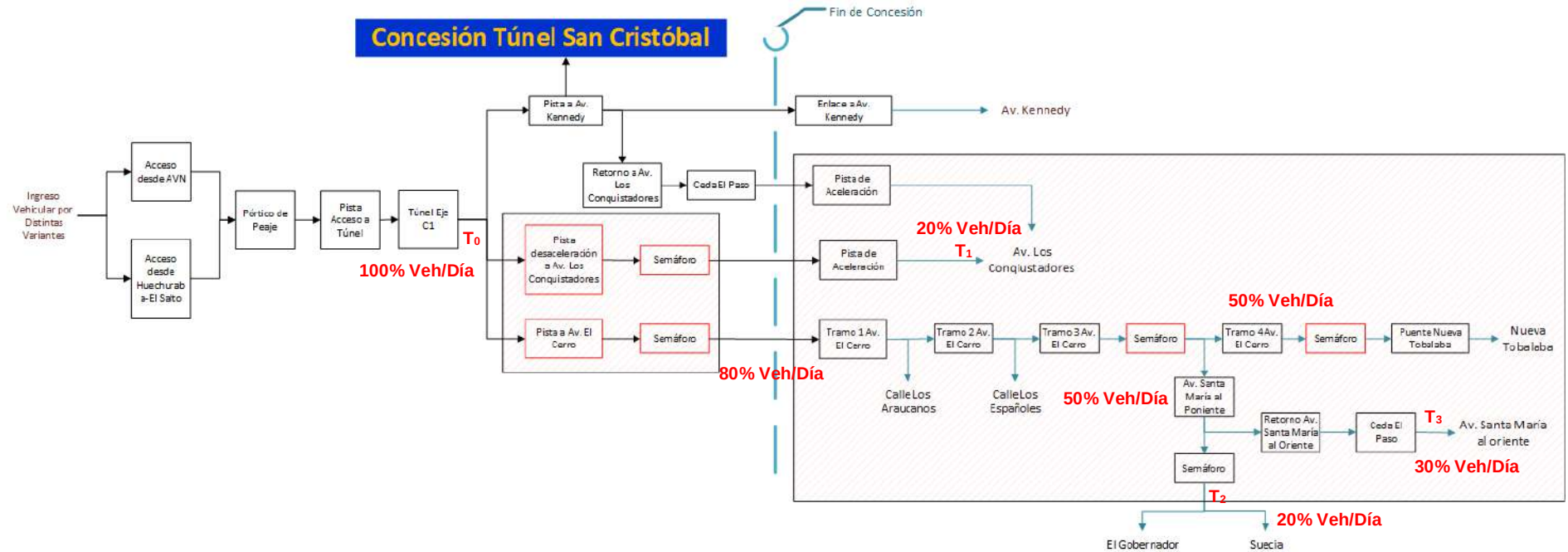
2.1. Flujos Promedios por Facilities

Se considerará los promedios de los flujos que se dirigen a las distintas conexiones para posteriormente indicar con los días de mayor demanda el cálculo del flujo que circulará. Estos promedios son entregados por las espiras o puntos de medidas de flujo vehicular en cada uno del inicio de las Facilities, por lo tanto, las mediciones se realizan en el ingreso a la autopista, a la salida hacia Av. Kennedy y a las salidas hacia Av. El Cerro y Av. Los Conquistadores. Respecto a las conexiones con Av. Santa María y Suecia, se realizaron mediciones en el lugar.

La mayor demanda de flujo en una semana se encuentra en los martes y jueves, para este caso se considerará el flujo del martes 13 de abril de 2010 en el horario punta de saturación, que es entre las 17:30 y 20:30 hrs en el cual hubo una intensidad de flujo por ambos carriles (Pista lenta y Rápida) de 4864 vehículos.

$$\text{Flujo} = X_i \text{ [Veh/Día]}$$

Sin Proyecto (Actual) Hora Punta Tarde Facilities Críticas



TOTAL Vehículos Túnel Eje C1	Conexión Av. Los Conquistadores (20% Total)	Av. El Cerro (80% Total)	Av. Tajamar (40% Total)	Conexión Suecia (8% Total)	Conexión Kennedy (12% Total)
4864	973	3892	1946	389	584



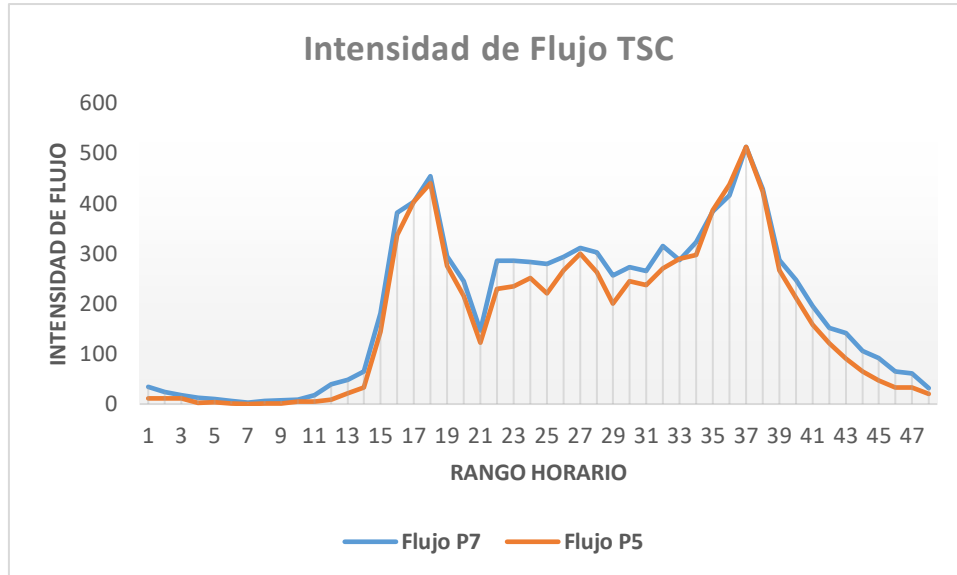
2.2.Arribos de vehículos

2.2.1. Arribos para Túnel San Cristóbal

	Pista Lenta (P7)			Pista Rápida (P5)	
	Rango Horario	Flujo P7	Velocidad Promedio	Flujo P5	Velocidad Promedio
1=00:00-00:30	1	34	79	12	88
2=00:30-01:00	2	24	81	12	84
3=01:00-01:30	3	18	79	12	74
4=01:30-02:00	4	12	67	3	60
5=02:00-02:30	5	11	70	3	66
6=02:30-03:00	6	6	82	1	87
7=03:00-03:30	7	3	81	0	0
8=03:30-04:00	8	7	73	1	85
9=04:00-04:30	9	7	89	1	104
10=04:30-05:00	10	9	71	6	87
11=05:00-05:30	11	18	75	5	75
12=05:30-06:00	12	40	66	9	85
13=06:00-06:30	13	48	63	21	77
14=06:30-07:00	14	65	70	33	83
15=07:00-07:30	15	181	75	144	86
16=07:30-08:00	16	381	76	337	85
17=08:00-08:30	17	403	78	403	84
18=08:30-09:00	18	454	75	440	81
19=09:00-09:30	19	295	77	275	86
20=09:30-10:00	20	245	78	216	86
21=10:00-10:30	21	147	75	122	84
22=10:30-11:00	22	286	77	230	87
23=11:00-11:30	23	286	76	235	86
24=11:30-12:00	24	283	76	251	85
25=12:00-12:30	25	279	74	221	85
26=12:30-13:00	26	294	76	267	85
27=13:00-13:30	27	311	75	299	85
28=13:30-14:00	28	303	76	263	86
29=14:00-14:30	29	257	76	200	85
30=14:30-15:00	30	273	76	245	86
31=15:00-15:30	31	266	74	237	84
32=15:30-16:00	32	315	75	270	85
33=16:00-16:30	33	287	75	289	84
34=16:30-17:00	34	323	75	298	83
35=17:00-17:30	35	384	72	387	80
36=17:30-18:00	36	416	69	438	78
37=18:00-18:30	37	513	61	513	67
38=18:30-19:00	38	429	47	423	50
39=19:00-19:30	39	287	64	266	72
40=19:30-20:00	40	247	74	212	83
41=20:00-20:30	41	195	77	158	87



42=20:30-21:00	42	152	78	121	85
43=21:00-21:30	43	141	78	91	87
44=21:30-22:00	44	105	75	65	84
45=22:00-22:30	45	91	78	47	90
46=22:30-23:00	46	65	76	34	86
47=23:00-23:30	47	61	77	33	87
48=23:30-00:00	48	32	75	20	87



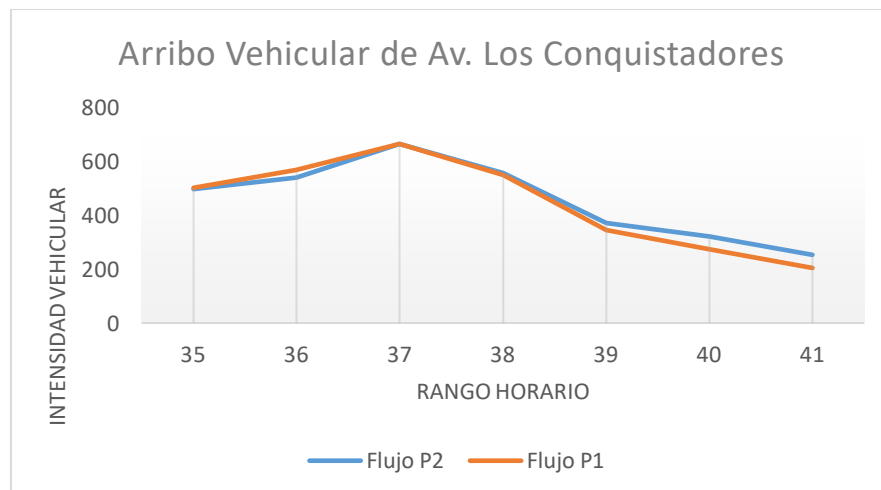
2.2.2. Arribos para Av. Los Conquistadores

	Pista Lenta			Pista Rápida	
	Rango Horario	Flujo P2	Velocidad Promedio	Flujo P1	Velocidad Promedio
1=00:00-00:30	1	45	79	15	88
2=00:30-01:00	2	31	81	15	84
3=01:00-01:30	3	23	79	15	74
4=01:30-02:00	4	16	67	4	60
5=02:00-02:30	5	14	70	4	66
6=02:30-03:00	6	8	82	2	87
7=03:00-03:30	7	4	81	0	0
8=03:30-04:00	8	9	73	2	85
9=04:00-04:30	9	9	89	1	104
10=04:30-05:00	10	11	71	7	87
11=05:00-05:30	11	24	75	7	75
12=05:30-06:00	12	51	66	12	85
13=06:00-06:30	13	62	63	27	77
14=06:30-07:00	14	85	70	43	83
15=07:00-07:30	15	236	75	187	86
16=07:30-08:00	16	496	76	438	85
17=08:00-08:30	17	524	78	524	84
18=08:30-09:00	18	590	75	572	81



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

19=09:00-09:30	19	384	77	358	86
20=09:30-10:00	20	318	78	280	86
21=10:00-10:30	21	191	75	159	84
22=10:30-11:00	22	372	77	298	87
23=11:00-11:30	23	372	76	306	86
24=11:30-12:00	24	367	76	326	85
25=12:00-12:30	25	363	74	287	85
26=12:30-13:00	26	382	76	347	85
27=13:00-13:30	27	404	75	389	85
28=13:30-14:00	28	393	76	342	86
29=14:00-14:30	29	333	76	260	85
30=14:30-15:00	30	355	76	319	86
31=15:00-15:30	31	345	74	308	84
32=15:30-16:00	32	409	75	351	85
33=16:00-16:30	33	373	75	376	84
34=16:30-17:00	34	420	75	387	83
35=17:00-17:30	35	499	72	502	80
36=17:30-18:00	36	540	69	569	78
37=18:00-18:30	37	666	61	666	67
38=18:30-19:00	38	557	47	550	50
39=19:00-19:30	39	373	64	346	72
40=19:30-20:00	40	321	74	275	83
41=20:00-20:30	41	254	77	205	87
42=20:30-21:00	42	197	78	157	85
43=21:00-21:30	43	183	78	118	87
44=21:30-22:00	44	137	75	84	84
45=22:00-22:30	45	119	78	61	90
46=22:30-23:00	46	84	76	44	86
47=23:00-23:30	47	79	77	43	87
48=23:30-00:00	48	41	75	26	87



2.2.3. Arribos para Av. Santa María

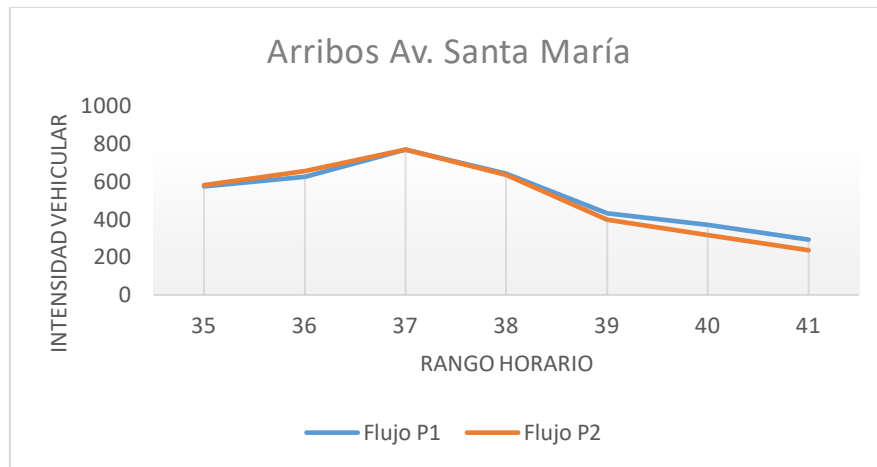
Pista Lenta

Pista Rápida



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

	Rango Horario	Flujo P1	Velocidad Promedio	Flujo P2	Velocidad Promedio
1=00:00-00:30	1	51	79	17	88
2=00:30-01:00	2	35	81	18	84
3=01:00-01:30	3	26	79	17	74
4=01:30-02:00	4	18	67	4	60
5=02:00-02:30	5	16	70	5	66
6=02:30-03:00	6	9	82	2	87
7=03:00-03:30	7	4	81	0	0
8=03:30-04:00	8	10	73	2	85
9=04:00-04:30	9	11	89	2	104
10=04:30-05:00	10	13	71	8	87
11=05:00-05:30	11	27	75	8	75
12=05:30-06:00	12	59	66	14	85
13=06:00-06:30	13	72	63	32	77
14=06:30-07:00	14	98	70	50	83
15=07:00-07:30	15	272	75	216	86
16=07:30-08:00	16	572	76	506	85
17=08:00-08:30	17	605	78	604	84
18=08:30-09:00	18	681	75	660	81
19=09:00-09:30	19	443	77	413	86
20=09:30-10:00	20	367	78	323	86
21=10:00-10:30	21	221	75	183	84
22=10:30-11:00	22	429	77	344	87
23=11:00-11:30	23	429	76	353	86
24=11:30-12:00	24	424	76	376	85
25=12:00-12:30	25	419	74	332	85
26=12:30-13:00	26	441	76	401	85
27=13:00-13:30	27	466	75	449	85
28=13:30-14:00	28	454	76	395	86
29=14:00-14:30	29	385	76	300	85
30=14:30-15:00	30	409	76	368	86
31=15:00-15:30	31	398	74	356	84
32=15:30-16:00	32	472	75	405	85
33=16:00-16:30	33	431	75	434	84
34=16:30-17:00	34	484	75	446	83
35=17:00-17:30	35	575	72	580	80
36=17:30-18:00	36	623	69	656	78
37=18:00-18:30	37	769	61	769	67
38=18:30-19:00	38	643	47	635	50
39=19:00-19:30	39	430	64	399	72
40=19:30-20:00	40	371	74	318	83
41=20:00-20:30	41	293	77	236	87
42=20:30-21:00	42	228	78	181	85
43=21:00-21:30	43	212	78	137	87
44=21:30-22:00	44	158	75	97	84
45=22:00-22:30	45	137	78	71	90
46=22:30-23:00	46	97	76	50	86
47=23:00-23:30	47	92	77	50	87



2.3. Tiempo en el Sistema sin restricciones

El tiempo en el sistema sin restricciones, se considera los vehículos que se encuentran dentro de los tramos que se está midiendo, sin intervención en el flujo natural de los vehículos. Esto quiere decir, no existe congestión vehicular, ni detenciones de ningún tipo en el interior de la concesión.

La medición considera el tiempo cuando los vehículos hacen ingreso al túnel y cuando éstos salen a la conexión de Av. Los Conquistadores y Av. El Cerro.

El tiempo $t = 0$ considera el momento en que el vehículo ingresa a la concesión eje C1 sentido Huechuraba a Providencia con tres tipos de velocidades que son 40Km/Hr, 60Km/hr y 80Km/hr. Las distancias de los tramos son las Siguietes:

- Tramo 1: 886,48 mts
- Tramo 2: 817 mts
- Tramo 3: 234 mts

Para el cálculo se utilizó ecuación simple de velocidad: $V = \frac{d}{t}$

Tiempo en el Sistema(Concesión) = T_i [Minutos/Tramo]

Velocidad\Tramo	Tramo 1 (min)	Tramo 2 (min)	Tramo 3 (min)	Tiempo Total (min)
40 Km/Hr	1,33	2,73	0,35	4,41
60 Km/Hr	0,88	1,82	0,23	2,93
80 Km/Hr	0,66	1,36	0,18	2,2



2.4. Tiempo en el sistema con Restricciones.

El tiempo en el sistema con restricciones se refiere a la semaforización y congestión vehicular producida en Av. El Cerro. Esta congestión se produce por los siguientes eventos:

- Incorporación vehicular desde Av. Los Conquistadores a Av. El Cerro
- Semaforización en las intersecciones de Av. Los Conquistadores con Av. El Cerro, en la intersección de Av. El Cerro con Av. Santa María y en la intersección del Puente Nueva Tajamar con Av. Andrés Bello
- Congestión vehicular en Puente Nueva de Tajamar producida por los vehiculos que van desde Av. Santa María a Puente Nueva Tajamar, Vehículos de Av. El Cerro a Puente Nueva Tajamar y la congestión propia de Vehículos que circulan por Av. Andrés Bello y Av. Tajamar, lo que produce congestión de los vehículos que se encuentran en el Puente Nueva Tajamar y Av. El Cerro

Debido a la congestión vehicular y semaforización, los tiempos de recorrido de los vehículos dentro de la concesión aumentan. Se realizó medición con un resultado promedio entre los carriles de pista Lenta y Rápida y se desglosan como sigue:

Tiempo de Recorrido en Concesión

Carril	Tiempo Mínimo	Tiempo Promedio	Tiempo Máximo
P5 (carril Rápido)	12	16	20
P7 (Carril Lento)	10	13	16

Periodo de Semaforización en Intersecciones

Semáforos para Vehículos de Av. El Cerro que intersectan con	Periodo Detención. Color Rojo (min)	Periodo Avanzar. Color Verde (min)
Av. Los Conquistadores	1	1,5
Av. Santa María	1	1,5
Av. Andrés Bello	1	1,5

Respecto a la congestión vehicular, los tiempos eran variables según el carril. Se determinó que existía una mayor congestión para los vehículos que se encontraban en el carril P7 (pista lenta) que tomaban dirección a providencia por Av. Tobalaba.

Los del carril de pista rápida P5 se dividían en vehículos que iban a Providencia por Av. Tobalaba y otros tantos iban hacia Las Condes por Av. Andrés Bello, por lo tanto, sus tiempos de congestión eran menores respecto al carril P7. Hay que hacer notar que los vehículos del carril P5 que iban a Tobalaba, aumentaban la congestión para el carril P7. Los tiempos de retardos de los vehículos fueron los siguientes:

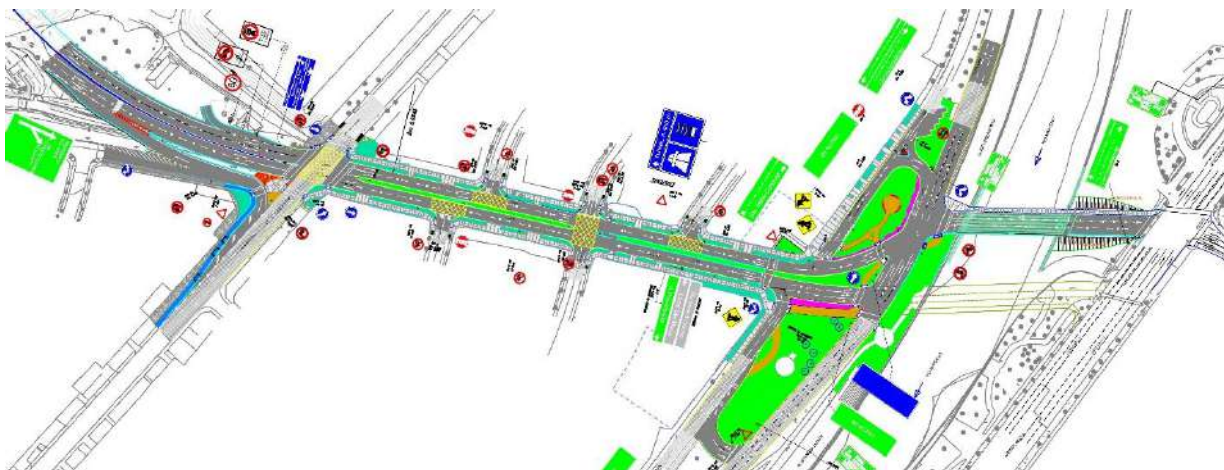
Tiempos de Retardos por Congestión en intersección Pte Tajamar y Av. Andrés Bello

Tramo, Carril y Dirección	Retardo mínimo (seg)	Retardo promedio (seg)	Tiempo máximo (seg)
Pte Tajamar, carril P5 (pista rápida): Dirección Las Condes por Av. Andrés Bello Dirección Providencia por Av. Tobalaba	1	3	6
Pte Tajamar, carril P7 (pista lenta): Dirección Providencia por Av. Tobalaba Dirección Providencia por Av. Andrés Bello	7	9	11

2.5. Diagrama y Plano General de Facilities Críticas

2.5.1. Plano Vial-Urbano de Confluencia Vehicular

2.5.1.1. Plano General



2.5.1.2. Confluencia en Av. Los Conquistadores



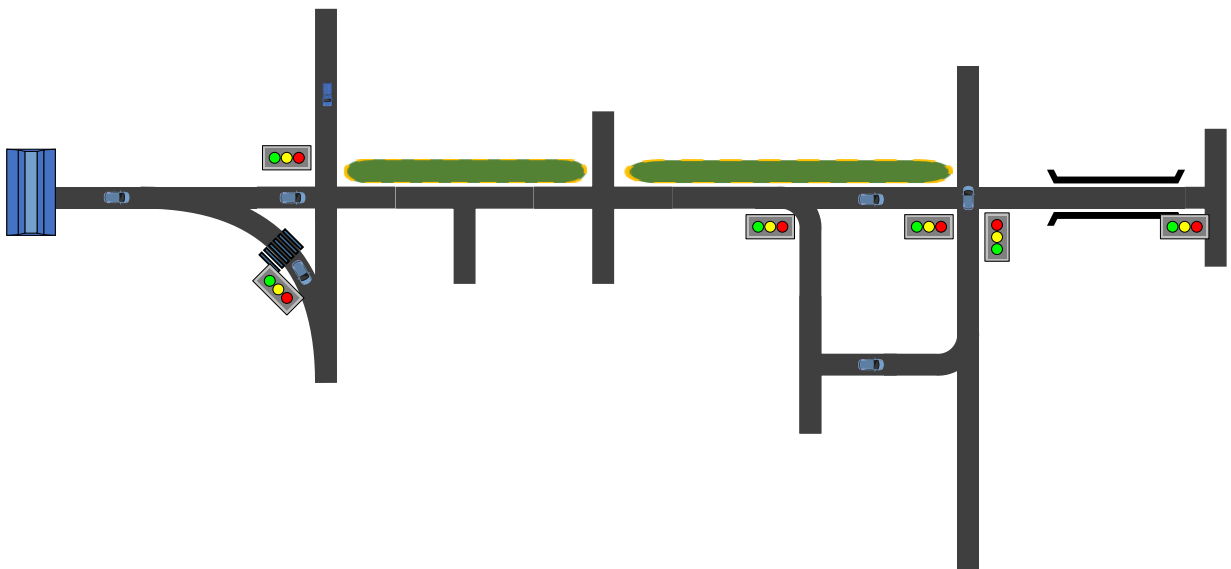
2.5.1.3. Confluencia en Av. El Cerro con Av. Santa María



2.5.1.4. Confluencia en Av. Santa María con Suecia



2.5.2. Diagrama Sin Proyecto de Facilities Críticas





3. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LA AUTOPISTA

Hoy en día, se produce una alta congestión vehicular en horario punta tarde (días hábiles) en el Eje C1 sentido El Salto a Providencia cuyos promedios de velocidad pueden llegar incluso a 20 km/ hr., en una distancia de 2937,48 mt. Si bien el tramo total es el largo de la concesión en longitud, la congestión se produce aguas arriba de la intersección de Av. Los Conquistadores (Salida de la concesión) producto de la congestión que se genera en Av. El Cerro de Providencia. El promedio de velocidad antes mencionado, indica que el tiempo de viaje de los usuarios en este tramo llegue a un promedio de 12 minutos, por lo que el nivel de servicio que entrega la Autopista en este tramo es demasiado bajo. Se debe considerar que se trata de una Autopista urbana, cuyo límite de velocidad es de 100 Km/Hr para el Tramo 1, de 80 km/hr para Tramo 2 y de 50 Km/Hr para el Tramo 3 y que en promedio cruzar dicha distancia debiera demorar aproximadamente solo 3 minutos. Esto genera retrasos a cerca de 5.000 vehículos que circulan por la concesión en horario punta de 17:30 – 20:30 hrs, es decir, en el horario donde se utiliza la tarifa de saturación.

Como resultado de las altas congestiones presentes en el sector del pórtico N° 1 (PC101), se produce una disminución considerable en la cantidad de vehículos que podrían pasar por ese pórtico en horario punta tarde, debido a que el usuario dará preferencia a irse por vía La Pirámide o si requiere ir al sector de Plaza Italia, podría preferir la Av. El Salto, reduciendo la cantidad de transacciones que pudieran realizarse en el horario antes señalado.

La Concesionaria solicitó a una Empresa externa, un estudio de satisfacción del cliente que hace uso de la Concesión, en horario punta y días hábiles, se llevó a cabo una encuesta aleatoria durante el año 2012, aplicada a clientes frecuentes. El estudio arrojó como resultado, un nivel de insatisfacción de alrededor del 92% y las razones más importantes entregadas fueron las siguientes:

Tiempo de viaje: El usuario percibe que a medida que pasa el tiempo, mayor es el flujo y más demora en llegar a su destino.

Velocidad de viaje: Los clientes se quejan de que la velocidad de circulación en el sector es demasiado baja para una Autopista urbana con altos estándares de calidad.

Tarifa: Los usuarios en su mayoría creen que se paga un precio demasiado alto por ocupar un tramo en donde la circulación es lenta.

Infraestructura: Hay un alto nivel de insatisfacción respecto de la infraestructura de salida de la Concesión, ya que los usuarios creen que la salida no fue bien concebida al unirse con Av. El Cerro. En su mayoría creen que se deben realizar mejoras que permitan evitar la saturación del flujo vehicular.



Razones como éstas, han impulsado a los clientes a dirigir sus reclamos directamente a la Empresa, a través de sus canales de redes sociales y Centro De Atención Telefónica., además de presentar quejas formales por el bajo nivel de servicio, ante el Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC) y ante el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

3.1. Conceptos

3.1.1. Capacidad

Se define como capacidad de una infraestructura de transporte al “flujo máximo horario al que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, del control y del tránsito”. De la definición anterior se infieren las siguientes consideraciones: La capacidad puede expresarse en términos de vehículos o en términos de personas.

La capacidad se refiere a un punto o sección uniforme de la infraestructura; por tanto, segmentos o puntos con diferentes características tendrán diferentes capacidades.

La capacidad se refiere a una tasa de flujo vehicular o personas durante un período de tiempo que muy a menudo es el periodo de 15 minutos pico. La capacidad no se refiere al máximo volumen al que puede darse servicio durante una hora. Esta definición contempla la posibilidad de variaciones significativas del flujo dentro de una hora.

La capacidad se define sobre la base de una “esperanza razonable”. No es la máxima tasa de flujo absoluta jamás observada en el tipo de infraestructura analizada. Debe tenerse en cuenta que se consideran condiciones promedio, y que las características de los conductores, los vehículos y ambientales, puede diferir de una región a otra.

La capacidad está dada bajo condiciones prevalecientes de la vía (características geométricas, tipo de sección, pendientes, dimensiones de carriles, bermas, etc.), del control (dispositivos de control de tránsito como semáforos, señales, movimientos permitidos), y del tránsito (composición vehicular, velocidad, características del flujo vehicular).

3.1.2. NIVELES DE SERVICIO

El concepto de nivel de servicio se utiliza para evaluar la calidad del flujo. Es “una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros”. Estas condiciones se describen en términos de factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, la comodidad, las conveniencias y la seguridad vial.



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

Para cada tipo de infraestructura se definen 6 niveles de servicio, para los cuales se disponen de procedimientos de análisis, se les otorga una letra desde la A hasta la F siendo el nivel de servicio (NS) A el que representa las mejores condiciones operativas, y el NS F, las peores.

Las condiciones de operación de estos niveles, para sistemas de flujo ininterrumpido son las siguientes:

- Nivel de Servicio A

Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito.

El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón es excelente.

- Nivel de Servicio B

Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

- Nivel de Servicio C

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

- Nivel de Servicio D

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

- Nivel de Servicio E

El funcionamiento está en él, o cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la



frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

- Nivel de Servicio F

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto o calzada excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

Normalmente se acepta que el volumen de tránsito al que se puede dar servicio en las condiciones de parada y arranque del NS F es inferior que el posible al NS E; en consecuencia, el flujo de servicio E es el valor que corresponde a la capacidad de la infraestructura.

Los procedimientos que aquí se explicarán intentan estimar el máximo flujo que puede circular por distintas infraestructuras para cada nivel de servicio. Por tanto, para cada infraestructura se tienen 6 flujos de servicio, uno para cada nivel de servicio, desde el A hasta el E. Así, el flujo de servicio es la tasa máxima horaria a la que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de una calzada o carril durante un período de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, el control y el tránsito, a la vez que se mantiene un nivel de servicio concreto.

Para cada tipo de infraestructura se definen los niveles de servicio sobre la base de uno o más parámetros operativos que son los que mejor describen las calidades de utilización de ese tipo de infraestructura. Se denominan medidas o indicadores de eficacia a los parámetros seleccionados para definir los niveles de servicio de cada tipo de instalación. La Tabla 1 representa las medidas de eficacia primarias utilizadas para cada tipo de infraestructura.

Tabla 1 Medidas de Eficacia Principales para la Definición de Nivel de Servicio

TIPO DE ESTRUCTURA MEDIDA DE EFICACIA	Medida de Eficacia
Autopistas	Densidad (vl/km./c)
	Demora en veh-h
	Velocidad (Km/h)
	Tiempo de viaje (sg)
Segmentos Básicos de Autopista	Densidad (vl/km/c)
	Velocidad (Km/h)
	Relación (v/c
Áreas de Trazado ó entrecruzamiento	Densidad (vl/km./c)
	Velocidad de no entrecruzamiento (km/h)



	Velocidad de entrecruzamiento (km/h)
Intersecciones con un ramal	flujos (vl/h)
Carreteras multicarril	Densidad (v/h)
	Velocidad Media de recorrido (km/h)
	Relación (v/c)
Carreteras de dos carriles (HCM – 2000)	Demora en tiempo de seguimiento (%)
	Velocidad media de recorrido (Km/h)
Carreteras de dos carriles (MÉTODO COLOMBIANO)	Velocidad media de recorrido (Km/h)
Intersecciones reguladas con semáforos	Demora total media por control (sg/v)
	Relación v/c
Intersecciones sin semáforos	Demora total media por control (sg/v)
	Longitud de Cola (No v)
	Relación v/c
Arterias	Velocidad de viaje (km/h)
	Tiempos de recorrido (sg)
	Demora por control en intersecciones (sg)
Transporte Colectivo	Factor de carga (per/asiento,v/h,pers/h)
Peatones	Espaciamiento (m ² /pt)
	Demora peatón (sg/peat)
	Velocidad media (km)
	Relación (v/c)

Para fines de diseño, la Tabla 2 proporciona una guía que permite seleccionar el nivel de servicio de diseño.

Tipo de Vía	Tipo de Área			
	Rural Plana	Rural Ondulada	Rural Montañosa	Urbana y Suburbana
Autopista	B	B	C	C
Arteria	B	B	C	C
Colectora	C	C	D	D
Local	D	D	D	D

3.1.3. Características del flujo en autopistas

Las condiciones del tránsito dentro de tramos básicos de autopista pueden variar fundamentalmente en función de la existencia de cuellos de botella ubicados corriente arriba o corriente abajo, que restringen el flujo que entra y sale del tramo de autopista. Los cuellos de botellas pueden crearse por ramas convergentes, áreas de entrecruzamientos, pérdida de un carril, actividades de mantenimiento y construcción, accidentes e incidentes sobre un carril. No necesariamente un incidente tiene que bloquear completamente el carril para generar un cuello de botella. Vehículos descompuestos cercanos al separador central o en la banquina, pueden influir sobre el tránsito que circula por los carriles de la autopista.



Estudios recientes sobre autopistas han permitido comprender mejor las características del flujo en autopistas con relación a la influencia de cuellos de botella existentes corriente arriba y corriente abajo. El flujo de tránsito dentro de un tramo básico de autopista se puede caracterizar generalmente en tres tipos de flujo: flujo libre, flujo de dispersión de cola y flujo en congestión. Cada tipo de flujo se puede definir dentro de rangos de relación velocidad-flujo-densidad y representa diferentes condiciones sobre la autopista.

- **Flujo libre** representa condiciones de tránsito que no están afectadas por cuellos de botella corriente arriba o corriente abajo. Este régimen de flujo generalmente se define dentro de rangos de velocidad que van de 90 a 120 km/hora cuando los volúmenes equivalentes son bajos a moderados y rangos que van de 70 a 100 km/hora cuando los volúmenes equivalentes son altos.
- **Volumen de dispersión de la cola** representa el tránsito que recién ha pasado por un cuello de botella y está acelerando para volver a alcanzar la velocidad en flujo libre de la autopista. La descarga de la cola se caracteriza por un flujo relativamente estable, siempre y cuando no exista el efecto de otro cuello de botella aguas abajo. Este tipo de tránsito generalmente se encuentra en volúmenes que oscilan entre 2000 y 2300 automóviles por hora y por carril, con velocidades que normalmente se mueven entre 55 km/hora hasta la velocidad en flujo libre del tramo de autopista. Las velocidades más bajas normalmente se observan ni bien se ha pasado el cuello de botella. Según el trazado horizontal y vertical, el tránsito de dispersión de la cola usualmente vuelve a retomar la velocidad del flujo libre del tramo entre 1 a 2 kilómetros aguas abajo del cuello de botella. Recientes estudios sugieren que el volumen equivalente de dispersión de la cola desde el cuello de botella es menor que el flujo máximo que se observa antes del inconveniente. Como una estimación muy general se puede decir que esta disminución es de aproximadamente el 5 por ciento.
- **Tránsito en congestión** representa el flujo influenciado por los efectos de un cuello de botella aguas abajo. El volumen de tránsito en un régimen de congestión puede variar en un amplio rango y también lo hacen las velocidades dependiendo de la severidad del cuello de botella. Las colas se pueden extender muchos miles de metros corriente arriba del cuello de botella. Las colas en autopista difieren de las colas en intersecciones en el hecho que no son estáticas

o quietas. En autopistas los vehículos se mueven lentamente en la cola, con períodos de detención y movimientos.

3.1.4. Velocidad en flujo libre

En la Figura 1 se muestran las características de las relaciones de la velocidad con el flujo para las condiciones ideales. Hay 5 curvas, una para cada uno de los siguientes niveles de velocidad en flujo libre: 120 Km/h, 112 Km/h, 104 Km/h, 96 Km/h, 88 Km/h.

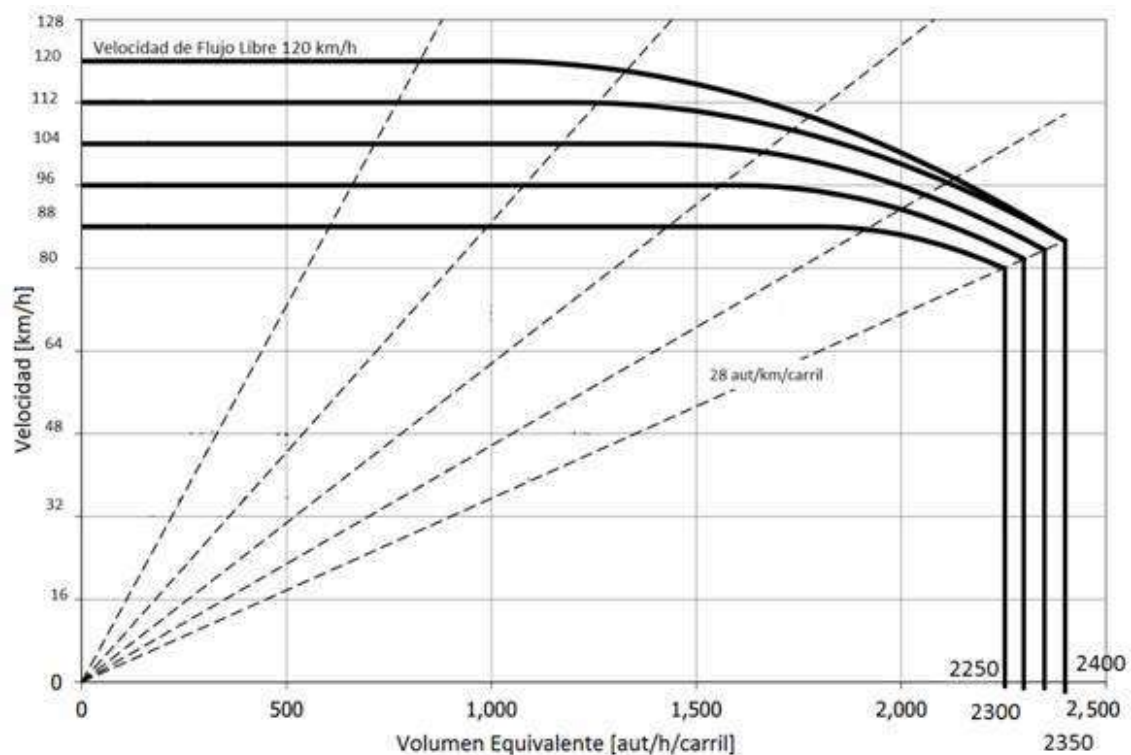


Figura 1 Curvas Velocidad-Volumen para Tramos de Autopista

La capacidad varía con la velocidad en flujo libre. Las capacidades son:

- 2400 automóviles/hora/carril para velocidades en flujo libre de 112 y 120 Km/h
- 2350 automóviles/hora/carril para velocidad en flujo libre de 104 Km/h
- 2300 automóviles/hora/carril para velocidad en flujo libre de 96 Km/h
- 2250 automóviles/hora/carril para velocidad en flujo libre de 88 Km/h.

Bajo condiciones ideales de tránsito y geometría, las autopistas pueden operar con capacidades de hasta 2400 automóviles por hora y por carril. Esta capacidad normalmente se alcanza en autopistas con velocidad en flujo libre de 112 km/hora o más. A medida que la velocidad del flujo libre decrece, hay una pequeña disminución en la capacidad. Por ejemplo, la capacidad de un tramo básico de autopista con una velocidad en flujo libre de 88 km/hora puede ser



aproximadamente de 2250 automóviles por hora y por carril.

La velocidad promedio de los automóviles en los volúmenes equivalentes que representan capacidad se estima que oscilan entre el 85 km/hora (para velocidades en flujo libre de 112 km/hora o más) a 80 km/hora para tramos con velocidad en flujo libre de 88 km/hora. Obsérvese que cuanto mayor es la velocidad en flujo libre, mayor es la caída de la velocidad cuando el volumen equivalente se acerca a la capacidad. Así, para una velocidad de flujo libre de 120 km/hora, la caída es de 35 km para condiciones cercanas a la capacidad. Esta caída es solamente de 8 km/hora para autopistas con una velocidad en flujo libre de 88 km/hora.

Todos los estudios recientes en autopistas indican que la velocidad en las mismas es insensible al volumen de tránsito cuando el mismo es entre bajo y moderado. Esto se refleja en la Figura 1, que muestra la velocidad constante hasta volúmenes de 1000 automóviles por hora y por carril para velocidad del flujo libre de 120 km/hora. Para autopista con velocidad en flujo libre menor, la restricción en la cual la velocidad es insensible al volumen equivalente se extiende incluso a flujos mayores. Así, la velocidad en flujo libre se puede medir fácilmente en campaña como la velocidad promedio de los automóviles cuando los volúmenes equivalentes son menores a 1000 automóviles por hora y por carril. Para cada curva existe un rango de volúmenes, desde el valor nulo hasta el punto de quiebre, en el cual la velocidad permanece constante. El rango varía para cada curva de la siguiente manera:

- $v_{fl} = 120$ Km/hora: 0 a 1.000 aut/hora.carril
- $v_{fl} = 112$ Km/hora: 0 a 1.200 aut/hora.carril
- $v_{fl} = 104$ Km/hora: 0 a 1.400 aut/hora.carril
- $v_{fl} = 96$ Km/hora: 0 a 1.600 aut/hora.carril
- $v_{fl} = 88$ Km/hora: 0 a 1.800 aut/hora.carril

A partir del punto de quiebre, a medida que aumenta el volumen la velocidad decrece hasta alcanzar la capacidad.

Las fórmulas que se utilizan para estimar la velocidad son las que se muestran en el Cuadro 1.

Tabla 2 Ecuaciones de la Curva Velocidad - Volumen

Velocidad en flujo libre (km/h)	Punto de quiebre (aut/h/carril)	Velocidad (km/h)		
		$\leq$ al punto de quiebre	$>$ punto de quiebre $\leq$ capacidad	Capacidad
120	1000	120	$120 - 0,000017712 \times (V_p - 1000)^2$	85
112	1200	112	$112 - 0,00001856 \times (V_p - 1200)^2$	85
104	1400	104	$104 - 0,000022688 \times (V_p - 1400)^2$	84
96	1600	96	$96 - 0,000029056 \times (V_p - 1600)^2$	82
88	1800	88	$88 - 0,000039504 \times (V_p - 1800)^2$	80

Fuente: Highway Capacity Manual 2010

3.1.5. Factores que Afectan a la Capacidad y a los Niveles de Servicios

3.1.5.1. Condiciones ideales:

Muchos de los procedimientos utilizados proporcionan unas formulaciones sencillas para un conjunto de condiciones definidas como estándar (ideales), que deben corregirse para tener en cuenta las condiciones prevalecientes que no coincidan con ella. En principio, una condición es ideal cuando su mejora no produce un incremento en la capacidad. En estas condiciones se presume buen clima, pavimento en buen estado, usuarios “racionales” y la inexistencia de incidentes que obstruyan el flujo.

Las siguientes son las condiciones ideales para infraestructuras de flujo ininterrumpido:

- Repartición del tránsito por igual en ambos sentidos
- Carriles de no menos de 3.65 m
- Una distancia (bermas) de 1.8 m entre el borde de la calzada exterior y los obstáculos u objetos adyacentes a la vía o separador
- Velocidad de proyecto de 100 k/h para vías de 2 carriles y de 110 k/h para vías multicarril y autopista
- Flujo constituido únicamente por vehículos ligeros. Ausencia de vehículos pesados.
- Superficie de rodadura en condiciones óptimas
- Visibilidad adecuada para adelantar
- Señalización horizontal y vertical óptima.
- Terreno llano y rasante horizontal

En la mayoría de los análisis las condiciones existentes difieren de las condiciones ideales, por lo cual se deben incluir correcciones que reflejen la inexistencia de las condiciones ideales.



Condiciones de la vía o la infraestructura

Las condiciones que afectan a la vía comprenden las condiciones geométricas y los elementos del proyecto. Estos factores son los siguientes:

- El tipo de vía y el medio urbanístico en que está inmersa
- La anchura de carril
- El ancho de las bermas y los despejes laterales
- La velocidad de proyecto
- El alineamiento horizontal y el alineamiento vertical
- La disponibilidad de espacio para esperar en cola en las intersecciones

3.1.5.2. Condiciones del tránsito

Las condiciones del tránsito que influencia la capacidad y los niveles de servicio son el tipo de vehículo y las distribuciones de los vehículos entre carriles.

Se definen como vehículos pesados aquellos que tienen más de cuatro ruedas sobre el pavimento.

Se agrupan en tres categorías: camiones, vehículos recreaciones y autobuses.

Además de la composición vehicular, se tiene en cuenta el reparto por sentidos de circulación, que es especialmente crucial en vías de dos carriles, donde las condiciones ideales se producen cuando la distribución es 50/50 (50% en cada sentido). La distribución entre carriles y entre calzadas en estructuras multicarril y autopistas es importante, ya que en estos casos el análisis se hace en forma independiente para cada sentido de circulación.

3.1.5.3. Condiciones de control

En vías para circulación continuas el control y normas que afectan significativamente la capacidad y los niveles de servicio, como la justificación de estacionar las restricciones para el rebase, la prohibición de giros, los sentidos de circulación permitidos.

3.1.6. Relaciones básicas

La predicción del nivel de servicio para un tramo general de autopista generalmente involucra tres componentes:

- a. Velocidad en Flujo Libre
- b. Volumen equivalente (Capacidad)
- c. Nivel de servicio

La determinación de estos parámetros se describe en ese orden en los párrafos siguientes.



Además, se calculará la capacidad para la intersección semaforizada de Av. Los Conquistadores y la Densidad por Km de la autopista.

3.1.6.1. Velocidad en Flujo Libre

La velocidad y el tiempo de recorrido son una medida de la calidad de servicio proporcionado por las vías a los usuarios, por lo que se usa como una medida de eficiencia en los NS, en muchos tipos de facilidades como las carreteras de dos carriles, los tramos de autopistas y otras.

La velocidad se define como la tasa de movimiento expresa como distancia por unidad de tiempo y ésta puede determinarse mediante mediciones realizadas directamente en terreno a través de observaciones o espiras de detección, o bien estimarse a partir de las condiciones geométricas existentes en el tramo de vía estudiado utilizando tablas de la HCM 2000. Ésta última se conoce como Velocidad Libre de Circulación FFS (Free Flow Speed) y es el promedio que se puede dar en una autopista cuando el flujo es bajo a moderado (hasta 1300 veh/h/carril).

Método por observaciones:

$$V = L / \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{n} \right) \right) = nL / \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)$$

Dónde:

V : Velocidad media de recorrido (Kph)

L : Longitud del tramo (Km)

t_i : Tiempo de recorrido del i – ésimo vehículo que cruza el segmento h

n : Número de tiempos de recorridos observados

Método por Velocidad Libre de Circulación

$$FFS = BFFS - f_{lw} - f_{lc} - f_N - f_{id}$$

Dónde:

FFS : Velocidad libre de circulación

$BFFS$: Velocidad libre estimada para condiciones ideales

f_{lw} : Factor de ajuste por ancho de carril (Tabla 23 – 4 HCM2000)

f_{lc} : Factor de ajuste por despeje lateral (Tabla 23 – 5 HCM2000)



f_N : Factor de ajuste por número de pistas (Tabla 23 – 6 HCM2000)

f_{id} : Factor de ajuste por frecuencia de enlaces (Tabla 23 – 7 HCM2000)

3.1.6.2.Densidad

La densidad se define como el número de vehículos que ocupan un tramo de longitud de carril o carretera en un instante determinado y se expresa en Veh/Km. La densidad se puede calcular mediante la velocidad media de recorrido y la intensidad de circulación, entonces la densidad es:

$$D = \frac{I}{V}$$

Dónde:

D : Densidad $\frac{veh}{km}$

I : Intensidad Velocidad libre de circulación $\frac{veh}{hr}$
carril

V : Velocidad media $\frac{km}{hr}$

La densidad es un parámetro crítico en las vías de flujos ininterrumpidos, porque se caracteriza las operaciones de circulación, describiendo la proximidad entre los vehículos y refleja la capacidad de maniobra dentro de la corriente del tráfico.

Tabla Criterio para niveles de servicio para Densidad

NIVEL DE SERVICIO	RANGO DE DENSIDAD (aut/km/carril)
A	0-7
B	> 7-11
C	>11-16
D	>16-22
E	>22-28
F	>28

3.1.6.3.Relación de Volumen e Intensidad

El volumen e intensidad son dos medidas que cuantifican la cantidad de circulación que pasa por un punto o sección de un carril o de una carretera durante un intervalo de tiempo determinado y se definen como sigue:



- **Volumen:** Es el número total de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una carretera durante un intervalo de tiempo dado, los volúmenes pueden expresarse en horarios diarios, anuales o en períodos inferiores a una hora (15min).
- **Intensidad:** Es la tasa horaria equivalente a la que los vehículos pasan por un punto o sección transversal o por un tramo de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo dado inferior a una hora, usualmente 15 minutos. El volumen y la intensidad son las variables que se utilizan para cuantificar la demanda. Esto es el número de vehículos que pueden hacer uso de una infraestructura vial, durante un período de tiempo.

El congestionamiento influencia los patrones de la demanda y los volúmenes observados son un reflejo de las restricciones de la capacidad, que la demanda real. Es importante diferenciar el volumen de la intensidad, el primero es la cantidad real de vehículos observados o que pasan o van a pasar por la sección de vía durante un período de tiempo definido. La Intensidad es el número de vehículos que pasan por una sección de vía en un intervalo de tiempo inferior a una hora.

La intensidad se calcula tomando el número de vehículos observados en un período inferior a una hora (15 min.) y dividido entre el tiempo (en horas). Un volumen de 100 veh. Contados y clasificados en un período de 15.0 min. Implica una intensidad de $100/0.25\text{hrs.} = 400.0\text{ vph}$.

Por ejemplo, en un estudio de conteo y clasificación vehicular, con duración de una hora se tomaron los siguientes aforos. Los volúmenes se aforaron en períodos de 15.0 min.

Periodo de Tiempo	Volumen	Intensidad
05:00 - 05:15	1000	4000
05:15 - 05:30	1200	4800
05:30 - 05:45	1100	4400
05:45 - 06:00	1000	4000
05:00 - 06:00	4300	

El volumen total es de 4,300.0 veh/h, la intensidad varía para cada intervalo de 15.0 min., en el período de las 05:15 – 05:30, el volumen es de 1,200.0 veh/h, y la intensidad es de $1200/0.25$ igual a 4,800.0 veh/h, porque se presenta la tasa de flujo máxima de la hora en ese período de 15.0 min.

3.1.6.4.Intensidad de Tránsito

El cálculo de Intensidad propuesto por el HCM 2000 considera la aplicación de factores de ajuste



al volumen medido para obtener un valor que refleje las características de la vía y de la circulación. La intensidad se calcula de acuerdo con la Ecuación

$$Intensidad \left[\frac{\frac{veh}{h}}{carril} \right] = \frac{Volumen \left[\frac{veh}{h} \right]}{PHF * N * f_{HV} * f_p} I$$

Donde:

PHF: Factor Hora Punta (Peak Hour Factor)

N: Número de carriles por sentido de análisis

f_{HV}: Factor de Ajuste por vehículos pesados

f_p: Factor de Ajuste por tipo de conductor

La intensidad máxima o de punta, se relaciona con los volúmenes horarios a través del FACTOR DE HORA PUNTA (PHF), este factor se define como la relación entre el volumen total horario y la intensidad máxima en la hora.

$$PHF: Volumen \frac{Horario}{Intensidad} Máxima de la Hora$$

Si se utilizan en periodos de 15 minutos, el PHF se calcula como:

$$PHF: \frac{Q}{(4 * Q_{15})}$$

Dónde:

PHF: Factor de Hora Peak

Q: Volumen Horario $\frac{Veh}{Hr}$

Q₁₅: Volumen en el periodo de máxima demanda de 15 minutos dentro de la hora $\left(\frac{V}{15 \text{ min}} \right)$

Del mismo modo, el factor de ajuste por vehículos pesados se calcula según la Ecuación

$$f_{HV} = \frac{1}{(1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1))}$$

Dónde:

E_T: Factor de Equivalencia de camiones para vehículos livianos



E_B : Factor de Equivalencia de buses para vehículos livianos

P_T : Porcentaje de camiones

P_B : Porcentaje de buses

3.1.6.5. Análisis de Segmento General de Terreno

La metodología para estos tramos calcula las medidas de funcionamiento del tráfico a lo largo de un tramo de carretera, basándose en el tipo medio de terreno, en el trazo y las condiciones de tráfico. Las características geométricas de las carreteras incluyen una descripción general de las características de la sección longitudinal e información específica de sobre la sección transversal. Las características de la sección longitudinal, se define por el porcentaje medio del tramo de carretera sujeto a zonas de adelantamientos prohibidos. Se utiliza la media de ambos sentidos. Los datos de la sección transversal incluyen el ancho de carril y de hombros. Los datos de tráfico incluyen el volumen horario total de la calzada, el factor de hora pico (PHF), y la distribución del tráfico por sentido.

Sobre la base del HCM, el cálculo de capacidad se realiza por separado para carreteras de dos carriles y carreteras multicarriles. Como quiera que algunas carreteras de dos carriles en la red en estudio atraviesan áreas urbanas, se requiere algunas consideraciones especiales para estos casos dado que el HCM solo contempla carreteras de dos carriles rurales; es decir, sin efectos importantes de vehículos incorporándose y egresando del flujo principal o atravesando la vía.

La expresión básica es la ecuación descrita; para el análisis de estos componentes es la siguiente:

$$S_{fi} = 2800 * \left(\frac{v}{c}\right)_i * f_d * f_w * f_{HV}$$

Dónde:

S_{fi} : Es el volumen de servicio para el nivel de servicio i .

i , expresado en veh/Hr en ambos sentidos de circulación

2800: Es la capacidad en condiciones ideales en ambas direcciones $\frac{veh}{hr}$

$\left(\frac{v}{c}\right)_i$: Máxima relación $\frac{Volumen}{capacidad}$ asociada al nivel de servicio i .

Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio. Este está en función de las restricciones de rebase y del tipo de terreno.

f_d : Factor de ajuste por efecto de distribución direccional del tránsito.



f_W : Factor de restricciones en el ancho de carril y hombros o distancias a obstáculos laterales.

f_{HV} : Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados. Calculado más arriba

3.2. Cálculo de nivel de servicio para Tramo de Autopista Túnel San Cristóbal

3.2.1. Datos de estudio de Tráfico

Los datos se basan en un aforo vehicular por un periodo de 3 hrs de las 17:30 a 20:30 hrs de un martes. Los datos de tráfico y características geométricas de la autopista son:

- Volumen de tránsito de hora pico
- Factor pico horario
- Composición del tráfico (porcentaje de vehículos livianos, buses, camiones)
- Distribución direccional del tráfico
- Tipo de terreno
- Velocidad de diseño

Tabla de Tráfico Eje C1 Huechuraba a Providencia

	Pista Lenta (P7)			Pista Rápida (P5)	
	Rango Horario	Flujo P7	Velocidad Promedio	Flujo P5	Velocidad Promedio
35=17:00-17:30	35	384	72	387	80
36=17:30-18:00	36	416	69	438	78
37=18:00-18:30	37	513	61	513	67
38=18:30-19:00	38	429	47	423	50
39=19:00-19:30	39	287	64	266	72
40=19:30-20:00	40	247	74	212	83
41=20:00-20:30	41	195	77	158	87

Tabla de Porcentaje de Categoría de Vehículos

C1 Livianos	C2 Camiones	C3 Omnibus
92,80%	5,87%	1,32%

Tabla de Volumen en Máximo Horario de Volumen Carril P7

Periodo de Tiempo	Volumen	Intensidad



18:00 - 18:15	250	1000
18:15 - 18:30	263	1052
18:30 - 18:45	229	916
18:45 - 19:00	200	800
18:00 - 19:00	942	

Tabla de Volumen en Máximo Horario de Volumen Carril P5

Periodo de Tiempo	Volumen	Intensidad
18:00 - 18:15	255	1020
18:15 - 18:30	258	1032
18:30 - 18:45	223	892
18:45 - 19:00	200	800
18:00 - 19:00	936	

3.2.1.1. Obtención Factor Hora Peak

$$PHF = \frac{Q}{(4 * Q_{15})} = \frac{942}{(4 * 263)} = 0,90$$

Condiciones Geométricas Actuales de Tráfico, Capacidad y Nivel de Servicio

Periodo	Volumen Máximo	PHF	Volumen de Demanda Máxima	Composición de Tráfico (%)			Distribución Dirección (%)	Ancho de Carril (mt)	Ancho de Hombrillo (mt)	Velocidad de Proyecto (Km/Hr)
				Liv	Camiones	Bus				
2019	942	0,90	1052	92,8	5,87	1,32	100/0	3,6	1,8	100

o usar tabla HCM 2000 Capítulo 8-11 Tabla 8.3 pág 287

3.2.1.2. Obtención de relación v/c para autopistas de dos carriles

Tabla Factores de Relación v/c para carreteras de dos carriles

Nivel de Servicio (NS)	Terreno Plano						Terreno Plano						Terreno Plano					
	Restricción de paso %						Restricción de paso %						Restricción de paso %					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05	0,04	0,15	0,10	0,01	0,05	0,04	0,03	0,14	0,09	0,07	0,04	0,02	0,00
B	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16	0,26	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,25	0,20	0,16	0,13	0,12	0,10
C	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33	0,32	0,42	0,39	0,35	0,32	0,30	0,28	0,39	0,33	0,28	0,23	0,20	0,16
D	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	0,57	0,62	0,57	0,52	0,48	0,46	0,43	0,58	0,50	0,45	0,40	0,37	0,33



E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,94	0,92	0,91	0,90	0,90	0,91	0,87	0,84	0,82	0,80	0,78

Fuente: HCM1994

Dado que el terreno es plano y existe una restricción que es la producida por la salida hacia La Pirámide que toman algunos vehículos que cruzan desde la pista de ingreso a la autopista, cruzando hacia los carriles de Vía La Pirámide, por este motivo, la restricción de paso será de un 20% y los valores serán los siguientes:

Nivel de Servicio (NS)	v/c
A	0,12
B	0,24
C	0,39
D	0,62
E	1,00

3.2.1.3. Obtención de ajuste direccional f_d

Tabla de Factores direccionales para carreteras de dos carriles

Separación Direccional %	Factor
50/50	1
60/40	0,94
70/30	0,89
80/20	0,83
90/10	0,75
100/0	0,71

Fuente: HCM 1994

Dado que la distribución direccional de estudio es 50/50 el factor es 1

3.2.1.4. Factor de Ajuste por ancho de carril y hombros f_W



Tabla de Ajuste por ancho de carril y hombros

Hombro (m)	Carril de 3,65 m		Carril de 3,35 m		Carril de 3,05 m		Carril de 2,75 m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1,8	1	1	0,93	0,94	0,83	0,87	0,7	0,76
1,2	0,92	0,97	0,85	0,92	0,77	0,85	0,65	0,74
0,6	0,81	0,93	0,75	0,86	0,68	0,81	0,57	0,7
0	0,7	0,88	0,65	0,82	0,58	0,75	0,49	0,66

El ancho de carril es 3,6 m y el ancho del hombro de 1,8 m, por lo tanto, el factor para todos los niveles de servicio es 1

Nivel de Servicio (NS)	f_w
A	1
B	1
C	1
D	1
E	1

3.2.1.5. Obtención de Factor de Ajuste para Vehículo Pesado

$$f_{HV} = \frac{1}{(1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1))}$$

La composición vehicular se desprende de la tabla anteriormente mencionada:

C1 Livianos	C2 Camiones	C3 Omnibus
92,80%	5,87%	1,32%

No se considera los vehículos recreacionales al éstos despreciables

Para el cálculo de este factor se utilizará tabla para pendiente ascendente, debido a que el tramo a evaluar se encuentra con una pendiente del 3,5%. La distancia del tramo es de 886,48 mts

Tabla de Equivalentes para Camiones y Ómnibus

Tipo de	Nivel de	Tipo de Terreno



Vehículo	Servicio	Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, ET	A	2,0	4,0	7,0
	B - C	2,2	5,0	10,0
	D - E	2,0	5,0	12,0
Buses, EB	A	1,8	3,0	5,7
	B - C	2,0	3,4	6,0
	D - E	1,6	2,9	6,5
Vehículos Recreativos, ER	A	2,2	3,2	5,0
	B - C	2,5	3,9	5,2
	D - E	1,6	3,3	5,2

Tabla Resumen de Vehículos Equivalentes

NS	Vehículos Equivalentes		
	ET	EB	ER
A	2	1,8	2,2
B	2,2	2	2,5
C	2,2	2	2,5
D	2	1,6	1,6
E	2	1,6	1,6

Tabla de Porcentajes por Tipo de Vehículos

Tipo de Vehículo	Código	Valor
Vehículos		0,982
Camiones	P _T	0,057
Omnibus (buses)	P _B	0,0132

Por lo tanto, el factor de ajuste de vehículos pesados para los Niveles de servicio es:

$$f_{HV}^{NS A} = \frac{1}{(1 + 0,057(2 - 1) + 0,0132(1,8 - 1))} = 0,94$$

$$f_{HV}^{NS B} = \frac{1}{(1 + 0,057(2,2 - 1) + 0,0132(2 - 1))} = 0,92$$

$$f_{HV}^{NS C} = \frac{1}{(1 + 0,057(2,2 - 1) + 0,0132(2 - 1))} = 0,92$$

$$f_{HV}^{NS D} = \frac{1}{(1 + 0,057(2 - 1) + 0,0132(1,6 - 1))} = 0,94$$

$$f_{HV}^{NS E} = \frac{1}{(1 + 0,057(2 - 1) + 0,0132(1,6 - 1))} = 0,94$$



3.2.2. Cálculo de Volúmenes de Servicio para niveles de servicio

$$S_{fi} = 2800 * \left(\frac{v}{c}\right)_i * f_d * f_w * f_{HV}$$

$$S_{fi} \text{ NS A} = 2800 * 0,12 * 1 * 1 * 0,94 = 316$$

$$S_{fi} \text{ NS B} = 2800 * 0,24 * 1 * 1 * 0,92 = 618$$

$$S_{fi} \text{ NS C} = 2800 * 0,39 * 1 * 1 * 0,92 = 1005$$

$$S_{fi} \text{ NS D} = 2800 * 0,62 * 1 * 1 * 0,94 = 1632$$

$$S_{fi} \text{ NS E} = 2800 * 1 * 1 * 1 * 0,94 = 2632$$

Nivel de Servicio (NS)	Volumen de Servicio S_{fi}
A	316
B	618
C	1005
D	1632
E	2632

Si sumamos el volumen vehicular por ambas pistas P5 y P7, tenemos un total de 1878 Veh/hr en el horario de 18:00 a 19:00, lo que nos entrega un nivel de servicio D.

3.2.3. Cálculo de Nivel de Servicio de Densidad

La demanda o Volumen equivalentes es lo mismo que decir Intensidad vehicular y está expresada en Veh/carril/hr, por lo tanto, como la intensidad fue posible calcular con la medición vehicular en terreno, por lo que no será necesario utilizar la fórmula de Intensidad.

La suma de intensidad de ambos carriles en el horario de máximo volumen es de 1052 Veh/hr/carril y la velocidad promedio es de 54 Km/hr

Por lo tanto,

$$D = \frac{I}{V}$$

$$D = \frac{1052 \left[\frac{\text{veh}}{\text{hr carril}} \right]}{54 \left[\frac{\text{Km}}{\text{hr}} \right]}$$

$$D = 19,5$$

Según tabla, el nivel de servicio por densidad es el D

Debido a que es una pista ascendente y la tabla está dada para camiones y ómnibus como un

3.2.4. Capacidad de Intersecciones Semaforizadas

El método de cálculo de la capacidad más conocido y utilizado es el expuesto en el Highway Capacity Manual preparado en Estados Unidos por el Transportation Research Board.

El Highway Capacity Manual, en su versión del año 2000, define los siguientes conceptos:

V: Duración de la fase verde (se permite el paso de vehículos) [seg]

R: Duración de la fase roja (no se permite el paso de vehículos) [seg]

T: Ciclo del semáforo = V + R [seg]

Mientras el semáforo esté en su fase de verde podrá pasar por el acceso un número máximo de vehículos hora, que constituye lo que se denomina intensidad de saturación. Multiplicando esta intensidad de saturación por la relación entre la duración de la fase de verde y la del ciclo se obtiene el máximo número de vehículos que pueden pasar en una hora (capacidad).

$$C = S * \frac{V}{T}$$

Siendo,

C: Capacidad $\left(\frac{\text{vehículos}}{\text{hora}}\right)$

S: Intensidad de Saturación $\left(\frac{\text{vehículos}}{\text{hora}}\right)$

V: Duración de la fase verde (segundos)

T: Duración del Ciclo (segundos)

Si en un tramo existen carriles reservados para determinados movimientos, como giros a la izquierda o a la derecha, se estudian separadamente de los demás carriles del acceso. Se forman así dentro de un mismo tramo varios grupos de carriles que se analizan separadamente. El procedimiento para el cálculo de la intensidad de saturación para cada grupo es el siguiente:



$$S = 1900 N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_{gd} f_{gi}$$

Cuadro 3 - Factores de Corrección

f	Corrección por	Fórmula	Variable
f_a	anchura de carril	$(5,4+A)/9$	A: anchura Carril
f_{vp}	vehículos pesados	$100/(100+P)$	P: Porcentaje de pesados (%)
f_i	inclinación de la rasante	$1-I/100$	I: Inclinación de la rasante
f_e	estacionamiento	$1-(0,1+M/20)/N$	M: Movimientos de estacionamiento en una hora
f_b	paradas de autobús	$1-B/(250N)$	B: Autobuses que paran por hora
f_z	situación	$(0,9-1)$	En Centro urbano 0,9 en otras zonas 1
f_{gd}	giros a la derecha	$1-0,15P$	P: Proporción de vehículos que giran a la derecha
f_{gi}	giros a la izquierda	$1/(1+0,05P)$	P: Proporción de vehículos que giran a la izquierda

3.2.4.1. Cálculo de Intersección Semaforizada

El cálculo se realizará para la intersección de Av. Los Conquistadores con la salida de la concesión. El ancho del carril es de 3,5 mt y el porcentaje de vehículos pesados es de 7,2%

Periodo de Semaforización en Intersecciones

Semáforos para Vehículos de Av. El Cerro que intersectan con	Periodo Detención. Color Rojo (min)	Periodo Avanzar. Color Verde (min)
Av. Los Conquistadores	1	1,5
Av. Santa María	1	1,5
Av. Andrés Bello	1	1,5

La ecuación real de Intensidad de Saturación sería:

$$S = 1900 N f_a f_{vp}$$

$$S = 1900 * 2 * 0,98 * 0,93$$

$$S = 3474 \frac{Veh}{Hora}$$

La capacidad para la intersección de Av. Los Conquistadores es de:



$$C = S * \frac{V}{T}$$

$$C = 3474 * \frac{1,5}{2}$$

$$C = 2606 \frac{Veh}{Hora}$$

3.3. Conclusión de capacidad y nivel de servicio

Se determinó los niveles de servicio para distintos volúmenes de tráfico y se pudo determinar que el nivel de servicio asociado al tramo en horario de saturación es “D”. Este mismo nivel se obtuvo para densidad. Esta calificación de nivel de servicio D, implica una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

Respecto a la intersección semaforizada de Av. Los Conquistadores, se pudo determinar la capacidad máxima de 2606 Veh/hr, lo que significa que puede cubrir la demanda vehicular que requiere la concesión en su salida con Av. Los Conquistadores, pero con evidente congestión vehicular.

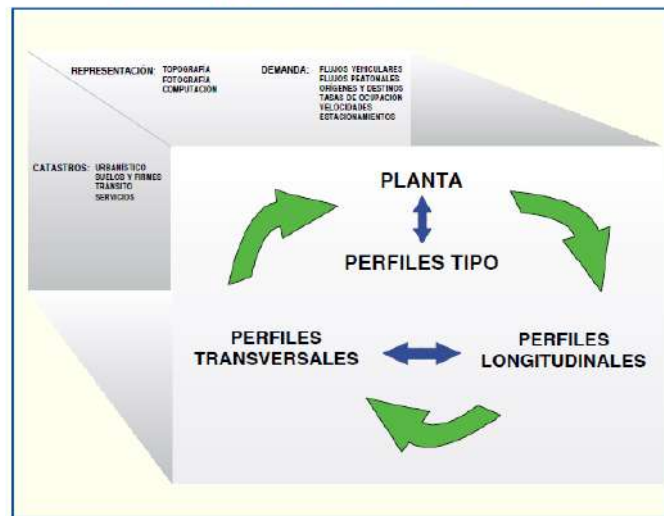
4. DISEÑO VIAL-URBANO DEL PROYECTO

4.1. Introducción

El Diseño Vial-Urbano (DVU) es acción y efecto de componer, dimensionar y especificar materialmente los distintos elementos, unidades y dispositivos que forman parte de la plataforma vial-urbana o que se basan en ella. En este proceso deben conciliarse proposiciones y resultados con las múltiples restricciones y requerimientos propios del objeto EVU (Escenario Vial-Urbano). Las restricciones objetivas del diseño son principalmente físicas, y surgen de la creciente y dispar demanda que ejercen sobre el EVU algunos de sus protagonistas, combinada conflictivamente con las conveniencias y exigencias de otros. Las restricciones y pautas subjetivas también son múltiples, y provienen generalmente de los valores urbanos asociados a dicho espacio. Estos valores, aunque no sean siempre entendidos ni asumidos por los propios ciudadanos, deben ser respetados por los agentes modificadores del EVU y en particular por los diseñadores.

Tales composición, dimensionamiento y especificación son partes interdependientes de un proceso retroalimentario que es el objeto de esta sección, aquí descrito diacrónicamente.

Requisitos y Secuencias del Diseño Geométrico



4.2.Elementos, Unidades y Dispositivos

Lo que en la práctica se diseña es un conjunto de dispositivos viales que hay que emplazar en la plataforma vial-urbana. Estos deben ser bien acogidos por el tejido urbano y deben operar coherentemente entre sí. Los dispositivos principales son los arcos, los nodos y los dispositivos de intercambio, según el análisis del objeto EVU del Cuadro “Requisitos y Secuencia del Diseño Geométrico”. En el Cuadro “Unidades Viales y Unidades Constitutivas se detalla esta desagregación.

Dispositivos Viales y Unidades Constitutivas

ARCOS	CALZADAS	Conjunto de pistas (comunes, solo bus, segregadas para buses y para bicicletas); bandas (estacionamiento, ciclobandas y bermas) uniones entre calzadas, y accesos vehiculares a la misma cola de la pista generatriz.	
	ACERAS	Conjunto de bandas (peatonales, verdes y de servicio), paraderos y uniones (acceso a calzada de vehículos y peatones desde la acera).	
NODOS	A NIVEL	Intersecciones: cruces, empalmes, rotondas ...	Conjunto de pistas (las de los arcos que se intersectan o emplean y las de los ramales); bandas (peatonales, verdes, cicloviales, bermas); separadores (medianas, bandejones e islas), y uniones (entre calzadas).
	A DESNIVEL	Enlaces: tréboles trompetas, diamantes, etc.	
		Pasos sin conexiones.	
INTER-CAMBIOS	MOTOR-CAMINATA	Playas y edificios de estacionamiento.	Las uniones de estos dispositivos pueden ser las mismas de los nodos, pero con peculiaridades que desdibujan la clasificación usada aquí. Las superficies vehiculares mezclan funciones de paso y maniobra en sus equivalentes a pistas (pasillos, rampas) y además incluyen específicamente áreas de estacionamiento. Además aparecen elementos o dispositivos de difícil clasificación.
	BICICLO-CAMINATA	Estacionamientos y almacenamientos.	
	COMPUESTOS	Terminales	

4.3.Requisitos y Secuencia del Diseño

Se transa aquí en que el DVU propiamente tal se inicia cuando se tienen la representación gráfica y los datos catastrales del área objeto de estudio, y cuando se conocen las características de la demanda por infraestructura de transporte.

Tal definición deja fuera del alcance del DVU la clasificación de las vías. Esto es válido cuando



existe una instancia de planificación urbana comprensiva de los sistemas de transporte de la ciudad. Si no es así, el DVU incluye la tipificación de la vía, como compromiso entre la realidad urbanística del caso y la demanda vial presente y futura.

La obtención de la información que describe el mundo real (datos físicos, operativos y socioeconómicos) es simultánea con el análisis crítico de la situación que se describe. Este proceso converge al punto inicial del diseño, con tres asuntos resueltos:

- **Diagnóstico**, que debe cubrir las áreas temáticas que inciden en las tareas de diseño: topografía y urbanismo, suelos y firmes, tránsito, servicios, estructuras y otros, cuando corresponda.
- **Clasificación de la(s) vía(s) involucrada(s)**, que es punto de convergencia de las políticas de desarrollo urbano y de transporte que regulan y dirigen las inversiones del sector, con las demandas de infraestructura y el uso del suelo presentes.
- **Asignación de velocidades de diseño**, adecuadas a la clasificación y conciliadoras de la importancia de la(s) vía(s), las disponibilidades de espacio para las obras y las posibilidades de efectuar expropiaciones.

Una vez establecidas estas bases, el diseño geométrico se desarrolla en la secuencia típica representada en el Cuadro “Requisitos y Secuencia del Diseño Geométrico”. Se parte generalmente definiendo los **arcos en planta**: iteración entre planta y perfil tipo; se continúa de manera parecida con la **definición en planta de los nodos**, y completando la planta con el diseño correspondiente de los dispositivos de intercambio. Todo esto inmerso en una concepción del EVU donde la geometría juega un rol articulador de planos y volúmenes que son materia del diseño.

El diseño es iterativo ya en este inicio: al diseñar un nodo o un dispositivo de intercambio (si lo hay) pueden surgir restricciones que obliguen a modificar el número, el ancho, las inclinaciones y/o la combinación de las unidades constitutivas de los arcos.

Una vez asumido un conjunto coherente de dispositivos en planta, la secuencia del diseño continúa con la definición en alzado de dicho conjunto. Esta definición también es un proceso iterativo: un conjunto de perfiles longitudinales, asociados a sendos ejes de replanteo, se componen, se compatibilizan entre sí y se empalman con el terreno actual, generándose un nuevo conjunto de ejes, esta vez espaciales (3D), y luego, para lograr la continuidad funcional del o de los planos que se articulan en torno estos ejes (tránsito peatonal y vehicular y evacuación de aguas), se define transversalmente la plataforma a partir de puntos altimétricamente definidos a lo largo de cada uno de dichos ejes. Cualquier incoherencia funcional que se detecte al resolver los perfiles transversales puede implicar una rectificación de perfiles longitudinales, e incluso de los ejes en planta.



4.4.FACTORES DETERMINANTES DEL DISEÑO

La composición, el dimensionamiento y la especificación material de las unidades viales depende de muchos factores. Los más gravitantes de éstos se clasifican a continuación.

4.3.1. CATEGORÍA DE LA VÍA

Una definición de categoría urbanísticamente consistente en este sentido revela o requiere (según sean las circunstancias administrativas) de una planificación urbana que establezca los roles de la vialidad a diseñar.

Dependiendo de las funciones que debe cumplir la vía, como desplazadora, emplazadora o mixta, los perfiles tipo y el diseño en planta privilegiarán las distintas maniobras de paso y acceso.

4.3.2. DEMANDA DE INFRAESTRUCTURA

En un primer orden de cosas, el tipo y número de las principales unidades transversalmente tipificadas (pistas y bandas), dependerán de la demanda a ejercerse sobre la infraestructura vial, entendida ésta como red que forma parte del sistema de transporte de la ciudad. La consideración de este factor en esta primera instancia va inseparablemente unida a criterios de planificación urbanística, ambiental y económica.

Estos mismos criterios juegan localmente, en un segundo orden de cosas, cuando se tiene que decidir cuánta de esa demanda se debe satisfacer en un eje o en una red secundaria, y con qué nivel de servicio. A este nivel corresponde el dimensionamiento de todas las unidades presentes en ellos (pistas, bandas y separadores), lo cual está más directamente relacionado con factores que siguen.

4.3.3. RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

Como la factibilidad económica de la inversión que se planee dependerá de los beneficios sociales que ella genere, y éstos a su vez dependen de la relación entre la demanda por distintos tipos de infraestructura de transporte y la capacidad de ésta, se desprende que si existe o se espera suficiente demanda por algún tipo de infraestructura, la inversión para proveerla estará justificada socialmente, y que mientras mayor sea dicha demanda mayor será el número de pistas y bandas contempladas en los perfiles tipo y mayor la capacidad de las unidades y los dispositivos que se oferten.

4.3.4. DISPONIBILIDAD DE SUPERFICIES



En términos prácticos, y también en inseparable relación con los factores económicos mencionados en el literal anterior, los perfiles tipo de un dispositivo vial estarán condicionados a la factibilidad económica y urbanística de ejecutarlos, y tales factibilidades dependerán de la disponibilidad de terrenos públicos, del costo de las eventuales expropiaciones, de la posibilidad legal de ejecutar los traspasos de propiedad necesarios y de la conveniencia urbanística de modificar el espacio vial-urbano.

4.3.5. VELOCIDADES DE DISEÑO Y OPERACIÓN

La velocidad máxima (señalizada) de proyecto no puede ser superior a la velocidad de diseño (VD), ya que por definición ésta es la máxima velocidad a la que un vehículo puede circular, en condiciones de operación que lo permitan (flujo libre), con seguridad teóricamente total desde el punto de vista dinámico. Ni inferior, porque contravendría la lógica económica de la inversión proyectada o la lógica urbanística del proyecto.

Es frecuente, aunque indeseable, que la velocidad de operación, la velocidad promedio a la que efectivamente circulan los vehículos en las condiciones de operación dadas por las circunstancias de la oferta y la demanda, supere a la máxima señalizada (de diseño), en parte porque la geometría de la vía no impone a los conductores ninguna restricción en planta o en elevación para cometer la falta.

El ingeniero diseñador tendrá que tener presentes los criterios, para permitir resolver ciertos problemas prácticos de diseño sin la rigidez que supone la aplicación del concepto VD de la manera heredada de la práctica caminera.

4.3.6. GRADO DE SATURACIÓN

De lo anterior se deduce que la evolución esperada del nivel de servicio para la vía a diseñar es relevante para la determinación de los perfiles tipo.

4.3.7. CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS

Las dimensiones de los vehículos y su movilidad son factores de incidencia relevante en el diseño. Largo, ancho y alto de los vehículos condicionan en gran medida diversos elementos de la sección transversal, los radios de giro, los ensanches de calzada en curvas y los gálibos verticales bajo estructura. Su peso es uno de los factores determinantes del cálculo estructural de pavimentos y estructuras.

El Manual de Carreteras, en su Volumen 3, Sección 3.005 VEHÍCULOS TIPO, describe y tabula oficialmente los valores que se debe asignar a estas variables, según una clasificación que



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

distingue cuatro tipos de vehículos: automóvil, camiones de dos ejes, buses interurbanos y camiones semi-remolque.

En el Cuadro “Dimensiones Máximas de Vehículos Pesados” se reflejan las dimensiones de los vehículos pesados, según una proposición de la Dirección de Vialidad para la nueva Ordenanza del Tránsito.

Dimensiones Máximas de los Vehículos Pesados

TIPO	ANCHO (m)	ALTO (m)	LARGO TOTAL (m)
CAMIÓN SIMPLE 2 EJES	2,5	4,0	10,0
CAMIÓN SIMPLE 3 EJES O MÁS	2,5	4,0	11,0
CAMIÓN SEMI REMOLQUE	2,5	4,0	17,0
CAMIÓN MÁS REMOLQUE	2,5	4,0	20,0
BUS	2,5	4,0	12,0

Los pesos máximos admisibles por eje y el peso bruto total, que aparecen en la citada Sección 3.005 del Volumen 3 del Manual de Carreteras, son los establecidos en el Decreto N° 158 de enero de 1980 y se tabulan a continuación.

Pesos Máximos por Eje y sus Combinaciones

EJE POSTERIOR	TIPO DE RODADO	TONELADAS
SIMPLE	SIMPLE	7
SIMPLE	DOBLE	11
DOBLE	SIMPLE	14
DOBLE	UNO DOBLE +UNO SIMPLE	16
DOBLE	DOBLE	18
TRIPLE	SIMPLE	19
TRIPLE	DOS DOBLES +UNO SIMPLE	23
TRIPLE	DOBLE	25

Eje doble es un conjunto de dos ejes cuya distancia entre centros de ruedas es superior a 1,2 m e inferior a 2,4 m.

Eje Triple es un conjunto de tres ejes cuya distancia entre centros de ruedas extremas es superior a 2,4 m e inferior a 3,6 m.

Rodado simple es aquel que consta de dos ruedas por eje, y rodado doble aquel que consta de



cuatro ruedas por eje.

No obstante, los límites señalados para cada conjunto de ejes, cualquiera subcombinación de ejes del conjunto deberá respetar los límites máximos asignados a ella en forma individual.

El Peso Bruto Total, según el tipo de vehículo, queda limitado a los valores del Cuadro “Peso Bruto Total Máximo para Vehículos Pesados” que sigue.

Peso Bruto Total Máximo para Vehículos Pesados			
	EJE POSTERIOR	DISTANCIA ENTRE RUEDAS EXTERNAS (m)	PESO BRUTO TOTAL (tons)
SEMI REMOLQUE	SIMPLE O DOBLE	$L > 13$	39
		$13 < L < 15$	42
		$L < 15$	45
	TRIPLE	INDEPENDIENTE DE L	45
MÁS REMOLQUE	CUALQUIERA	INDEPENDIENTE DE L	45

Además de estos vehículos oficiales, en este manual se agregan las características de otros cuatro vehículos que circulan con distinta frecuencia por las vías del país.

Las combinaciones semirremolque-remolque, en sus dos tipos, se presentan en la Lámina 1.3-4, figuras V y VI, con sus respectivas representaciones de radios de giro mínimo y trayectorias.

La casa rodante no articulada y el bus articulado, también con la geometría de trayectorias y radios mínimos de giro aparecen en la Lámina 1.3-5, figuras VII y VIII.

Para determinar las distancias de visibilidad que se utilizan en la definición de una serie de parámetros rectores del diseño, es preciso fijar algunas alturas. Estas alturas son las que aparecen en el referido Manual de Carreteras, Tópico 3.005.2.

h = Altura focos delanteros: 0,60 m

h_1 = Altura ojos del conductor de un automóvil: 1,15 m

h_2 = Altura obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m

h_3 = Altura ojos del conductor de camión o bus: 2,50 m

h_4 = Altura luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m

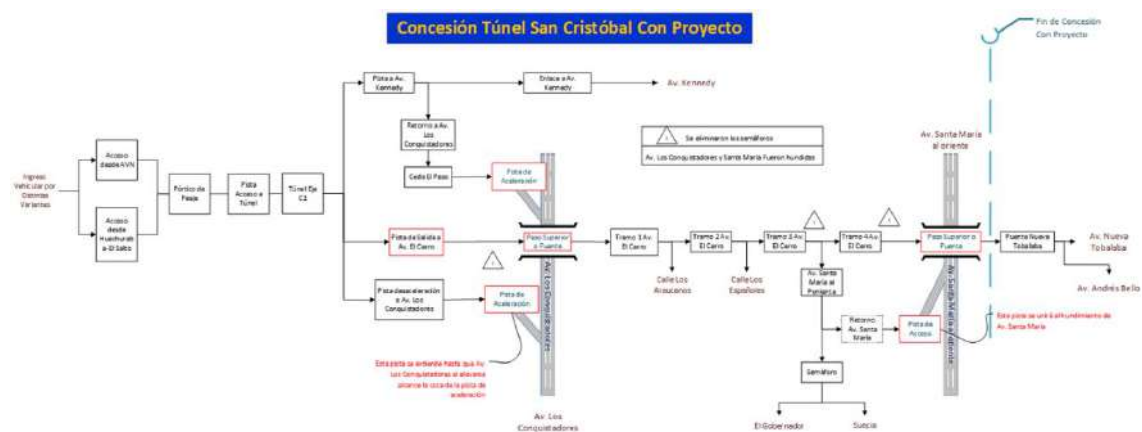
h_5 = Altura del techo de un automóvil: 1,30 m

4.5.DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.5.1. Definición del Problema

Actualmente Túnel San Cristóbal presenta congestión vehicular durante la hora punta y hora de saturación en el eje C1 que tiene sentido Huechuraba – Providencia. Esto se debe a la cantidad de semáforos en Av. El Cerro (avenida a la cual se une la salida de la concesión) y sus distintas intersecciones, qué, además se encuentran en distancias muy cortas. Sumado a esto, el alto tráfico vehicular por Av. Los Conquistadores (durante el horario punta y saturación), hace que los vehículos provenientes de la concesionaria y de Av. Los Conquistadores generen congestión en Av. El Cerro. Esta misma congestión se comienza a extender hacia la concesión llegando a cubrir las pistas del túnel, llegando inclusive, hasta la concesión de Autopista Américo Vespucio Norte, por lo tanto, la autopista no está cumpliendo con la calidad de los niveles de servicio (velocidad, tiempo), ni con los objetivos estratégicos (Rapidez y fluidez). En ocasiones, la saturación es tal, que el cobro de peaje disminuye en casi cero por minuto, debido a que el tráfico no avanza.

4.5.2. Flowsheet con Proyecto



a) Proyecto Vial:

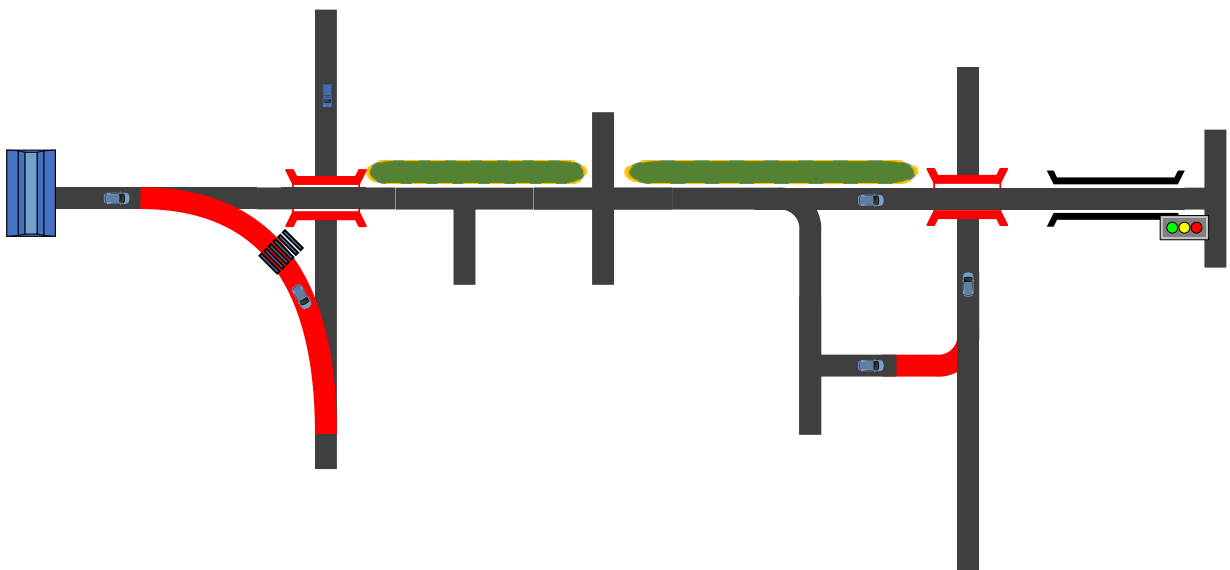
- i. Extensión de Pista de Aceleración de Av. Los Conquistadores desde Salida de túnel eje C1 hacia Av. Los Conquistadores.
- ii. Conexión de Tramo 3 de Autopista (Salida de Túnel) con Av. El Cerro y conexión de Av. El Cerro con Puente Nueva Tajamar.

b) Proyecto de Estructuras:

- i. Hundimiento de Av. Los Conquistadores, involucra Paso Vehicular Superior.
- ii. Hundimiento de Av. Santa María, involucra Paso Vehicular Superior.

- c) Proyecto de Saneamiento/Eléctrico:
 - i. Colectores de Aguas Lluvias
 - ii. Canalizaciones eléctricas
- d) Proyecto de Seguridad Vial
 - i. Eliminación de Semaforización de intersección de Av. Los Conquistadores
 - ii. Eliminación de Semaforización de Paso Peatonal en intersección de Tramo 3 de Av. El Cerro con dirección a Suecia.
 - iii. Eliminación de semaforización de intersección de Tramo 4 de Av. El Cerro con Av. Santa María.
 - iv. Señaléticas fijas y variables
- e) Proyecto de Paisajismo
 - i. Extensión de jardineras de Bandejón central hacia concesión y hacia Puente Nueva Tajamar

4.5.3. Diagrama Con Proyecto





CAPITULO IV: COSTOS DE PRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior, hemos examinado la tecnología de producción de Túnel San Cristóbal, es decir, la relación que muestra como los usuarios pueden transformarse espacialmente a través de las pistas y toda la tecnología que apoyan esa transformación.

En este capítulo veremos los costos fijos y los costos variables de la autopista y cómo algunos de los costos variables no dependen del nivel de producción o del flujo vehicular y son constantes en todas sus facilities, así también se verá que existen costos variables que sí dependen del flujo vehicular como lo es el pavimento y estos costos van asociados al nivel de servicio y al daño en el pavimento.

Para proyectar lo anterior, se introducirá los niveles de servicio a la superficie de rodadura y el deterioro y la mitigación que se deben aplicar. Esto permitirá comprender la matriz de costos asociados por cada facility, junto a la simulación de éstos costos según la cantidad de flujo vehicular en las categorías vehiculares (vehículos livianos y pesados), para luego graficar la estructura de costos asociada.

2. NIVELES DE SERVICIO

Los niveles de servicios para definición de costos se basan en que la autopista debe cumplir con los diferentes estándares de los componentes de la concesión con el fin de entregar un servicio con parámetros mínimos que beneficien al usuario de la autopista. Se han definido niveles de servicio para la superficie de rodadura (pistas), las bermas, obras hidráulicas, túneles, señalización y seguridad vial.

A continuación, se muestran las tablas para cada uno de los componentes mencionados anteriormente.

Tabla 1 Niveles de Servicio para Superficie de Rodadura

Niveles de Servicio para Superficie de Rodadura				
Parámetros	Descripción	Unidad de Medida	Valor Requerido NS	Plazo Máximo de Corrección (días)
Huecos	Porcentaje máximo de área con huecos.	%	0,0	5
Fisuras	Porcentaje máximo de área con fisuras con aberturas mayores a 5 mm.	%	0,0	7
	Porcentaje máximo de área con fisuras con abertura entre 2.5 y 5 mm.	%	5,0	7



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Parches	Porcentaje máximo de parches en mal estado (niveles de severidad medio o alto).	%	0,0	7
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 15 mm	%	0,0	15
Hundimiento	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	%	0,0	15
Desprendimiento de Bordes	Porcentaje máximo desprendimiento de bordes	%	0,0	7
Fricción Superficial	Coefficiente de fricción promedio mínimo en intervalos de 100 m.	Coefficiente de Resistencia a el deslizamiento	0,5	30
Rugosidad para la recepción de obra nueva o intervenciones de cambio de carpeta asfáltica	Rugosidad promedio máxima en intervalos de 100 m.	m/Km	2,0	30
	Rugosidad máxima puntual	m/Km	2,5	
Rugosidad durante el periodo de conservación o servicio	Rugosidad promedio máxima en intervalos de 100 m	m/Km	3,5 - 4,0	30
	Rugosidad máxima puntual	m/Km	4,0 - 4,5	

Tabla 2 Niveles de Servicio para Bermas

Niveles de Servicio para Bermas				
Parámetros	Descripción	Unidad de Medida	Valor Requerido NS	Plazo Máximo de Corrección (días)
Huecos	Porcentaje máximo de área con huecos.	%	0,0	5
Fisuras	Porcentaje máximo de área con fisuras con aberturas mayores a 5 mm.	%	0,0	7
	Porcentaje máximo de área con fisuras con abertura entre 2.5 y 5 mm.	%	5,0	7
Parches	Porcentaje máximo de parches en mal estado (niveles de severidad medio o alto).	%	0,0	7
Hundimiento	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 50 mm.	%	5,0	15
Existencia de Obstáculos	Cantidad Máxima de Obstáculos	%	0,0	1
Desnivel entre calzada y Berma	Altura máxima entre calzada y berma	mm	50,0	10

Tabla 3 Niveles de Servicio para Elementos de Seguridad

Niveles de Servicio para Elementos de Seguridad				
Parámetros	Descripción	Unidad de Medida	Valor Requerido NS	Plazo Máximo de Corrección (días)
Elementos Faltantes	Porcentaje máximo de elementos de seguridad faltantes	%	0,0	3
Deterioros en las defensas metálicas	Porcentaje máximo de defensas metálicas con oxidación, suciedad, dobleces o daños	%	0,0	7
Deterioros en los reductores de velocidad	Porcentaje máximo de reductores de velocidad deteriorados	%	0,0	7

Tabla 4 Niveles de Servicio par Superficie de Señalización

Niveles de Servicio para Superficie de Señalización				
Parámetros	Descripción	Unidad de Medida	Valor Requerido NS	Plazo Máximo de Corrección (días)
Desgaste Demarcación Horizontal	Porcentaje máximo de deterioro	%	10,0	7
Deterioro tachas reflectivas	Porcentaje máximo de desplazamiento de su ubicación original por kilómetro	%	2,0	7
Ausencia de tachas reflectivas	Porcentaje máximo de ausencia de tachas por kilómetro	%	2,0	7
Visibilidad Señalización Horizontal	Retroreflectividad mínima para la recepción de demarcaciones horizontales nuevas	Valores Mínimos exigidos por Norma Técnica		10
	Retroreflectividad mínima durante el periodo de conservación o servicio			15
Visibilidad Señalización Vertical	Valores mínimos admisibles de Retroreflectividad para la recepción de señales nuevas	Valores Mínimos exigidos por Norma Técnica		7
	Valores mínimos de Retroreflectividad durante el periodo de conservación o servicio			10
Ausencia de Señales Verticales	Porcentaje máximo de ausencia de señalización vertical	%	0,0	5
Deterior de los soportes y las señales verticales	Porcentaje máximo de paneles sueltos, soportes oxidados o torcidos	%	0,0	7
Deterior de los mensajes que se encuentran en la señalización vertical	Porcentaje máximo de paneles con mensajes ilegibles	%	0,0	7
Deterioro postes de kilometraje	Porcentaje máximo de postes kilométricos con fisuras, deficiencias en la pintura o con visibilidad obstruid	%	0,0	7

Tabla 5 Niveles de Servicio para Puentes

Niveles de Servicio para Puentes				
Parámetros	Descripción	Unidad de Medida	Valor Requerido NS	Plazo Máximo de Corrección (días)
Asentamientos	Porcentaje máximo de asentamientos	%	10,0	30
Recubrimientos	Porcentaje máximo de ausencia de recubrimiento en las estructuras	%	2,0	30
Infiltración y Eflorescencias	Porcentaje máximo de presencia de Infiltraciones y eflorescencias	%	2,0	15
Carbonatación	Porcentaje máximo con presencia de carbonatación	%	10,0	30
Pintura	Porcentaje máximo de pintura deteriorada	%	2,0	15



Fisuras	Ancho máximo de fisuras admisibles, de acuerdo a la exposición en la que se encuentra el puente	Valores máximos del Manual para la inspección visual de puentes	15

2.1.MEDICIONES REQUERIDAS PARA EVALUAR NIVELES DE SERVICIO

2.1.1. Establecimiento y mantenimiento de inventarios

Durante la etapa de rehabilitación, construcción o mejoramiento de la vía, se deben desarrollar inventarios de los elementos de la vía objeto de la Concesión y su entorno, los cuales se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Inventario de estructuras (puentes, túneles, obras Hidráulicas, Pórticos peajes, Etc).
- Inventario de señalización Horizontal (Tachas reflectivas, Líneas de demarcación).
- Inventario de señalización Vertical (Postes de Señalización, Postes informativos).
- Inventario elementos de seguridad (Defensas metálicas y de concreto).
- Inventario equipos de servicio al usuario (Ambulancias, Grúas, Carro taller, etc.)

Una vez generados estos inventarios, se mantendrán actualizados durante la operación y hasta el final de la concesión mediante seguimientos periódicos.

2.1.2. Auscultaciones o levantamiento de daños del pavimento.

La auscultación visual es el registro de deterioros que se presentan en una vía; en dichos registros se debe anotar el tipo de daño, la severidad y dimensiones según la metodología empleada.

La auscultación visual de fallas está basada en las metodologías de auscultación existentes.

Para la medición de los daños se utilizan equipos de alta precisión que capturan imágenes mediante el uso de láseres, sin embargo, es aceptada la auscultación de los daños mediante el sistema tradicional de inspecciones visuales con auscultadores que realicen el trabajo a pie.

2.1.3. Medición de Rugosidad.

La rugosidad es uno de los parámetros más importantes de la condición del pavimento, este nos indica que tan diferente se encuentra el pavimento respecto a un plano totalmente horizontal. Este parámetro está directamente influenciado por la presencia de daños como ahuellamiento, huecos, fisuras y parches. La medición de este parámetro se debe realizar con equipos de alta precisión y rendimiento como perfilómetros laser.



2.1.4. Medición de Ahuellamiento.

El ahuellamiento es el hundimiento que se presenta en el área donde generalmente pasan las ruedas del vehículo, el ahuellamiento puede presentarse como daño superficial afectando solo la carpeta asfáltica o como un daño profundo afectando las capas subyacentes a esta.

2.1.5. Medición de Resistencia al Deslizamiento.

La evaluación de la resistencia al deslizamiento es la medición de la adherencia que tiene el neumático al pavimento, la medición de resistencia al deslizamiento debe realizarse con equipos de alto rendimiento que tienen adaptado un sistema de hidratación que suministre una lámina de agua a los neumáticos para que simule una de las condiciones más críticas que es cuando el pavimento se encuentra mojado.

2.1.6. Medición de Deflectometría.

Para determinar la condición estructural del pavimento se deben medir las deflexiones que este presenta mediante el deflectómetro de Impacto FWD (Falling Weight Deflectometer), las mediciones se realizan bajo requisitos establecidos.

2.1.7. Inspecciones visuales Obras Hidráulicas (Saneamiento).

La inspección de obras hidráulicas o saneamiento bajo requisitos establecidos.

2.1.8. Inspecciones Señalización.

Se deben efectuar mediciones de reflectividad con un retrorreflectómetro que mida directamente los valores en las unidades indicadas la norma técnica colombiana NTC – 4739 y la NTC 4744.

3. DETERIOROS DE LOS PAVIMENTOS Y SU MITIGACIÓN

Por diseño, se espera que los pavimentos se puedan desempeñar de manera óptima durante su “vida útil”, pero este período de tiempo es simplemente un valor teórico que no se condice con el comportamiento que presenta el pavimento cuando este se encuentra en funcionamiento. Por tanto, muchas veces antes de alcanzar a llegar al período de diseño, este se encuentra deteriorado antes de lo esperado.

Que el pavimento se haya deteriorado antes de lo predicho, puede deberse a diversos factores, tales como: medioambientales (precipitaciones, temperatura, radiación solar, etc), cargas de tránsito (mayor crecimiento vehicular de lo pronosticado, mala estimación de los Ejes Equivalentes, etc) y errores



constructivos. Como estos factores no son controlables por el diseñador, es que se hace necesario aplicar medidas de conservación sobre el pavimento, para disminuir el impacto sobre la tasa de deterioro ya generada.

Es necesario plantear buenas medidas de conservación en el pavimento, ya que existen 3 factores que se ven afectados:

- La seguridad de conducción y su comodidad.
- El tiempo de viaje aumenta considerablemente junto a los costos de operación
- Si no se realizan medidas de mantenimiento oportunas, el costo de inversión en la vía aumenta.

Por otra parte, los deterioros se pueden clasificar en funcionales y estructurales.

- Deterioro funcional: Este tipo de deterioro se encuentra relacionado al nivel de serviciabilidad de la vía y seguridad de esta. Un ejemplo de este deterioro es el IRI.
- Deterioro estructural: Este deterioro se relaciona a la pérdida de capacidad portante del suelo o de alguna capa que compone el pavimento. Se manifiesta en forma de deformaciones (por ejemplo: ahuellamiento) o agrietamientos.

En lo que respecta a las medidas de conservación, ellas se agrupan de la siguiente manera:

- a) Conservación rutinaria: Corresponde a todas aquellas acciones, realizadas a la vía, durante el año. Estas operaciones se realizan independiente del nivel de tránsito y el clima. Ejemplo de este tipo de conservación son limpieza de faja, saneamiento, etc.
- b) Conservación periódica: Son todas aquellas operaciones de carácter preventivo y que se realizan en espacios de tiempo superiores al año. Su fin es brindar un cierto estándar de servicio del pavimento.
- c. Conservación mayor: Este tipo de conservación involucra un mejoramiento de la capacidad estructural y funcional del pavimento. Es por ello que aquí encuentran obras tales como recapados, repavimentaciones o reconstrucciones.

3.1.DETERIOROS EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

3.1.1. Fisura y agrietamiento de la carpeta asfáltica

3.1.1.1. Fisura y agrietamiento por fatiga

Este tipo de agrietamiento es un deterioro del tipo estructural que presenta un desarrollo progresivo. En su fase inicial se presenta en grietas longitudinales, que en la etapa intermedia se interconectan con otras grietas, formando lo que se conoce como “piel de cocodrilo”. El agrietamiento se presenta principalmente en las zonas del pavimento donde se reciben las mayores cargas.

Dentro de sus causas se pueden distinguir los siguientes factores que favorecen su desarrollo:



- Espesor inadecuado del pavimento o falta de capacidad de soporte del suelo.
- Mezcla asfáltica muy rígida.
- Drenaje inadecuado.
- Vehículos que exceden el nivel de carga.

3.1.1.2. *Agrietamiento en bloque*

El agrietamiento en bloque es una falla que parte el pavimento en bloques rectangulares de diversas dimensiones.

Su principal causa es la acción de los ciclos de variación de la temperatura, generando ciclos de dilatación y contracción sobre la carpeta asfáltica. Cuando los ciclos de temperatura sobrepasan la capacidad de deformación de la mezcla asfáltica, esta se agrieta y da origen al agrietamiento en bloque. En consecuencia, la rigidez de la carpeta asfáltica se ve afectada, por ello que dentro de los factores se pueden nombrar también:

- Envejecimiento de la mezcla.
- Mal diseño de la mezcla.
- Las cargas de tráficos incrementan el agrietamiento en bloque.

3.1.1.3. *Grietas de borde*

Grietas en forma de medialuna que se desarrollan hasta interceptar el borde del pavimento. Normalmente se observan entre el borde del pavimento y 0,6 [m] hacia el interior de la vía. Su principal causa es la falta de confinamiento lateral.

3.1.1.4. *Agrietamiento longitudinal*

Es aquella grieta que se encuentra paralela al eje de la vía. Se presenta tanto en la huella de la rueda o en la junta longitudinal de construcción. Entre sus causas se pueden enumerar las siguientes:

- Si las grietas coinciden con el eje de la calzada, su porqué es una mala construcción, generando una zona de debilidad en la junta de construcción.
- Contracción térmica de la carpeta asfáltica. Si la contracción supera la resistencia a la tensión del asfalto, falla el asfalto originando una grieta longitudinal.
- Debido a una mala compactación, se originan asentamientos en la base o la subrasante.

3.1.1.5. *Agrietamiento transversal*



Grieta de longitud variable, que se encuentra perpendicular al eje de la vía. Se presenta a distancias regularmente espaciadas. Sus causas principales son:

- Gradientes térmicos, en especial en mezcla rigidizadas.
- Deficiencia en la junta de construcción.

3.1.1.6. Grietas por reflexión

Este tipo de falla es común en las zonas donde existía previamente un pavimento de hormigón deteriorado y ha sido cubierto con una capa de asfalto. Es por eso, que la distribución y longitud de las grietas dependen de las existencias de las grietas y juntas de la carpeta de hormigón preexistente; propagando hacia arriba, en la carpeta asfáltica, las juntas y grietas del hormigón. La causa de este tipo de agrietamiento es:

- Juntas y grietas reflejadas hacia la carpeta de rodado asfáltico debido a los movimientos que presentan las losas o grietas del pavimento rígido.

3.1.2. Desintegración de la carpeta asfáltica

3.1.2.1. Parches deteriorados

Sección de pavimento removida y luego reemplazada o se le ha añadido una carpeta de refuerzo, sin embargo, se encuentra deteriorada. Sus causas posibles son:

- Recubrimiento superficial de la zona deteriorada, sin solucionar las causas reales de la falla.
- Parche insuficiente para el nivel de tránsito y/o características de la subrasante.
- Deficiencias en la construcción del parche.

3.1.2.2. Baches en carpetas asfálticas

Cavidad formada por desprendimiento de la mezcla asfáltica. Pudiendo extenderse a las capas inferiores del pavimento. Para ser llamada como bache, la cavidad debe al menos en una de sus dimensiones ser superior a los 15 [cm]. La principal causa es la infiltración de agua a las capas inferiores del pavimento. Pero existen otros tipos de causas, entre las que podemos nombrar:

- Estructura insuficiente para las solicitudes.
- Defectos constructivos.
- Derrame de solventes o quema del pavimento.

3.1.2.3. Desgaste superficial



Es el desprendimiento del mortero asfáltico, cuya consecuencia es la exposición del agregado grueso que compone la mezcla asfáltica. En este punto, se puede visualizar dos situaciones:

- a) Pulimiento del agregado: Pérdida de fricción en la superficie, producto del desgaste.
- b) Pérdida de agregado: Por problema en la afinidad del mortero con el árido grueso.

Entre sus causas se encuentran:

- Envejecimiento del asfalto.
- Bajo contenido de cemento asfáltico.
- Utilización de agregados desmenuzables.
- Falta de afinidad del asfalto con el agregado.
- Presencia de agua en la mezcla.

3.1.3. Deformaciones del pavimento

3.1.3.1. Ahuellamiento

Deterioro que se puede presentar en cualquiera de las capas del pavimento flexible, que se manifiesta en un hundimiento longitudinal que coincide con la huella de los vehículos. Las causas probables son:

- Compactación inadecuada de la mezcla asfáltica o la base.
- Capacidad de soporte insuficiente.
- Diseño erróneo de la mezcla asfáltica.

3.1.3.2. Deformación transversal

Desplazamiento de una parte de la carpeta asfáltica, cuya característica es un hundimiento en la huella y elevación en las zonas vecinas. Es común encontrarlas a un costado del pavimento. Pueden darse inicio por:

- Capacidad estructural insuficiente o baja capacidad de soporte.
- Diseño erróneo de la mezcla asfáltica.
- Insuficiencia de la liga entre las capas asfálticas y la base.

3.1.3.3. Ondulaciones

Corresponde a una deformación del perfil longitudinal con crestas y valles espaciados regularmente. Puede presentarse como una única onda en la zona de cambio del tipo de pavimento, de uno flexible a uno rígido. Sus causas son:

- En el caso de una ondulación individual: Mezcla asfáltica poco estable, espesor de la capa



inadecuado y ligante muy blando.

En el caso de ondulaciones extensivas las causas pueden ser:

- Diseño erróneo de la mezcla.
- Estructura inadecuada para zona de frenado.
- Estructura inadecuada para tramos con grandes pendientes longitudinales.

3.1.4. Otros deterioros

3.1.4.1. Exudación

La exudación es un tipo de falla que ocasiona el ascenso del ligante asfáltico hacia la superficie, que se manifiesta en una película oscura, brillante y pegajosa. Esta falla ocasiona la pérdida de resistencia al deslizamiento, generando un riesgo a los conductores. Sus causas son:

- Exceso de cemento asfáltico.
- Riego de liga o imprimación demasiado gruesa.
- Ligante muy blando.
- Volumen de vacíos insuficiente.
- Altas temperaturas y exceso de carga sobre el pavimento.

3.1.4.2. Surgencia de finos y agua

Expulsión de agua mezclada con finos, que se manifiesta a través de las grietas y borde externo del pavimento. Causas posibles:

- Ante la existencia de agua entre la base y la capa asfáltica, el tránsito produce un efecto de succión y bombeo, erosionando el material fino de la base.

3.1.4.3. Separación entre berma y pavimento

Separación del plano de contacto entre el borde externo del pavimento y la berma, o el elemento de drenaje. Sus causas son:

- Asentamiento con desplazamiento de la berma, por mala compactación de la berma.
- Escurrimiento de agua sobre la berma.

3.1.4.4. Descenso de la berma

Desnivel entre la altura del pavimento y la berma. Causas conocidas:



- Asentamiento de la berma, por compactación deficiente.
- Berma no revestida y erosión de la capa superficial por efecto del agua.
- En zonas que presentan ciclos de hielo y deshielo, la penetración de la helada produce descompactación.

3.2.DETERIOROS EN LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

3.2.1. Agrietamiento

3.2.1.1. Grietas de esquina

Corresponde a una grieta que da origen a un trozo de losa triangular. Las longitudes de los lados del triángulo pueden ir desde los 30 [cm] hasta la mitad del ancho de la losa. Sus causas pueden ser:

- Falta de apoyo en la losa, por efectos de bombeo o alabeo térmico
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiencia en la transmisión de cargas entre las juntas.

3.2.1.2. Grietas Longitudinales

Grietas paralelas al eje de la vía. Dentro de sus causas se encuentran:

- Asentamiento de la base y/o subrasante.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de la junta longitudinal.
- Mala ubicación de las barras de traspaso de carga.
- Aserrado a destiempo de la junta.

3.2.1.3. Grietas transversales

Grietas que forman un ángulo recto al eje de la vía. Sus causas son:

- Losas de largo excesivo.
- Formación tardía de la junta de contracción o al aserrado de esta.
- Espesor insuficiente para soportar las cargas.
- Efectos de la retracción térmica que da origen a alabeos.

3.2.2. Juntas dañadas



3.2.2.1. *Deficiencias del sellado*

Deterioro del sello de juntas que ocasiona el ingreso de cantidad considerable de agua y/o materiales incompresibles, tales como: piedras, arenas, etc. Entre sus causas se encuentran:

- Endurecimiento (oxidación) de la mezcla.
- Incrustaciones de materiales incompresibles.
- Exceso de sello.
- Productos de mala calidad.
- Sello mal colocado.
- Caja mal diseñada.

3.2.2.2. *Juntas y grietas saltadas*

Desintegración de la junta, ya sea longitudinal o transversal, que ocasiona pérdida de hormigón. Puede afectar hasta 50 [cm] dentro de la losa. Causas comunes:

- Debilitamiento de los bordes debido a un acabado excesivo o defectos constructivos.
- Penetración de partículas incompresibles.

3.2.2.3. *Separación de la junta longitudinal*

Abertura de la longitudinal del pavimento. Sus causas son:

- Ausencia de barras de amarre entre losas adyacentes.
- Carencia de bermas.
- Desplazamiento lateral de las losas, provocado por un asentamiento diferencial de la subrasante.

3.2.3. **Deterioro superficial**

3.2.3.1. *Fisuramiento por retracción*

Fisuras limitadas solamente a la superficie del pavimento. Es común observar que las grietas de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal y forman una malla con las grietas más finas. Las causas son:

- Curado inapropiado del hormigón.
- Acción del clima (zonas frías) o de productos químicos.
- Exceso de amasado superficial y/o adición de agua durante el alisado de la superficie.



3.2.3.2. *Desintegración*

Corresponde a una falla de desintegración progresiva de la superficie, ocasionando la pérdida de textura y con ello el mortero, dejando el árido grueso expuesto. Sus causas son:

- Hormigón con exceso de mortero.
- Curado inapropiado.
- Mala dosificación del hormigón.
- En los climas fríos se ve afectada por la acción del tránsito y los ciclos de hielodeshielo.

3.2.3.3. *Baches*

Cavidad formada por el desprendimiento del hormigón en la superficie. El diámetro de la cavidad varía entre los 2,5 a 10 [cm] y la profundidad supera los 1,5 [cm]. Los orígenes de este tipo de falla pueden ser:

- Materiales disgregables al interior del hormigón.
- Baja homogeneidad del mortero.

3.2.4. **Otros deterioros**

3.2.4.1. *Levantamiento localizado*

Es el levantamiento de una parte de la losa, que se encuentra localizado a ambos lados de una grieta o junta transversal. Generalmente la losa se quiebra en varios trozos. Entre las posibles causas se encuentran:

- Variaciones térmicas motivadas por losas grandes y que no cuentan con juntas de expansión.
- Mala colocación de las barras de traspaso de carga.
- Suelos expansivos a baja profundidad.

3.2.4.2. *Escalonamiento de juntas y grietas*

Desnivel entre dos superficies de hormigón adyacentes, que se encuentran separadas por una junta transversal o grieta. Las causas más habituales son:

- Erosión de la base, en zonas cercanas de la junta o grieta.
- Deficiencia en el traspaso de cargas.
- Asentamiento diferencial en la subrasante.
- Mal drenaje.



3.2.4.3. *Surgencia de finos*

El presente deterioro se encuentra descrito en el apartado 3.1.4.2 de la presente memoria.

3.2.4.4. *Separación de la berma*

El presente deterioro se encuentra descrito en el apartado 3.1.4.3 de la presente memoria.

3.2.4.5. *Descenso de la berma*

El presente deterioro se encuentra descrito en el apartado 3.1.4.4 de la presente memoria.

3.2.4.6. *Parches deteriorados*

Comprende a un área superior a 0,1 [m²] o a la losa en su totalidad, que ha sido removida. En su reemplazo se coloca un parche de hormigón o asfalto y al paso del tiempo se deteriora. Dentro de sus causas, se pueden encontrar:

- En el caso de parches asfálticos, capacidad estructural insuficiente o errores constructivos.
- En el caso de reemplazo de losas de hormigón con espesor similar al existente, traspaso de carga insuficiente o error constructivo.
- Retracción del fraguado.

3.2.4.7. *Textura inadecuada*

Pérdida de la textura superficial. Sus causas pueden ser:

- Mala dosificación del hormigón o calidad de la arena.
- Exceso de mortero en la superficie.
- Acción combinada del tránsito con los ciclos de hielo-deshielo.
- Mala terminación de la textura.

3.2.4.8. *Fragmentación múltiple*

Comprende a un área superior a 0,1 [m²] o a la losa en su totalidad, y presentan múltiples grietas dando origen a trozos independientes. La causa más habitual es:

- Es una etapa muy avanzada de deterioros de los diferentes tipos de agrietamiento, en el que se penetra el agua, provocando surgencia de finos.

3.3. CONSERVACIÓN DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Las medidas de conservación descritas en la presente memoria son las utilizadas por MOP para la mantención de los pavimentos asfálticos, y se detallan en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Trabajo de Conservación de Pavimentos Asfálticos

Tipo de Conservación	Acciones de Conservación
Rutinaria	Limpieza de Faja y Saneamiento
	Sello de Grietas
	Bacheo
Periódico	Riego Neblina
	Sellos Asfálticos: Lechadas Asfálticas, Sellos de Agregados
	Fresado y Reemplazo
	Recapado Delgado (Funcional)
Mayor	Recapado Estructural
	Reciclado
	Reconstrucción

Fuente: Proposiciones de Acciones de Mantenimiento y Estado de Calzada (dirección de Vialidad, 2014)

3.3.1. Conservaciones rutinarias

3.3.1.1. Limpieza de faja y Saneamiento

Estos trabajos corresponden a la eliminación de vegetación, escombros o basura; ya sea en forma manual o mecánica, de fosos, contrafosos, cunetas y alcantarillas. Este tipo de trabajo permite mantener en un buen estado el sistema de drenaje.

3.3.1.2. Sello de grietas

Esta medida de conservación se refiere al sello con asfalto de algunos tipos de grietas que se producen en los pavimentos flexibles. El objetivo de esta conservación es minimizar la infiltración de agua y oxidación del asfalto.

3.3.1.3. Bacheo

Corresponde a la reparación de los baches y el reemplazo de las zonas del pavimento que se encuentran deterioradas, siempre que el deterioro afecte solamente a la rodadura asfáltica; en el caso del bacheo superficial. Por otro lado, si el daño es severo y afectan a las otras capas del pavimento, se debe realizar



3.3.2. Conservaciones periódicas

3.3.2.1. Riego neblina

El riego neblina es una emulsión asfáltica de quiebre lento, que se diluye con agua sobre el pavimento existente. Se emplea para renovar superficies envejecidas y para sellar grietas pequeñas y superficies porosas.

3.3.2.2. Sellos asfálticos

Las medidas de conservación, sellos asfálticos, se encuentran descritos en los apartados 2.3.1.1.1 “Lechada asfáltica y Micropavimento”, y 2.3.1.1.2 “Sello asfáltico; de la presente memoria.

3.3.2.3. Fresado y reemplazo

Consiste en el recorte en frío, de un determinado espesor del pavimento, para luego reemplazar el espesor faltante con una capa equivalente de asfalto.

3.3.2.4. Recapado delgado

Consiste en la colocación de una nueva capa de rodadura sobre el pavimento existente. El espesor de la nueva capa no debe sobrepasar los 50 [mm]

3.3.3. Conservaciones mayores

3.3.3.1. Recapados estructurales

Aplicación de una o varias capas de asfalto, con el objeto de aumentar la capacidad de soporte del pavimento.

3.3.3.2. Reciclado

Consiste en procesar, una parte de la mezcla asfáltica antigua del pavimento con una mezcla de nuevos materiales, de manera tal de producir una mezcla nueva que cumpla con los requisitos que se le exigen al pavimento. El reciclado puede ser en caliente o en frío, como también la mezcla puede colocarse en el mismo camino o en otro lugar.



3.3.3.3. *Reconstrucción*

La reconstrucción es el retiro del antiguo pavimento, con una parte o la totalidad de las capas granulares, para luego ser reemplazado por otro nuevo.

3.4. CONSERVACIÓN DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Las medidas de conservación de pavimentos rígidos descritas en la presente memoria son las utilizadas por MOP, y se detallan en la Tabla 3-2.

Tabla 3-1 Trabajo de Conservación de Pavimentos de Hormigón

Tipo de Conservación	Acciones de Conservación
Rutinaria	Limpieza de Faja y Saneamiento
Periódico	Sello de Juntas y Grietas
	Reparación de Losas en parte o en todo su espesor
	Cepillado de Juntas y Puntos altos
	Reemplazo de losas
Mayor	Recapados
	Pulverizados
	Reconstrucción

Fuente: Proposiciones de Acciones de Mantenimiento y Estado de Calzada (dirección de Vialidad, 2014)

3.4.1. Conservaciones rutinarias

3.4.1.1. *Limpieza de faja y Saneamiento*

La presente medida de conservación se encuentra descrito en el apartado 3.3.1.1 de la presente memoria.

3.4.2. Conservaciones periódicas

3.4.2.1. *Sello de juntas y grietas*

Aplicación de un material sellante (asfalto o silicona) en las juntas y grietas del pavimento, con el objeto de evitar la entrada de materiales incompresible o agua.

3.4.2.2. *Reparación de losas en parte o en todo su espesor*

Cuando se habla de reparación en parte de la losa, se refiere a la conservación de las juntas del pavimento que presentan saltaduras en sus aristas, pero solo afectan la parte superior del hormigón (menor a un



tercio del espesor de la losa). Por su parte, la reparación en todo su espesor corresponde al reemplazo de la parte deteriorada, entiéndase que la parte deteriorada debe abarcar como mínimo, el ancho de la losa y 0,5 [m] en la dirección de la vía.

3.4.2.3. *Cepillado de juntas y puntos altos*

Medida utilizada con objeto de reducir las irregularidades, mejorando la serviciabilidad y prolongando la vida útil. El cepillado, trabaja con una máquina que contiene una rueda cortadora, el cual elimina las irregularidades generadas por el escalonamiento de las juntas y aumenta la fricción entre el neumático y el pavimento.

3.4.2.4. *3.4.2.4 Reemplazo de losas*

Retiro y reemplazo de las losas que se encuentran muy deterioradas.

3.4.3. **Conservaciones mayores**

3.4.3.1. *Recapados*

Aplicación de una carpeta de rodadura, ya sea de hormigón o asfalto, con el objetivo de aportar en el desempeño estructural del pavimento.

3.4.3.2. *Pulverizado*

Conservación que utiliza una máquina capaz de pulverizar el hormigón, pudiendo utilizarse este material, como una capa base para el nuevo pavimento.

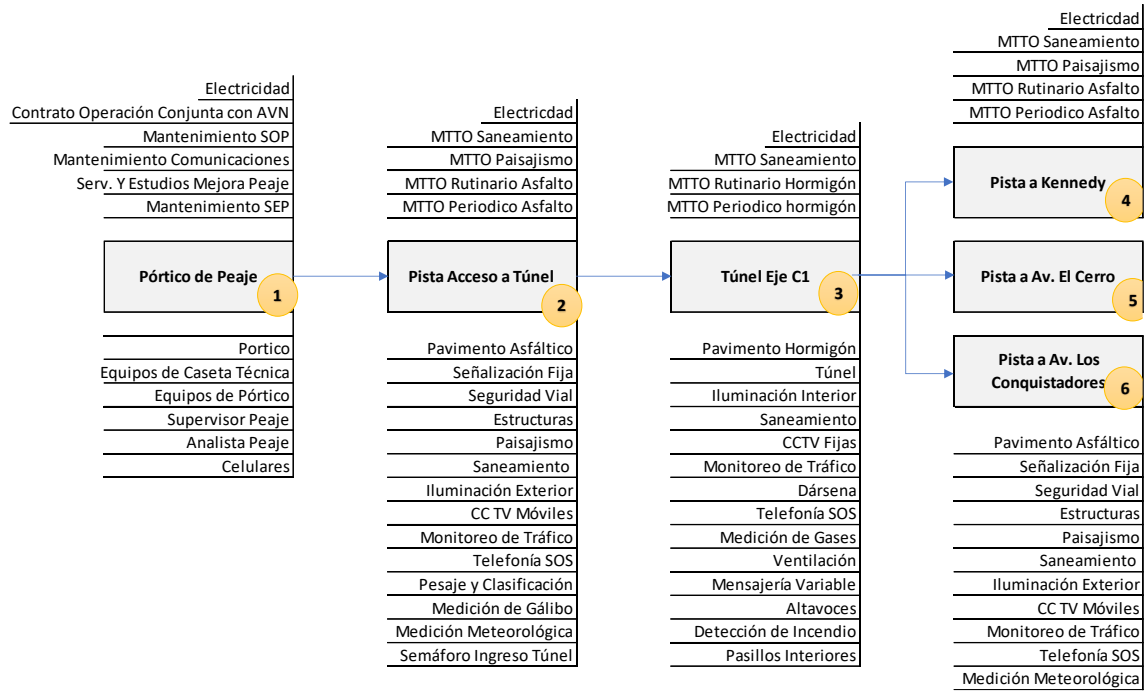
3.4.3.3. *Reconstrucción*

La presente medida de conservación se encuentra descrito en el apartado 3.3.3.3 de la presente memoria.

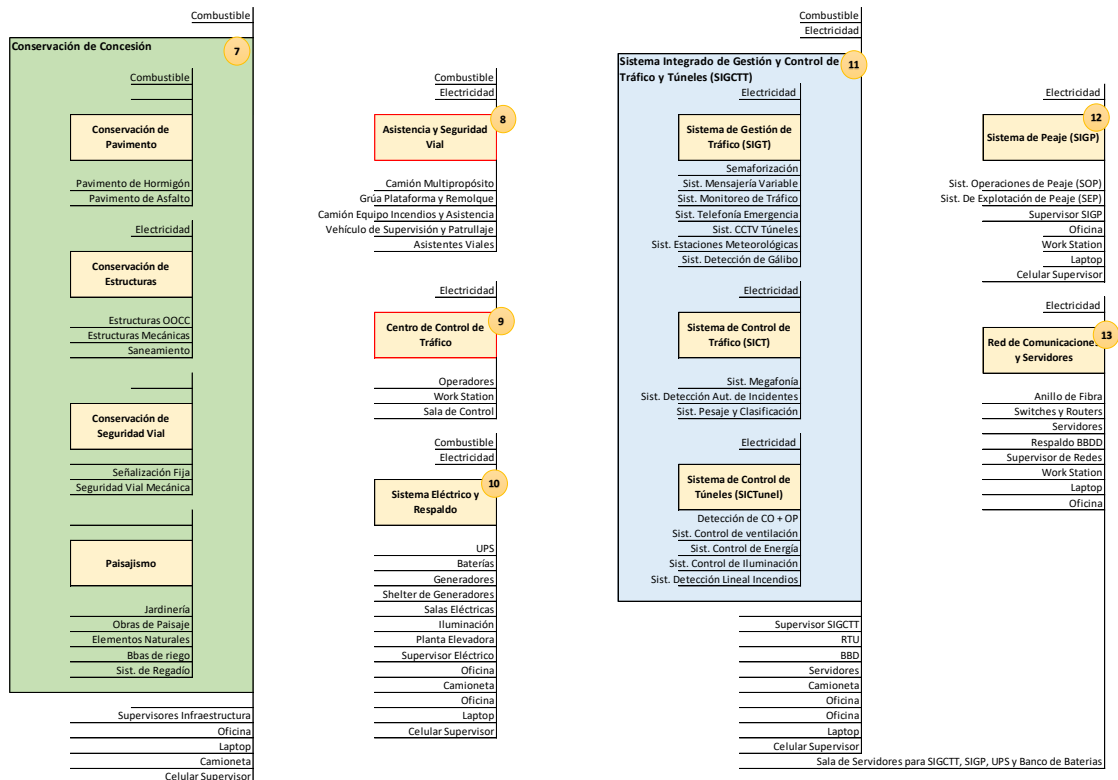
4. **COSTOS DE PRODUCCIÓN SIN PROYECTO**

4.1. **Flowsheet Sin Proyecto**

4.1.1. **Front Office**



4.1.2. Back Office





4.2. Facility 1: Pórtico de Peaje

4.2.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 1: Pórtico de Peaje

		PÓRTICO DE PEAJE	
		Costos Directos	Costos Indirectos
Electricidad Contrato Operación Conjunta con AVN Mantenimiento SOP/SEP Serv. Y Estudios Mejora Peaje Pórtico de Peaje 1 Portico Equipos de Caseta Técnica Equipos de Pórtico Facility 1	Insumos	Costos Variables Electricidad Mantenimiento SOP/SEP Operación Conjunta con AVN	
	Recursos	Costos Fijos	Serv. Y Estudios Mejora Peaje Pórtico PC-101

Matriz de Costo

Tabla 3 Matriz de Costo Facility 1

4.2.2. Costos Fijos Facility 1: Pórtico de Peaje

4.2.2.1. Definición de Costos Fijos Pórtico de Peaje

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
1. Pórtico de Peaje					
Serv. Y Estudios Mejora Peaje Pórtico PC-101	Unidad	1	\$ 4.013.583	\$ 4.013.583	\$ 48.162.999
Subtotal			\$ 4.013.583	\$ 4.013.583	\$ 48.162.999

Tabla 4 Definición de Costos Fijos Facility 1

Los Costos fijos se determinan por categoría de vehículos C1: Livianos, C2: Camiones y Buses y C3: Camiones con Remolques.

4.2.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular Pórtico de Peaje



Pórtico	PC101			TOTAL			
Sentido		NORTE			1. Pórtico de Peaje		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
5-6	16634	395	5	17.034	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
6-6	8217	176	6	8.399	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
13-6	8286	172	6	8.464	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
23-6	15628	449	5	16.082	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 130.581	\$ 3.169	\$ 37

Tabla 5 Costo Fijo por Categoría Vehicular Facility 1

4.2.3. Costos Variables Facility 1: Pórtico de Peaje

Los costos variables del Pórtico de Peaje están dados por el consumo de electricidad, la operación conjunta, que es la gestión del Peaje que lo realiza la Autopista Vespucio Norte y el Mantenimiento de los Sistemas Electrónicos (Equipos en el Pórtico) y de Operación de Peaje (equipos en la caseta técnica de Peaje).

4.2.3.1. Definición de Costo Variable Pórtico de Peaje

Costo Variable	Cantidad	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Energía SOP	1	0,3	24	7,2	\$ 70	\$ 504,00	Kw/Día
Energía SEP	1	0,01	0,17	0,0017	\$ 70	\$ 0,12	Kw/Veh

Costo Variable	Costo	Cant./Veh	Costo	Unidad
Operación Conjunta	\$ 62.615.760	1,04167E-07	\$ 6,52	Costo/Veh
MTTO SOP/SEP	\$ 44.855.748	1,04167E-07	\$ 4,67	Costo/Veh

Total \$ 11,19

Obs1: El Costo de la Operación Conjunta es por gestioanr 9.600.000 vehículos al año

Obs2: Es el contrato de mantenimiento del Sistema Electrónico y Operación Peaje (SEP/SOP)

Tabla 6 Definición de Costos Variables de Facility 1



4.2.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular Pórtico de Peaje

Pórtico	PC101			TOTAL									
Sentido	NORTE				Costos Categoría C1			Costos Categoría C2			Costos Categoría C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	Energía	Operación	MTTO SOP/SEP	Energía	Operación	MTTO SOP/SEP	Energía	Operación	MTTO SOP/SEP
1-6	14889	382	4	15.255	\$ 1.937	\$ 96.983	\$ 69.475	\$ 213	\$ 2.492	\$ 1.785	\$ 168	\$ 26	\$ 19
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 2.013	\$ 101.105	\$ 72.428	\$ 215	\$ 2.570	\$ 1.841	\$ 169	\$ 33	\$ 23
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 1.997	\$ 100.231	\$ 71.802	\$ 213	\$ 2.485	\$ 1.780	\$ 168	\$ 20	\$ 14
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 2.093	\$ 105.508	\$ 75.582	\$ 216	\$ 2.642	\$ 1.892	\$ 168	\$ 7	\$ 5
5-6	16634	395	5	17.034	\$ 2.147	\$ 108.495	\$ 77.722	\$ 215	\$ 2.576	\$ 1.846	\$ 169	\$ 33	\$ 23
6-6	8217	178	6	8.399	\$ 1.146	\$ 53.595	\$ 38.394	\$ 189	\$ 1.148	\$ 822	\$ 169	\$ 39	\$ 28
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 939	\$ 42.246	\$ 30.264	\$ 172	\$ 235	\$ 168	\$ 168	\$ 7	\$ 5
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 1.952	\$ 97.765	\$ 70.036	\$ 216	\$ 2.642	\$ 1.892	\$ 168	\$ 26	\$ 19
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 2.029	\$ 101.985	\$ 73.059	\$ 215	\$ 2.583	\$ 1.850	\$ 169	\$ 33	\$ 23
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 2.040	\$ 102.612	\$ 73.507	\$ 206	\$ 2.094	\$ 1.500	\$ 168	\$ 20	\$ 14
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 2.023	\$ 101.679	\$ 72.839	\$ 218	\$ 2.713	\$ 1.944	\$ 168	\$ 26	\$ 19
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 2.126	\$ 107.334	\$ 76.890	\$ 218	\$ 2.720	\$ 1.948	\$ 169	\$ 33	\$ 23
13-6	8288	172	6	8.464	\$ 1.154	\$ 54.045	\$ 38.716	\$ 188	\$ 1.122	\$ 804	\$ 169	\$ 39	\$ 28
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 815	\$ 35.476	\$ 25.414	\$ 173	\$ 254	\$ 182	\$ 168	\$ 7	\$ 5
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 1.931	\$ 96.604	\$ 69.204	\$ 210	\$ 2.289	\$ 1.640	\$ 169	\$ 33	\$ 23
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 2.035	\$ 102.305	\$ 73.288	\$ 214	\$ 2.531	\$ 1.813	\$ 168	\$ 26	\$ 19
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 1.995	\$ 100.166	\$ 71.755	\$ 218	\$ 2.766	\$ 1.981	\$ 169	\$ 33	\$ 23
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 2.061	\$ 103.779	\$ 74.344	\$ 218	\$ 2.713	\$ 1.944	\$ 168	\$ 20	\$ 14
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 2.174	\$ 109.930	\$ 78.750	\$ 219	\$ 2.792	\$ 2.000	\$ 168	\$ 26	\$ 19
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 1.090	\$ 50.549	\$ 36.212	\$ 183	\$ 828	\$ 593	\$ 169	\$ 33	\$ 23
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 967	\$ 43.818	\$ 31.390	\$ 173	\$ 267	\$ 192	\$ 168	\$ 7	\$ 5
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 1.947	\$ 97.518	\$ 69.858	\$ 214	\$ 2.511	\$ 1.799	\$ 168	\$ 13	\$ 9
23-6	15628	449	5	16.082	\$ 2.028	\$ 101.933	\$ 73.021	\$ 221	\$ 2.929	\$ 2.098	\$ 169	\$ 33	\$ 23
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 2.020	\$ 101.496	\$ 72.708	\$ 222	\$ 2.968	\$ 2.126	\$ 168	\$ 7	\$ 5
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 2.031	\$ 102.135	\$ 73.166	\$ 221	\$ 2.903	\$ 2.079	\$ 168	\$ 20	\$ 14
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 2.155	\$ 108.893	\$ 78.007	\$ 224	\$ 3.059	\$ 2.191	\$ 168	\$ 26	\$ 19
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 1.026	\$ 47.021	\$ 33.684	\$ 192	\$ 1.298	\$ 930	\$ 168	\$ 20	\$ 14
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 633	\$ 25.490	\$ 18.260	\$ 174	\$ 313	\$ 224	\$ 168	\$ 26	\$ 19
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 829	\$ 36.206	\$ 25.937	\$ 176	\$ 457	\$ 327	\$ 168	\$ 20	\$ 14
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 2.037	\$ 102.468	\$ 73.405	\$ 218	\$ 2.726	\$ 1.953	\$ 168	\$ 26	\$ 19

Tabla 7 Costos Variables por Actividad por Categoría Vehicular Facility 1

4.2.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Pórtico de Peaje



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Pórtico	PC101			TOTAL									
Sentido		NORTE			Costos Variables Categoría C1			Costos Variables Categoría C2			Costos Variables Categoría C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$ 168.395	\$ 11,31	\$ 11,33	\$ 4.490	\$ 11,31	\$ 11,75	\$ 213	\$ 11,31	\$ 53,31
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 175.546	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.626	\$ 11,31	\$ 11,74	\$ 225	\$ 11,31	\$ 44,91
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 174.029	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.479	\$ 11,31	\$ 11,75	\$ 202	\$ 11,31	\$ 67,31
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 183.182	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.750	\$ 11,31	\$ 11,73	\$ 179	\$ 11,31	\$ 179,31
5-6	16634	395	5	17.034	\$ 188.364	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.637	\$ 11,31	\$ 11,74	\$ 225	\$ 11,31	\$ 44,91
6-6	8217	176	6	8.399	\$ 93.135	\$ 11,31	\$ 11,33	\$ 2.159	\$ 11,31	\$ 12,27	\$ 236	\$ 11,31	\$ 39,31
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 73.448	\$ 11,31	\$ 11,34	\$ 575	\$ 11,31	\$ 15,98	\$ 179	\$ 11,31	\$ 179,31
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 169.753	\$ 11,31	\$ 11,33	\$ 4.750	\$ 11,31	\$ 11,73	\$ 213	\$ 11,31	\$ 53,31
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 177.073	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.648	\$ 11,31	\$ 11,74	\$ 225	\$ 11,31	\$ 44,91
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 178.159	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 3.800	\$ 11,31	\$ 11,84	\$ 202	\$ 11,31	\$ 67,31
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 176.541	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.875	\$ 11,31	\$ 11,72	\$ 213	\$ 11,31	\$ 53,31
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 186.350	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.886	\$ 11,31	\$ 11,72	\$ 225	\$ 11,31	\$ 44,91
13-6	8286	172	6	8.464	\$ 93.915	\$ 11,31	\$ 11,33	\$ 2.114	\$ 11,31	\$ 12,29	\$ 236	\$ 11,31	\$ 39,31
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 61.705	\$ 11,31	\$ 11,34	\$ 609	\$ 11,31	\$ 15,62	\$ 179	\$ 11,31	\$ 179,31
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 167.739	\$ 11,31	\$ 11,33	\$ 4.139	\$ 11,31	\$ 11,79	\$ 225	\$ 11,31	\$ 44,91
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 177.627	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.558	\$ 11,31	\$ 11,75	\$ 213	\$ 11,31	\$ 53,31
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 173.916	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.965	\$ 11,31	\$ 11,71	\$ 225	\$ 11,31	\$ 44,91
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 180.184	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 4.875	\$ 11,31	\$ 11,72	\$ 202	\$ 11,31	\$ 67,31
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 190.853	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 5.010	\$ 11,31	\$ 11,71	\$ 213	\$ 11,31	\$ 53,31
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 87.851	\$ 11,31	\$ 11,34	\$ 1.605	\$ 11,31	\$ 12,64	\$ 225	\$ 11,31	\$ 44,91
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 76.175	\$ 11,31	\$ 11,34	\$ 632	\$ 11,31	\$ 15,41	\$ 179	\$ 11,31	\$ 179,31
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 169.323	\$ 11,31	\$ 11,33	\$ 4.524	\$ 11,31	\$ 11,75	\$ 191	\$ 11,31	\$ 95,31
23-6	15628	449	5	16.082	\$ 176.982	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 5.248	\$ 11,31	\$ 11,69	\$ 225	\$ 11,31	\$ 44,91
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 176.224	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 5.316	\$ 11,31	\$ 11,68	\$ 179	\$ 11,31	\$ 179,31
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 177.333	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 5.203	\$ 11,31	\$ 11,69	\$ 202	\$ 11,31	\$ 67,31
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 189.054	\$ 11,31	\$ 11,32	\$ 5.474	\$ 11,31	\$ 11,67	\$ 213	\$ 11,31	\$ 53,31
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 81.730	\$ 11,31	\$ 11,34	\$ 2.419	\$ 11,31	\$ 12,16	\$ 202	\$ 11,31	\$ 67,31
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 44.383	\$ 11,31	\$ 11,36	\$ 711	\$ 11,31	\$ 14,81	\$ 213	\$ 11,31	\$ 53,31
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 62.972	\$ 11,31	\$ 11,34	\$ 960	\$ 11,31	\$ 13,71	\$ 202	\$ 11,31	\$ 67,31
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 177.910		\$ 11,32	\$ 4.897		\$ 11,72	\$ 213		\$ 53,31

Tabla 8 Costo Total Variable, Marginal y Medio de Facility 1

4.2.4. Estructura de Costo Facility 1: Pórtico de Peaje

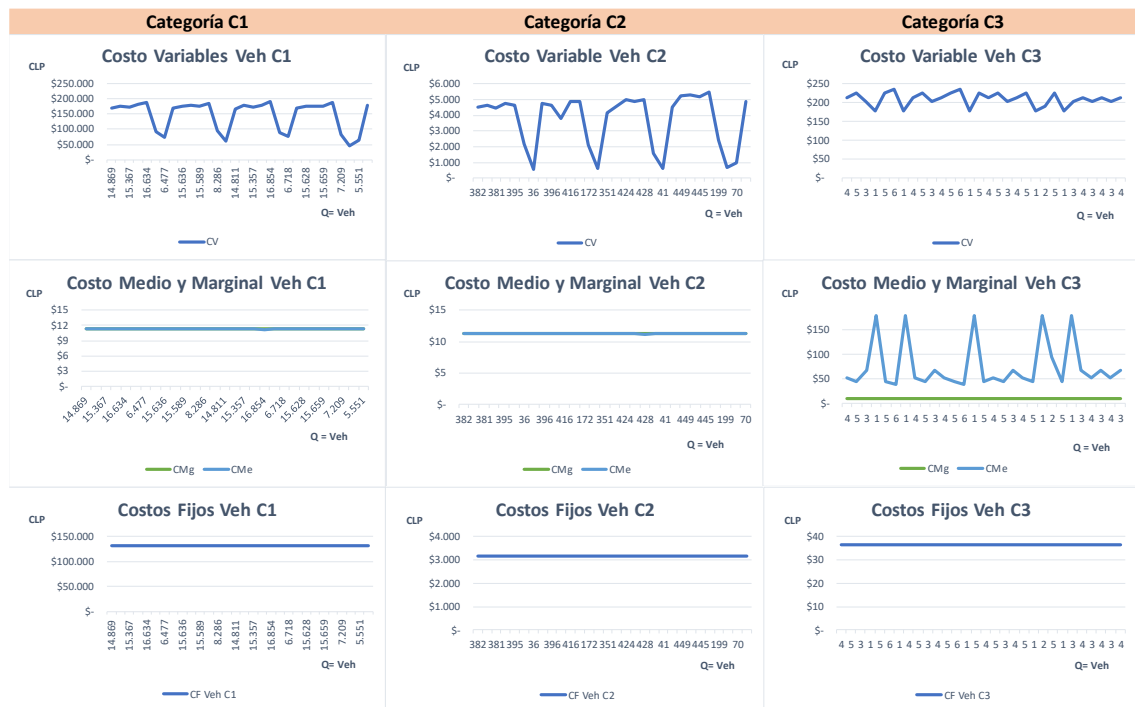


Gráfico 1 Estructura de Costo por Categoría Vehicular Facility 1

4.3. Facility 2: Pista de Acceso a Túnel

4.3.1. Matriz de Costos, Recursos e Insumos Facility 2: Pista Acceso a Túnel

Insumos	Costos Variables	PISTA ACCESO TÚNEL	
		Costos Directos	Costos Indirectos
Electricidad	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto		
MTTO Saneamiento	Mantenimiento Periódico Pavimento Asfalto		
MTTO Paisajismo	Electricidad Iluminación		
MTTO Rutinario Asfalto			
MTTO Periodico Asfalto			
Pista Acceso a Túnel			
Pavimento Asfáltico			Contrato Mantenimiento Paisajismo Tramo 1
Señalización Fija			Contrato Saneamiento Tramo 1
Seguridad Vial			Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 1
Estructuras			I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo1
Paisajismo			
Saneamiento			
Iluminación Exterior			
CC TV Móviles			
Monitoreo de Tráfico			
Telefonía SOS			
Pesaje y Clasificación			
Medición de Gálbo			
Medición Meteorológica			
Semáforo Ingreso Túnel			
Facility 2	Costo Fijos		

Tabla 9 Matriz de Costo Facility 2

4.3.2. Costos Fijos Facility 2: Pista de Acceso a Túnel

4.3.2.1. Definición de Costos Fijos Pista de Acceso a Túnel

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
2. Acceso Túnel					
Contrato Mantenimiento Paisajismo Tramo 1	Unidad	1	\$ 420.474	\$ 420.474	\$ 5.045.686
Contrato Saneamiento Tramo 1	Unidad	1	\$ 833.449	\$ 833.449	\$ 10.001.393
Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 1	Unidad	1	\$ 772.491	\$ 772.491	\$ 9.269.891
I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo1	Unidad	1	\$ 760.015	\$ 760.015	\$ 9.120.176
Subtotal			\$ 2.786.429	\$ 2.786.429	\$ 33.437.145

Tabla 10 Definición de Costos Fijos

4.3.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Pista Acceso a Túnel



Pórtico	PC101			TOTAL	2. Acceso Túnel		
Sentido		NORTE					
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
5-6	16634	395	5	17.034	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
6-6	8217	176	6	8.399	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
13-6	8286	172	6	8.464	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
23-6	15628	449	5	16.082	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 90.656	\$ 2.200	\$ 25

Tabla 11 Costos Fijos por Categoría Vehicular Facility 2

4.3.3. Costos Variables Facility 2: Pista de Acceso a Túnel

4.3.3.1. Definición de Costo Variable de Pista de Acceso a Túnel

Actividad	Unidad	Costo/Km	Km	Veh	Costo
MTTO Rutinario	Km/Veh	\$2.837.900	0,88	400000	\$ 6,24

Obs: Limpieza de faja y Sello de Grietas a Tramo 1 Eje C1 de 880 metros. Considera todo el tráfico

Costo Mantenimiento Periódico Asfalto por Tipo de Vehículo Pesado.

Categoría C2: Camiones Buses C3: Camiones con Remolque

Costo Variable	Unidad	Tráfico C2	Tráfico C3	3 Ejes C2	5 Ejes C3	% C2/Pista	% C3/Pista	Costo C2	Costo C3
MTTO Periódico	m²/Veh	9.448	109	28344	545	98,86%	1,14%	\$ 12,88	\$ 7,73

Obs: El MTTO Periódico al costo de Fresado y Recapado por Vehículo Pesado (C2 y C3)

Costo Anual Mantenimiento Periódico Pavimento Asfáltico

Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Cantidad	Unitario /\$	Total Anual	Total Mensual
Fresado y Recapado	m²	880	7	176,2	\$ 25.160	\$ 4.432.588	\$ 369.382

Obs: Se realiza Fresado y Recapado a un 2,86% de 880 m de pista

Costo Diario Consumo Electricidad por Iluminación

Costo Variable	Cantidad	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Iluminación 400W	10	0,4	12	48	\$ 70	\$ 3.360,00	Kw/Día
Iluminación 250W	10	0,25	12	30	\$ 70	\$ 2.100,00	Kw/Día

Total \$ 5.460,00

Tabla 12 Definición de Costo Fijo Facility 2



4.3.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Pista de Acceso a Túnel

Pórtico	PC101			TOTAL								
Sentido		NORTE										
Categoría	C1	C2	C3	398883	MTTO Rutinario C1	Costo Iluminación Exterior C1	MTTO Rutinario C2	MTTO Periódico C2	Costo Iluminación C2	MTTO Rutinario C3	MTTO Periódico C3	Costo Iluminación C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$ 92.833	\$ 5.329	\$ 2.385	\$ 4.921	\$ 129	\$ 25	\$ 31	\$ 1
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 96.779	\$ 5.329	\$ 2.460	\$ 5.076	\$ 129	\$ 31	\$ 39	\$ 1
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 95.942	\$ 5.329	\$ 2.379	\$ 4.909	\$ 129	\$ 19	\$ 23	\$ 1
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 100.993	\$ 5.329	\$ 2.529	\$ 5.218	\$ 129	\$ 6	\$ 8	\$ 1
5-6	16634	395	5	17.034	\$ 103.852	\$ 5.329	\$ 2.466	\$ 5.089	\$ 129	\$ 31	\$ 39	\$ 1
6-6	8217	176	6	8.399	\$ 51.302	\$ 5.329	\$ 1.099	\$ 2.267	\$ 129	\$ 37	\$ 46	\$ 1
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 40.438	\$ 5.329	\$ 225	\$ 464	\$ 129	\$ 6	\$ 8	\$ 1
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 93.582	\$ 5.329	\$ 2.529	\$ 5.218	\$ 129	\$ 25	\$ 31	\$ 1
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 97.621	\$ 5.329	\$ 2.472	\$ 5.102	\$ 129	\$ 31	\$ 39	\$ 1
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 98.221	\$ 5.329	\$ 2.004	\$ 4.136	\$ 129	\$ 19	\$ 23	\$ 1
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 97.328	\$ 5.329	\$ 2.597	\$ 5.360	\$ 129	\$ 25	\$ 31	\$ 1
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 102.741	\$ 5.329	\$ 2.603	\$ 5.372	\$ 129	\$ 31	\$ 39	\$ 1
13-6	8286	172	6	8.464	\$ 51.733	\$ 5.329	\$ 1.074	\$ 2.216	\$ 129	\$ 37	\$ 46	\$ 1
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 33.958	\$ 5.329	\$ 243	\$ 502	\$ 129	\$ 6	\$ 8	\$ 1
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 92.471	\$ 5.329	\$ 2.191	\$ 4.522	\$ 129	\$ 31	\$ 39	\$ 1
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 97.927	\$ 5.329	\$ 2.422	\$ 4.999	\$ 129	\$ 25	\$ 31	\$ 1
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 95.880	\$ 5.329	\$ 2.647	\$ 5.463	\$ 129	\$ 31	\$ 39	\$ 1
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 99.338	\$ 5.329	\$ 2.597	\$ 5.360	\$ 129	\$ 19	\$ 23	\$ 1
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 105.226	\$ 5.329	\$ 2.672	\$ 5.514	\$ 129	\$ 25	\$ 31	\$ 1
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 48.386	\$ 5.329	\$ 793	\$ 1.636	\$ 129	\$ 31	\$ 39	\$ 1
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 41.943	\$ 5.329	\$ 256	\$ 528	\$ 129	\$ 6	\$ 8	\$ 1
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 93.345	\$ 5.329	\$ 2.404	\$ 4.960	\$ 129	\$ 12	\$ 15	\$ 1
23-6	15628	449	5	16.082	\$ 97.572	\$ 5.329	\$ 2.803	\$ 5.785	\$ 129	\$ 31	\$ 39	\$ 1
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 97.153	\$ 5.329	\$ 2.841	\$ 5.862	\$ 129	\$ 6	\$ 8	\$ 1
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 97.765	\$ 5.329	\$ 2.778	\$ 5.733	\$ 129	\$ 19	\$ 23	\$ 1
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 104.233	\$ 5.329	\$ 2.928	\$ 6.042	\$ 129	\$ 25	\$ 31	\$ 1
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 45.009	\$ 5.329	\$ 1.242	\$ 2.564	\$ 129	\$ 19	\$ 23	\$ 1
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 24.399	\$ 5.329	\$ 300	\$ 618	\$ 129	\$ 25	\$ 31	\$ 1
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 34.657	\$ 5.329	\$ 437	\$ 902	\$ 129	\$ 19	\$ 23	\$ 1
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 98.083	\$ 5.329	\$ 2.610	\$ 5.385	\$ 129	\$ 25	\$ 31	\$ 1

Tabla 13 Costo Variable por Actividad por Categoría Vehicular Facility 2

4.3.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Pista de Acceso a Túnel



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Pórtico	PC101			TOTAL									
Sentido		NORTE			Costos Variables Cat C1			Costo Variable Cat C2			Costo Variable Cat C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$ 98.162	\$ 6,24	\$ 6,60	\$ 7.436	\$ 19	\$ 19	\$ 57	\$ 14	\$ 14
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 102.108	\$ 6,24	\$ 6,59	\$ 7.665	\$ 19	\$ 19	\$ 71	\$ 14	\$ 14
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 101.271	\$ 6,24	\$ 6,59	\$ 7.417	\$ 19	\$ 19	\$ 43	\$ 14	\$ 14
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 106.322	\$ 6,24	\$ 6,57	\$ 7.876	\$ 19	\$ 19	\$ 15	\$ 14	\$ 15
5-6	16634	395	5	17.034	\$ 109.182	\$ 6,24	\$ 6,56	\$ 7.684	\$ 19	\$ 19	\$ 71	\$ 14	\$ 14
6-6	8217	176	6	8.399	\$ 56.631	\$ 6,24	\$ 6,89	\$ 3.496	\$ 19	\$ 20	\$ 85	\$ 14	\$ 14
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 45.768	\$ 6,24	\$ 7,07	\$ 818	\$ 19	\$ 23	\$ 15	\$ 14	\$ 15
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 98.911	\$ 6,24	\$ 6,60	\$ 7.876	\$ 19	\$ 19	\$ 57	\$ 14	\$ 14
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 102.951	\$ 6,24	\$ 6,58	\$ 7.704	\$ 19	\$ 19	\$ 71	\$ 14	\$ 14
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 103.550	\$ 6,24	\$ 6,58	\$ 6.269	\$ 19	\$ 20	\$ 43	\$ 14	\$ 14
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 102.657	\$ 6,24	\$ 6,59	\$ 8.086	\$ 19	\$ 19	\$ 57	\$ 14	\$ 14
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 108.070	\$ 6,24	\$ 6,57	\$ 8.105	\$ 19	\$ 19	\$ 71	\$ 14	\$ 14
13-6	8286	172	6	8.464	\$ 57.062	\$ 6,24	\$ 6,89	\$ 3.419	\$ 19	\$ 20	\$ 85	\$ 14	\$ 14
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 39.287	\$ 6,24	\$ 7,22	\$ 875	\$ 19	\$ 22	\$ 15	\$ 14	\$ 15
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 97.800	\$ 6,24	\$ 6,60	\$ 6.843	\$ 19	\$ 19	\$ 71	\$ 14	\$ 14
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 103.257	\$ 6,24	\$ 6,58	\$ 7.551	\$ 19	\$ 19	\$ 57	\$ 14	\$ 14
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 101.209	\$ 6,24	\$ 6,59	\$ 8.239	\$ 19	\$ 19	\$ 71	\$ 14	\$ 14
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 104.668	\$ 6,24	\$ 6,58	\$ 8.086	\$ 19	\$ 19	\$ 43	\$ 14	\$ 14
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 110.555	\$ 6,24	\$ 6,56	\$ 8.316	\$ 19	\$ 19	\$ 57	\$ 14	\$ 14
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 53.715	\$ 6,24	\$ 6,93	\$ 2.558	\$ 19	\$ 20	\$ 71	\$ 14	\$ 14
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 47.272	\$ 6,24	\$ 7,04	\$ 914	\$ 19	\$ 22	\$ 15	\$ 14	\$ 15
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 98.674	\$ 6,24	\$ 6,60	\$ 7.493	\$ 19	\$ 19	\$ 29	\$ 14	\$ 15
23-6	15628	449	5	16.082	\$ 102.901	\$ 6,24	\$ 6,58	\$ 8.717	\$ 19	\$ 19	\$ 71	\$ 14	\$ 14
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 102.482	\$ 6,24	\$ 6,59	\$ 8.832	\$ 19	\$ 19	\$ 15	\$ 14	\$ 15
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 103.094	\$ 6,24	\$ 6,58	\$ 8.641	\$ 19	\$ 19	\$ 43	\$ 14	\$ 14
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 109.562	\$ 6,24	\$ 6,56	\$ 9.100	\$ 19	\$ 19	\$ 57	\$ 14	\$ 14
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 50.338	\$ 6,24	\$ 6,98	\$ 3.936	\$ 19	\$ 20	\$ 43	\$ 14	\$ 14
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 29.728	\$ 6,24	\$ 7,61	\$ 1.047	\$ 19	\$ 22	\$ 57	\$ 14	\$ 14
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 39.986	\$ 6,24	\$ 7,20	\$ 1.468	\$ 19	\$ 21	\$ 43	\$ 14	\$ 14
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 103.413		\$ 6,58	\$ 8.124		\$ 19	\$ 57		\$ 14

Tabla 14 Costo Variable Total de Facility 2

4.3.4. Estructura de Costo Facility 2: Pista de Acceso a Túnel



Gráfico 2 Estructura de Costo de Facility 2

4.4.Facility 3: Túnel

4.4.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 3: Túnel

Electricidad MITO Saneamiento MITO Rutinario Hormigón MITO Periódico hormigón	Insumos	Túnel	
		Costos Directos	Costos Indirectos
Túnel Eje C1 3	Costos Variables	Electricidad Iluminación y Ventilación	
		Mantenimiento Rutinario Pavimento Hormigón Mantenimiento Periódico Pavimento Hormigón	
Pavimento Hormigón Túnel Iluminación Interior Saneamiento CCTV Fijas Monitoreo de Tráfico Dársena Telefonía SOS Medición de Gases Ventilación Mensajería Variable Altavoces Detección de Incendio Pasillos Interiores	Recursos	Costos Fijos	Mantenimiento Saneamiento Tramo 2 Contrato Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 2 I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo 2

Facility 3

Matriz de Costo

Tabla 15 Matriz de Costo de Facility 3

4.4.2. Costos Fijos Facility 3: Túnel

4.4.2.1. Definición de Costos Fijos de Túnel

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
3. Túnel					
Contrato Saneamiento Tramo 1	Unidad	1	\$ 833.449	\$ 833.449	\$ 10.001.393
Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 1	Unidad	1	\$ 772.491	\$ 772.491	\$ 9.269.891
I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo1	Unidad	1	\$ 760.015	\$ 760.015	\$ 9.120.176
			Subtotal	\$ 2.365.955	\$ 28.391.459

Tabla 16 Definición de Costos Fijos Facility 3

4.4.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Túnel

Pórtico	PC101			TOTAL			
Sentido	NORTE				3. Túnel		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

5-6	16634	395	5	17.034	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
6-6	8217	176	6	8.399	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
13-6	8286	172	6	8.464	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
23-6	15628	449	5	16.082	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 76.976	\$ 1.868	\$ 22

Tabla 17 Costos Fijos por Categoría Vehicular Facility 3

4.4.3. Costos Variables Facility 3: Túnel

4.4.3.1. Definición de Costo Variable de Túnel

1) Costo Diario de Consumo Eléctrico por Ventilación de Túnel

Actividad	Cantidad	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Ventilación Forzada	1	37	9	333	\$ 70	\$ 23.310	Kw/Día
Ventilación Congestión	3	37	4	444	\$ 70	\$ 31.080	Kw/Día/Veh
Ventilación Incendio	10	37	1,5	555	\$ 70	\$ 0,0040	Kw/Veh

Tabla 18 Costo Actividad Ventilación Túnel Facility 3

- Ventilación Forzada para efecto chimenea se aplica durante 9 horas al día.
- Ventilación por congestión es de Lunes a Viernes durante el horario de 07:30 a 09:00 Hrs y en las tardes de 17:30 a 20:00 Hrs. No incluye Feriados.
- Ventilación por incendio, mínimo 1,5 hora por evento. Mínimo un incendio al año. Se considera 9.600.000 vehículos al año.



2) Costo Diario de Consumo Eléctrico por Iluminación de Túnel

Actividad	Cant.	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Soleado 400W	113	0,4	10	452	\$ 70	\$ 31.640	Kw/Día
Soleado 250W	102	0,25	10	255	\$ 70	\$ 17.850	Kw/Día
Nublado o Crepúsculo 400W	56	0,4	4	89,6	\$ 70	\$ 6.272	Kw/Día
Nublado o Crepúsculo 250W	51	0,25	4	51	\$ 70	\$ 3.570	Kw/Día
Nocturno	76	0,25	10	190	\$ 70	\$ 13.300	Kw/Día
Iluminación Base	92	0,15	24	331,2	\$ 70	\$ 23.184	Kw/Día
Total						\$ 95.816	

Tabla 19 Costo Actividad Iluminación Túnel Facility 3

La Iluminación al interior del Túnel se realiza por niveles de luminosidad exterior de la siguiente manera:

- Nivel 1 Soleado: 100% de las luces de 400W y 100% de las luces de 250W
- Nivel 2 Nublado o Crepuscular: 50% de las luces de 400 y 250W
- Nivel 3 Nocturno: son el 75% de las luces de 250W
- La iluminación base son luces de 150W que siempre están encendidas al interior del túnel

3) Costo Mantenimiento Periódico Hormigón por Tipo de Vehículo.

a) Costo Mensual Mantenimiento Hormigón

Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Cantidad	Unitario /\$	Total Anual	Total Mensual
Sellado Juntas	m	1828,76	7	365,75	\$ 2.690	\$ 983.873	\$ 81.989
Reemplazo Drenes	m	1828,76	7	1,83	\$ 18.576.500	\$ 6.794.392	\$ 566.199
Cepillado	m ²	1828,76	7	12801,32	\$ 2.700	\$ 3.456.356	\$ 288.030

Tabla 20 Costo Mensual de Mantenimiento Hormigón Facility 3

b) Costo Mantenimiento por tipo de Vehículo

MTTO Periódico	Unidad	Tráfico C2	Tráfico C3	3 Ejes C2	5 Ejes C3	% C2/Pista	% C3/Pista	Costo C2	Costo C3
Sello Juntas	m/Veh	9.448	109	28344	545	98,86%	1,14%	\$ 2,86	\$ 1,72
Reemplazo Drenes	m/veh	9.448	109	28344	545	98,86%	1,14%	\$ 19,75	\$ 11,85
Cepillado	m ² /Veh	9.448	109	28344	545	98,86%	1,14%	\$ 10,05	\$ 6,03
Total								\$ 32,65	\$ 19,59

Tabla 21 Costo Mantenimiento Pavimento Hormigón Facility 3

El costo del MTTO Periódico varía solo con Vehículo Pesado (C2 y C3) y no considera vehículos livianos.

4) Costo Mantenimiento Rutinario para todo Tipo de Vehículo.

Costo Variable	Unidad	Costo/Km	Km	Veh	Costo
MTTO Rutinario	Veh	\$2.837.900	0,88	400000	\$ 6,24

Tabla 22 Costo Mantenimiento Rutinario Facility 3



- El Mantenimiento Rutinario considera la limpieza de faja y sello de grietas a Tramo 2 Eje C1 de 1828,76 metros. Considera todo el tráfico de las tres Categorías C1, C2 y C3

4.4.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Túnel

1) Costo Mantenimiento Rutinario para Categoría C1

Pórtico	PC101					
Sentido		COSTO POR CATEGORÍA VEHICULAR C1: AUTOS Y MOTOS				
Categoría	C1	Costo Ventilación Forzada C1 KW/Día /Veh	Costo Ventilación Congestión C1 KW/Día/Veh	Costo Ventilación Incendio C1 KW/Día /Veh	Costo Iluminación Túnel C1	MTTO Rutinario C1
1-6	14869	\$ 22.720	\$ 30.294	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 92.833
2-6	15501	\$ 22.725	\$ 30.300	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 96.779
3-6	15367	\$ 22.742	\$ 30.322	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 95.942
4-6	16176	\$ 22.739	\$ 30.319	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 100.993
5-6	16634	\$ 22.763	\$ 30.350	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 103.852
6-6	8217	\$ 22.805	\$ -	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 51.302
7-6	6477	\$ 23.178	\$ -	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 40.438
8-6	14989	\$ 22.691	\$ 30.254	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 93.582
9-6	15636	\$ 22.727	\$ 30.303	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 97.621
10-6	15732	\$ 22.840	\$ 30.453	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 98.221
11-6	15589	\$ 22.698	\$ 30.265	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 97.328
12-6	16456	\$ 22.727	\$ 30.303	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 102.741
13-6	8286	\$ 22.820	\$ -	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 51.733
14-6	5439	\$ 23.140	\$ -	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 33.958
15-6	14811	\$ 22.763	\$ 30.350	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 92.471
16-6	15685	\$ 22.742	\$ 30.322	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 97.927
17-6	15357	\$ 22.677	\$ 30.235	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 95.880
18-6	15911	\$ 22.712	\$ 30.283	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 99.338
19-6	16854	\$ 22.727	\$ 30.303	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 105.226
20-6	7750	\$ 22.920	\$ -	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 48.386
21-6	6718	\$ 23.165	\$ -	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 41.943
22-6	14951	\$ 22.722	\$ 30.296	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 93.345
23-6	15628	\$ 22.652	\$ 30.203	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 97.572
24-6	15561	\$ 22.646	\$ 30.195	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 97.153
25-6	15659	\$ 22.662	\$ 30.216	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 97.765
26-6	16695	\$ 22.668	\$ 30.224	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 104.233
27-6	7209	\$ 22.675	\$ -	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 45.009
28-6	3908	\$ 23.004	\$ -	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 24.399
29-6	5551	\$ 23.007	\$ -	\$ 0,0040	\$ 93.520	\$ 34.657
30-6	15710	\$ 22.700	\$ 30.267	\$ 0,0039	\$ 93.520	\$ 98.083



- La congestión vehicular se da de lunes a viernes o cuando exista algún bloqueo por algún incidente. Los sábados, domingos y feriados no se produce congestión al interior del túnel.

2) Costo Mantenimiento Rutinario para Categoría C2

Pórtico	PC101						
Sentido							
Categoría	C2	Costo Ventilación Forzada C2 KW/Día /Veh	Costo Ventilación Congestión C2 KW/Día /Veh	Costo Ventilación Incendio C2 KW/Día /Veh	Costo Iluminación Túnel C2	MTTO Rutinario C2	MTTO Periódico C2
1-6	382	\$ 584	\$ 778	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.385	\$ 12.474
2-6	394	\$ 578	\$ 770	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.460	\$ 12.866
3-6	381	\$ 564	\$ 752	\$ 0,000001	\$.270	\$ 2.379	\$ 12.441
4-6	405	\$ 569	\$ 759	\$ 0,000000	\$ 2.270	\$ 2.529	\$ 13.225
5-6	395	\$ 541	\$ 721	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.466	\$ 12.898
6-6	176	\$ 488	\$ -	\$ 0,000003	\$ 2.270	\$ 1.099	\$ 5.747
7-6	36	\$ 129	\$ -	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 225	\$ 1.176
8-6	405	\$ 613	\$ 817	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.529	\$ 13.225
9-6	396	\$ 576	\$ 767	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.472	\$ 12.931
10-6	321	\$ 466	\$ 621	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.004	\$ 10.482
11-6	416	\$ 606	\$ 808	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.597	\$ 13.584
12-6	417	\$ 576	\$ 768	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.603	\$ 13.617
13-6	172	\$ 474	\$ -	\$ 0,000003	\$ 2.270	\$ 1.074	\$ 5.616
14-6	39	\$ 166	\$ -	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 243	\$ 1.274
15-6	351	\$ 539	\$ 719	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.191	\$ 11.462
16-6	388	\$ 563	\$ 750	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.422	\$ 12.670
17-6	424	\$ 626	\$ 835	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.647	\$ 13.845
18-6	416	\$ 594	\$ 792	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.597	\$ 13.584
19-6	428	\$ 577	\$ 770	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.672	\$ 13.976
20-6	127	\$ 376	\$ -	\$ 0,000003	\$ 2.270	\$ 793	\$ 4.147
21-6	41	\$ 141	\$ -	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 256	\$ 1.339
22-6	385	\$ 585	\$ 780	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.404	\$ 12.572
23-6	449	\$ 651	\$ 868	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.803	\$ 14.662
24-6	455	\$ 662	\$ 883	\$ 0,000000	\$ 2.270	\$ 2.841	\$ 14.858
25-6	445	\$ 644	\$ 859	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.778	\$ 14.531
26-6	469	\$ 637	\$ 849	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.928	\$ 15.315
27-6	199	\$ 626	\$ -	\$ 0,000002	\$ 2.270	\$ 1.242	\$ 6.498
28-6	48	\$ 283	\$ -	\$ 0,000004	\$ 2.270	\$ 300	\$ 1.567
29-6	70	\$ 290	\$ -	\$ 0,000002	\$ 2.270	\$ 437	\$ 2.286
30-6	418	\$ 604	\$ 805	\$ 0,000001	\$ 2.270	\$ 2.610	\$ 13.649

Tabla 23 Costo por Categoría Vehicular C2: Camiones y Buses

3) Costo Mantenimiento Rutinario para Categoría C2

Pórtico	



Sentido							
Categoría	C3	Costo Ventilación Forzada C3 KW/Día /Veh	Costo Ventilación Congestión C3 KW/Día /Veh	Costo Ventilación Incendio C3 KW/Día /Veh	Costo Iluminación Túnel C3	MTTO Rutinario C3	MTTO Periódico C3
1-6	4	\$ 6	\$ 8	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 25	\$ 78
2-6	5	\$ 7	\$ 10	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 31	\$ 98
3-6	3	\$ 4	\$ 6	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 19	\$ 59
4-6	1	\$ 1	\$ 2	\$ 0,000000	\$ 26	\$ 6	\$ 20
5-6	5	\$ 7	\$ 9	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 31	\$ 98
6-6	6	\$ 17	\$ -	\$ 0,000003	\$ 26	\$ 37	\$ 118
7-6	1	\$ 4	\$ -	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 6	\$ 20
8-6	4	\$ 6	\$ 8	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 25	\$ 78
9-6	5	\$ 7	\$ 10	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 31	\$ 98
10-6	3	\$ 4	\$ 6	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 19	\$ 59
11-6	4	\$ 6	\$ 8	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 25	\$ 78
12-6	5	\$ 7	\$ 9	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 31	\$ 98
13-6	6	\$ 17	\$ -	\$ 0,000003	\$ 26	\$ 37	\$ 118
14-6	1	\$ 4	\$ -	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 6	\$ 20
15-6	5	\$ 8	\$ 10	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 31	\$ 98
16-6	4	\$ 6	\$ 8	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 25	\$ 78
17-6	5	\$ 7	\$ 10	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 31	\$ 98
18-6	3	\$ 4	\$ 6	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 19	\$ 59
19-6	4	\$ 5	\$ 7	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 25	\$ 78
20-6	5	\$ 15	\$ -	\$ 0,000003	\$ 26	\$ 31	\$ 98
21-6	1	\$ 3	\$ -	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 6	\$ 20
22-6	2	\$ 3	\$ 4	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 12	\$ 39
23-6	5	\$ 7	\$ 10	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 31	\$ 98
24-6	1	\$ 1	\$ 2	\$ 0,000000	\$ 26	\$ 6	\$ 20
25-6	3	\$ 4	\$ 6	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 19	\$ 59
26-6	4	\$ 5	\$ 7	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 25	\$ 78
27-6	3	\$ 9	\$ -	\$ 0,000002	\$ 26	\$ 19	\$ 59
28-6	4	\$ 24	\$ -	\$ 0,000004	\$ 26	\$ 25	\$ 78
29-6	3	\$ 12	\$ -	\$ 0,000002	\$ 26	\$ 19	\$ 59
30-6	4	\$ 6	\$ 8	\$ 0,000001	\$ 26	\$ 25	\$ 78

Tabla 24 Costo por Categoría Vehicular C3: Camiones y Remolque

4.4.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Túnel

Pórtico	PC101			TOTAL									
Sentido	NORTE				Costos Variables Cat C1			Costo Variable Cat C2			Costo Variable Cat C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$239.367	\$6	\$16	\$18.490	\$38	\$48	\$144	\$29	\$36
2-6	15501	394	5	15.900	\$243.324	\$6	\$16	\$18.943	\$41	\$48	\$172	\$29	\$34



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

3-6	15367	381	3	15.751	\$242.526	\$6	\$16	\$18.405	\$39	\$48	\$114	\$29	\$38
4-6	16176	405	1	16.582	\$247.572	\$6	\$15	\$19.351	\$46	\$48	\$55	\$29	\$55
5-6	16634	395	5	17.034	\$250.485	\$10	\$15	\$18.895	\$42	\$48	\$171	\$27	\$34
6-6	8217	176	6	8.399	\$167.627	\$6	\$20	\$9.604	\$41	\$55	\$198	\$28	\$33
7-6	6477	36	1	6.514	\$157.136	\$10	\$24	\$3.799	\$42	\$106	\$56	\$29	\$56
8-6	14989	405	4	15.398	\$240.048	\$6	\$16	\$19.453	\$49	\$48	\$144	\$29	\$36
9-6	15636	396	5	16.037	\$244.172	\$9	\$16	\$19.016	\$42	\$48	\$172	\$29	\$34
10-6	15732	321	3	16.056	\$245.034	\$9	\$16	\$15.843	\$42	\$49	\$114	\$29	\$38
11-6	15589	416	4	16.009	\$243.811	\$6	\$16	\$19.864	\$31	\$48	\$143	\$28	\$36
12-6	16456	417	5	16.878	\$249.291	\$10	\$15	\$19.833	\$42	\$48	\$171	\$26	\$34
13-6	8286	172	6	8.464	\$168.073	\$6	\$20	\$9.434	\$41	\$55	\$198	\$28	\$33
14-6	5439	39	1	5.479	\$150.618	\$9	\$28	\$3.952	\$42	\$101	\$56	\$29	\$56
15-6	14811	351	5	15.167	\$239.104	\$6	\$16	\$17.181	\$40	\$49	\$173	\$30	\$35
16-6	15685	388	4	16.077	\$244.512	\$7	\$16	\$18.674	\$43	\$48	\$143	\$30	\$36
17-6	15357	424	5	15.786	\$242.312	\$6	\$16	\$20.223	\$48	\$48	\$173	\$29	\$35
18-6	15911	416	3	16.330	\$245.853	\$6	\$15	\$19.836	\$36	\$48	\$114	\$28	\$38
19-6	16854	428	4	17.286	\$251.777	\$10	\$15	\$20.264	\$42	\$47	\$142	\$28	\$36
20-6	7750	127	5	7.882	\$164.826	\$6	\$21	\$7.585	\$42	\$60	\$170	\$29	\$34
21-6	6718	41	1	6.760	\$158.629	\$10	\$24	\$4.006	\$42	\$98	\$55	\$29	\$55
22-6	14951	385	2	15.338	\$239.883	\$6	\$16	\$18.610	\$41	\$48	\$85	\$29	\$42
23-6	15628	449	5	16.082	\$243.946	\$6	\$16	\$21.253	\$43	\$47	\$172	\$29	\$34
24-6	15561	455	1	16.017	\$243.515	\$7	\$16	\$21.513	\$43	\$47	\$55	\$29	\$55
25-6	15659	445	3	16.107	\$244.163	\$6	\$16	\$21.081	\$38	\$47	\$114	\$28	\$38
26-6	16695	469	4	17.168	\$250.645	\$9	\$15	\$21.998	\$42	\$47	\$142	\$29	\$36
27-6	7209	199	3	7.411	\$161.203	\$6	\$22	\$10.636	\$41	\$53	\$113	\$40	\$38
28-6	3908	48	4	3.960	\$140.923	\$6	\$36	\$4.419	\$39	\$92	\$153	\$37	\$38
29-6	5551	70	3	5.624	\$151.185	\$9	\$27	\$5.282	\$42	\$75	\$116	\$27	\$39
30-6	15710	418	4	16.132	\$244.571	-\$1	\$16	\$19.938	-\$2	\$48	\$143	-\$1	\$36

Tabla 25 Costo Variable Total Facility 3

4.4.4. Estructura de Costo Facility 3: Túnel

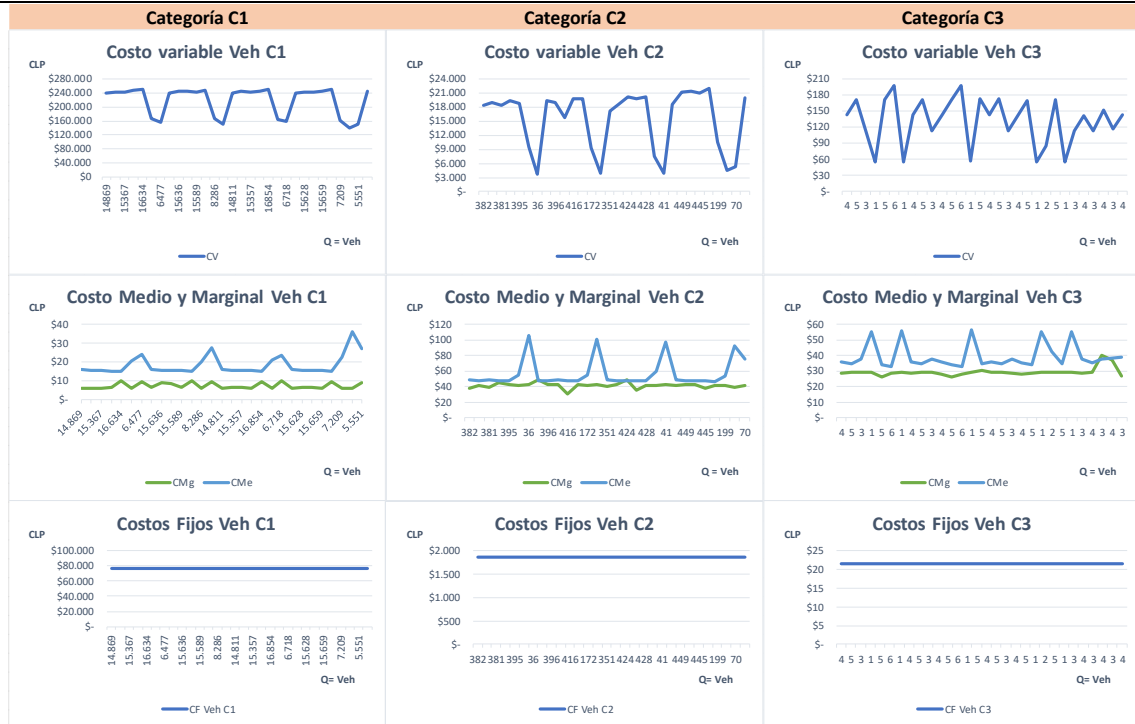


Gráfico 3 Estructura de Costos Facility 3

4.5.Facility 4: Pista a Kennedy

4.5.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 4: Pista a Kennedy

Electricidad	Insumos	<table><tr><th colspan="3">Pista Kennedy</th></tr><tr><th>Costos Directos</th><th colspan="2">Costos Indirectos</th></tr><tr><td rowspan="3">Costos Variables</td><td>Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto</td><td colspan="2" rowspan="3"></td></tr><tr><td>Mantenimiento Periódico Pavimento Asfalto</td></tr><tr><td>Electricidad de Iluminación</td></tr><tr><td rowspan="4">Costos Fijos</td><td rowspan="4"></td><td>Mantenimiento Seg. Vial y Señalización</td></tr><tr><td>Mantenimiento Paisajismo</td></tr><tr><td>Mantenimiento Saneamiento</td></tr><tr><td>I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos)</td></tr></table>			Pista Kennedy			Costos Directos	Costos Indirectos		Costos Variables	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto			Mantenimiento Periódico Pavimento Asfalto	Electricidad de Iluminación	Costos Fijos		Mantenimiento Seg. Vial y Señalización	Mantenimiento Paisajismo	Mantenimiento Saneamiento	I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos)
Pista Kennedy																						
Costos Directos					Costos Indirectos																	
Costos Variables					Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto																	
					Mantenimiento Periódico Pavimento Asfalto																	
	Electricidad de Iluminación																					
Costos Fijos		Mantenimiento Seg. Vial y Señalización																				
		Mantenimiento Paisajismo																				
		Mantenimiento Saneamiento																				
		I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos)																				
MTTO Saneamiento																						
MTTO Paisajismo																						
MTTO Rutinario Asfalto																						
MTTO Periodico Asfalto																						
Pista a Kennedy4																						
Pavimento Asfáltico	Recurso S	Matriz de Costo																				
Señalización Fija																						
Seguridad Vial																						
Estructuras																						
Paisajismo																						
Saneamiento																						
Iluminación Exterior																						
CC TV Móviles																						
Monitoreo de Tráfico																						
Telefonía SOS																						
Medición Meteorológica																						
Facility 4																						

Tabla 26 Matriz de Costo Facility 4



4.5.2. Costos Fijos Facility 4: Pista a Kennedy

4.5.2.1. Definición de Costos Fijos de Pista a Kennedy

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
4. Salida Pista Kennedy					
Contrato Mantenimiento Paisajismo Tramo 3 C1K	Unidad	1	\$140.158	\$140.158	\$1.681.895
Contrato Saneamiento Tramo 3 C1K	Unidad	1	\$277.816	\$277.816	\$3.333.798
Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 3 C1K	Unidad	1	\$257.497	\$257.497	\$3.089.964
I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo 3 C1K	Unidad	1	\$253.338	\$253.338	\$3.040.059
Subtotal				\$928.810	\$11.145.715

Tabla 27 Definición de Costos Fijos Facility 4

4.5.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Pista a Kennedy

Pórtico	PC101			TOTAL	4. Salida Pista Kennedy		
Sentido	NORTE						
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$30.219	\$733	\$8
2-6	15501	394	5	15.900	\$30.219	\$733	\$8
3-6	15367	381	3	15.751	\$30.219	\$733	\$8
4-6	16176	405	1	16.582	\$30.219	\$733	\$8
5-6	16634	395	5	17.034	\$30.219	\$733	\$8
6-6	8217	176	6	8.399	\$30.219	\$733	\$8
7-6	6477	36	1	6.514	\$30.219	\$733	\$8
8-6	14989	405	4	15.398	\$30.219	\$733	\$8
9-6	15636	396	5	16.037	\$30.219	\$733	\$8
10-6	15732	321	3	16.056	\$30.219	\$733	\$8
11-6	15589	416	4	16.009	\$30.219	\$733	\$8
12-6	16456	417	5	16.878	\$30.219	\$733	\$8
13-6	8286	172	6	8.464	\$30.219	\$733	\$8
14-6	5439	39	1	5.479	\$30.219	\$733	\$8
15-6	14811	351	5	15.167	\$30.219	\$733	\$8
16-6	15685	388	4	16.077	\$30.219	\$733	\$8
17-6	15357	424	5	15.786	\$30.219	\$733	\$8
18-6	15911	416	3	16.330	\$30.219	\$733	\$8
19-6	16854	428	4	17.286	\$30.219	\$733	\$8
20-6	7750	127	5	7.882	\$30.219	\$733	\$8
21-6	6718	41	1	6.760	\$30.219	\$733	\$8
22-6	14951	385	2	15.338	\$30.219	\$733	\$8
23-6	15628	449	5	16.082	\$30.219	\$733	\$8



24-6	15561	455	1	16.017	\$30.219	\$733	\$8
25-6	15659	445	3	16.107	\$30.219	\$733	\$8
26-6	16695	469	4	17.168	\$30.219	\$733	\$8
27-6	7209	199	3	7.411	\$30.219	\$733	\$8
28-6	3908	48	4	3.960	\$30.219	\$733	\$8
29-6	5551	70	3	5.624	\$30.219	\$733	\$8
30-6	15710	418	4	16.132	\$30.219	\$733	\$8

Tabla 28 Costos Fijos por Categoría Facility 4

4.5.3. Costos Variables Facility 4: Pista a Kennedy

4.5.3.1. Definición de Costo Variable de Pista a Kennedy

1) Costo Diario de Consumo de Electricidad por Iluminación

CV Iluminación	Cantidad	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Iluminación 250W	27	0,25	12	81	\$ 70	\$ 5.670,00	Kw/Día
Total						\$ 5.670,00	

Tabla 29 Definición de Costo de Consumo Electricidad Facility 4

2) Costo Mantenimiento Asfalto por Tipo de Vehículo

a) Costo Mensual por Mantener el Asfalto

Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Cantidad	Unitario /\$	Total Anual	Total Mensual
Fresado y Recapado	m²	548,7	7	109,8	\$ 25.160	\$ 2.763.819	\$ 230.318

Tabla 30 Definición de Costo por Mantener Asfalto Facility 4

- Se realiza Fresado y Recapado a un 2,86% de 548,7 m de pista

b) Costo Mantenimiento Periódico Asfalto por Categoría Vehículo

Categoría C2: Camiones Buses C3: Camiones con Remolque

Costo Variable	Unidad	Tráfico C2	Tráfico C3	3 Ejes C2	5 Ejes C3	% C2/Pista	% C3/Pista	Costo C2	Costo C3
MTTO Periódico	m²/Veh	1.890	22	5668,8	109	98,86%	1,14%	\$ 40,17	\$ 24,10

Tabla 31 Costo Mantenimiento Periódico Pavimento Hormigón Facility 4

- El MTTO Periódico corresponde al costo de Fresado y Recapado por Vehículo Pesado (C2 y C3). El cálculo no considera vehículos livianos.
- Aproximadamente el 20% de los Vehículos Pesados ocupan esta pista luego de salir del túnel.

3) Costo Mantenimiento Rutinario a Asfalto

Actividad	Unidad	Costo/Km	Km	Veh	Costo
MTTO Rutinario	Km/Veh	\$ 2.837.900	0,5487	400000	\$ 3,89

Tabla 32 Costo Mantenimiento Rutinario Facility 4

4.5.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Pista a Kennedy



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Pórtico	PC101								
Sentido									
Categoría	C1	MTTO Rutinario C1	Costo Iluminación Exterior C1	MTTO Rutinario C2	MTTO Periódico C2	Costo Iluminación Exterior C2	MTTO Rutinario C3	MTTO Periódico C3	Costo Iluminación Exterior C3
1-6	2974	\$11.577	\$5.527	\$297	\$3.069	\$142	\$3	\$19	\$1
2-6	3100	\$12.069	\$5.528	\$307	\$3.165	\$141	\$4	\$24	\$2
3-6	3073	\$11.964	\$5.532	\$297	\$3.061	\$137	\$2	\$14	\$1
4-6	3235	\$12.594	\$5.531	\$315	\$3.253	\$138	\$1	\$5	\$0
5-6	3327	\$12.951	\$5.537	\$308	\$3.173	\$131	\$4	\$24	\$2
6-6	1643	\$6.398	\$5.547	\$137	\$1.414	\$119	\$5	\$29	\$4
7-6	1295	\$5.043	\$5.638	\$28	\$289	\$31	\$1	\$5	\$1
8-6	2998	\$11.670	\$5.519	\$315	\$3.253	\$149	\$3	\$19	\$1
9-6	3127	\$12.174	\$5.528	\$308	\$3.181	\$140	\$4	\$24	\$2
10-6	3146	\$12.249	\$5.556	\$250	\$2.579	\$113	\$2	\$14	\$1
11-6	3118	\$12.137	\$5.521	\$324	\$3.342	\$147	\$3	\$19	\$1
12-6	3291	\$12.812	\$5.528	\$325	\$3.350	\$140	\$4	\$24	\$2
13-6	1657	\$6.451	\$5.551	\$134	\$1.382	\$115	\$5	\$29	\$4
14-6	1088	\$4.235	\$5.629	\$30	\$313	\$40	\$1	\$5	\$1
15-6	2962	\$11.532	\$5.537	\$273	\$2.820	\$131	\$4	\$24	\$2
16-6	3137	\$12.212	\$5.532	\$302	\$3.117	\$137	\$3	\$19	\$1
17-6	3071	\$11.957	\$5.516	\$330	\$3.406	\$152	\$4	\$24	\$2
18-6	3182	\$12.388	\$5.525	\$324	\$3.342	\$144	\$2	\$14	\$1
19-6	3371	\$13.122	\$5.528	\$333	\$3.438	\$140	\$3	\$19	\$1
20-6	1550	\$6.034	\$5.575	\$99	\$1.020	\$91	\$4	\$24	\$4
21-6	1344	\$5.230	\$5.635	\$32	\$329	\$34	\$1	\$5	\$1
22-6	2990	\$11.641	\$5.527	\$300	\$3.093	\$142	\$2	\$10	\$1
23-6	3126	\$12.168	\$5.510	\$350	\$3.607	\$158	\$4	\$24	\$2
24-6	3112	\$12.115	\$5.509	\$354	\$3.655	\$161	\$1	\$5	\$0
25-6	3132	\$12.192	\$5.512	\$346	\$3.575	\$157	\$2	\$14	\$1
26-6	3339	\$12.998	\$5.514	\$365	\$3.768	\$155	\$3	\$19	\$1
27-6	1442	\$5.613	\$5.515	\$155	\$1.599	\$152	\$2	\$14	\$2
28-6	782	\$3.043	\$5.596	\$37	\$386	\$69	\$3	\$19	\$6
29-6	1110	\$4.322	\$5.596	\$55	\$562	\$71	\$2	\$14	\$3
30-6	3142	\$12.231	\$5.522	\$325	\$3.358	\$147	\$3	\$19	\$1

Tabla 33 Costos Variables por Actividades por Categoría de Vehículos

4.5.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Pista a Kennedy

Pórtico	PC101			TOTAL									
Sentido	NORTE				Costos Variables Cat C1			Costo Variable Cat C2			Costo Variable Cat C3		
Categoría	C1	C2	C3	79776,6	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	2974	76	1	3.051	\$17.103	\$4	\$6	\$3.508	\$43	\$46	\$24	\$29	\$30
2-6	3100	79	1	3.180	\$17.596	\$4	\$6	\$3.612	\$45	\$46	\$30	\$30	\$30



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

3-6	3073	76	1	3.150	\$17.496	\$4	\$6	\$3.494	\$44	\$46	\$18	\$30	\$30
4-6	3235	81	0	3.316	\$18.125	\$4	\$6	\$3.707	\$48	\$46	\$6	\$30	\$30
5-6	3327	79	1	3.407	\$18.488	\$4	\$6	\$3.612	\$44	\$46	\$30	\$40	\$30
6-6	1643	35	1	1.680	\$11.945	\$4	\$7	\$1.670	\$47	\$47	\$38	\$31	\$31
7-6	1295	7	0	1.303	\$10.681	\$4	\$8	\$349	\$46	\$48	\$6	\$29	\$32
8-6	2998	81	1	3.080	\$17.189	\$4	\$6	\$3.718	\$49	\$46	\$24	\$29	\$30
9-6	3127	79	1	3.207	\$17.702	\$5	\$6	\$3.629	\$46	\$46	\$30	\$30	\$30
10-6	3146	64	1	3.211	\$17.804	\$5	\$6	\$2.942	\$46	\$46	\$18	\$30	\$30
11-6	3118	83	1	3.202	\$17.658	\$4	\$6	\$3.813	\$8	\$46	\$24	\$29	\$30
12-6	3291	83	1	3.376	\$18.341	\$4	\$6	\$3.815	\$45	\$46	\$30	\$40	\$30
13-6	1657	34	1	1.693	\$12.002	\$4	\$7	\$1.631	\$47	\$47	\$38	\$31	\$31
14-6	1088	8	0	1.096	\$9.863	\$4	\$9	\$384	\$46	\$49	\$7	\$29	\$33
15-6	2962	70	1	3.033	\$17.068	\$4	\$6	\$3.224	\$45	\$46	\$30	\$30	\$30
16-6	3137	78	1	3.215	\$17.744	\$4	\$6	\$3.556	\$46	\$46	\$24	\$30	\$30
17-6	3071	85	1	3.157	\$17.473	\$4	\$6	\$3.888	\$49	\$46	\$30	\$30	\$30
18-6	3182	83	1	3.266	\$17.912	\$4	\$6	\$3.810	\$42	\$46	\$18	\$29	\$30
19-6	3371	86	1	3.457	\$18.650	\$4	\$6	\$3.912	\$45	\$46	\$24	\$39	\$30
20-6	1550	25	1	1.576	\$11.609	\$4	\$7	\$1.210	\$47	\$48	\$32	\$31	\$32
21-6	1344	8	0	1.352	\$10.865	\$4	\$8	\$396	\$46	\$48	\$6	\$27	\$32
22-6	2990	77	0	3.068	\$17.167	\$4	\$6	\$3.535	\$45	\$46	\$12	\$30	\$30
23-6	3126	90	1	3.216	\$17.678	\$4	\$6	\$4.115	\$46	\$46	\$30	\$30	\$30
24-6	3112	91	0	3.203	\$17.624	\$4	\$6	\$4.170	\$46	\$46	\$6	\$30	\$30
25-6	3132	89	1	3.221	\$17.704	\$4	\$6	\$4.078	\$44	\$46	\$18	\$29	\$30
26-6	3339	94	1	3.434	\$18.512	\$4	\$6	\$4.288	\$44	\$46	\$24	\$23	\$30
27-6	1442	40	1	1.482	\$11.128	\$4	\$8	\$1.906	\$47	\$48	\$19	\$45	\$32
28-6	782	10	1	792	\$8.638	\$4	\$11	\$492	\$44	\$51	\$28	\$42	\$35
29-6	1110	14	1	1.125	\$9.918	\$4	\$9	\$687	\$45	\$49	\$20	\$20	\$33
30-6	3142	84	1	3.226	\$17.753	\$6	\$6	\$3.830	\$46	\$46	\$24	\$30	\$30

Tabla 34 Costo Variable Total de Facility 4

4.5.4. Estructura de Costo Facility 4: Pista a Kennedy



Gráfico 4 Estructura de Costo por Categoría Vehículos Facility 4

4.6.Facility 5: Pista a Av. El Cerro

4.6.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 5: Pista a Av. El Cerro

Electricidad	Insumos			
MTTO Saneamiento				
MTTO Paisajismo				
MTTO Rutinario Asfalto				
MTTO Periodico Asfalto				
	Recursos			
Pista a Av. El Cerro				
5				
Pavimento Asfáltico		Costos Variables	Pista Av. El Cerro	
Señalización Fija				
Seguridad Vial				
Estructuras		Costos Fijos	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto	
Paisajismo				
Saneamiento				
Iluminación Exterior				
CC TV Móviles	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto			
Monitoreo de Tráfico				
Telefonía SOS				
Medición Meteorológica	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto			
Facility 5	Matriz de Costo			

Tabla 35 Matriz de Costo de Facility 5

4.6.2. Costos Fijos Facility 5: Pista a Av. El Cerro

4.6.2.1. Definición de Costos Fijos de Pista a Av. El Cerro



Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
5. Salida Pista Av. El Cerro					
Contrato Mantenimiento Paisajismo Tramo 3 C1	Unidad	1	\$140.158	\$140.158	\$1.681.895
Contrato Saneamiento Tramo 3 C1	Unidad	1	\$277.816	\$277.816	\$3.333.798
Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 3 C1	Unidad	1	\$257.497	\$257.497	\$3.089.964
I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo 3 C1	Unidad	1	\$253.338	\$253.338	\$3.040.059
Subtotal				\$928.810	\$11.145.715

Tabla 36 Definición de Costos Fijos Facility 5

4.6.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Pista a Av. El Cerro

Pórtico	PC101			TOTAL	5. Salida Av. El Cerro		
Sentido		NORTE			CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
Categoría	C1	C2	C3	398883			
1-6	14869	382	4	15.255	\$30.219	\$733	\$8
2-6	15501	394	5	15.900	\$30.219	\$733	\$8
3-6	15367	381	3	15.751	\$30.219	\$733	\$8
4-6	16176	405	1	16.582	\$30.219	\$733	\$8
5-6	16634	395	5	17.034	\$30.219	\$733	\$8
6-6	8217	176	6	8.399	\$30.219	\$733	\$8
7-6	6477	36	1	6.514	\$30.219	\$733	\$8
8-6	14989	405	4	15.398	\$30.219	\$733	\$8
9-6	15636	396	5	16.037	\$30.219	\$733	\$8
10-6	15732	321	3	16.056	\$30.219	\$733	\$8
11-6	15589	416	4	16.009	\$30.219	\$733	\$8
12-6	16456	417	5	16.878	\$30.219	\$733	\$8
13-6	8286	172	6	8.464	\$30.219	\$733	\$8
14-6	5439	39	1	5.479	\$30.219	\$733	\$8
15-6	14811	351	5	15.167	\$30.219	\$733	\$8
16-6	15685	388	4	16.077	\$30.219	\$733	\$8
17-6	15357	424	5	15.786	\$30.219	\$733	\$8
18-6	15911	416	3	16.330	\$30.219	\$733	\$8
19-6	16854	428	4	17.286	\$30.219	\$733	\$8
20-6	7750	127	5	7.882	\$30.219	\$733	\$8
21-6	6718	41	1	6.760	\$30.219	\$733	\$8
22-6	14951	385	2	15.338	\$30.219	\$733	\$8
23-6	15628	449	5	16.082	\$30.219	\$733	\$8
24-6	15561	455	1	16.017	\$30.219	\$733	\$8
25-6	15659	445	3	16.107	\$30.219	\$733	\$8
26-6	16695	469	4	17.168	\$30.219	\$733	\$8
27-6	7209	199	3	7.411	\$30.219	\$733	\$8
28-6	3908	48	4	3.960	\$30.219	\$733	\$8



29-6	5551	70	3	5.624	\$30.219	\$733	\$8
30-6	15710	418	4	16.132	\$30.219	\$733	\$8

Tabla 37 Costo Fijo por Categoría Vehicular Facility 5

4.6.3. Costos Variables Facility 5: Pista a Av. El Cerro

4.6.3.1. Definición de Costo Variable de Pista a Av. El cerro

1. Costo Diario de Consumo de Electricidad por Iluminación

CV Iluminación	Cantidad	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Iluminación 250W	10	0,25	12	30	\$ 70	\$ 2.100,00	Kw/Día
Iluminación 150W	1	0,15	12	1,8	\$ 70	\$ 126,00	Kw/Día

Total \$ 2.226,00

Tabla 38 Costo Diario Consumo Electricidad Facility 5

2. Costo Mantenimiento Periódico de Asfalto por Tipo de Vehículo

2.1. Actividad de Fresado y Recapado de Pavimento Asfáltico

Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Cantidad	Unitario /\$	Total Anual	Total Mensual
Fresado y Recapado	m²	245,24	7	49,1	\$ 25.160	\$ 1.235.282	\$ 102.940

Tabla 39 Costo Mantenimiento Asfalto Facility 5

- Se realiza Fresado y Recapado a un 2,86% de 245,24 m de pista

2.2. Costo de Mantenimiento Periódico de Pavimento Asfáltico

Categoría C2: Camiones Buses C3: Camiones con Remolque

Costo Variable	Unidad	Tráfico C2	Tráfico C3	3 Ejes C2	5 Ejes C3	% C2/Pista	% C3/Pista	Costo C2	Costo C3
MTTO Periódico	m²/Veh	6.047	70	18140,16	348,8	98,86%	1,14%	\$5,61	\$3,37

Tabla 40 Costo Mantenimiento Periódico Asfalto Facility 5

- El MTTO Periódico corresponde al costo de Fresado y Recapado por Vehículo Pesado (C2 y C3)
- El 64% del tráfico ocupa esta pista, pero cerca del 2,4% son Vehículos Pesados (6.054 vehículos pesados aproximadamente)

3. Costo Mantenimiento Rutinario a Asfalto

Actividad	Unidad	Costo/Km	Km	Veh	Costo
MTTO Rutinario	Veh	\$ 2.837.900	0,24524	400000	\$ 1,74

Tabla 41 Costo Mantenimiento Rutinario Asfalto Facility 5

3.1.1.1. Costo Variable por Categoría Vehicular de Pista a Av. El Cerro

Pórtico	PC101	TOTAL
Sentido	NORTE	



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Categoría	C1	C2	C3	255286	MTTO Rutinario C1	Costo Iluminación Exterior C1	MTTO Rutinario C2	MTTO Periódico C2	Costo Iluminación Exterior C2	MTTO Rutinario C3	MTTO Periódico C3	Costo Iluminación Exterior C3
1-6	9516	244	3	9.763	\$16.557	\$2.170	\$425	\$1.372	\$56	\$4	\$9	\$1
2-6	9921	252	3	10.176	\$17.261	\$2.170	\$439	\$1.415	\$55	\$6	\$11	\$1
3-6	9835	244	2	10.081	\$17.112	\$2.172	\$424	\$1.368	\$54	\$3	\$6	\$0
4-6	10353	259	1	10.612	\$18.013	\$2.171	\$451	\$1.454	\$54	\$1	\$2	\$0
5-6	10646	253	3	10.902	\$18.523	\$2.174	\$440	\$1.418	\$52	\$6	\$11	\$1
6-6	5259	113	4	5.375	\$9.150	\$2.178	\$196	\$632	\$47	\$7	\$13	\$2
7-6	4145	23	1	4.169	\$7.212	\$2.213	\$40	\$129	\$12	\$1	\$2	\$0
8-6	9593	259	3	9.855	\$16.691	\$2.167	\$451	\$1.454	\$59	\$4	\$9	\$1
9-6	10007	253	3	10.264	\$17.411	\$2.170	\$441	\$1.422	\$55	\$6	\$11	\$1
10-6	10068	205	2	10.276	\$17.518	\$2.181	\$357	\$1.153	\$45	\$3	\$6	\$0
11-6	9977	266	3	10.246	\$17.359	\$2.168	\$463	\$1.494	\$58	\$4	\$9	\$1
12-6	10532	267	3	10.802	\$18.325	\$2.170	\$464	\$1.497	\$55	\$6	\$11	\$1
13-6	5303	110	4	5.417	\$9.227	\$2.179	\$192	\$618	\$45	\$7	\$13	\$2
14-6	3481	25	1	3.507	\$6.057	\$2.210	\$43	\$140	\$16	\$1	\$2	\$0
15-6	9479	225	3	9.707	\$16.493	\$2.174	\$391	\$1.260	\$52	\$6	\$11	\$1
16-6	10038	248	3	10.289	\$17.466	\$2.172	\$432	\$1.393	\$54	\$4	\$9	\$1
17-6	9828	271	3	10.103	\$17.101	\$2.166	\$472	\$1.522	\$60	\$6	\$11	\$1
18-6	10183	266	2	10.451	\$17.718	\$2.169	\$463	\$1.494	\$57	\$3	\$6	\$0
19-6	10787	274	3	11.063	\$18.768	\$2.170	\$477	\$1.537	\$55	\$4	\$9	\$1
20-6	4960	81	3	5.044	\$8.630	\$2.189	\$141	\$456	\$36	\$6	\$11	\$1
21-6	4300	26	1	4.326	\$7.481	\$2.212	\$46	\$147	\$14	\$1	\$2	\$0
22-6	9569	246	1	9.816	\$16.649	\$2.170	\$429	\$1.382	\$56	\$2	\$4	\$0
23-6	10002	287	3	10.292	\$17.403	\$2.163	\$500	\$1.612	\$62	\$6	\$11	\$1
24-6	9959	291	1	10.251	\$17.328	\$2.163	\$507	\$1.634	\$63	\$1	\$2	\$0
25-6	10022	285	2	10.308	\$17.437	\$2.164	\$496	\$1.598	\$61	\$3	\$6	\$0
26-6	10685	300	3	10.988	\$18.591	\$2.165	\$522	\$1.684	\$61	\$4	\$9	\$1
27-6	4614	127	2	4.743	\$8.028	\$2.165	\$222	\$714	\$60	\$3	\$6	\$1
28-6	2501	31	3	2.534	\$4.352	\$2.197	\$53	\$172	\$27	\$4	\$9	\$2
29-6	3553	45	2	3.599	\$6.181	\$2.197	\$78	\$251	\$28	\$3	\$6	\$1
30-6	10054	268	3	10.324	\$17.494	\$2.168	\$465	\$1.501	\$58	\$4	\$9	\$1

Tabla 42 Costo de Actividades por Facility 5

3.1.1.2. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Pista a Av. El Cerro

Pórtico	PC101			TOTAL									
Sentido	NORTE				Costos Variables Cat C1			Costo Variable Cat C2			Costo Variable Cat C3		
Categoría	C1	C2	C3	255285	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	9516	244	3	9.763	\$18.727	\$2	\$2	\$1.853	\$7	\$8	\$14	\$5	\$5



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

2-6	9921	252	3	10.176	\$19.431	\$2	\$2	\$1.909	\$8	\$8	\$17	\$5	\$5
3-6	9835	244	2	10.081	\$19.284	\$2	\$2	\$1.846	\$7	\$8	\$10	\$5	\$5
4-6	10353	259	1	10.612	\$20.184	\$2	\$2	\$1.959	\$8	\$8	\$3	\$5	\$5
5-6	10646	253	3	10.902	\$20.696	\$2	\$2	\$1.910	\$7	\$8	\$17	\$7	\$5
6-6	5259	113	4	5.375	\$11.328	\$2	\$2	\$875	\$8	\$8	\$21	\$5	\$6
7-6	4145	23	1	4.169	\$9.426	\$2	\$2	\$182	\$8	\$8	\$4	\$5	\$6
8-6	9593	259	3	9.855	\$18.858	\$2	\$2	\$1.964	\$8	\$8	\$14	\$5	\$5
9-6	10007	253	3	10.264	\$19.582	\$2	\$2	\$1.918	\$8	\$8	\$17	\$5	\$5
10-6	10068	205	2	10.276	\$19.699	\$2	\$2	\$1.554	\$8	\$8	\$10	\$5	\$5
11-6	9977	266	3	10.246	\$19.527	\$2	\$2	\$2.015	\$3	\$8	\$14	\$5	\$5
12-6	10532	267	3	10.802	\$20.495	\$2	\$2	\$2.017	\$7	\$8	\$17	\$7	\$5
13-6	5303	110	4	5.417	\$11.406	\$2	\$2	\$854	\$8	\$8	\$21	\$5	\$6
14-6	3481	25	1	3.507	\$8.266	\$2	\$2	\$199	\$8	\$8	\$4	\$5	\$6
15-6	9479	225	3	9.707	\$18.666	\$2	\$2	\$1.703	\$7	\$8	\$17	\$5	\$5
16-6	10038	248	3	10.289	\$19.638	\$2	\$2	\$1.879	\$8	\$8	\$14	\$5	\$5
17-6	9828	271	3	10.103	\$19.266	\$2	\$2	\$2.054	\$8	\$8	\$17	\$5	\$5
18-6	10183	266	2	10.451	\$19.887	\$2	\$2	\$2.014	\$7	\$8	\$10	\$5	\$5
19-6	10787	274	3	11.063	\$20.938	\$2	\$2	\$2.068	\$7	\$8	\$14	\$7	\$5
20-6	4960	81	3	5.044	\$10.819	\$2	\$2	\$633	\$8	\$8	\$18	\$6	\$6
21-6	4300	26	1	4.326	\$9.693	\$2	\$2	\$206	\$8	\$8	\$4	\$5	\$6
22-6	9569	246	1	9.816	\$18.818	\$2	\$2	\$1.867	\$8	\$8	\$7	\$5	\$5
23-6	10002	287	3	10.292	\$19.566	\$2	\$2	\$2.174	\$8	\$8	\$17	\$5	\$5
24-6	9959	291	1	10.251	\$19.491	\$2	\$2	\$2.204	\$8	\$8	\$3	\$5	\$5
25-6	10022	285	2	10.308	\$19.601	\$2	\$2	\$2.155	\$7	\$8	\$10	\$5	\$5
26-6	10685	300	3	10.988	\$20.755	\$2	\$2	\$2.267	\$7	\$8	\$14	\$5	\$5
27-6	4614	127	2	4.743	\$10.193	\$2	\$2	\$996	\$8	\$8	\$11	\$7	\$6
28-6	2501	31	3	2.534	\$6.549	\$2	\$3	\$253	\$7	\$8	\$15	\$7	\$6
29-6	3553	45	2	3.599	\$8.378	\$2	\$2	\$357	\$7	\$8	\$11	\$4	\$6
30-6	10054	268	3	10.324	\$19.662	\$6	\$2	\$2.024	\$46	\$8	\$14	\$30	\$5

Tabla 43 Costo Variable Total Facility 5

3.1.2. Estructura de Costo Facility 5: Pista a Av. El Cerro

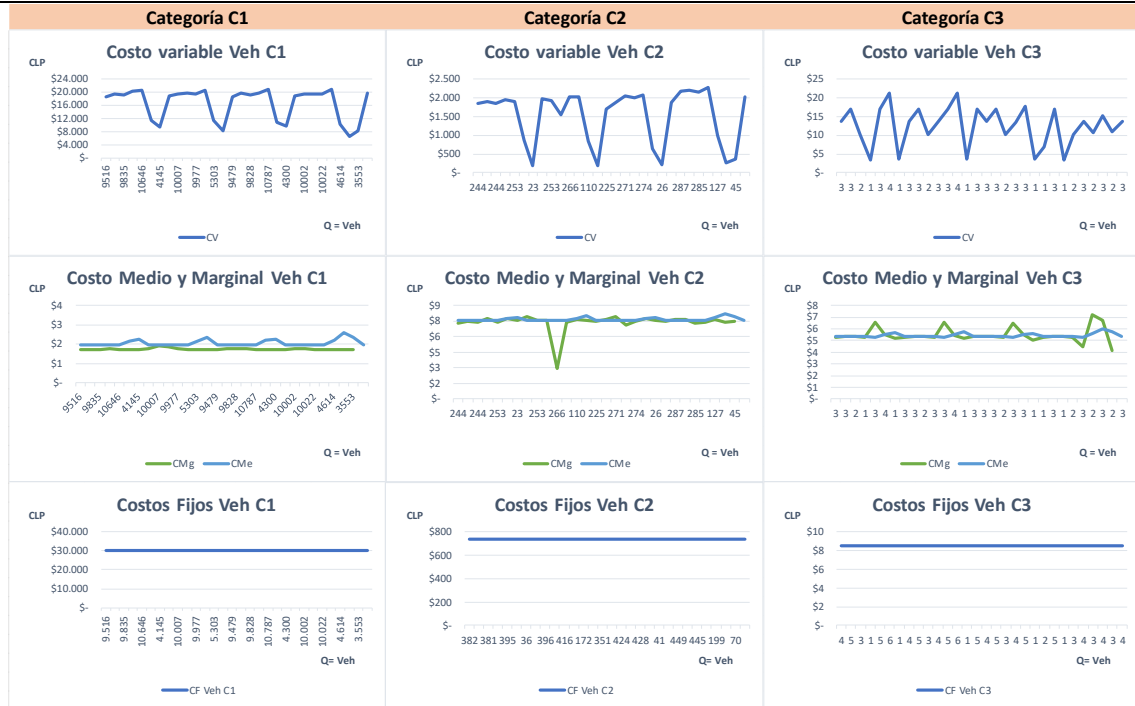


Gráfico 5 Estructura de Costo Facility 5

4.7. Facility 6: Pista a Av. Los Conquistadores

4.7.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 6: Pista a Av. Los Conquistadores

Electricidad	Insumos			
MTTO Saneamiento				
MTTO Paisajismo				
MTTO Rutinario Asfalto				
MTTO Periodico Asfalto				
Pista a Av. Los Conquistadores 6	Recursos	Pista Av. Los Conquistadores		
		Costos Directos	Costos Indirectos	
		Costos Variables	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto	
			Mantenimiento Periódico Pavimento Asfalto	
			Electricidad de Iluminación	
		Costos Fijos		Mantenimiento Seg. Vial y Señalización
				Mantenimiento Paisajismo
				Mntenimiento Saneamiento
				I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos)
			Matriz de Costo	

Tabla 44 Matriz de Costo Facility 6



4.7.2. Costos Fijos Facility 6: Pista a Av. Los Conquistadores

4.7.2.1. Definición de Costos Fijos de Pista a Av. Los Conquistadores

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
6. Salida Pista Av. Los Conquistadores					
Contrato Mantenimiento Paisajismo Tramo 3 C1	Unidad	1	\$140.158	\$140.158	\$1.681.895
Contrato Saneamiento Tramo 3 C1	Unidad	1	\$277.816	\$277.816	\$3.333.798
Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 3 C1	Unidad	1	\$257.497	\$257.497	\$3.089.964
I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo 3 C1	Unidad	1	\$253.338	\$253.338	\$3.040.059
			Subtotal	\$928.810	\$11.145.715

Tabla 45 Definición de Costos Fijos FACILITY 6

4.7.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Pista a Av. Los Conquistadores

Pórtico	PC101			TOTAL	6. Salida Av. Los Conquistadores		
Sentido		NORTE					
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$30.219	\$733	\$8
2-6	15501	394	5	15.900	\$30.219	\$733	\$8
3-6	15367	381	3	15.751	\$30.219	\$733	\$8
4-6	16176	405	1	16.582	\$30.219	\$733	\$8
5-6	16634	395	5	17.034	\$30.219	\$733	\$8
6-6	8217	176	6	8.399	\$30.219	\$733	\$8
7-6	6477	36	1	6.514	\$30.219	\$733	\$8
8-6	14989	405	4	15.398	\$30.219	\$733	\$8
9-6	15636	396	5	16.037	\$30.219	\$733	\$8
10-6	15732	321	3	16.056	\$30.219	\$733	\$8
11-6	15589	416	4	16.009	\$30.219	\$733	\$8
12-6	16456	417	5	16.878	\$30.219	\$733	\$8
13-6	8286	172	6	8.464	\$30.219	\$733	\$8
14-6	5439	39	1	5.479	\$30.219	\$733	\$8
15-6	14811	351	5	15.167	\$30.219	\$733	\$8
16-6	15685	388	4	16.077	\$30.219	\$733	\$8
17-6	15357	424	5	15.786	\$30.219	\$733	\$8
18-6	15911	416	3	16.330	\$30.219	\$733	\$8
19-6	16854	428	4	17.286	\$30.219	\$733	\$8
20-6	7750	127	5	7.882	\$30.219	\$733	\$8
21-6	6718	41	1	6.760	\$30.219	\$733	\$8
22-6	14951	385	2	15.338	\$30.219	\$733	\$8
23-6	15628	449	5	16.082	\$30.219	\$733	\$8
24-6	15561	455	1	16.017	\$30.219	\$733	\$8
25-6	15659	445	3	16.107	\$30.219	\$733	\$8
26-6	16695	469	4	17.168	\$30.219	\$733	\$8
27-6	7209	199	3	7.411	\$30.219	\$733	\$8
28-6	3908	48	4	3.960	\$30.219	\$733	\$8



29-6	5551	70	3	5.624	\$30.219	\$733	\$8
30-6	15710	418	4	16.132	\$30.219	\$733	\$8

Tabla 46 Costos Fijos Por Categoría Facility 6

4.7.3. Costos Variables Facility 6: Pista a Av. Los Conquistadores

4.7.3.1. Definición de Costo Variable de Pista a Av. Los Conquistadores

1. Costo Diario de Consumo de Electricidad por Iluminación

CV Iluminación	Cantidad	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Iluminación 250W	10	0,25	12	30	\$ 70	\$ 2.100,00	Kw/Día
Iluminación 150W	1	0,15	12	1,8	\$ 70	\$ 126,00	Kw/Día

Total \$ 2.226,00

Tabla 47 Costo Consumo Electricidad Iluminación Facility 6

2. Costo Mantenimiento Periódico de Asfalto por Tipo de Vehículo

2.1. Actividad de Fresado y Recapado de Pavimento Asfáltico

Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Cantidad	Unitario /\$	Total Anual	Total Mensual
Fresado y Recapado	m²	200	3,5	20,0	\$ 25.160	\$ 503.703	\$ 41.975

Tabla 48 Actividad de Fresado y Recapado Facility 6

- Se realiza Fresado y Recapado a un 2,86% de 200 m de pista

2.2. Costo de Mantenimiento Periódico de Pavimento Asfáltico

Costo Variable	Unidad	Tráfico C2	Tráfico C3	3 Ejes C2	5 Ejes C3	% C2/Pista	% C3/Pista	Costo C2	Costo C3
MTTO Periódico	m²/Veh	1.512	17	4535,04	87,2	98,86%	1,14%	\$9,15	\$5,49

Tabla 49 Costo de Mantenimiento Periódico por Categoría Vehicular Facility 6

- El MTTO Periódico corresponde al costo de Fresado y Recapado por Vehículo Pesado (C2 y C3). No considera vehículos livianos
- El tráfico total por esta pista es de un 16%, pero los vehículos pesados son cerca de un 2,4% luego de salir del túnel.

3. Costo Mantenimiento Rutinario a Asfalto

Actividad	Unidad	Costo/Km	Km	Veh	Costo
MTTO Rutinario	Veh	\$ 2.837.900	0,2	400000	\$ 1,42

Tabla 50 Costo Mantenimiento Rutinario Facility 6

- Limpieza de faja y Sello de Grietas a Tramo 3 Eje C1 de 200 metros. Considera todo el tráfico

4.7.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Pista a Av. Los Conquistadores



MTTO Rutinario C1	Costo Iluminación Exterior C1	MTTO Rutinario C2	MTTO Periódico C2	Costo Iluminación Exterior C2	MTTO Rutinario C3	MTTO Periódico C3	Costo Iluminación Exterior C3
\$3.376	\$2.170	\$87	\$559	\$56	\$1	\$4	\$1
\$3.519	\$2.170	\$89	\$577	\$55	\$1	\$4	\$1
\$3.489	\$2.172	\$86	\$558	\$54	\$1	\$3	\$0
\$3.672	\$2.171	\$92	\$593	\$54	\$0	\$1	\$0
\$3.776	\$2.174	\$90	\$578	\$52	\$1	\$4	\$1
\$1.866	\$2.178	\$40	\$258	\$47	\$1	\$5	\$2
\$1.470	\$2.213	\$8	\$53	\$12	\$0	\$1	\$0
\$3.403	\$2.167	\$92	\$593	\$59	\$1	\$4	\$1
\$3.550	\$2.170	\$90	\$580	\$55	\$1	\$4	\$1
\$3.572	\$2.181	\$73	\$470	\$45	\$1	\$3	\$0
\$3.539	\$2.168	\$94	\$609	\$58	\$1	\$4	\$1
\$3.736	\$2.170	\$95	\$611	\$55	\$1	\$4	\$1
\$1.881	\$2.179	\$39	\$252	\$45	\$1	\$5	\$2
\$1.235	\$2.210	\$9	\$57	\$16	\$0	\$1	\$0
\$3.363	\$2.174	\$80	\$514	\$52	\$1	\$4	\$1
\$3.561	\$2.172	\$88	\$568	\$54	\$1	\$4	\$1
\$3.487	\$2.166	\$96	\$621	\$60	\$1	\$4	\$1
\$3.612	\$2.169	\$94	\$609	\$57	\$1	\$3	\$0
\$3.826	\$2.170	\$97	\$627	\$55	\$1	\$4	\$1
\$1.759	\$2.189	\$29	\$186	\$36	\$1	\$4	\$1
\$1.525	\$2.212	\$9	\$60	\$14	\$0	\$1	\$0
\$3.394	\$2.170	\$87	\$564	\$56	\$0	\$2	\$0
\$3.548	\$2.163	\$102	\$657	\$62	\$1	\$4	\$1
\$3.533	\$2.163	\$103	\$666	\$63	\$0	\$1	\$0
\$3.555	\$2.164	\$101	\$651	\$61	\$1	\$3	\$0
\$3.790	\$2.165	\$106	\$687	\$61	\$1	\$4	\$1
\$1.637	\$2.165	\$45	\$291	\$60	\$1	\$3	\$1
\$887	\$2.197	\$11	\$70	\$27	\$1	\$4	\$2
\$1.260	\$2.197	\$16	\$102	\$28	\$1	\$3	\$1
\$3.567	\$2.168	\$95	\$612	\$58	\$1	\$4	\$1

Tabla 51 Costo Variable por Actividad Facility 6

4.7.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Pista a Av. Los Conquistadores

Costos Variables Cat C1			Costo Variable Cat C2			Costo Variable Cat C3		
CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
\$5.545	\$1	\$2	\$702	\$10	\$11	\$5	\$8	\$8
\$5.689	\$1	\$2	\$721	\$11	\$11	\$6	\$8	\$8
\$5.661	\$1	\$2	\$698	\$11	\$11	\$4	\$8	\$8
\$5.844	\$1	\$2	\$739	\$12	\$11	\$1	\$8	\$8
\$5.950	\$1	\$2	\$720	\$11	\$11	\$6	\$13	\$8
\$4.043	\$1	\$3	\$344	\$12	\$12	\$8	\$8	\$9
\$3.684	\$1	\$4	\$73	\$11	\$13	\$1	\$7	\$9
\$5.570	\$1	\$2	\$743	\$13	\$11	\$5	\$8	\$8
\$5.720	\$2	\$2	\$725	\$11	\$11	\$6	\$8	\$8
\$5.753	\$2	\$2	\$587	\$11	\$11	\$4	\$8	\$8
\$5.707	\$1	\$2	\$761	\$7	\$11	\$5	\$8	\$8



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

\$5.906	\$1	\$2	\$760	\$11	\$11	\$6	\$13	\$8
\$4.060	\$1	\$3	\$336	\$12	\$12	\$8	\$8	\$9
\$3.445	\$1	\$4	\$82	\$11	\$13	\$2	\$7	\$9
\$5.536	\$1	\$2	\$645	\$11	\$11	\$6	\$8	\$8
\$5.733	\$2	\$2	\$710	\$12	\$11	\$5	\$8	\$8
\$5.652	\$1	\$2	\$777	\$13	\$11	\$6	\$8	\$8
\$5.781	\$1	\$2	\$760	\$10	\$11	\$4	\$8	\$8
\$5.997	\$1	\$2	\$779	\$11	\$11	\$5	\$13	\$8
\$3.948	\$1	\$3	\$251	\$12	\$12	\$7	\$9	\$9
\$3.737	\$1	\$3	\$83	\$11	\$13	\$1	\$7	\$9
\$5.564	\$1	\$2	\$707	\$11	\$11	\$3	\$8	\$8
\$5.711	\$1	\$2	\$821	\$12	\$11	\$6	\$8	\$8
\$5.695	\$2	\$2	\$833	\$12	\$11	\$1	\$8	\$8
\$5.719	\$1	\$2	\$814	\$10	\$11	\$4	\$8	\$8
\$5.955	\$1	\$2	\$854	\$11	\$11	\$5	\$5	\$8
\$3.802	\$1	\$3	\$396	\$12	\$12	\$4	\$15	\$9
\$3.084	\$1	\$5	\$108	\$11	\$14	\$7	\$14	\$10
\$3.457	\$1	\$4	\$146	\$11	\$13	\$5	\$3	\$9
\$5.734	\$6	\$2	\$765	\$46	\$11	\$5	\$30	\$8

Tabla 52 Costo Variable Total Facility 6

4.7.4. Estructura de Costo Facility 6: Pista a Av. Los Conquistadores



Gráfico 6 Estructura de Costo Facility 6

4.8. Facility 7: Conservación

4.8.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 7: Conservación



Combustible	Insumos	Costos Variables	CONSERVACIÓN	
			Costos Directos	Costos Indirectos
			Bono Supervisor Conservación	
Facility 7	Recursos	Costos Fijos		Sueldo Supervisor Conservación
				Camioneta
				Celular
				Combustible

Tabla 53 Matriz de Costo Facility 7

4.8.2. Costos Fijos Facility 7: Conservación

4.8.2.1. Definición de Costos Fijos de Conservación

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
7. Conservación					
Sueldo Supervisor Conservación	Unidad	1	\$1.000.000	\$1.000.000	\$12.000.000
Sueldo Ayudante Conservación	Unidad	1	\$600.000	\$600.000	\$7.200.000
Camioneta	Unidad	1	\$50.000	\$50.000	\$600.000
Celular	Unidad	2	\$10.000	\$20.000	\$240.000
Combustible	Unidad	1	\$50.000	\$50.000	\$600.000
Subtotal				\$1.720.000	\$20.640.000

Tabla 54 Definición de Costos Fijos Facility 7

4.8.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Conservación

Pórtico	PC101			TOTAL	7. Conservación		
Sentido		NORTE					
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$55.960	\$1.358	\$16
2-6	15501	394	5	15.900	\$55.960	\$1.358	\$16
3-6	15367	381	3	15.751	\$55.960	\$1.358	\$16
4-6	16176	405	1	16.582	\$55.960	\$1.358	\$16
5-6	16634	395	5	17.034	\$55.960	\$1.358	\$16
6-6	8217	176	6	8.399	\$55.960	\$1.358	\$16
7-6	6477	36	1	6.514	\$55.960	\$1.358	\$16
8-6	14989	405	4	15.398	\$55.960	\$1.358	\$16
9-6	15636	396	5	16.037	\$55.960	\$1.358	\$16
10-6	15732	321	3	16.056	\$55.960	\$1.358	\$16
11-6	15589	416	4	16.009	\$55.960	\$1.358	\$16
12-6	16456	417	5	16.878	\$55.960	\$1.358	\$16
13-6	8286	172	6	8.464	\$55.960	\$1.358	\$16
14-6	5439	39	1	5.479	\$55.960	\$1.358	\$16
15-6	14811	351	5	15.167	\$55.960	\$1.358	\$16



16-6	15685	388	4	16.077	\$55.960	\$1.358	\$16
17-6	15357	424	5	15.786	\$55.960	\$1.358	\$16
18-6	15911	416	3	16.330	\$55.960	\$1.358	\$16
19-6	16854	428	4	17.286	\$55.960	\$1.358	\$16
20-6	7750	127	5	7.882	\$55.960	\$1.358	\$16
21-6	6718	41	1	6.760	\$55.960	\$1.358	\$16
22-6	14951	385	2	15.338	\$55.960	\$1.358	\$16
23-6	15628	449	5	16.082	\$55.960	\$1.358	\$16
24-6	15561	455	1	16.017	\$55.960	\$1.358	\$16
25-6	15659	445	3	16.107	\$55.960	\$1.358	\$16
26-6	16695	469	4	17.168	\$55.960	\$1.358	\$16
27-6	7209	199	3	7.411	\$55.960	\$1.358	\$16
28-6	3908	48	4	3.960	\$55.960	\$1.358	\$16
29-6	5551	70	3	5.624	\$55.960	\$1.358	\$16
30-6	15710	418	4	16.132	\$55.960	\$1.358	\$16

Tabla 55 Costos Fijos Facility 7

4.8.3. Costos Variables Facility 7: Conservación

4.8.3.1. Definición de Costo Variable de Conservación

1) Costo Variable Bono de Producción

a) Cálculo de Prima de Producción para Supervisor y Ayudante

Calculo Prima Producción Supervisor y Ayudante						
% Producción del Flujo Proyectado	Prima	Bono por Pórtico		Obs: Bono considera un sueldo año por ambos pórticos		
		Supervisor	Ayudante			
0,8	100%	83333	50000	Q		398.883
0,81	101%	84167	50500	Sueldo Sup		83333
0,82	102%	85000	51000	Sueldo Ayudante		50000
0,83	103%	85833	51500			
0,84	104%	86667	52000	Bono Sup		99167
0,85	105%	87500	52500	Bono Ayudante		59500
0,86	106%	88333	53000			
0,87	107%	89167	53500			
0,88	108%	90000	54000			
0,89	109%	90833	54500			
0,9	110%	91667	55000			
0,91	111%	92500	55500			
0,92	112%	93333	56000			
0,93	113%	94167	56500			
0,94	114%	95000	57000			
0,95	115%	95833	57500			
0,96	116%	96667	58000			
0,97	117%	97500	58500			
0,98	118%	98333	59000			
0,99	119%	99167	59500			
1	120%	100000	60000			
1,01	121%	100833	60500			
1,02	122%	101667	61000			
1,03	123%	102500	61500			
1,04	124%	103333	62000			
1,05	125%	104167	62500			

Tabla 56 Cálculo de Prima Producción Personal Facility 7



b) Cálculo costo Variable Bono de Producción por Categoría de Vehículo

Costo Variable	Costo	Cantidad/Veh	Costo	Unidad	Observaciones
Bono Supervisor	\$ 99.167	2,507E-06	\$0,25	Costo/Veh	Bono Supervisor Conservación (01)
Bono Ayudante	\$ 59.500	2,507E-06	\$0,45	Costo/Veh	Bono Ayudante (01)

Total \$0,70

Tabla 57 Costo Bono Producción Facility 7

4.8.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Conservación

Pórtico	PC101			TOTAL						
Sentido	NORTE				Veh Categoría C1		Veh Categoría C2		Veh Categoría C3	
Categoría	C1	C2	C3	398883	Bono Sup	Bono Ayudante	Bono Sup	Bono Ayudante	Bono Sup	Bono Ayudante
1-6	14869	382	4	15.255	\$3.697	\$6.654	\$95	\$171	\$1	\$2
2-6	15501	394	5	15.900	\$3.854	\$6.937	\$98	\$176	\$1	\$2
3-6	15367	381	3	15.751	\$3.820	\$6.877	\$95	\$170	\$1	\$1
4-6	16176	405	1	16.582	\$4.022	\$7.239	\$101	\$181	\$0	\$0
5-6	16634	395	5	17.034	\$4.135	\$7.444	\$98	\$177	\$1	\$2
6-6	8217	176	6	8.399	\$2.043	\$3.677	\$44	\$79	\$1	\$3
7-6	6477	36	1	6.514	\$1.610	\$2.898	\$9	\$16	\$0	\$0
8-6	14989	405	4	15.398	\$3.726	\$6.708	\$101	\$181	\$1	\$2
9-6	15636	396	5	16.037	\$3.887	\$6.997	\$98	\$177	\$1	\$2
10-6	15732	321	3	16.056	\$3.911	\$7.040	\$80	\$144	\$1	\$1
11-6	15589	416	4	16.009	\$3.876	\$6.976	\$103	\$186	\$1	\$2
12-6	16456	417	5	16.878	\$4.091	\$7.364	\$104	\$187	\$1	\$2
13-6	8286	172	6	8.464	\$2.060	\$3.708	\$43	\$77	\$1	\$3
14-6	5439	39	1	5.479	\$1.352	\$2.434	\$10	\$17	\$0	\$0
15-6	14811	351	5	15.167	\$3.682	\$6.628	\$87	\$157	\$1	\$2
16-6	15685	388	4	16.077	\$3.899	\$7.019	\$96	\$174	\$1	\$2
17-6	15357	424	5	15.786	\$3.818	\$6.872	\$105	\$190	\$1	\$2
18-6	15911	416	3	16.330	\$3.956	\$7.120	\$103	\$186	\$1	\$1
19-6	16854	428	4	17.286	\$4.190	\$7.542	\$106	\$192	\$1	\$2
20-6	7750	127	5	7.882	\$1.927	\$3.468	\$32	\$57	\$1	\$2
21-6	6718	41	1	6.760	\$1.670	\$3.006	\$10	\$18	\$0	\$0
22-6	14951	385	2	15.338	\$3.717	\$6.691	\$96	\$172	\$0	\$1
23-6	15628	449	5	16.082	\$3.885	\$6.994	\$112	\$201	\$1	\$2
24-6	15561	455	1	16.017	\$3.869	\$6.964	\$113	\$204	\$0	\$0
25-6	15659	445	3	16.107	\$3.893	\$7.007	\$111	\$199	\$1	\$1
26-6	16695	469	4	17.168	\$4.151	\$7.471	\$117	\$210	\$1	\$2
27-6	7209	199	3	7.411	\$1.792	\$3.226	\$49	\$89	\$1	\$1
28-6	3908	48	4	3.960	\$972	\$1.749	\$12	\$21	\$1	\$2
29-6	5551	70	3	5.624	\$1.380	\$2.484	\$17	\$31	\$1	\$1
30-6	15710	418	4	16.132	\$3.906	\$7.030	\$104	\$187	\$1	\$2

Tabla 58 Costo Variable por Categoría Facility 7



4.8.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Conservación

Categoría	Costos Variables Categoría C1			Costos Variables Categoría C2			Costos Variables Categoría C3		
Día	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	\$10.350	\$1	\$1	\$266	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
2-6	\$10.790	\$1	\$1	\$274	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
3-6	\$10.697	\$1	\$1	\$265	\$1	\$1	\$2	\$1	\$1
4-6	\$11.260	\$1	\$1	\$282	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1
5-6	\$11.579	\$1	\$1	\$275	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
6-6	\$5.720	\$1	\$1	\$123	\$1	\$1	\$4	\$1	\$1
7-6	\$4.509	\$1	\$1	\$25	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1
8-6	\$10.434	\$1	\$1	\$282	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
9-6	\$10.884	\$1	\$1	\$276	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
10-6	\$10.951	\$1	\$1	\$223	\$1	\$1	\$2	\$1	\$1
11-6	\$10.852	\$1	\$1	\$290	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
12-6	\$11.455	\$1	\$1	\$290	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
13-6	\$5.768	\$1	\$1	\$120	\$1	\$1	\$4	\$1	\$1
14-6	\$3.786	\$1	\$1	\$27	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1
15-6	\$10.310	\$1	\$1	\$244	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
16-6	\$10.918	\$1	\$1	\$270	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
17-6	\$10.690	\$1	\$1	\$295	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
18-6	\$11.076	\$1	\$1	\$290	\$1	\$1	\$2	\$1	\$1
19-6	\$11.732	\$1	\$1	\$298	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
20-6	\$5.395	\$1	\$1	\$88	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
21-6	\$4.676	\$1	\$1	\$29	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1
22-6	\$10.408	\$1	\$1	\$268	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1
23-6	\$10.879	\$1	\$1	\$313	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
24-6	\$10.832	\$1	\$1	\$317	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1
25-6	\$10.900	\$1	\$1	\$310	\$1	\$1	\$2	\$1	\$1
26-6	\$11.622	\$1	\$1	\$326	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
27-6	\$5.018	\$1	\$1	\$139	\$1	\$1	\$2	\$1	\$1
28-6	\$2.720	\$1	\$1	\$33	\$1	\$1	\$3	\$1	\$1
29-6	\$3.864	\$1	\$1	\$49	\$1	\$1	\$2	\$1	\$1
30-6	\$10.936	\$0	\$1	\$291	\$0	\$1	\$3	\$0	\$1

Tabla 59 Costo Variable Total Facility 7

4.8.4. Estructura de Costo Facility 7: Conservación

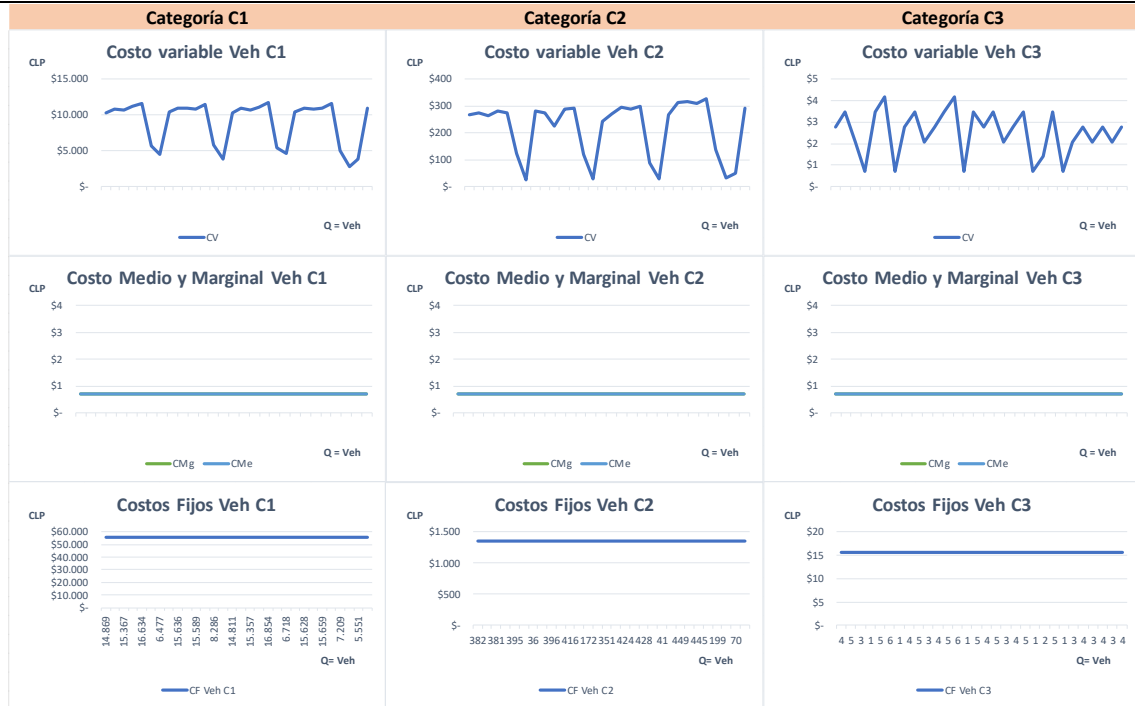


Gráfico 7 Estructura de Costo Facility 7

4.9. Facility 8: Asistencia y Seguridad Vial

4.9.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 8: Asistencia y Seguridad Vial

Combustible Electricidad Asistencia y Seguridad Vial 8 Camión Multipropósito Grúa Plataforma y Remolque Camión Equipo Incendios y Asistencia Vehículo de Supervisión y Patrullaje Asistentes Viales Facility 8	Insumos	ASISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL		
	Costos Variables	Costos Directos	Costos Indirectos	
		Combustible		
		Bono Asistentes Viales		
	Costos Fijos			
			Sueldo Asistente Vial	
			Arriendo Vehículos de Rescate y Asistencia	
			Celulares/Radio	
			Contrato Mantenimiento Herramientas de Rescate	
			Contrato arriendo Ambulancia 24Horas	
Contrato Arriendo Grúa Pesada 24Horas				
Matriz de Costo				

Tabla 60 Matriz de Costo Facility 8

4.9.2. Costos Fijos Facility 8: Asistencia y Seguridad Vial

4.9.2.1. Definición de Costos Fijos de Asistencia y Seguridad Vial



Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
8. Asistencia y Seguridad Vial					
Sueldo Asistente Vial	Unidad	20	\$400.000	\$8.000.000	\$96.000.000
Arriendo Vehículos de Rescate y Asistencia Celulares/Radio	Global	1	\$891.455	\$891.455	\$10.697.465
Contrato Mantenimiento Herramientas de Rescate	Unidad	20	\$7.500	\$150.000	\$1.800.000
Contrato arriendo Ambulancia 24Horas	Unidad	1	\$386.899	\$386.899	\$4.642.783
Contrato Arriendo Grúa Pesada 24Horas	Unidad	1	\$2.875.000	\$2.875.000	\$34.500.000
	Unidad	1	\$3.500.000	\$3.500.000	\$42.000.000
Subtotal				\$15.803.354	\$189.640.248

Tabla 61 Definición de Costos Fijos Facility 8

4.9.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Asistencia y Seguridad Vial

Categoría	8. Asistencia y Seguridad Vial		
Día	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	\$514.157	\$12.477	\$144
2-6	\$514.157	\$12.477	\$144
3-6	\$514.157	\$12.477	\$144
4-6	\$514.157	\$12.477	\$144
5-6	\$514.157	\$12.477	\$144
6-6	\$514.157	\$12.477	\$144
7-6	\$514.157	\$12.477	\$144
8-6	\$514.157	\$12.477	\$144
9-6	\$514.157	\$12.477	\$144
10-6	\$514.157	\$12.477	\$144
11-6	\$514.157	\$12.477	\$144
12-6	\$514.157	\$12.477	\$144
13-6	\$514.157	\$12.477	\$144
14-6	\$514.157	\$12.477	\$144
15-6	\$514.157	\$12.477	\$144
16-6	\$514.157	\$12.477	\$144
17-6	\$514.157	\$12.477	\$144
18-6	\$514.157	\$12.477	\$144
19-6	\$514.157	\$12.477	\$144
20-6	\$514.157	\$12.477	\$144
21-6	\$514.157	\$12.477	\$144
22-6	\$514.157	\$12.477	\$144
23-6	\$514.157	\$12.477	\$144
24-6	\$514.157	\$12.477	\$144
25-6	\$514.157	\$12.477	\$144
26-6	\$514.157	\$12.477	\$144
27-6	\$514.157	\$12.477	\$144
28-6	\$514.157	\$12.477	\$144
29-6	\$514.157	\$12.477	\$144
30-6	\$514.157	\$12.477	\$144

Tabla 62 Costos Fijos por Categoría Facility 8

4.9.3. Costos Variables Facility 8: Asistencia y Seguridad Vial



4.9.3.1. Definición de Costo Variable de Asistencia y Seguridad Vial

1) Costo Variable Bono de Producción

a) Cálculo de Prima de Producción para Asistentes Viales

Calculo Prima Producción Asistentes Viales				
% Producción del Flujo Proyectado	Prima	Bono por Pórtico	Obs: Bono considera un sueldo año por ambos Pórticos	
		Asistente		
0,8	100%	33333	Q	398.883
0,81	101%	33667	Sueldo Asistente	33333
0,82	102%	34000		
0,83	103%	34333		
0,84	104%	34667	Bono Asistente	33333
0,85	105%	35000		
0,86	106%	35333		
0,87	107%	35667		
0,88	108%	36000		
0,89	109%	36333		
0,9	110%	36667		
0,91	111%	37000		
0,92	112%	37333		
0,93	113%	37667		
0,94	114%	38000		
0,95	115%	38333		
0,96	116%	38667		
0,97	117%	39000		
0,98	118%	39333		
0,99	119%	39667		
1	120%	40000		
1,01	121%	40333		
1,02	122%	40667		
1,03	123%	41000		
1,04	124%	41333		

Tabla 63 Cálculo Prima de Producción de Asistentes Viales

b) Cálculo costo Variable Bono de Producción por Categoría de Vehículo

Costo Variable	Costo	Cantidad/Veh	Costo	Unidad	Observaciones
Bono Asistentes Viales	\$ 33.333	2,507E-06	\$2	Costo/Veh	Asistentes Viales (20)

Tabla 64 Cálculo de Costo de Bono de Producción Facility 8

2) Costo Variable de Combustible por Vigilancia Vial

VEHÍCULO	DISTANCIA	KM/LT	LTS	V. LITRO	Salidas a Base	COSTO COMBUSTIBLE
Camión Multipropósito	6	10	0,6	\$ 650	5	\$1.950
Camión Equipo Incendio y Asistencia	6	10	0,6	\$ 650	5	\$1.950
Vehículo de Supervisión y Patrullaje	6	10	0,6	\$ 650	5	\$1.950
Vehículo de Supervisión y Patrullaje	6	10	0,6	\$ 650	5	\$1.950
Camioneta 1	6	15	0,4	\$ 650	5	\$1.300
Camioneta 2	6	15	0,4	\$ 650	5	\$1.300
Camioneta 3	6	15	0,4	\$ 650	5	\$1.300

Total **\$11.700**

Tabla 65 Costo Combustible por Vigilancia Vial Facility 8

3) Costo Variable de Combustible por Atención de Tipo de Incidentes en Pista

a) Definición de Costo de Combustible de Atención en Pista

VEHÍCULO	DISTANCIA Km	KM/LT	LTS	V. LITRO	VEH C2+C3 COSTO INCIDENTE MAYOR	VEH C1 COSTO INCIDENTE MAYOR	VEH C1+C2+C3 COSTO INCIDENTE MENOR
Camión Multipropósito	8	10	0,8	650	\$520	\$520	\$520
Camión Equipo Incendio y Asistencia	8	10	0,8	650	\$520	\$520	\$0
Vehículo de Supervisión y Patrullaje	8	10	0,8	650	\$520	\$520	\$520
Grúa Plataforma	8	10	0,8	650	\$0	\$520	\$0
Ambulancia	8	15	0,5	650	\$347	\$347	\$0
Grúa Pesada	8	7	1,1	650	\$743	\$0	\$0
Camioneta 1	8	15	0,5	650	\$347	\$347	\$347
Total					\$2.996	\$2.773	\$1.387

Tabla 66 Definición de costo de Combustible Asistencia por Atención en Pista Facility 8

b) Definición de Costo de Combustible de Atención en Pista por tipo de Incidente

Costo Variable	Unidad	Costo Combustible	% Incidente	% Veh C1	% Veh C2	% Veh C3	Costo C1	Costo C2	Costo C3
Incidente Mayor Veh Pesado C2 y C3	Atención/Veh	2.996	0,008%	97,60 %	2,37%	0,027 %	-	\$0,005 42	\$0,000 06
Incidente Mayor Veh Menor C1	Atención/Veh	2.773	0,008%	97,60 %	2,37%	0,027 %	\$0,206 88	-	-
Incidente Menor con Todo Vehículo	Atención/Veh	1.387	0,002%	97,60 %	2,37%	0,027 %	\$0,027 71	\$0,000 67	\$0,000 01

4.9.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Asistencia y Seguridad Vial

Costo Vigilancia Vial C1	Incidente Mayor C1	Incidente Menor C1	Bono Asistente Vial C1	Costo Vigilancia Vial C2	Incidente Mayor C2	Incidente Menor C2	Bono Asistente Vial C2	Costo Vigilancia Vial C3	Incidente Mayor C3	Incidente Menor C3	Bono Asistente Vial C3
\$3.900	\$3.076	\$412	\$24.851	\$3.900	\$2	\$0	\$638	\$3.900	\$0	\$0	\$7
\$3.900	\$3.207	\$430	\$25.907	\$3.900	\$2	\$0	\$659	\$3.900	\$0	\$0	\$8
\$3.900	\$3.179	\$426	\$25.683	\$3.900	\$2	\$0	\$637	\$3.900	\$0	\$0	\$5
\$3.900	\$3.347	\$448	\$27.035	\$3.900	\$2	\$0	\$677	\$3.900	\$0	\$0	\$2
\$3.900	\$3.441	\$461	\$27.801	\$3.900	\$2	\$0	\$660	\$3.900	\$0	\$0	\$8
\$3.900	\$1.700	\$228	\$13.733	\$3.900	\$1	\$0	\$294	\$3.900	\$0	\$0	\$10
\$3.900	\$1.340	\$179	\$10.825	\$3.900	\$0	\$0	\$60	\$3.900	\$0	\$0	\$2
\$3.900	\$3.101	\$415	\$25.052	\$3.900	\$2	\$0	\$677	\$3.900	\$0	\$0	\$7
\$3.900	\$3.235	\$433	\$26.133	\$3.900	\$2	\$0	\$662	\$3.900	\$0	\$0	\$8
\$3.900	\$3.255	\$436	\$26.293	\$3.900	\$2	\$0	\$536	\$3.900	\$0	\$0	\$5
\$3.900	\$3.225	\$432	\$26.054	\$3.900	\$2	\$0	\$695	\$3.900	\$0	\$0	\$7
\$3.900	\$3.404	\$456	\$27.503	\$3.900	\$2	\$0	\$697	\$3.900	\$0	\$0	\$8
\$3.900	\$1.714	\$230	\$13.849	\$3.900	\$1	\$0	\$287	\$3.900	\$0	\$0	\$10
\$3.900	\$1.125	\$151	\$9.090	\$3.900	\$0	\$0	\$65	\$3.900	\$0	\$0	\$2
\$3.900	\$3.064	\$410	\$24.754	\$3.900	\$2	\$0	\$587	\$3.900	\$0	\$0	\$8



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

\$3.900	\$3.245	\$435	\$26.215	\$3.900	\$2	\$0	\$648	\$3.900	\$0	\$0	\$7
\$3.900	\$3.177	\$426	\$25.667	\$3.900	\$2	\$0	\$709	\$3.900	\$0	\$0	\$8
\$3.900	\$3.292	\$441	\$26.593	\$3.900	\$2	\$0	\$695	\$3.900	\$0	\$0	\$5
\$3.900	\$3.487	\$467	\$28.169	\$3.900	\$2	\$0	\$715	\$3.900	\$0	\$0	\$7
\$3.900	\$1.603	\$215	\$12.953	\$3.900	\$1	\$0	\$212	\$3.900	\$0	\$0	\$8
\$3.900	\$1.390	\$186	\$11.228	\$3.900	\$0	\$0	\$69	\$3.900	\$0	\$0	\$2
\$3.900	\$3.093	\$414	\$24.988	\$3.900	\$2	\$0	\$643	\$3.900	\$0	\$0	\$3
\$3.900	\$3.233	\$433	\$26.120	\$3.900	\$2	\$0	\$750	\$3.900	\$0	\$0	\$8
\$3.900	\$3.219	\$431	\$26.008	\$3.900	\$2	\$0	\$760	\$3.900	\$0	\$0	\$2
\$3.900	\$3.240	\$434	\$26.171	\$3.900	\$2	\$0	\$744	\$3.900	\$0	\$0	\$5
\$3.900	\$3.454	\$463	\$27.903	\$3.900	\$3	\$0	\$784	\$3.900	\$0	\$0	\$7
\$3.900	\$1.491	\$200	\$12.049	\$3.900	\$1	\$0	\$333	\$3.900	\$0	\$0	\$5
\$3.900	\$809	\$108	\$6.532	\$3.900	\$0	\$0	\$80	\$3.900	\$0	\$0	\$7
\$3.900	\$1.148	\$154	\$9.278	\$3.900	\$0	\$0	\$117	\$3.900	\$0	\$0	\$5
\$3.900	\$3.250	\$435	\$26.257	\$3.900	\$2	\$0	\$699	\$3.900	\$0	\$0	\$7

Tabla 67 Costo por Actividades Facility 8

4.9.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Asistencia y Seguridad Vial

Costos Variables Cat C1			Costo Variable Cat C2			Costo Variable Cat C3		
CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
\$32.239	\$2	\$2	\$4.541	\$2	\$12	\$3.907	\$2	\$977
\$33.444	\$2	\$2	\$4.561	\$2	\$12	\$3.908	\$2	\$782
\$33.188	\$2	\$2	\$4.539	\$2	\$12	\$3.905	\$2	\$1.302
\$34.730	\$2	\$2	\$4.579	\$2	\$11	\$3.902	\$2	\$3.902
\$35.603	\$2	\$2	\$4.563	\$2	\$12	\$3.908	\$2	\$782
\$19.561	\$2	\$2	\$4.195	\$2	\$24	\$3.910	\$2	\$652
\$16.245	\$2	\$3	\$3.960	\$2	\$110	\$3.902	\$2	\$3.902
\$32.468	\$2	\$2	\$4.579	\$2	\$11	\$3.907	\$2	\$977
\$33.701	\$2	\$2	\$4.564	\$2	\$12	\$3.908	\$2	\$782
\$33.884	\$2	\$2	\$4.438	\$2	\$14	\$3.905	\$2	\$1.302
\$33.612	\$2	\$2	\$4.598	\$2	\$11	\$3.907	\$2	\$977
\$35.264	\$2	\$2	\$4.599	\$2	\$11	\$3.908	\$2	\$782
\$19.693	\$2	\$2	\$4.189	\$2	\$24	\$3.910	\$2	\$652
\$14.266	\$2	\$3	\$3.965	\$2	\$102	\$3.902	\$2	\$3.902
\$32.129	\$2	\$2	\$4.489	\$2	\$13	\$3.908	\$2	\$782
\$33.794	\$2	\$2	\$4.551	\$2	\$12	\$3.907	\$2	\$977
\$33.169	\$2	\$2	\$4.611	\$2	\$11	\$3.908	\$2	\$782
\$34.225	\$2	\$2	\$4.598	\$2	\$11	\$3.905	\$2	\$1.302
\$36.023	\$2	\$2	\$4.618	\$2	\$11	\$3.907	\$2	\$977
\$18.671	\$2	\$2	\$4.113	\$2	\$32	\$3.908	\$2	\$782
\$16.704	\$2	\$2	\$3.969	\$2	\$97	\$3.902	\$2	\$3.902
\$32.396	\$2	\$2	\$4.546	\$2	\$12	\$3.903	\$2	\$1.952
\$33.686	\$2	\$2	\$4.653	\$2	\$10	\$3.908	\$2	\$782
\$33.558	\$2	\$2	\$4.663	\$2	\$10	\$3.902	\$2	\$3.902
\$33.745	\$2	\$2	\$4.646	\$2	\$10	\$3.905	\$2	\$1.302
\$35.719	\$2	\$2	\$4.687	\$2	\$10	\$3.907	\$2	\$977
\$17.640	\$2	\$2	\$4.234	\$2	\$21	\$3.905	\$2	\$1.302
\$11.348	\$2	\$3	\$3.981	\$2	\$83	\$3.907	\$2	\$977
\$14.480	\$2	\$3	\$4.017	\$2	\$57	\$3.905	\$2	\$1.302
\$33.842	-	\$2	\$4.601	-	\$11	\$3.907	-	\$977

Tabla 68 Costo Variable Total Facility 8

4.9.4. Estructura de Costo Facility 8: Asistencia y Seguridad Vial

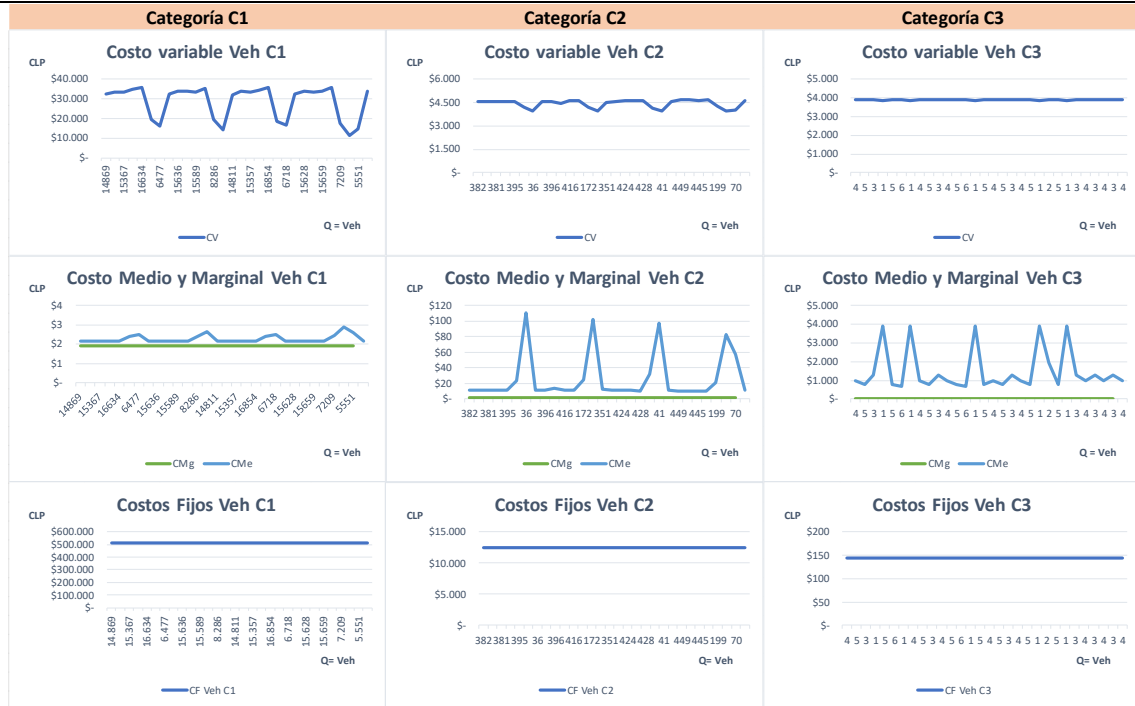


Gráfico 8 Estructura de Costo Facility 8

4.10. Facility 9: Centro Control de Tráfico y Túneles

4.10.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 9: Centro Control de Tráfico y Túneles

Electricidad Centro de Control de Tráfico 9 Operadores Work Station Sala de Control Facility 9	Insumos	CENTRO CONTROL DE TRÁFICO Y TÚNELES		
			Costos Directos	Costos Indirectos
		Costos Variables	Bono Jefe de Turno y Operadores	
Recursos	Costos Fijos		Sueldo Jefes de Turno	
			Sueldo Operadores	
			Capacitaciones	
			Celulares y Radio	
		Matriz de Costo		

Tabla 69 Matriz de Costo Facility 9

4.10.2. Costos Fijos Facility 9: Centro Control de Tráfico y Túneles

4.10.2.1. Definición de Costos Fijos de Centro Control de Tráfico y Túneles

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
9. Centro de Control de Tráfico y Túneles					
Sueldo Jefes de Turno	Unidad	4	\$850.000	\$3.400.000	\$40.800.000
Sueldo Operadores	Unidad	4	\$500.000	\$2.000.000	\$24.000.000
Capacitaciones	Unidad	1	\$500.000	\$500.000	\$6.000.000



Celulares y Radio	Unidad	2	\$10.000	\$20.000	\$240.000
			Subtotal	\$5.920.000	\$71.040.000

Tabla 70 Definición de Costos Fijos Facility 9

4.10.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Centro Control de Tráfico y Túneles

Pórtico	PC101			TOTAL	9. Centro Control de Tráfico		
Sentido	NORTE						
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$192.605	\$4.674	\$54
2-6	15501	394	5	15.900	\$192.605	\$4.674	\$54
3-6	15367	381	3	15.751	\$192.605	\$4.674	\$54
4-6	16176	405	1	16.582	\$192.605	\$4.674	\$54
5-6	16634	395	5	17.034	\$192.605	\$4.674	\$54
6-6	8217	176	6	8.399	\$192.605	\$4.674	\$54
7-6	6477	36	1	6.514	\$192.605	\$4.674	\$54
8-6	14989	405	4	15.398	\$192.605	\$4.674	\$54
9-6	15636	396	5	16.037	\$192.605	\$4.674	\$54
10-6	15732	321	3	16.056	\$192.605	\$4.674	\$54
11-6	15589	416	4	16.009	\$192.605	\$4.674	\$54
12-6	16456	417	5	16.878	\$192.605	\$4.674	\$54
13-6	8286	172	6	8.464	\$192.605	\$4.674	\$54
14-6	5439	39	1	5.479	\$192.605	\$4.674	\$54
15-6	14811	351	5	15.167	\$192.605	\$4.674	\$54
16-6	15685	388	4	16.077	\$192.605	\$4.674	\$54
17-6	15357	424	5	15.786	\$192.605	\$4.674	\$54
18-6	15911	416	3	16.330	\$192.605	\$4.674	\$54
19-6	16854	428	4	17.286	\$192.605	\$4.674	\$54
20-6	7750	127	5	7.882	\$192.605	\$4.674	\$54
21-6	6718	41	1	6.760	\$192.605	\$4.674	\$54
22-6	14951	385	2	15.338	\$192.605	\$4.674	\$54
23-6	15628	449	5	16.082	\$192.605	\$4.674	\$54
24-6	15561	455	1	16.017	\$192.605	\$4.674	\$54
25-6	15659	445	3	16.107	\$192.605	\$4.674	\$54
26-6	16695	469	4	17.168	\$192.605	\$4.674	\$54
27-6	7209	199	3	7.411	\$192.605	\$4.674	\$54
28-6	3908	48	4	3.960	\$192.605	\$4.674	\$54
29-6	5551	70	3	5.624	\$192.605	\$4.674	\$54
30-6	15710	418	4	16.132	\$192.605	\$4.674	\$54

Tabla 71 Costos Fijos Facility 9

4.10.3. Costos Variables Facility 9: Centro Control de Tráfico y Túneles

4.10.3.1. Definición de Costo Variable de Centro Control de Tráfico y Túneles

- 1) Costo Variable Bono de Producción



a) Cálculo de Prima de Producción para Supervisor y Ayudante

Calculo Prima Producción Jefe de Turno y Operador					
% Producción del Flujo Proyectado	Prima	Bono por Pórtico		Obs: Bono considera un sueldo año por ambos Pórticos	
		Jefe Turno	Operador		
0,8	100%	141667	83333	Q	398.883
0,81	101%	143083	84167	Sueldo J. Turno	141667
0,82	102%	144500	85000	Sueldo Operador	83333
0,83	103%	145917	85833		
0,84	104%	147333	86667	Bono Sup	168583
0,85	105%	148750	87500	Bono Analista	99167
0,86	106%	150167	88333		
0,87	107%	151583	89167		
0,88	108%	153000	90000		
0,89	109%	154417	90833		
0,9	110%	155833	91667		
0,91	111%	157250	92500		
0,92	112%	158667	93333		
0,93	113%	160083	94167		
0,94	114%	161500	95000		
0,95	115%	162917	95833		
0,96	116%	164333	96667		
0,97	117%	165750	97500		
0,98	118%	167167	98333		
0,99	119%	168583	99167		
1	120%	170000	100000		
1,01	121%	171417	100833		
1,02	122%	172833	101667		
1,03	123%	174250	102500		
1,04	124%	175667	103333		
1,05	125%	177083	104167		

Tabla 72 Cálculo Prima de Producción Personal Facility 9

b) Cálculo costo Variable Bono de Producción por Categoría de Vehículo

Costo Variable	Costo	Cantidad/Veh	Costo	Unidad	Observaciones
Bono Jefe Turno	\$168.583	2,507E-06	\$1,69	Costo/Veh	Bono Jefe Turno (04)
Bono Operadores	\$99.167	2,507E-06	\$0,99	Costo/Veh	Bono operadores (04)

Total \$1,69

Tabla 73 Bono de Producción Personal Facility

4.10.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Centro Control de Tráfico y Túneles

Sentido	NORTE			TOTAL	Veh Categoría C1		Veh Categoría C2		Veh Categoría C3	
Categoría	C1	C2	C3	398883	Bono Jefe	Operador	Bono Jefe	Operador	Bono Jefe	Operador
1-6	14869	382	4	15.255	\$25.137	\$14.786	\$646	\$380	\$7	\$4
2-6	15501	394	5	15.900	\$26.205	\$15.415	\$666	\$392	\$8	\$5
3-6	15367	381	3	15.751	\$25.979	\$15.282	\$644	\$379	\$5	\$3
4-6	16176	405	1	16.582	\$27.346	\$16.086	\$685	\$403	\$2	\$1
5-6	16634	395	5	17.034	\$28.121	\$16.542	\$668	\$393	\$8	\$5
6-6	8217	176	6	8.399	\$13.891	\$8.171	\$298	\$175	\$10	\$6



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

7-6	6477	36	1	6.514	\$10.950	\$6.441	\$61	\$36	\$2	\$1
8-6	14989	405	4	15.398	\$25.340	\$14.906	\$685	\$403	\$7	\$4
9-6	15636	396	5	16.037	\$26.434	\$15.549	\$669	\$394	\$8	\$5
10-6	15732	321	3	16.056	\$26.596	\$15.645	\$543	\$319	\$5	\$3
11-6	15589	416	4	16.009	\$26.354	\$15.502	\$703	\$414	\$7	\$4
12-6	16456	417	5	16.878	\$27.820	\$16.365	\$705	\$415	\$8	\$5
13-6	8286	172	6	8.464	\$14.008	\$8.240	\$291	\$171	\$10	\$6
14-6	5439	39	1	5.479	\$9.195	\$5.409	\$66	\$39	\$2	\$1
15-6	14811	351	5	15.167	\$25.039	\$14.729	\$593	\$349	\$8	\$5
16-6	15685	388	4	16.077	\$26.516	\$15.598	\$656	\$386	\$7	\$4
17-6	15357	424	5	15.786	\$25.962	\$15.272	\$717	\$422	\$8	\$5
18-6	15911	416	3	16.330	\$26.898	\$15.823	\$703	\$414	\$5	\$3
19-6	16854	428	4	17.286	\$28.493	\$16.760	\$724	\$426	\$7	\$4
20-6	7750	127	5	7.882	\$13.102	\$7.707	\$215	\$126	\$8	\$5
21-6	6718	41	1	6.760	\$11.357	\$6.681	\$69	\$41	\$2	\$1
22-6	14951	385	2	15.338	\$25.275	\$14.868	\$651	\$383	\$3	\$2
23-6	15628	449	5	16.082	\$26.420	\$15.541	\$759	\$447	\$8	\$5
24-6	15561	455	1	16.017	\$26.307	\$15.475	\$769	\$452	\$2	\$1
25-6	15659	445	3	16.107	\$26.472	\$15.572	\$752	\$443	\$5	\$3
26-6	16695	469	4	17.168	\$28.224	\$16.602	\$793	\$466	\$7	\$4
27-6	7209	199	3	7.411	\$12.187	\$7.169	\$336	\$198	\$5	\$3
28-6	3908	48	4	3.960	\$6.607	\$3.886	\$81	\$48	\$7	\$4
29-6	5551	70	3	5.624	\$9.384	\$5.520	\$118	\$70	\$5	\$3
30-6	15710	418	4	16.132	\$26.559	\$15.623	\$707	\$416	\$7	\$4

Tabla 74 Costo por Actividades Facility 9

4.10.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Centro Control de Tráfico y Túneles

Sentido		NORTE		TOTAL	CV Categoría C1			CV Categoría C2			CV Categoría C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$39.923	\$3	\$3	\$1.026	\$3	\$3	\$11	\$3	\$3
2-6	15501	394	5	15.900	\$41.620	\$3	\$3	\$1.058	\$3	\$3	\$13	\$3	\$3
3-6	15367	381	3	15.751	\$41.260	\$3	\$3	\$1.023	\$3	\$3	\$8	\$3	\$3
4-6	16176	405	1	16.582	\$43.433	\$3	\$3	\$1.087	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3
5-6	16634	395	5	17.034	\$44.662	\$3	\$3	\$1.061	\$3	\$3	\$13	\$3	\$3
6-6	8217	176	6	8.399	\$22.063	\$3	\$3	\$473	\$3	\$3	\$16	\$3	\$3
7-6	6477	36	1	6.514	\$17.391	\$3	\$3	\$97	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3
8-6	14989	405	4	15.398	\$40.245	\$3	\$3	\$1.087	\$3	\$3	\$11	\$3	\$3
9-6	15636	396	5	16.037	\$41.983	\$3	\$3	\$1.063	\$3	\$3	\$13	\$3	\$3
10-6	15732	321	3	16.056	\$42.240	\$3	\$3	\$862	\$3	\$3	\$8	\$3	\$3
11-6	15589	416	4	16.009	\$41.856	\$3	\$3	\$1.117	\$3	\$3	\$11	\$3	\$3
12-6	16456	417	5	16.878	\$44.184	\$3	\$3	\$1.120	\$3	\$3	\$13	\$3	\$3
13-6	8286	172	6	8.464	\$22.248	\$3	\$3	\$462	\$3	\$3	\$16	\$3	\$3
14-6	5439	39	1	5.479	\$14.604	\$3	\$3	\$105	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3
15-6	14811	351	5	15.167	\$39.768	\$3	\$3	\$942	\$3	\$3	\$13	\$3	\$3
16-6	15685	388	4	16.077	\$42.114	\$3	\$3	\$1.042	\$3	\$3	\$11	\$3	\$3
17-6	15357	424	5	15.786	\$41.234	\$3	\$3	\$1.138	\$3	\$3	\$13	\$3	\$3
18-6	15911	416	3	16.330	\$42.721	\$3	\$3	\$1.117	\$3	\$3	\$8	\$3	\$3
19-6	16854	428	4	17.286	\$45.253	\$3	\$3	\$1.149	\$3	\$3	\$11	\$3	\$3
20-6	7750	127	5	7.882	\$20.809	\$3	\$3	\$341	\$3	\$3	\$13	\$3	\$3
21-6	6718	41	1	6.760	\$18.038	\$3	\$3	\$110	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3
22-6	14951	385	2	15.338	\$40.143	\$3	\$3	\$1.034	\$3	\$3	\$5	\$3	\$3
23-6	15628	449	5	16.082	\$41.961	\$3	\$3	\$1.206	\$3	\$3	\$13	\$3	\$3
24-6	15561	455	1	16.017	\$41.781	\$3	\$3	\$1.222	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3
25-6	15659	445	3	16.107	\$42.044	\$3	\$3	\$1.195	\$3	\$3	\$8	\$3	\$3
26-6	16695	469	4	17.168	\$44.826	\$3	\$3	\$1.259	\$3	\$3	\$11	\$3	\$3



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

27-6	7209	199	3	7.411	\$19.356	\$3	\$3	\$534	\$3	\$3	\$8	\$3	\$3
28-6	3908	48	4	3.960	\$10.493	\$3	\$3	\$129	\$3	\$3	\$11	\$3	\$3
29-6	5551	70	3	5.624	\$14.904	\$3	\$3	\$188	\$3	\$3	\$8	\$3	\$3
30-6	15710	418	4	16.132	\$42.181	-	\$3	\$1.122	-	\$3	\$11	-	\$3

Tabla 75 Costo Variable Total Facility 9

4.10.4. Estructura de Costo Facility 9: Centro Control de Tráfico y Túneles



Gráfico 9 Estructura de Costo Facility 9

4.11. Facility 10: Sistema Eléctrico y Respaldo

4.11.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 10: Sistema Eléctrico y Respaldo

Combustible Electricidad Sistema Eléctrico y Respaldo 10 UPS Generadores y Shelter Salas Eléctricas Planta Elevadora Supervisor Eléctrico Camioneta Oficina Laptop Celular Supervisor Facility 10	Insumos	SISTEMA ELÉCTRICO Y RESPALDO			
		Costos Directos		Costos Indirectos	
	Costos Variables	Bono Supervisor y Ayudante			
	Recursos	Costos Fijos			Sueldo Supervisor Eléctrico
					Sueldo Ayudante Eléctrico
					Camioneta
					Combustible
					Celulares
Matriz de Costo					

Tabla 76 Matriz de Costo Facility 10



4.11.2. Costos Fijos Facility 10: Sistema Eléctrico y Respaldo

4.11.2.1. Definición de Costos Fijos de Sistema Eléctrico y Respaldo

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
10. Sistema Eléctrico y Respaldo					
Sueldo Supervisor Eléctrico	Unidad	4	\$650.000	\$2.600.000	\$31.200.000
Sueldo Ayudante Eléctrico	Unidad	4	\$400.000	\$1.600.000	\$19.200.000
Camioneta	Unidad	1	\$50.000	\$50.000	\$600.000
Combustible	Unidad	1	\$50.000	\$50.000	\$600.000
Celulares	Unidad	2	\$10.000	\$20.000	\$240.000
Subtotal				\$4.320.000	\$51.840.000

Tabla 77 Definición de Costos Fijos Facility 10

4.11.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Sistema Eléctrico y Respaldo

Sentido	NORTE			TOTAL	10. Sistema Eléctrico y Respaldo		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$140.550	\$3.411	\$39
2-6	15501	394	5	15.900	\$140.550	\$3.411	\$39
3-6	15367	381	3	15.751	\$140.550	\$3.411	\$39
4-6	16176	405	1	16.582	\$140.550	\$3.411	\$39
5-6	16634	395	5	17.034	\$140.550	\$3.411	\$39
6-6	8217	176	6	8.399	\$140.550	\$3.411	\$39
7-6	6477	36	1	6.514	\$140.550	\$3.411	\$39
8-6	14989	405	4	15.398	\$140.550	\$3.411	\$39
9-6	15636	396	5	16.037	\$140.550	\$3.411	\$39
10-6	15732	321	3	16.056	\$140.550	\$3.411	\$39
11-6	15589	416	4	16.009	\$140.550	\$3.411	\$39
12-6	16456	417	5	16.878	\$140.550	\$3.411	\$39
13-6	8286	172	6	8.464	\$140.550	\$3.411	\$39
14-6	5439	39	1	5.479	\$140.550	\$3.411	\$39
15-6	14811	351	5	15.167	\$140.550	\$3.411	\$39
16-6	15685	388	4	16.077	\$140.550	\$3.411	\$39
17-6	15357	424	5	15.786	\$140.550	\$3.411	\$39
18-6	15911	416	3	16.330	\$140.550	\$3.411	\$39
19-6	16854	428	4	17.286	\$140.550	\$3.411	\$39
20-6	7750	127	5	7.882	\$140.550	\$3.411	\$39
21-6	6718	41	1	6.760	\$140.550	\$3.411	\$39
22-6	14951	385	2	15.338	\$140.550	\$3.411	\$39
23-6	15628	449	5	16.082	\$140.550	\$3.411	\$39
24-6	15561	455	1	16.017	\$140.550	\$3.411	\$39
25-6	15659	445	3	16.107	\$140.550	\$3.411	\$39
26-6	16695	469	4	17.168	\$140.550	\$3.411	\$39
27-6	7209	199	3	7.411	\$140.550	\$3.411	\$39
28-6	3908	48	4	3.960	\$140.550	\$3.411	\$39
29-6	5551	70	3	5.624	\$140.550	\$3.411	\$39
30-6	15710	418	4	16.132	\$140.550	\$3.411	\$39

Tabla 78 Costo Fijo por Categoría Vehicular Facility 10



4.11.3. Costos Variables Facility 10: Sistema Eléctrico y Respaldo

4.11.3.1. Definición de Costo Variable de Sistema Eléctrico y Respaldo

1) Costo Variable Bono de Producción

a) Cálculo de Prima de Producción para Supervisor y Ayudante

Calculo Prima Producción Supervisor y Ayudante					
% Producción del Flujo Proyectado	Prima	Bono por Pórtico		Obs: Bono considera un sueldo año por ambos pórticos	
		Supervisor	Ayudante		
0,8	100%	54167	33333	Q	398.883
0,81	101%	54708	33667	Sueldo Sup	54167
0,82	102%	55250	34000	Sueldo Ayudante	33333
0,83	103%	55792	34333		
0,84	104%	56333	34667	Bono Sup	64458
0,85	105%	56875	35000	Bono Analista	39667
0,86	106%	57417	35333		
0,87	107%	57958	35667		
0,88	108%	58500	36000		
0,89	109%	59042	36333		
0,9	110%	59583	36667		
0,91	111%	60125	37000		
0,92	112%	60667	37333		
0,93	113%	61208	37667		
0,94	114%	61750	38000		
0,95	115%	62292	38333		
0,96	116%	62833	38667		
0,97	117%	63375	39000		
0,98	118%	63917	39333		
0,99	119%	64458	39667		
1	120%	65000	40000		
1,01	121%	65542	40333		
1,02	122%	66083	40667		
1,03	123%	66625	41000		
1,04	124%	67167	41333		
1,05	125%	67708	41667		

Tabla 79 Cálculo de Prima de Producción Personal Facility 10

b) Cálculo costo Variable Bono de Producción por Categoría de Vehículo

Costo Variable	Costo	Cantidad/Veh	Costo	Unidad	Observaciones
Bono Sup Eléct	\$64.458	2,507E-06	\$0,16	Costo/Veh	Bono Supervisor MTTO Sistema Eléctrico
Bono Ayudante Eléct	\$39.667	2,507E-06	\$0,10	Costo/Veh	Bono Ayudante Eléctrico
Total			\$0,16		

Tabla 80 Costo Bono de Producción Personal Facility 10

4.11.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Sistema Eléctrico y Respaldo



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Sentido	NORTE			TOTAL	Veh Categoría C1		Veh Categoría C2		Veh Categoría C3	
Categoría	C1	C2	C3	398883	Bono Sup	Ayud	Bono Sup	Ayud	Bono Sup	Ayud
1-6	14869	382	4	15.255	\$2.403	\$1.479	\$62	\$38	\$1	\$0
2-6	15501	394	5	15.900	\$2.505	\$1.541	\$64	\$39	\$1	\$0
3-6	15367	381	3	15.751	\$2.483	\$1.528	\$62	\$38	\$0	\$0
4-6	16176	405	1	16.582	\$2.614	\$1.609	\$65	\$40	\$0	\$0
5-6	16634	395	5	17.034	\$2.688	\$1.654	\$64	\$39	\$1	\$0
6-6	8217	176	6	8.399	\$1.328	\$817	\$28	\$18	\$1	\$1
7-6	6477	36	1	6.514	\$1.047	\$644	\$6	\$4	\$0	\$0
8-6	14989	405	4	15.398	\$2.422	\$1.491	\$65	\$40	\$1	\$0
9-6	15636	396	5	16.037	\$2.527	\$1.555	\$64	\$39	\$1	\$0
10-6	15732	321	3	16.056	\$2.542	\$1.564	\$52	\$32	\$0	\$0
11-6	15589	416	4	16.009	\$2.519	\$1.550	\$67	\$41	\$1	\$0
12-6	16456	417	5	16.878	\$2.659	\$1.636	\$67	\$41	\$1	\$0
13-6	8286	172	6	8.464	\$1.339	\$824	\$28	\$17	\$1	\$1
14-6	5439	39	1	5.479	\$879	\$541	\$6	\$4	\$0	\$0
15-6	14811	351	5	15.167	\$2.393	\$1.473	\$57	\$35	\$1	\$0
16-6	15685	388	4	16.077	\$2.535	\$1.560	\$63	\$39	\$1	\$0
17-6	15357	424	5	15.786	\$2.482	\$1.527	\$69	\$42	\$1	\$0
18-6	15911	416	3	16.330	\$2.571	\$1.582	\$67	\$41	\$0	\$0
19-6	16854	428	4	17.286	\$2.724	\$1.676	\$69	\$43	\$1	\$0
20-6	7750	127	5	7.882	\$1.252	\$771	\$21	\$13	\$1	\$0
21-6	6718	41	1	6.760	\$1.086	\$668	\$7	\$4	\$0	\$0
22-6	14951	385	2	15.338	\$2.416	\$1.487	\$62	\$38	\$0	\$0
23-6	15628	449	5	16.082	\$2.525	\$1.554	\$73	\$45	\$1	\$0
24-6	15561	455	1	16.017	\$2.515	\$1.547	\$74	\$45	\$0	\$0
25-6	15659	445	3	16.107	\$2.530	\$1.557	\$72	\$44	\$0	\$0
26-6	16695	469	4	17.168	\$2.698	\$1.660	\$76	\$47	\$1	\$0
27-6	7209	199	3	7.411	\$1.165	\$717	\$32	\$20	\$0	\$0
28-6	3908	48	4	3.960	\$632	\$389	\$8	\$5	\$1	\$0
29-6	5551	70	3	5.624	\$897	\$552	\$11	\$7	\$0	\$0
30-6	15710	418	4	16.132	\$2.539	\$1.562	\$68	\$42	\$1	\$0

Tabla 81 Costo Bono de Producción Personal Facility 10

4.11.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Sistema Eléctrico y Respaldo

Sentido	NORTE			TOTAL	CV Categoría C1			CV Categoría C2			CV Categoría C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$3.881	\$0	\$0	\$100	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
2-6	15501	394	5	15.900	\$4.046	\$0	\$0	\$103	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
3-6	15367	381	3	15.751	\$4.011	\$0	\$0	\$99	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
4-6	16176	405	1	16.582	\$4.223	\$0	\$0	\$106	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
5-6	16634	395	5	17.034	\$4.342	\$0	\$0	\$103	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
6-6	8217	176	6	8.399	\$2.145	\$0	\$0	\$46	\$0	\$0	\$2	\$0	\$0
7-6	6477	36	1	6.514	\$1.691	\$0	\$0	\$9	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
8-6	14989	405	4	15.398	\$3.913	\$0	\$0	\$106	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
9-6	15636	396	5	16.037	\$4.082	\$0	\$0	\$103	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
10-6	15732	321	3	16.056	\$4.107	\$0	\$0	\$84	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
11-6	15589	416	4	16.009	\$4.069	\$0	\$0	\$109	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
12-6	16456	417	5	16.878	\$4.296	\$0	\$0	\$109	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
13-6	8286	172	6	8.464	\$2.163	\$0	\$0	\$45	\$0	\$0	\$2	\$0	\$0
14-6	5439	39	1	5.479	\$1.420	\$0	\$0	\$10	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

15-6	14811	351	5	15.167	\$3.866	\$0	\$0	\$92	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
16-6	15685	388	4	16.077	\$4.094	\$0	\$0	\$101	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
17-6	15357	424	5	15.786	\$4.009	\$0	\$0	\$111	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
18-6	15911	416	3	16.330	\$4.153	\$0	\$0	\$109	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
19-6	16854	428	4	17.286	\$4.400	\$0	\$0	\$112	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
20-6	7750	127	5	7.882	\$2.023	\$0	\$0	\$33	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
21-6	6718	41	1	6.760	\$1.754	\$0	\$0	\$11	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
22-6	14951	385	2	15.338	\$3.903	\$0	\$0	\$101	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
23-6	15628	449	5	16.082	\$4.080	\$0	\$0	\$117	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
24-6	15561	455	1	16.017	\$4.062	\$0	\$0	\$119	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
25-6	15659	445	3	16.107	\$4.088	\$0	\$0	\$116	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
26-6	16695	469	4	17.168	\$4.358	\$0	\$0	\$122	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
27-6	7209	199	3	7.411	\$1.882	\$0	\$0	\$52	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
28-6	3908	48	4	3.960	\$1.020	\$0	\$0	\$13	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
29-6	5551	70	3	5.624	\$1.449	\$0	\$0	\$18	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0
30-6	15710	418	4	16.132	\$4.101	\$0	\$0	\$109	\$0	\$0	\$1	\$0	\$0

Tabla 82 Costo Variable Total Facility 10

4.11.4. Estructura de Costo Facility 10: Sistema Eléctrico y Respaldo



Gráfico 10 Estructura de Costo Facility 10

4.12. Facility 11: Sistema Integrado de Gestión y Control de Tráfico y Túneles (SIGCTT)

4.12.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 11: SIGCTT

	Insumos	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN Y CONTROL DE TRÁFICO Y TÚNELES	
		Costos Directos	Costos Indirectos



Electricidad	Recursos	Costos Variables	Bono Supervisor SIGCTT	
Combustible				
SIGCTT		Costos Fijos		Sueldo Supervisor SIGCTT
Supervisor SIGCTT				Camioneta
RTU				Combustible
BBD				Celular
Servidores				Contrato de Mantenimiento SIGCTT
Camioneta		Matriz de Costo		
Oficina				
Oficina				
Laptop				
Celular Supervisor				

Facility 11

Facility 11

Tabla 83 Matriz de Costo Facility 11

4.12.2. Costos Fijos Facility 11: SIGCTT

4.12.2.1. Definición de Costos Fijos de SIGCTT

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
11. Sistema Integrado de Gestión y Control de Tráfico y Túneles (SIGCTT)					
Sueldo Supervisor SIGCTT	Unidad	1	\$750.000	\$750.000	\$9.000.000
Camioneta	Unidad	1	\$50.000	\$50.000	\$600.000
Combustible	Unidad	1	\$50.000	\$50.000	\$600.000
Celular	Unidad	1	\$10.000	\$10.000	\$120.000
Contrato de Mantenimiento SIGCTT	Unidad	1	\$4.194.343	\$4.194.343	\$50.332.111
Subtotal				\$5.054.343	\$60.652.111

Tabla 84 Definición de Costos Fijos Facility 11

4.12.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de SIGCTT

Sentido	NORTE			TOTAL	11.SIGCTT		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$164.441	\$3.991	\$46
2-6	15501	394	5	15.900	\$164.441	\$3.991	\$46
3-6	15367	381	3	15.751	\$164.441	\$3.991	\$46
4-6	16176	405	1	16.582	\$164.441	\$3.991	\$46
5-6	16634	395	5	17.034	\$164.441	\$3.991	\$46
6-6	8217	176	6	8.399	\$164.441	\$3.991	\$46
7-6	6477	36	1	6.514	\$164.441	\$3.991	\$46
8-6	14989	405	4	15.398	\$164.441	\$3.991	\$46
9-6	15636	396	5	16.037	\$164.441	\$3.991	\$46
10-6	15732	321	3	16.056	\$164.441	\$3.991	\$46
11-6	15589	416	4	16.009	\$164.441	\$3.991	\$46
12-6	16456	417	5	16.878	\$164.441	\$3.991	\$46
13-6	8286	172	6	8.464	\$164.441	\$3.991	\$46
14-6	5439	39	1	5.479	\$164.441	\$3.991	\$46
15-6	14811	351	5	15.167	\$164.441	\$3.991	\$46
16-6	15685	388	4	16.077	\$164.441	\$3.991	\$46
17-6	15357	424	5	15.786	\$164.441	\$3.991	\$46
18-6	15911	416	3	16.330	\$164.441	\$3.991	\$46
19-6	16854	428	4	17.286	\$164.441	\$3.991	\$46



20-6	7750	127	5	7.882	\$164.441	\$3.991	\$46
21-6	6718	41	1	6.760	\$164.441	\$3.991	\$46
22-6	14951	385	2	15.338	\$164.441	\$3.991	\$46
23-6	15628	449	5	16.082	\$164.441	\$3.991	\$46
24-6	15561	455	1	16.017	\$164.441	\$3.991	\$46
25-6	15659	445	3	16.107	\$164.441	\$3.991	\$46
26-6	16695	469	4	17.168	\$164.441	\$3.991	\$46
27-6	7209	199	3	7.411	\$164.441	\$3.991	\$46
28-6	3908	48	4	3.960	\$164.441	\$3.991	\$46
29-6	5551	70	3	5.624	\$164.441	\$3.991	\$46
30-6	15710	418	4	16.132	\$164.441	\$3.991	\$46

Tabla 85 Costos Fijos Facility 11

4.12.3. Costos Variables Facility 11: SIGCTT

4.12.3.1. Definición de Costo Variable de SIGCTT

1) Costo de Bono de Producción del Personal

a) Cálculo de Prima de Producción para Supervisor

Calculo Prima Producción Supervisor					
% Producción del Flujo Proyectado	Prima	Bono por Pórtico	Obs: Bono considera un sueldo al año por ambos pórticos		
		Supervisor			
0,8	100%	125000	Q		398.883
0,81	101%	126250	Sueldo Sup		125000
0,82	102%	127500			
0,83	103%	128750			
0,84	104%	130000	Bono Sup		148750
0,85	105%	131250			
0,86	106%	132500			
0,87	107%	133750			
0,88	108%	135000			
0,89	109%	136250			
0,9	110%	137500			
0,91	111%	138750			
0,92	112%	140000			
0,93	113%	141250			
0,94	114%	142500			
0,95	115%	143750			
0,96	116%	145000			
0,97	117%	146250			
0,98	118%	147500			
0,99	119%	148750			
1	120%	150000			
1,01	121%	151250			
1,02	122%	152500			
1,03	123%	153750			
1,04	124%	155000			
1,05	125%	156250			

Tabla 86 Cálculo Prima de Bono de Producción Supervisor Facility 11



b) Costo de Bono de Producción de Supervisor

Costo Variable	Costo	Cantidad/Veh	Costo	Unidad	Observaciones
Bono Supervisor	\$148.750	2,507E-06	\$0,37	Costo/Veh	Bono Supervisor MTTO SIGCTT
Total \$0,37					

Tabla 87 Costo Bono de Producción Personal Facility 11

4.12.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de SIGCTT

Sentido		NORTE		TOTAL	Veh C1	Veh C2	Veh C3
Categoría	C1	C2	C3	398883	Bono Sup	Bono Sup	Bono Sup
1-6	14869	382	4	15.255	\$5.545	\$142	\$1
2-6	15501	394	5	15.900	\$5.781	\$147	\$2
3-6	15367	381	3	15.751	\$5.731	\$142	\$1
4-6	16176	405	1	16.582	\$6.032	\$151	\$0
5-6	16634	395	5	17.034	\$6.203	\$147	\$2
6-6	8217	176	6	8.399	\$3.064	\$66	\$2
7-6	6477	36	1	6.514	\$2.415	\$13	\$0
8-6	14989	405	4	15.398	\$5.590	\$151	\$1
9-6	15636	396	5	16.037	\$5.831	\$148	\$2
10-6	15732	321	3	16.056	\$5.867	\$120	\$1
11-6	15589	416	4	16.009	\$5.813	\$155	\$1
12-6	16456	417	5	16.878	\$6.137	\$156	\$2
13-6	8286	172	6	8.464	\$3.090	\$64	\$2
14-6	5439	39	1	5.479	\$2.028	\$15	\$0
15-6	14811	351	5	15.167	\$5.523	\$131	\$2
16-6	15685	388	4	16.077	\$5.849	\$145	\$1
17-6	15357	424	5	15.786	\$5.727	\$158	\$2
18-6	15911	416	3	16.330	\$5.933	\$155	\$1
19-6	16854	428	4	17.286	\$6.285	\$160	\$1
20-6	7750	127	5	7.882	\$2.890	\$47	\$2
21-6	6718	41	1	6.760	\$2.505	\$15	\$0
22-6	14951	385	2	15.338	\$5.575	\$144	\$1
23-6	15628	449	5	16.082	\$5.828	\$167	\$2
24-6	15561	455	1	16.017	\$5.803	\$170	\$0
25-6	15659	445	3	16.107	\$5.839	\$166	\$1
26-6	16695	469	4	17.168	\$6.226	\$175	\$1
27-6	7209	199	3	7.411	\$2.688	\$74	\$1
28-6	3908	48	4	3.960	\$1.457	\$18	\$1
29-6	5551	70	3	5.624	\$2.070	\$26	\$1
30-6	15710	418	4	16.132	\$5.859	\$156	\$1

Tabla 88 Costo Variable por Actividad Facility 11

4.12.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de SIGCTT

Sentido		NORTE		TOTAL	CV Categoría C1			CV Categoría C2			CV Categoría C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$5.545	\$0,37	\$0,37	\$142	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
2-6	15501	394	5	15.900	\$5.781	\$0,37	\$0,37	\$147	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
3-6	15367	381	3	15.751	\$5.731	\$0,37	\$0,37	\$142	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

4-6	16176	405	1	16.582	\$6.032	\$0,37	\$0,37	\$151	\$0,37	\$0,37	\$0	\$0,37	\$0,37
5-6	16634	395	5	17.034	\$6.203	\$0,37	\$0,37	\$147	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
6-6	8217	176	6	8.399	\$3.064	\$0,37	\$0,37	\$66	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
7-6	6477	36	1	6.514	\$2.415	\$0,37	\$0,37	\$13	\$0,37	\$0,37	\$0	\$0,37	\$0,37
8-6	14989	405	4	15.398	\$5.590	\$0,37	\$0,37	\$151	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
9-6	15636	396	5	16.037	\$5.831	\$0,37	\$0,37	\$148	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
10-6	15732	321	3	16.056	\$5.867	\$0,37	\$0,37	\$120	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
11-6	15589	416	4	16.009	\$5.813	\$0,37	\$0,37	\$155	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
12-6	16456	417	5	16.878	\$6.137	\$0,37	\$0,37	\$156	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
13-6	8286	172	6	8.464	\$3.090	\$0,37	\$0,37	\$64	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
14-6	5439	39	1	5.479	\$2.028	\$0,37	\$0,37	\$15	\$0,37	\$0,37	\$0	\$0,37	\$0,37
15-6	14811	351	5	15.167	\$5.523	\$0,37	\$0,37	\$131	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
16-6	15685	388	4	16.077	\$5.849	\$0,37	\$0,37	\$145	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
17-6	15357	424	5	15.786	\$5.727	\$0,37	\$0,37	\$158	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
18-6	15911	416	3	16.330	\$5.933	\$0,37	\$0,37	\$155	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
19-6	16854	428	4	17.286	\$6.285	\$0,37	\$0,37	\$160	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
20-6	7750	127	5	7.882	\$2.890	\$0,37	\$0,37	\$47	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
21-6	6718	41	1	6.760	\$2.505	\$0,37	\$0,37	\$15	\$0,37	\$0,37	\$0	\$0,37	\$0,37
22-6	14951	385	2	15.338	\$5.575	\$0,37	\$0,37	\$144	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
23-6	15628	449	5	16.082	\$5.828	\$0,37	\$0,37	\$167	\$0,37	\$0,37	\$2	\$0,37	\$0,37
24-6	15561	455	1	16.017	\$5.803	\$0,37	\$0,37	\$170	\$0,37	\$0,37	\$0	\$0,37	\$0,37
25-6	15659	445	3	16.107	\$5.839	\$0,37	\$0,37	\$166	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
26-6	16695	469	4	17.168	\$6.226	\$0,37	\$0,37	\$175	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
27-6	7209	199	3	7.411	\$2.688	\$0,37	\$0,37	\$74	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
28-6	3908	48	4	3.960	\$1.457	\$0,37	\$0,37	\$18	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
29-6	5551	70	3	5.624	\$2.070	\$0,37	\$0,37	\$26	\$0,37	\$0,37	\$1	\$0,37	\$0,37
30-6	15710	418	4	16.132	\$5.859	-\$0,02	\$0,37	\$156	-\$0,02	\$0,37	\$1	-\$0,01	\$0,37

Tabla 89 Costo Variable Total Facility 11

4.12.4. Estructura de Costo Facility 11: SIGCTT



Gráfico 11 Estructura de Costo Facility 11



4.13. Facility 12: Sistema Integrado de Gestión de Peaje

4.13.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 12: SIGP

Electricidad	Insumos	Sistema de Peaje (SIGP)	SISTEMA DE PEAJE	
			Costos Directos	Costos Indirectos
			Bono de Supervisor de MTTO de Sistema Peaje	
Facility 12	Recursos	Costos Variables	Costos Fijos	Sueldo Supervisor SIGP
				Contrato MTTO SIGP (SOP/SEP)
				Camioneta
				Combustible
				Celular

Tabla 90 Matriz de Costo Facility 12

4.13.2. Costos Fijos Facility 12: SIGP

4.13.2.1. Definición de Costos Fijos de SIGP

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
12. Sistema Integrado de Gestión de Peaje (SIGP)					
Sueldo Supervisor SIGP	Unidad	1	\$1.000.000	\$1.000.000	\$12.000.000
Camioneta	Unidad	1	\$100.000	\$100.000	\$1.200.000
Combustible	Unidad	1	\$50.000	\$50.000	\$600.000
Celular	Unidad	1	\$10.000	\$10.000	\$120.000
Contrato de Mantenimiento SIGP (SOP/SEP)	Unidad	1	\$1.868.990	\$1.868.990	\$22.427.874
Subtotal				\$3.028.990	\$36.347.874

Tabla 91 Definición de Costos Fijos Facility 12

4.13.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de SIGP

Sentido	NORTE			TOTAL	12. SIGP		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$98.547	\$2.392	\$28
2-6	15501	394	5	15.900	\$98.547	\$2.392	\$28
3-6	15367	381	3	15.751	\$98.547	\$2.392	\$28
4-6	16176	405	1	16.582	\$98.547	\$2.392	\$28
5-6	16634	395	5	17.034	\$98.547	\$2.392	\$28
6-6	8217	176	6	8.399	\$98.547	\$2.392	\$28
7-6	6477	36	1	6.514	\$98.547	\$2.392	\$28
8-6	14989	405	4	15.398	\$98.547	\$2.392	\$28
9-6	15636	396	5	16.037	\$98.547	\$2.392	\$28
10-6	15732	321	3	16.056	\$98.547	\$2.392	\$28
11-6	15589	416	4	16.009	\$98.547	\$2.392	\$28
12-6	16456	417	5	16.878	\$98.547	\$2.392	\$28
13-6	8286	172	6	8.464	\$98.547	\$2.392	\$28
14-6	5439	39	1	5.479	\$98.547	\$2.392	\$28
15-6	14811	351	5	15.167	\$98.547	\$2.392	\$28



16-6	15685	388	4	16.077	\$98.547	\$2.392	\$28
17-6	15357	424	5	15.786	\$98.547	\$2.392	\$28
18-6	15911	416	3	16.330	\$98.547	\$2.392	\$28
19-6	16854	428	4	17.286	\$98.547	\$2.392	\$28
20-6	7750	127	5	7.882	\$98.547	\$2.392	\$28
21-6	6718	41	1	6.760	\$98.547	\$2.392	\$28
22-6	14951	385	2	15.338	\$98.547	\$2.392	\$28
23-6	15628	449	5	16.082	\$98.547	\$2.392	\$28
24-6	15561	455	1	16.017	\$98.547	\$2.392	\$28
25-6	15659	445	3	16.107	\$98.547	\$2.392	\$28
26-6	16695	469	4	17.168	\$98.547	\$2.392	\$28
27-6	7209	199	3	7.411	\$98.547	\$2.392	\$28
28-6	3908	48	4	3.960	\$98.547	\$2.392	\$28
29-6	5551	70	3	5.624	\$98.547	\$2.392	\$28
30-6	15710	418	4	16.132	\$98.547	\$2.392	\$28

Tabla 92 Costo Fijo Total Facility 12

4.13.3. Costos Variables Facility 12: SIGP

4.13.3.1. Definición de Costo Variable de SIGCTT

1) Costo Bono de Producción Personal Facility

a) Cálculo Prima Producción Personal

Cálculo Prima Producción Supervisor					
% Producción del Flujo Proyectado	Prima	Bono por Pórtico Supervisor	Obs: Bono considera un sueldo al año por ambos pórticos		
0,8	100%	150000	Q		398.883
0,81	101%	151500	Sueldo Sup		150000
0,82	102%	153000			
0,83	103%	154500			
0,84	104%	156000	Bono Sup		178500
0,85	105%	157500			
0,86	106%	159000			
0,87	107%	160500			
0,88	108%	162000			
0,89	109%	163500			
0,9	110%	165000			
0,91	111%	166500			
0,92	112%	168000			
0,93	113%	169500			
0,94	114%	171000			
0,95	115%	172500			
0,96	116%	174000			
0,97	117%	175500			
0,98	118%	177000			
0,99	119%	178500			
1	120%	180000			
1,01	121%	181500			
1,02	122%	183000			
1,03	123%	184500			



1,04	124%	186000		
1,05	125%	187500		

Tabla 93 Cálculo Prima Producción Personal Facility 12

b) Costo Prima de Producción Personal

Costo Variable	Costo	Cantidad/Veh	Costo	Unidad	Observaciones
Bono Supervisor	\$178.500	2,507E-06	\$0,45	Costo/Veh	Bono Supervisor de MTTO de Peaje

Total \$0,45

Tabla 94 Costo Prima de Producción Personal Facility 12

4.13.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de SIGCTT

Sentido		NORTE		TOTAL	Veh C1	Veh C2	Veh C3
Categoría	C1	C2	C3	398883	Bono Sup	Bono Sup	Bono Sup
1-6	14869	382	4	15.255	\$ 6.654	\$ 171	\$ 2
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 6.937	\$ 176	\$ 2
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 6.877	\$ 170	\$ 1
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 7.239	\$ 181	\$ 0
5-6	16634	395	5	17.034	\$ 7.444	\$ 177	\$ 2
6-6	8217	176	6	8.399	\$ 3.677	\$ 79	\$ 3
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 2.898	\$ 16	\$ 0
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 6.708	\$ 181	\$ 2
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 6.997	\$ 177	\$ 2
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 7.040	\$ 144	\$ 1
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 6.976	\$ 186	\$ 2
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 7.364	\$ 187	\$ 2
13-6	8286	172	6	8.464	\$ 3.708	\$ 77	\$ 3
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 2.434	\$ 17	\$ 0
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 6.628	\$ 157	\$ 2
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 7.019	\$ 174	\$ 2
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 6.872	\$ 190	\$ 2
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 7.120	\$ 186	\$ 1
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 7.542	\$ 192	\$ 2
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 3.468	\$ 57	\$ 2
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 3.006	\$ 18	\$ 0
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 6.691	\$ 172	\$ 1
23-6	15628	449	5	16.082	\$ 6.994	\$ 201	\$ 2
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 6.964	\$ 204	\$ 0
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 7.007	\$ 199	\$ 1
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 7.471	\$ 210	\$ 2
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 3.226	\$ 89	\$ 1
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 1.749	\$ 21	\$ 2
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 2.484	\$ 31	\$ 1
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 7.030	\$ 187	\$ 2

Tabla 95 Costo Variable por Actividades Facility 12

4.13.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de SIGCTT



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Sentido		NORTE		TOTAL	CV Categoría C1			CV Categoría C2			CV Categoría C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$6.654	\$0,45	\$0,45	\$171	\$0,45	\$0,45	\$1,79	\$0,45	\$0,45
2-6	15501	394	5	15.900	\$6.937	\$0,45	\$0,45	\$176	\$0,45	\$0,45	\$2,24	\$0,45	\$0,45
3-6	15367	381	3	15.751	\$6.877	\$0,45	\$0,45	\$170	\$0,45	\$0,45	\$1,34	\$0,45	\$0,45
4-6	16176	405	1	16.582	\$7.239	\$0,45	\$0,45	\$181	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45
5-6	16634	395	5	17.034	\$7.444	\$0,45	\$0,45	\$177	\$0,45	\$0,45	\$2,24	\$0,45	\$0,45
6-6	8217	176	6	8.399	\$3.677	\$0,45	\$0,45	\$79	\$0,45	\$0,45	\$2,68	\$0,45	\$0,45
7-6	6477	36	1	6.514	\$2.898	\$0,45	\$0,45	\$16	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45
8-6	14989	405	4	15.398	\$6.708	\$0,45	\$0,45	\$181	\$0,45	\$0,45	\$1,79	\$0,45	\$0,45
9-6	15636	396	5	16.037	\$6.997	\$0,45	\$0,45	\$177	\$0,45	\$0,45	\$2,24	\$0,45	\$0,45
10-6	15732	321	3	16.056	\$7.040	\$0,45	\$0,45	\$144	\$0,45	\$0,45	\$1,34	\$0,45	\$0,45
11-6	15589	416	4	16.009	\$6.976	\$0,45	\$0,45	\$186	\$0,45	\$0,45	\$1,79	\$0,45	\$0,45
12-6	16456	417	5	16.878	\$7.364	\$0,45	\$0,45	\$187	\$0,45	\$0,45	\$2,24	\$0,45	\$0,45
13-6	8286	172	6	8.464	\$3.708	\$0,45	\$0,45	\$77	\$0,45	\$0,45	\$2,68	\$0,45	\$0,45
14-6	5439	39	1	5.479	\$2.434	\$0,45	\$0,45	\$17	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45
15-6	14811	351	5	15.167	\$6.628	\$0,45	\$0,45	\$157	\$0,45	\$0,45	\$2,24	\$0,45	\$0,45
16-6	15685	388	4	16.077	\$7.019	\$0,45	\$0,45	\$174	\$0,45	\$0,45	\$1,79	\$0,45	\$0,45
17-6	15357	424	5	15.786	\$6.872	\$0,45	\$0,45	\$190	\$0,45	\$0,45	\$2,24	\$0,45	\$0,45
18-6	15911	416	3	16.330	\$7.120	\$0,45	\$0,45	\$186	\$0,45	\$0,45	\$1,34	\$0,45	\$0,45
19-6	16854	428	4	17.286	\$7.542	\$0,45	\$0,45	\$192	\$0,45	\$0,45	\$1,79	\$0,45	\$0,45
20-6	7750	127	5	7.882	\$3.468	\$0,45	\$0,45	\$57	\$0,45	\$0,45	\$2,24	\$0,45	\$0,45
21-6	6718	41	1	6.760	\$3.006	\$0,45	\$0,45	\$18	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45
22-6	14951	385	2	15.338	\$6.691	\$0,45	\$0,45	\$172	\$0,45	\$0,45	\$0,89	\$0,45	\$0,45
23-6	15628	449	5	16.082	\$6.994	\$0,45	\$0,45	\$201	\$0,45	\$0,45	\$2,24	\$0,45	\$0,45
24-6	15561	455	1	16.017	\$6.964	\$0,45	\$0,45	\$204	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45	\$0,45
25-6	15659	445	3	16.107	\$7.007	\$0,45	\$0,45	\$199	\$0,45	\$0,45	\$1,34	\$0,45	\$0,45
26-6	16695	469	4	17.168	\$7.471	\$0,45	\$0,45	\$210	\$0,45	\$0,45	\$1,79	\$0,45	\$0,45
27-6	7209	199	3	7.411	\$3.226	\$0,45	\$0,45	\$89	\$0,45	\$0,45	\$1,34	\$0,45	\$0,45
28-6	3908	48	4	3.960	\$1.749	\$0,45	\$0,45	\$21	\$0,45	\$0,45	\$1,79	\$0,45	\$0,45
29-6	5551	70	3	5.624	\$2.484	\$0,45	\$0,45	\$31	\$0,45	\$0,45	\$1,34	\$0,45	\$0,45
30-6	15710	418	4	16.132	\$7.030	-\$0,02	\$0,45	\$187	-\$0,02	\$0,45	\$1,79	-\$0,02	\$0,45

Tabla 96 Costo Variable Total Facility 12

4.13.4. Estructura de Costo Facility 12: SIGP

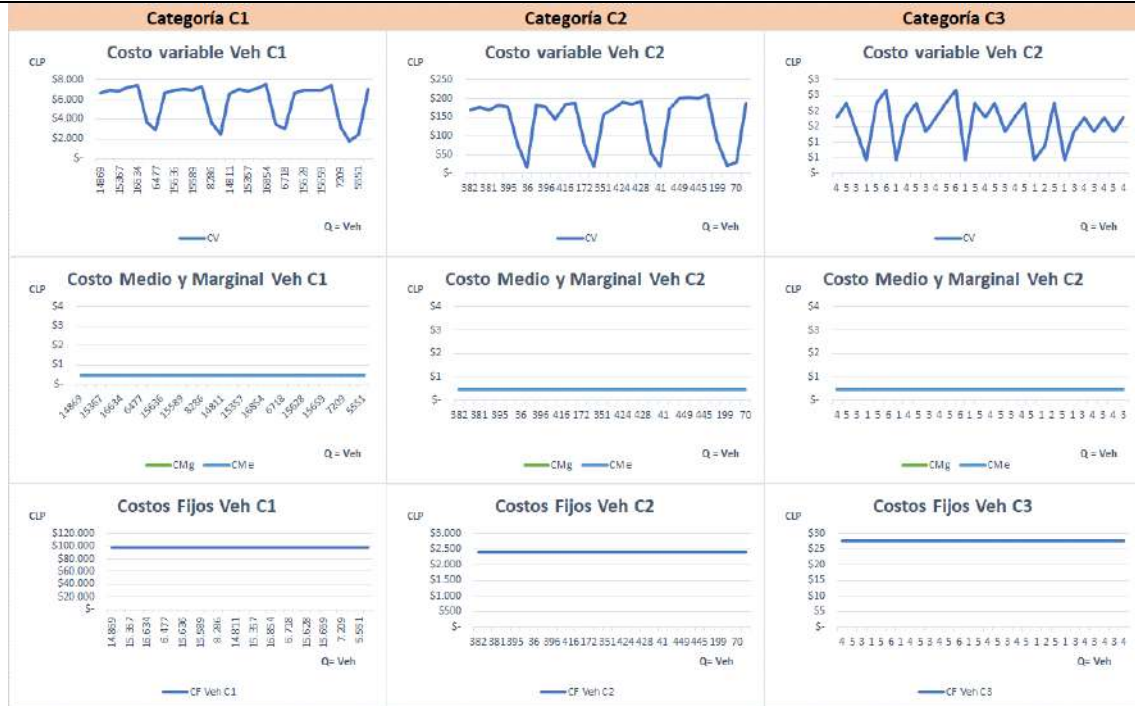


Gráfico 12 Estructura de Costo Facility 12

4.14. Facility 13: Redes de Comunicaciones

4.14.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 13: Redes de Comunicaciones

Electricidad	Insumos		REDES DE COMUNICACIONES	
			Costos Directos	Costos Indirectos
			Costos Variables	Costos Fijos
Facility 13 Red de Comunicaciones y Servidores 13 Anillo de Fibra Switches y Routers Servidores Respaldo BBDD Supervisor de Redes Work Station Laptop Oficina	Recursos	Costos Variables	Bono de Supervisor de MTTO Redes Comunicaciones	
		Costos Fijos		Contrato MTTO de Redes de Comunicaciones
				Contrato de MTTO Salas Técnicas
				Camioneta
				Combustible
				Celular

Matriz de Costo

Tabla 97 Matriz de Costo Facility 13

4.14.2. Costos Fijos Facility 13: Redes de Comunicaciones

4.14.2.1. Definición de Costos Fijos de Redes de Comunicaciones

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
13. Redes de Comunicaciones					



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Sueldo Supervisor de Redes	Unidad	1	\$1.250.000	\$1.250.000	\$15.000.000
Celular	Unidad	1	\$10.000	\$10.000	\$120.000
Contrato de Mantenimiento SIGP (SOP/SEP)	Unidad	1	\$1.574.713	\$1.574.713	\$18.896.550
Subtotal				\$2.834.713	\$34.016.550

Tabla 98 Definición de Costos Fijos Facility 13

4.14.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Redes de Comunicaciones

Sentido	NORTE			TOTAL	13. Redes de Comunicaciones		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$92.226	\$2.238	\$26
2-6	15501	394	5	15.900	\$92.226	\$2.238	\$26
3-6	15367	381	3	15.751	\$92.226	\$2.238	\$26
4-6	16176	405	1	16.582	\$92.226	\$2.238	\$26
5-6	16634	395	5	17.034	\$92.226	\$2.238	\$26
6-6	8217	176	6	8.399	\$92.226	\$2.238	\$26
7-6	6477	36	1	6.514	\$92.226	\$2.238	\$26
8-6	14989	405	4	15.398	\$92.226	\$2.238	\$26
9-6	15636	396	5	16.037	\$92.226	\$2.238	\$26
10-6	15732	321	3	16.056	\$92.226	\$2.238	\$26
11-6	15589	416	4	16.009	\$92.226	\$2.238	\$26
12-6	16456	417	5	16.878	\$92.226	\$2.238	\$26
13-6	8286	172	6	8.464	\$92.226	\$2.238	\$26
14-6	5439	39	1	5.479	\$92.226	\$2.238	\$26
15-6	14811	351	5	15.167	\$92.226	\$2.238	\$26
16-6	15685	388	4	16.077	\$92.226	\$2.238	\$26
17-6	15357	424	5	15.786	\$92.226	\$2.238	\$26
18-6	15911	416	3	16.330	\$92.226	\$2.238	\$26
19-6	16854	428	4	17.286	\$92.226	\$2.238	\$26
20-6	7750	127	5	7.882	\$92.226	\$2.238	\$26
21-6	6718	41	1	6.760	\$92.226	\$2.238	\$26
22-6	14951	385	2	15.338	\$92.226	\$2.238	\$26
23-6	15628	449	5	16.082	\$92.226	\$2.238	\$26
24-6	15561	455	1	16.017	\$92.226	\$2.238	\$26
25-6	15659	445	3	16.107	\$92.226	\$2.238	\$26
26-6	16695	469	4	17.168	\$92.226	\$2.238	\$26
27-6	7209	199	3	7.411	\$92.226	\$2.238	\$26
28-6	3908	48	4	3.960	\$92.226	\$2.238	\$26
29-6	5551	70	3	5.624	\$92.226	\$2.238	\$26
30-6	15710	418	4	16.132	\$92.226	\$2.238	\$26

Tabla 99 Costo Fijo Total Facility 13

4.14.3. Costos Variables Facility 13: Redes de Comunicaciones

4.14.3.1. Definición de Costo Variable de Redes de Comunicaciones

1) Costo Bono Producción del Personal Facility 13

a) Cálculo de Prima de Bono de Producción



Calculo Prima Producción Supervisor y Analista				
% Producción del Flujo Proyectado	Prima	Bono por Pórtico	Obs: Bono considera un sueldo al año por ambos pórticos	
		Supervisor		
0,8	100%	208333	Q	398.883
0,81	101%	210417	Sueldo Sup	208333
0,82	102%	212500		
0,83	103%	214583		
0,84	104%	216667	Bono Sup	247917
0,85	105%	218750		
0,86	106%	220833		
0,87	107%	222917		
0,88	108%	225000		
0,89	109%	227083		
0,9	110%	229167		
0,91	111%	231250		
0,92	112%	233333		
0,93	113%	235417		
0,94	114%	237500		
0,95	115%	239583		
0,96	116%	241667		
0,97	117%	243750		
0,98	118%	245833		
0,99	119%	247917		
1	120%	250000		
1,01	121%	252083		
1,02	122%	254167		
1,03	123%	256250		
1,04	124%	258333		
1,05	125%	260417		

Tabla 100 Cálculo Prima de Bono de Producción Facility 13

b) Costo Bono de Producción del Personal

Costo Variable	Costo	Cantidad/Veh	Costo	Unidad	Observaciones
Bono Supervisor de Redes	\$247.917	2,507E-06	\$0,62	Costo/Veh	Bono Supervisor de Redes de Comunicación
			Total \$0,62		

Tabla 101 Costo de Bono de Producción Personal Facility 13

4.14.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Redes de Comunicaciones

Sentido	NORTE			TOTAL	Veh C1	Veh C2	Veh C3
Categoría	C1	C2	C3	398883	Bono Sup	Bono Sup	Bono Sup
1-6	14869	382	4	15.255	\$9.241,5	\$237,4	\$2,5
2-6	15501	394	5	15.900	\$9.634,3	\$244,9	\$3,1
3-6	15367	381	3	15.751	\$9.551,0	\$236,8	\$1,9
4-6	16176	405	1	16.582	\$10.053,8	\$251,7	\$0,6
5-6	16634	395	5	17.034	\$10.338,5	\$245,5	\$3,1
6-6	8217	176	6	8.399	\$5.107,1	\$109,4	\$3,7
7-6	6477	36	1	6.514	\$4.025,6	\$22,4	\$0,6
8-6	14989	405	4	15.398	\$9.316,1	\$251,7	\$2,5
9-6	15636	396	5	16.037	\$9.718,2	\$246,1	\$3,1
10-6	15732	321	3	16.056	\$9.777,9	\$199,5	\$1,9
11-6	15589	416	4	16.009	\$9.689,0	\$258,6	\$2,5



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

12-6	16456	417	5	16.878	\$10.227,9	\$259,2	\$3,1
13-6	8286	172	6	8.464	\$5.150,0	\$106,9	\$3,7
14-6	5439	39	1	5.479	\$3.380,5	\$24,2	\$0,6
15-6	14811	351	5	15.167	\$9.205,4	\$218,2	\$3,1
16-6	15685	388	4	16.077	\$9.748,7	\$241,2	\$2,5
17-6	15357	424	5	15.786	\$9.544,8	\$263,5	\$3,1
18-6	15911	416	3	16.330	\$9.889,1	\$258,6	\$1,9
19-6	16854	428	4	17.286	\$10.475,2	\$266,0	\$2,5
20-6	7750	127	5	7.882	\$4.816,8	\$78,9	\$3,1
21-6	6718	41	1	6.760	\$4.175,4	\$25,5	\$0,6
22-6	14951	385	2	15.338	\$9.292,5	\$239,3	\$1,2
23-6	15628	449	5	16.082	\$9.713,2	\$279,1	\$3,1
24-6	15561	455	1	16.017	\$9.671,6	\$282,8	\$0,6
25-6	15659	445	3	16.107	\$9.732,5	\$276,6	\$1,9
26-6	16695	469	4	17.168	\$10.376,4	\$291,5	\$2,5
27-6	7209	199	3	7.411	\$4.480,6	\$123,7	\$1,9
28-6	3908	48	4	3.960	\$2.428,9	\$29,8	\$2,5
29-6	5551	70	3	5.624	\$3.450,1	\$43,5	\$1,9
30-6	15710	418	4	16.132	\$9.764,2	\$259,8	\$2,5

Tabla 102 Costo Bono Producción del Personal Facility 13

4.14.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Redes de Comunicaciones

Sentido		NORTE		TOTAL	CV Categoría C1			CV Categoría C2			CV Categoría C3		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$9.241	\$0,6	\$0,6	\$237	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
2-6	15501	394	5	15.900	\$9.634	\$0,6	\$0,6	\$245	\$0,6	\$0,6	\$3	\$0,6	\$0,6
3-6	15367	381	3	15.751	\$9.551	\$0,6	\$0,6	\$237	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
4-6	16176	405	1	16.582	\$10.054	\$0,6	\$0,6	\$252	\$0,6	\$0,6	\$1	\$0,6	\$0,6
5-6	16634	395	5	17.034	\$10.338	\$0,6	\$0,6	\$246	\$0,6	\$0,6	\$3	\$0,6	\$0,6
6-6	8217	176	6	8.399	\$5.107	\$0,6	\$0,6	\$109	\$0,6	\$0,6	\$4	\$0,6	\$0,6
7-6	6477	36	1	6.514	\$4.026	\$0,6	\$0,6	\$22	\$0,6	\$0,6	\$1	\$0,6	\$0,6
8-6	14989	405	4	15.398	\$9.316	\$0,6	\$0,6	\$252	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
9-6	15636	396	5	16.037	\$9.718	\$0,6	\$0,6	\$246	\$0,6	\$0,6	\$3	\$0,6	\$0,6
10-6	15732	321	3	16.056	\$9.778	\$0,6	\$0,6	\$200	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
11-6	15589	416	4	16.009	\$9.689	\$0,6	\$0,6	\$259	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
12-6	16456	417	5	16.878	\$10.228	\$0,6	\$0,6	\$259	\$0,6	\$0,6	\$3	\$0,6	\$0,6
13-6	8286	172	6	8.464	\$5.150	\$0,6	\$0,6	\$107	\$0,6	\$0,6	\$4	\$0,6	\$0,6
14-6	5439	39	1	5.479	\$3.380	\$0,6	\$0,6	\$24	\$0,6	\$0,6	\$1	\$0,6	\$0,6
15-6	14811	351	5	15.167	\$9.205	\$0,6	\$0,6	\$218	\$0,6	\$0,6	\$3	\$0,6	\$0,6
16-6	15685	388	4	16.077	\$9.749	\$0,6	\$0,6	\$241	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
17-6	15357	424	5	15.786	\$9.545	\$0,6	\$0,6	\$264	\$0,6	\$0,6	\$3	\$0,6	\$0,6
18-6	15911	416	3	16.330	\$9.889	\$0,6	\$0,6	\$259	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
19-6	16854	428	4	17.286	\$10.475	\$0,6	\$0,6	\$266	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
20-6	7750	127	5	7.882	\$4.817	\$0,6	\$0,6	\$79	\$0,6	\$0,6	\$3	\$0,6	\$0,6
21-6	6718	41	1	6.760	\$4.175	\$0,6	\$0,6	\$25	\$0,6	\$0,6	\$1	\$0,6	\$0,6
22-6	14951	385	2	15.338	\$9.292	\$0,6	\$0,6	\$239	\$0,6	\$0,6	\$1	\$0,6	\$0,6
23-6	15628	449	5	16.082	\$9.713	\$0,6	\$0,6	\$279	\$0,6	\$0,6	\$3	\$0,6	\$0,6
24-6	15561	455	1	16.017	\$9.672	\$0,6	\$0,6	\$283	\$0,6	\$0,6	\$1	\$0,6	\$0,6
25-6	15659	445	3	16.107	\$9.732	\$0,6	\$0,6	\$277	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
26-6	16695	469	4	17.168	\$10.376	\$0,6	\$0,6	\$291	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
27-6	7209	199	3	7.411	\$4.481	\$0,6	\$0,6	\$124	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
28-6	3908	48	4	3.960	\$2.429	\$0,6	\$0,6	\$30	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
29-6	5551	70	3	5.624	\$3.450	\$0,6	\$0,6	\$44	\$0,6	\$0,6	\$2	\$0,6	\$0,6
30-6	15710	418	4	16.132	\$9.764	\$0,0	\$0,6	\$260	\$0,0	\$0,6	\$2	\$0,0	\$0,6

Tabla 103 Costo Variable Total Facility 13

4.14.4. Estructura de Costo Facility 13: Redes de Comunicaciones



Gráfico 13 Estructura de Costo Facility 13

4.15. Costo Global

4.15.1. Costo Fijo Global

Sentido	NORTE			TOTAL	Costo Fijo Total		
Categoría	C1	C2	C3	398883	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	14869	382	4	15.255	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
2-6	15501	394	5	15.900	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
3-6	15367	381	3	15.751	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
4-6	16176	405	1	16.582	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
5-6	16634	395	5	17.034	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
6-6	8217	176	6	8.399	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
7-6	6477	36	1	6.514	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
8-6	14989	405	4	15.398	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
9-6	15636	396	5	16.037	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
10-6	15732	321	3	16.056	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
11-6	15589	416	4	16.009	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
12-6	16456	417	5	16.878	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
13-6	8286	172	6	8.464	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
14-6	5439	39	1	5.479	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
15-6	14811	351	5	15.167	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
16-6	15685	388	4	16.077	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
17-6	15357	424	5	15.786	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
18-6	15911	416	3	16.330	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
19-6	16854	428	4	17.286	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
20-6	7750	127	5	7.882	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
21-6	6718	41	1	6.760	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
22-6	14951	385	2	15.338	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461



23-6	15628	449	5	16.082	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
24-6	15561	455	1	16.017	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
25-6	15659	445	3	16.107	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
26-6	16695	469	4	17.168	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
27-6	7209	199	3	7.411	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
28-6	3908	48	4	3.960	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
29-6	5551	70	3	5.624	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461
30-6	15710	418	4	16.132	\$ 1.647.355	\$ 39.977	\$ 461

Tabla 104 Costo Fijo Global Eje C1 Túnel San Cristóbal

4.15.2. Costo Variable Global

4.15.2.1. Costo Variable Total Categoría Vehicular C1

Pórtico	PC101			Categoría Veh C1							
Sentido	NORTE			TOTAL	COSTOS A CORTO PLAZO DE TÚNEL SAN CRISTÓBAL						
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CF	CT	CMg	CFMe	CMe	CTMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$655.134	\$1.647.355	\$2.302.489	\$33	\$111	\$44	\$155
2-6	15501	394	5	15.900	\$675.947	\$1.647.355	\$2.323.301	\$33	\$106	\$44	\$150
3-6	15367	381	3	15.751	\$671.583	\$1.647.355	\$2.318.938	\$33	\$107	\$44	\$151
4-6	16176	405	1	16.582	\$698.200	\$1.647.355	\$2.345.555	\$33	\$102	\$43	\$145
5-6	16634	395	5	17.034	\$713.338	\$1.647.355	\$2.360.692	\$37	\$99	\$43	\$142
6-6	8217	176	6	8.399	\$406.046	\$1.647.355	\$2.053.400	\$33	\$200	\$49	\$250
7-6	6477	36	1	6.514	\$349.317	\$1.647.355	\$1.996.672	\$36	\$254	\$54	\$308
8-6	14989	405	4	15.398	\$659.002	\$1.647.355	\$2.306.357	\$33	\$110	\$44	\$154
9-6	15636	396	5	16.037	\$680.395	\$1.647.355	\$2.327.750	\$36	\$105	\$44	\$149
10-6	15732	321	3	16.056	\$683.866	\$1.647.355	\$2.331.221	\$36	\$105	\$43	\$148
11-6	15589	416	4	16.009	\$678.769	\$1.647.355	\$2.326.124	\$33	\$106	\$44	\$149
12-6	16456	417	5	16.878	\$707.382	\$1.647.355	\$2.354.736	\$37	\$100	\$43	\$143
13-6	8286	172	6	8.464	\$408.338	\$1.647.355	\$2.055.692	\$33	\$199	\$49	\$248
14-6	5439	39	1	5.479	\$315.102	\$1.647.355	\$1.962.457	\$36	\$303	\$58	\$361
15-6	14811	351	5	15.167	\$653.344	\$1.647.355	\$2.300.698	\$33	\$111	\$44	\$155
16-6	15685	388	4	16.077	\$682.048	\$1.647.355	\$2.329.403	\$33	\$105	\$43	\$149
17-6	15357	424	5	15.786	\$671.073	\$1.647.355	\$2.318.428	\$33	\$107	\$44	\$151
18-6	15911	416	3	16.330	\$689.403	\$1.647.355	\$2.336.758	\$33	\$104	\$43	\$147
19-6	16854	428	4	17.286	\$720.480	\$1.647.355	\$2.367.835	\$36	\$98	\$43	\$140
20-6	7750	127	5	7.882	\$390.841	\$1.647.355	\$2.038.196	\$33	\$213	\$50	\$263
21-6	6718	41	1	6.760	\$357.230	\$1.647.355	\$2.004.585	\$37	\$245	\$53	\$298
22-6	14951	385	2	15.338	\$657.837	\$1.647.355	\$2.305.192	\$33	\$110	\$44	\$154
23-6	15628	449	5	16.082	\$679.924	\$1.647.355	\$2.327.279	\$33	\$105	\$44	\$149
24-6	15561	455	1	16.017	\$677.704	\$1.647.355	\$2.325.058	\$33	\$106	\$44	\$149
25-6	15659	445	3	16.107	\$680.971	\$1.647.355	\$2.328.326	\$33	\$105	\$43	\$149
26-6	16695	469	4	17.168	\$715.083	\$1.647.355	\$2.362.437	\$36	\$99	\$43	\$142
27-6	7209	199	3	7.411	\$372.686	\$1.647.355	\$2.020.040	\$33	\$229	\$52	\$280
28-6	3908	48	4	3.960	\$264.522	\$1.647.355	\$1.911.877	\$33	\$422	\$68	\$489
29-6	5551	70	3	5.624	\$318.598	\$1.647.355	\$1.965.953	\$36	\$297	\$57	\$354
30-6	15710	418	4	16.132	\$682.756	\$1.647.355	\$2.330.111	-	\$105	\$43	\$148

Tabla 105 Costo Variable Total Categoría Veh C1 Túnel San Cristóbal

4.15.2.2. Costo Variable Total Categoría Vehicular C2



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Pórtico	PC101				CV Categoría Veh C2						
Sentido	NORTE			TOTAL	COSTOS A CORTO PLAZO DE TÚNEL SAN CRISTÓBAL						
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CF	CT	CMg	CFMe	CMe	CTMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$42.960	\$39.977	\$82.938	\$90	\$105	\$112	\$217
2-6	15501	394	5	15.900	\$44.039	\$39.977	\$84.016	\$94	\$101	\$112	\$213
3-6	15367	381	3	15.751	\$42.814	\$39.977	\$82.791	\$92	\$105	\$112	\$217
4-6	16176	405	1	16.582	\$45.021	\$39.977	\$84.998	\$99	\$99	\$111	\$210
5-6	16634	395	5	17.034	\$44.028	\$39.977	\$84.005	\$95	\$101	\$111	\$213
6-6	8217	176	6	8.399	\$23.237	\$39.977	\$63.214	\$95	\$227	\$132	\$359
7-6	6477	36	1	6.514	\$9.939	\$39.977	\$49.916	\$95	\$1.110	\$276	\$1.387
8-6	14989	405	4	15.398	\$45.142	\$39.977	\$85.119	\$103	\$99	\$111	\$210
9-6	15636	396	5	16.037	\$44.216	\$39.977	\$84.193	\$95	\$101	\$112	\$213
10-6	15732	321	3	16.056	\$37.065	\$39.977	\$77.042	\$95	\$125	\$115	\$240
11-6	15589	416	4	16.009	\$46.126	\$39.977	\$86.103	\$36	\$96	\$111	\$207
12-6	16456	417	5	16.878	\$46.162	\$39.977	\$86.139	\$95	\$96	\$111	\$207
13-6	8286	172	6	8.464	\$22.850	\$39.977	\$62.828	\$95	\$232	\$133	\$365
14-6	5439	39	1	5.479	\$10.266	\$39.977	\$50.243	\$95	\$1.025	\$263	\$1.288
15-6	14811	351	5	15.167	\$40.007	\$39.977	\$79.985	\$93	\$114	\$114	\$228
16-6	15685	388	4	16.077	\$43.450	\$39.977	\$83.427	\$96	\$103	\$112	\$215
17-6	15357	424	5	15.786	\$46.912	\$39.977	\$86.890	\$102	\$94	\$111	\$205
18-6	15911	416	3	16.330	\$46.093	\$39.977	\$86.070	\$87	\$96	\$111	\$207
19-6	16854	428	4	17.286	\$47.142	\$39.977	\$87.119	\$95	\$93	\$110	\$204
20-6	7750	127	5	7.882	\$18.601	\$39.977	\$58.578	\$95	\$315	\$146	\$461
21-6	6718	41	1	6.760	\$10.413	\$39.977	\$50.390	\$95	\$975	\$254	\$1.229
22-6	14951	385	2	15.338	\$43.238	\$39.977	\$83.215	\$94	\$104	\$112	\$216
23-6	15628	449	5	16.082	\$49.263	\$39.977	\$89.241	\$97	\$89	\$110	\$199
24-6	15561	455	1	16.017	\$49.843	\$39.977	\$89.820	\$96	\$88	\$110	\$197
25-6	15659	445	3	16.107	\$48.879	\$39.977	\$88.857	\$90	\$90	\$110	\$200
26-6	16695	469	4	17.168	\$51.051	\$39.977	\$91.028	\$95	\$85	\$109	\$194
27-6	7209	199	3	7.411	\$25.534	\$39.977	\$65.511	\$95	\$201	\$128	\$329
28-6	3908	48	4	3.960	\$11.255	\$39.977	\$51.232	\$92	\$833	\$234	\$1.067
29-6	5551	70	3	5.624	\$13.274	\$39.977	\$53.252	\$95	\$571	\$190	\$761
30-6	15710	418	4	16.132	\$46.303	\$39.977	\$86.281	-	\$96	\$111	\$206

Tabla 106 Costos Variables Global Categoría C2 Túnel San Cristóbal

4.15.2.3. Costo Variable Total Categoría Vehicular C3

Pórtico	PC101				CV Categoría Veh C3						
Sentido	NORTE			TOTAL	COSTOS A CORTO PLAZO DE TÚNEL SAN CRISTÓBAL						
Categoría	C1	C2	C3	398883	CV	CF	CT	CMg	CFMe	CMe	CTMe
1-6	14869	382	4	15.255	\$4.384	\$461	\$4.845	\$71	\$115	\$1.096	\$1.211
2-6	15501	394	5	15.900	\$4.455	\$461	\$4.916	\$72	\$92	\$891	\$983
3-6	15367	381	3	15.751	\$4.312	\$461	\$4.773	\$72	\$154	\$1.437	\$1.591
4-6	16176	405	1	16.582	\$4.167	\$461	\$4.629	\$72	\$461	\$4.167	\$4.629
5-6	16634	395	5	17.034	\$4.454	\$461	\$4.915	\$73	\$92	\$891	\$983
6-6	8217	176	6	8.399	\$4.527	\$461	\$4.988	\$72	\$77	\$754	\$831
7-6	6477	36	1	6.514	\$4.169	\$461	\$4.630	\$72	\$461	\$4.169	\$4.630
8-6	14989	405	4	15.398	\$4.384	\$461	\$4.845	\$71	\$115	\$1.096	\$1.211
9-6	15636	396	5	16.037	\$4.455	\$461	\$4.916	\$72	\$92	\$891	\$983
10-6	15732	321	3	16.056	\$4.311	\$461	\$4.772	\$72	\$154	\$1.437	\$1.591
11-6	15589	416	4	16.009	\$4.383	\$461	\$4.844	\$71	\$115	\$1.096	\$1.211
12-6	16456	417	5	16.878	\$4.454	\$461	\$4.915	\$72	\$92	\$891	\$983



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

13-6	8286	172	6	8.464	\$4.526	\$461	\$4.988	\$71	\$77	\$754	\$831
14-6	5439	39	1	5.479	\$4.170	\$461	\$4.631	\$72	\$461	\$4.170	\$4.631
15-6	14811	351	5	15.167	\$4.456	\$461	\$4.917	\$73	\$92	\$891	\$983
16-6	15685	388	4	16.077	\$4.383	\$461	\$4.844	\$72	\$115	\$1.096	\$1.211
17-6	15357	424	5	15.786	\$4.455	\$461	\$4.917	\$72	\$92	\$891	\$983
18-6	15911	416	3	16.330	\$4.311	\$461	\$4.772	\$71	\$154	\$1.437	\$1.591
19-6	16854	428	4	17.286	\$4.382	\$461	\$4.843	\$74	\$115	\$1.095	\$1.211
20-6	7750	127	5	7.882	\$4.456	\$461	\$4.917	\$72	\$92	\$891	\$983
21-6	6718	41	1	6.760	\$4.168	\$461	\$4.630	\$71	\$461	\$4.168	\$4.630
22-6	14951	385	2	15.338	\$4.240	\$461	\$4.701	\$72	\$231	\$2.120	\$2.350
23-6	15628	449	5	16.082	\$4.455	\$461	\$4.916	\$72	\$92	\$891	\$983
24-6	15561	455	1	16.017	\$4.168	\$461	\$4.629	\$72	\$461	\$4.168	\$4.629
25-6	15659	445	3	16.107	\$4.311	\$461	\$4.772	\$71	\$154	\$1.437	\$1.591
26-6	16695	469	4	17.168	\$4.382	\$461	\$4.843	\$69	\$115	\$1.096	\$1.211
27-6	7209	199	3	7.411	\$4.313	\$461	\$4.774	\$88	\$154	\$1.438	\$1.591
28-6	3908	48	4	3.960	\$4.401	\$461	\$4.862	\$84	\$115	\$1.100	\$1.216
29-6	5551	70	3	5.624	\$4.317	\$461	\$4.778	\$66	\$154	\$1.439	\$1.593
30-6	15710	418	4	16.132	\$4.383	\$461	\$4.844	-	\$115	\$1.096	\$1.211

Tabla 107 Costos Variables Global Categoría C3 Túnel San Cristóbal

4.15.3. Estructura de Costo Global



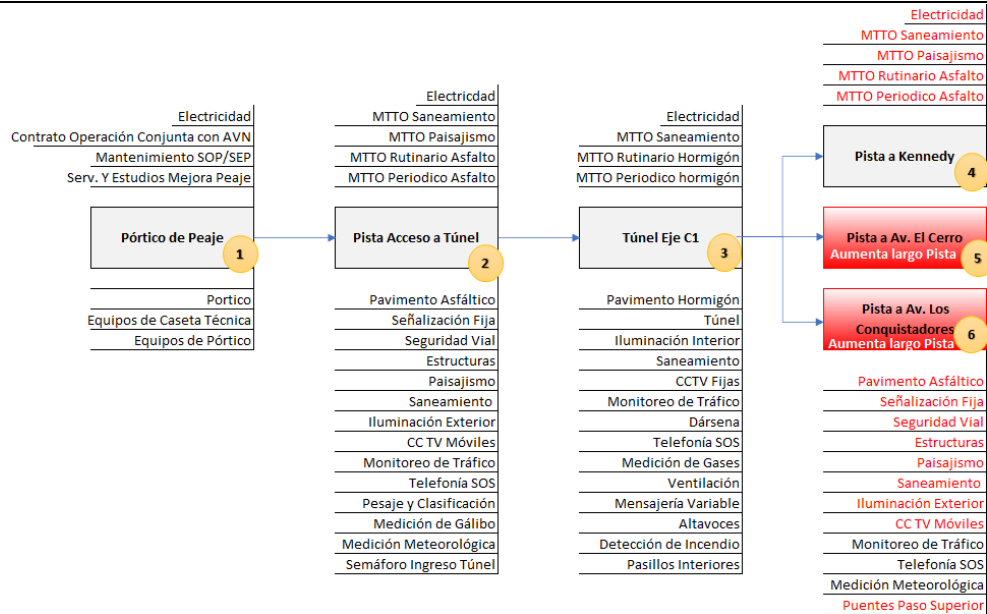
Gráfico 14 Estructura de Costo Global Túnel San Cristóbal

5. COSTOS DE PRODUCCIÓN CON PROYECTO

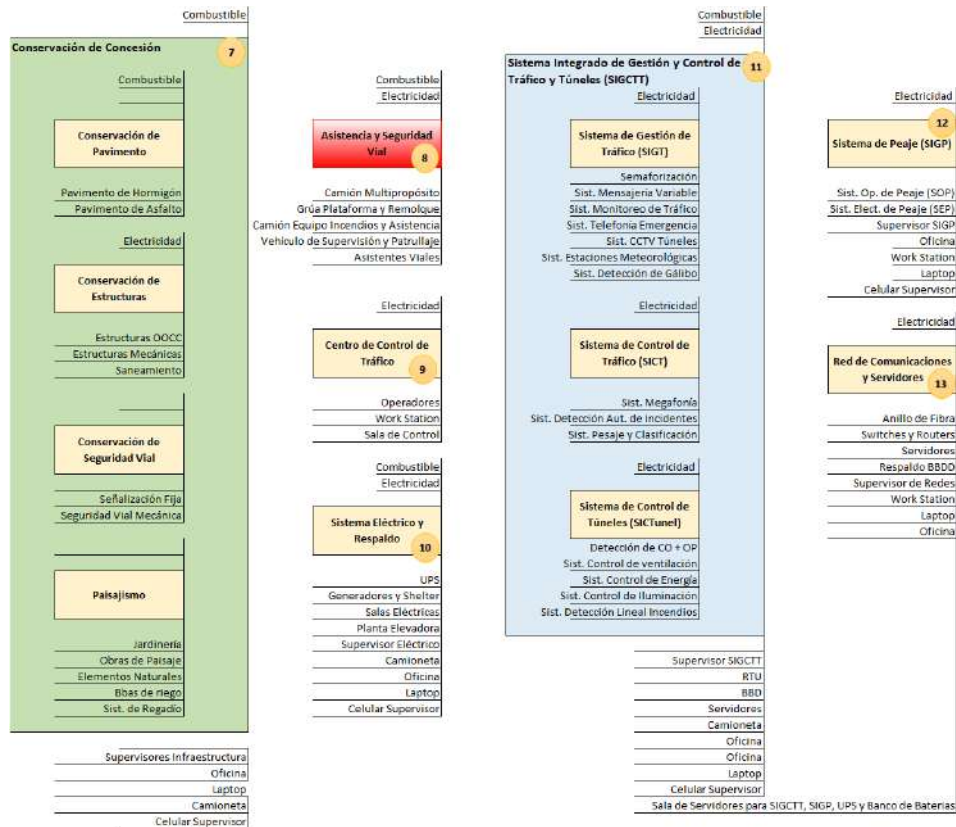
5.1.Flowsheet Con Proyecto

El flowsheet con proyecto no aumenta con otras facilities, más bien las facilities crecen en tamaño de pista y aumentan sus recursos como paso superior o puente, nuevos cámaras de CCTV, señaléticas, entre otros. Por lo tanto, el flowsheet no sufre mayores cambios al respecto.

5.1.1. Front Office



5.1.2. Front Office



5.2.Facility 5 Con Proyecto: Pista Av. El Cerro

5.2.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 5 Con Proyecto: Pista Av. El Cerro



Facility 5 Electricidad MTTO Saneamiento MTTO Paisajismo MTTO Rutinario Asfalto MTTO Periodico Asfalto 5 Pista a Av. El Cerro Aumenta largo Pista Pavimento Asfáltico Señalización Fija Seguridad Vial Estructuras Paisajismo Saneamiento Iluminación Exterior CC TV Móviles Monitoreo de Tráfico Telefonía SOS Medición Meteorológica Puentes Paso Superior	Insumos			
		Recursos	Pista Av. El Cerro	
			Costos Directos	Costos Indirectos
			Costos Variables	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto Electricidad de Iluminación
			Costos Fijos	Mantenimiento Seg. Vial y Señalización
				Mantenimiento Paisajismo
				Mantenimiento Saneamiento
				I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos)
			Matriz de Costo (No sufre cambios)	

5.2.2. Costos Fijos Facility 5 Con Proyecto: Pista a Av. El Cerro

5.2.2.1. Definición de Costos Fijos de Pista a Av. El Cerro

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
5. Salida Pista Av. El Cerro					
Contrato Mantenimiento Paisajismo Tramo 3 C1	Unidad	1	\$280.316	\$280.316	\$3.363.791
Contrato Saneamiento Tramo 3 C1	Unidad	1	\$555.633	\$555.633	\$6.667.595
Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 3 C1	Unidad	1	\$308.996	\$308.996	\$3.707.956
I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo 3 C1	Unidad	1	\$253.338	\$253.338	\$3.040.059
Subtotal				\$1.398.283	\$16.779.401

Tabla 108 Definición de Costos Fijos Facility 5 Con Proyecto

Debido a que el proyecto considera extender la concesión, la pista Av. El Cerro crece en 301 mts, este crecimiento aumentó en un 100% el costo del contrato de Mantenimiento de Paisajismo y Saneamiento. En cambio, el contrato de Mantenimiento de Seg. Vial y Señalización, solo aumentó en un 20%, respecto a la facility sin proyecto.

5.2.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Pista a Av. El Cerro

Sentido	5. Salida Av. El Cerro			
	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3	
1-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	
2-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	
3-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	
4-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	
5-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	
6-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	
7-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	
8-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	
9-6	\$ 45.493	\$ 1.104	\$ 13	



10-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
11-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
12-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
13-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
14-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
15-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
16-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
17-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
18-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
19-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
20-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
21-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
22-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
23-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
24-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
25-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
26-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
27-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
28-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
29-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13
30-6	\$	45.493	\$	1.104	\$	13

Tabla 109 Costo Fijo por Categoría Vehicular Facility 5 con Proyecto

5.2.3. Costos Variables Facility 5 Con Proyecto: Pista a Av. El Cerro

5.2.3.1. Definición de Costo Variable de Pista a Av. El cerro

1. Costo Diario de Consumo de Electricidad por Iluminación

CV Iluminación	Cantidad	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Iluminación 250W	14	0,25	12	42	\$70	\$2.940	Kw/Día
Iluminación 150W	1	0,15	12	1,8	\$70	\$126	Kw/Día

Obs: por proyecto se agrega 4 iluminarias de 250W

Total \$3.066

Tabla 110 Costo Consumo Electricidad por Iluminación Facility 5 Con Proyecto

2. Costo Mantenimiento Periódico de Asfalto por Tipo de Vehículo

2.1. Actividad de Fresado y Recapado de Pavimento Asfáltico

Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Cantidad	Unitario /\$	Total Anual	Total Mensual
Fresado y Recapado	m ²	546,24	7	109,4	\$25.160	\$2.751.428	\$229.286

Obs: Se realiza Fresado y Recapado a un 2,86% de 546,24 m de pista

Obs: Con Proyecto la Concesión aumenta en 301 mts para Av. El Cerro

Tabla 111 Costo Actividad Fresado y Recapado Facility 5 Con Proyecto

2.2. Costo de Mantenimiento Periódico de Pavimento Asfáltico

Costo Variable	Unidad	Tráfico C2	Tráfico C3	3 Ejes C2	5 Ejes C3	% C2/Pista	% C3/Pista	Costo C2	Costo C3
MTTO Periódico	m ² /Veh	9.246	107	27738,1	533,4	98,86%	1,14%	\$8	\$5

Obs: El MTTO Periódico al costo de Fresado y Recapado por Vehículo Pesado (C2 y C3)

Obs: El 64% del tráfico ocupa esta pista, pero cerca del 2,4% son Vehículos Pesados

Obs: Se proyecta un aumento de 1,5291 del tráfico

Tabla 112 Costo Mantenimiento Periódico Facility 5 Con Proyecto

3. Costo Mantenimiento Rutinario a Asfalto



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Actividad	Unidad	Costo/Km	Km	Veh	Costo
MTTO Rutinario	Veh	\$2.837.900	0,54624	611640	\$3

Obs: Limpieza de faja y Sello de Grietas a 546,24 metros (Con Proyecto). Considera todo el tráfico

Tabla 113 Costo Mantenimiento Rutinario Facility 5 Con Proyecto

El flujo vehicular se proyecta con un aumento de 1,5291 y se considera el mismo precio por kilómetro de mantener en forma rutinaria la pista. El aumento del flujo vehicular, hizo descender el costo por vehículo al mantener el precio de mantenimiento.

3.1.1.1. Costo Variable por Categoría Vehicular de Pista a Av. El Cerro

Cate goría	C1	C2	C3	390356	MTTO Ruti nario C1	Costo Ilumina ción Exterior C1	MTTO Ruti nario C2	MTTO Periódico C2	Costo Ilumin ación Exterior C2	MTTO Rutin ario C3	MTTO Perió dico C3	Costo Ilumina ción Exterior C3
1-6	14551	374	4	14.929	\$36.879	\$2.988	\$947	\$1.998	\$77	\$10	\$13	\$1
2-6	15170	386	5	15.560	\$38.447	\$2.989	\$977	\$2.061	\$76	\$12	\$16	\$1
3-6	15039	373	3	15.414	\$38.114	\$2.991	\$945	\$1.993	\$74	\$7	\$9	\$1
4-6	15830	396	1	16.228	\$40.121	\$2.991	\$1.005	\$2.118	\$75	\$2	\$3	\$0
5-6	16278	387	5	16.670	\$41.257	\$2.994	\$980	\$2.066	\$71	\$12	\$16	\$1
6-6	8041	172	6	8.219	\$20.380	\$3.000	\$437	\$920	\$64	\$15	\$19	\$2
7-6	6339	35	1	6.375	\$16.065	\$3.049	\$89	\$188	\$17	\$2	\$3	\$0
8-6	14669	396	4	15.069	\$37.177	\$2.985	\$1.005	\$2.118	\$81	\$10	\$13	\$1
9-6	15302	388	5	15.694	\$38.782	\$2.989	\$982	\$2.071	\$76	\$12	\$16	\$1
10-6	15396	314	3	15.713	\$39.020	\$3.004	\$796	\$1.679	\$61	\$7	\$9	\$1
11-6	15256	407	4	15.667	\$38.665	\$2.986	\$1.032	\$2.176	\$80	\$10	\$13	\$1
12-6	16104	408	5	16.517	\$40.815	\$2.989	\$1.034	\$2.181	\$76	\$12	\$16	\$1
13-6	8109	168	6	8.283	\$20.552	\$3.002	\$427	\$900	\$62	\$15	\$19	\$2
14-6	5323	38	1	5.362	\$13.490	\$3.044	\$97	\$204	\$22	\$2	\$3	\$1
15-6	14494	343	5	14.843	\$36.735	\$2.994	\$871	\$1.836	\$71	\$12	\$16	\$1
16-6	15350	380	4	15.733	\$38.903	\$2.991	\$962	\$2.029	\$74	\$10	\$13	\$1
17-6	15029	415	5	15.449	\$38.090	\$2.983	\$1.052	\$2.218	\$82	\$12	\$16	\$1
18-6	15571	407	3	15.981	\$39.464	\$2.987	\$1.032	\$2.176	\$78	\$7	\$9	\$1
19-6	16494	419	4	16.916	\$41.803	\$2.989	\$1.062	\$2.238	\$76	\$10	\$13	\$1
20-6	7584	124	5	7.714	\$19.222	\$3.015	\$315	\$664	\$49	\$12	\$16	\$2
21-6	6574	40	1	6.615	\$16.663	\$3.047	\$102	\$214	\$19	\$2	\$3	\$0
22-6	14631	377	2	15.010	\$37.083	\$2.989	\$955	\$2.014	\$77	\$5	\$6	\$0
23-6	15294	439	5	15.738	\$38.762	\$2.979	\$1.114	\$2.348	\$86	\$12	\$16	\$1
24-6	15228	445	1	15.675	\$38.596	\$2.979	\$1.129	\$2.380	\$87	\$2	\$3	\$0
25-6	15324	435	3	15.763	\$38.839	\$2.981	\$1.104	\$2.327	\$85	\$7	\$9	\$1
26-6	16338	459	4	16.801	\$41.408	\$2.982	\$1.163	\$2.453	\$84	\$10	\$13	\$1
27-6	7055	195	3	7.253	\$17.880	\$2.982	\$494	\$1.041	\$82	\$7	\$9	\$1
28-6	3824	47	4	3.875	\$9.693	\$3.026	\$119	\$251	\$37	\$10	\$13	\$3
29-6	5432	69	3	5.504	\$13.768	\$3.026	\$174	\$366	\$38	\$7	\$9	\$2
30-6	15374	409	4	15.787	\$38.965	\$2.986	\$1.037	\$2.186	\$79	\$10	\$13	\$1

Tabla 114 Costo por Actividades por Categoría Facility 5 Con Proyecto

3.1.1.2. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Pista a Av. El Cerro

Sentido	NORTE	TOTAL	Costos Variables Cat C1	Costo Variable Cat C2	Costo Variable Cat C3



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Categoría	C1	C2	C3	390356,477	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	14551	374	4	14.929	\$39.868	\$3	\$3	\$3.022	\$8	\$8	\$23	\$6	\$6
2-6	15170	386	5	15.560	\$41.436	\$3	\$3	\$3.114	\$8	\$8	\$29	\$6	\$6
3-6	15039	373	3	15.414	\$41.106	\$3	\$3	\$3.012	\$8	\$8	\$17	\$6	\$6
4-6	15830	396	1	16.228	\$43.112	\$3	\$3	\$3.198	\$8	\$8	\$6	\$6	\$6
5-6	16278	387	5	16.670	\$44.251	\$3	\$3	\$3.117	\$8	\$8	\$29	\$7	\$6
6-6	8041	172	6	8.219	\$23.380	\$3	\$3	\$1.421	\$8	\$8	\$36	\$6	\$6
7-6	6339	35	1	6.375	\$19.113	\$3	\$3	\$295	\$8	\$8	\$6	\$6	\$6
8-6	14669	396	4	15.069	\$40.161	\$3	\$3	\$3.203	\$8	\$8	\$23	\$6	\$6
9-6	15302	388	5	15.694	\$41.771	\$3	\$3	\$3.129	\$8	\$8	\$29	\$6	\$6
10-6	15396	314	3	15.713	\$42.024	\$3	\$3	\$2.536	\$8	\$8	\$17	\$6	\$6
11-6	15256	407	4	15.667	\$41.651	\$3	\$3	\$3.287	\$4	\$8	\$23	\$6	\$6
12-6	16104	408	5	16.517	\$43.805	\$3	\$3	\$3.291	\$8	\$8	\$29	\$7	\$6
13-6	8109	168	6	8.283	\$23.553	\$3	\$3	\$1.388	\$8	\$8	\$36	\$6	\$6
14-6	5323	38	1	5.362	\$16.534	\$3	\$3	\$323	\$8	\$8	\$6	\$6	\$6
15-6	14494	343	5	14.843	\$39.729	\$3	\$3	\$2.777	\$8	\$8	\$29	\$6	\$6
16-6	15350	380	4	15.733	\$41.894	\$3	\$3	\$3.066	\$8	\$8	\$23	\$6	\$6
17-6	15029	415	5	15.449	\$41.072	\$3	\$3	\$3.351	\$8	\$8	\$29	\$6	\$6
18-6	15571	407	3	15.981	\$42.451	\$3	\$3	\$3.286	\$8	\$8	\$17	\$6	\$6
19-6	16494	419	4	16.916	\$44.792	\$3	\$3	\$3.376	\$8	\$8	\$23	\$7	\$6
20-6	7584	124	5	7.714	\$22.237	\$3	\$3	\$1.029	\$8	\$8	\$30	\$6	\$6
21-6	6574	40	1	6.615	\$19.709	\$3	\$3	\$335	\$8	\$8	\$6	\$6	\$6
22-6	14631	377	2	15.010	\$40.071	\$3	\$3	\$3.045	\$8	\$8	\$12	\$6	\$6
23-6	15294	439	5	15.738	\$41.741	\$3	\$3	\$3.547	\$8	\$8	\$29	\$6	\$6
24-6	15228	445	1	15.675	\$41.574	\$3	\$3	\$3.595	\$8	\$8	\$6	\$6	\$6
25-6	15324	435	3	15.763	\$41.819	\$3	\$3	\$3.516	\$8	\$8	\$17	\$6	\$6
26-6	16338	459	4	16.801	\$44.390	\$3	\$3	\$3.700	\$8	\$8	\$23	\$5	\$6
27-6	7055	195	3	7.253	\$20.863	\$3	\$3	\$1.617	\$8	\$8	\$18	\$8	\$6
28-6	3824	47	4	3.875	\$12.719	\$3	\$3	\$407	\$8	\$9	\$26	\$7	\$7
29-6	5432	69	3	5.504	\$16.794	\$3	\$3	\$578	\$8	\$8	\$18	\$5	\$6
30-6	15374	409	4	15.787	\$41.951	\$6	\$3	\$3.302	\$46	\$8	\$23	\$30	\$6

Tabla 115 Costo Variable Total Facility 5 Con Proyecto

3.1.2. Estructura de Costo Facility 5 Con Proyecto: Pista a Av. El Cerro



Gráfico 15 Estructura de Costo Facility 5 Con Proyecto

5.3. Facility 6 Con Proyecto: Pista Av. Los Conquistadores

5.3.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 6 Con Proyecto: Pista Av. Los Conquistadores

Electricidad MTTO Saneamiento MTTO Paisajismo MTTO Rutinario Asfalto MTTO Periodico Asfalto Pista a Av. Los Conquistadores Aumenta largo Pista 6 Pavimento Asfáltico Señalización Fija Seguridad Vial Estructuras Paisajismo Saneamiento Iluminación Exterior CC TV Móviles Monitoreo de Tráfico Telefonía SOS Medición Meteorológica Puentes Paso Superior	Insumos Recursos	<table><tr><th colspan="3">Pista Av. Los Conquistadores</th></tr><tr><th></th><th>Costos Directos</th><th>Costos Indirectos</th></tr><tr><td rowspan="3">Costos Variables</td><td>Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto</td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td>Mantenimiento Periódico Pavimento Asfalto</td></tr><tr><td>Electricidad de Iluminación</td></tr><tr><td rowspan="4">Costos Fijos</td><td rowspan="4"></td><td>Mantenimiento Seg. Vial y Señalización</td></tr><tr><td>Mantenimiento Paisajismo</td></tr><tr><td>Mntenimiento Saneamiento</td></tr><tr><td>I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos)</td></tr></table>	Pista Av. Los Conquistadores				Costos Directos	Costos Indirectos	Costos Variables	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto		Mantenimiento Periódico Pavimento Asfalto	Electricidad de Iluminación	Costos Fijos		Mantenimiento Seg. Vial y Señalización	Mantenimiento Paisajismo	Mntenimiento Saneamiento	I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos)
Pista Av. Los Conquistadores																			
	Costos Directos	Costos Indirectos																	
Costos Variables	Mantenimiento Rutinario Pavimento Asfalto																		
	Mantenimiento Periódico Pavimento Asfalto																		
	Electricidad de Iluminación																		
Costos Fijos		Mantenimiento Seg. Vial y Señalización																	
		Mantenimiento Paisajismo																	
		Mntenimiento Saneamiento																	
		I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos)																	
Matriz de Costo (No sufre cambios)																			

Matriz de Costo (No sufre cambios)

Tabla 116 Matriz de Costo Facility 6 Con Proyecto



5.3.2. Costos Fijos Facility 6 Con Proyecto: Pista a Av. Los Conquistadores

5.3.2.1. Definición de Costos Fijos de Pista a Av. Los Conquistadores

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total Mensual	\$ Fijo Anual
6. Salida Pista Av. Los Conquistadores					
Contrato Mantenimiento Paisajismo Tramo 3 C1	Unidad	1	\$175.197	\$175.197	\$2.102.369
Contrato Saneamiento Tramo 3 C1	Unidad	1	\$347.271	\$347.271	\$4.167.247
Mantenimiento Seg. Vial y Señalización Tramo 3 C1	Unidad	1	\$283.247	\$283.247	\$3.398.960
I+D (Asesoría y Estudio de Pavimentos) Tramo 3 C1	Unidad	1	\$253.338	\$253.338	\$3.040.059
			Subtotal	\$1.059.053	\$12.708.634

Tabla 117 Definición de Costos Fijos Facility 6 Con Proyecto

Debido a que el proyecto considera extender la concesión, la pista Av. Los Conquistadores crece en 50 mts, este crecimiento aumentó en un 25% el costo del contrato de Mantenimiento de Paisajismo y Saneamiento. En cambio, el contrato de Mantenimiento de Seg. Vial y Señalización, solo aumentó en un 10%, respecto a la facility 6 sin proyecto.

5.3.2.2. Costo Fijo por Categoría Vehicular de Pista a Av. El Cerro

Sentido	6. Salida Av. Los Conquistadores		
	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
2-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
3-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
4-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
5-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
6-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
7-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
8-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
9-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
10-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
11-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
12-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
13-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
14-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
15-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
16-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
17-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
18-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
19-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
20-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
21-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
22-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
23-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
24-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
25-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
26-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
27-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
28-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
29-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10
30-6	\$ 34.456	\$ 836	\$ 10

Tabla 118 Costo Fijo Por Categoría Vehicular Facility 6 Con Proyecto

5.3.3. Costos Variables Facility 6 Con Proyecto: Pista a Av. Los Conquistadores

5.3.3.1. Definición de Costo Variable de Pista a Av. Los Conquistadores

1. Costo Diario de Consumo de Electricidad por Iluminación

CV Iluminación	Cantidad	KW/Hr	Horas	Consumo	Costo Kw/Hr	Costo	Unidad
Iluminación 250W	12	0,25	12	36	\$70	\$2.520	Kw/Día
Iluminación 150W	1	0,15	12	1,8	\$70	\$126	Kw/Día

Obs: Por Proyecto se agrega 2 iluminarias de 250W

Total \$2.646

Tabla 119 Costo Consumo Electricidad por Iluminación Facility 6 Con Proyecto

2. Costo Mantenimiento Periódico de Asfalto por Tipo de Vehículo

2.1. Actividad de Fresado y Recapado de Pavimento Asfáltico

Actividad	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Cantidad	Unitario /\$	Total Anual	Total Mensual
Fresado y Recapado	m ²	250	3,5	25,0	\$25.160	\$629.629	\$52.469

Obs: Se realiza Fresado y Recapado a un 2,86% de 880 m de pista

Obs: Con Proyecto la Concesión aumenta en 50 mts para Av. Los Conquistadores

Tabla 120 Costo Actividad Fresado y Recapado Facility 6 Con Proyecto

2.2. Costo de Mantenimiento Periódico de Pavimento Asfáltico

Costo Variable	Unidad	Tráfico C2	Tráfico C3	3 Ejes C2	5 Ejes C3	% C2/Pista	% C3/Pista	Costo C2	Costo C3
MTTO Periódico	m ² /Veh	1.512	17	4535,04	87,2	98,86%	1,14%	\$11	\$7

Obs: Categoría C2: Camiones Buses C3: Camiones con Remolque

Obs: El MTTO Periódico al costo de Fresado y Recapado por Vehículo Pesado (C2 y C3)

Obs: El 20% de los Vehículos Pesado ocupan esta pista luego de salir del túnel.

Tabla 121 Costo Mantenimiento Periódico Facility 6 Con Proyecto

3. Costo Mantenimiento Rutinario a Asfalto

Actividad	Unidad	Costo/Km	Km	Veh	Costo
MTTO Rutinario	Veh	\$2.837.900	0,25	400000	\$2

Obs: Limpieza de faja y Sello de Grietas a Tramo 1 Eje C1 de 880 metros. Considera todo el tráfico

Tabla 122 Costo Mantenimiento Rutinario Facility 5 Con Proyecto

El flujo vehicular se proyecta con un aumento de 1,5291 y se considera el mismo precio por kilómetro de mantener en forma rutinaria la pista. El aumento del flujo vehicular, hizo descender el costo por vehículo al mantener el precio de mantenimiento.

3.1.1.1. Costo Variable por Categoría Vehicular de Pista a Av. El Cerro

Categoría	C1	C2	C3	63821,28	MTTO Rutinario C1	Costo Ilum. Ext. C1	MTTO Rutinario C2	MTTO Periódico C2	Costo Ilum. Ext. C2	MTTO Rutinario C3	MTTO Periódico C3	Costo Ilum. Ext. C3
1-6	2379	61	1	2.441	\$4.220	\$2.579	\$108	\$699	\$66	\$1	\$4	\$1
2-6	2480	63	1	2.544	\$4.399	\$2.580	\$112	\$721	\$66	\$1	\$5	\$1
3-6	2459	61	0	2.520	\$4.361	\$2.581	\$108	\$697	\$64	\$1	\$3	\$1
4-6	2588	65	0	2.653	\$4.591	\$2.581	\$115	\$741	\$65	\$0	\$1	\$0
5-6	2661	63	1	2.725	\$4.721	\$2.584	\$112	\$723	\$61	\$1	\$5	\$1



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

6-6	1315	28	1	1.344	\$2.332	\$2.589	\$50	\$322	\$55	\$2	\$7	\$2
7-6	1036	6	0	1.042	\$1.838	\$2.631	\$10	\$66	\$15	\$0	\$1	\$0
8-6	2398	65	1	2.464	\$4.254	\$2.576	\$115	\$741	\$70	\$1	\$4	\$1
9-6	2502	63	1	2.566	\$4.437	\$2.580	\$112	\$725	\$65	\$1	\$5	\$1
10-6	2517	51	0	2.569	\$4.465	\$2.593	\$91	\$587	\$53	\$1	\$3	\$0
11-6	2494	67	1	2.561	\$4.424	\$2.577	\$118	\$761	\$69	\$1	\$4	\$1
12-6	2633	67	1	2.700	\$4.670	\$2.580	\$118	\$763	\$65	\$1	\$5	\$1
13-6	1326	28	1	1.354	\$2.351	\$2.590	\$49	\$315	\$54	\$2	\$7	\$2
14-6	870	6	0	877	\$1.544	\$2.627	\$11	\$71	\$19	\$0	\$1	\$0
15-6	2370	56	1	2.427	\$4.203	\$2.584	\$100	\$642	\$61	\$1	\$5	\$1
16-6	2510	62	1	2.572	\$4.451	\$2.581	\$110	\$710	\$64	\$1	\$4	\$1
17-6	2457	68	1	2.526	\$4.358	\$2.574	\$120	\$776	\$71	\$1	\$5	\$1
18-6	2546	67	0	2.613	\$4.515	\$2.578	\$118	\$761	\$67	\$1	\$3	\$0
19-6	2697	68	1	2.766	\$4.783	\$2.580	\$121	\$783	\$66	\$1	\$4	\$1
20-6	1240	20	1	1.261	\$2.199	\$2.602	\$36	\$232	\$43	\$1	\$5	\$2
21-6	1075	7	0	1.082	\$1.907	\$2.630	\$12	\$75	\$16	\$0	\$1	\$0
22-6	2392	62	0	2.454	\$4.243	\$2.579	\$109	\$705	\$66	\$1	\$2	\$0
23-6	2500	72	1	2.573	\$4.435	\$2.571	\$127	\$822	\$74	\$1	\$5	\$1
24-6	2490	73	0	2.563	\$4.416	\$2.571	\$129	\$833	\$75	\$0	\$1	\$0
25-6	2505	71	0	2.577	\$4.444	\$2.572	\$126	\$814	\$73	\$1	\$3	\$0
26-6	2671	75	1	2.747	\$4.738	\$2.573	\$133	\$858	\$72	\$1	\$4	\$1
27-6	1153	32	0	1.186	\$2.046	\$2.574	\$56	\$364	\$71	\$1	\$3	\$1
28-6	625	8	1	634	\$1.109	\$2.611	\$14	\$88	\$32	\$1	\$4	\$3
29-6	888	11	0	900	\$1.575	\$2.612	\$20	\$128	\$33	\$1	\$3	\$1
30-6	2514	67	1	2.581	\$4.458	\$2.577	\$119	\$765	\$69	\$1	\$4	\$1

Tabla 123 Costo por Actividades por Categoría Facility 6 Con Proyecto

3.1.1.2. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Pista a Av. El Cerro

Sentido	NORTE			TOTAL	Costos Variables Cat C1			Costo Variable Cat C2			Costo Variable Cat C3		
Categoría	C1	C2	C3	63821,28	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	2379	61	1	2.441	\$6.799	\$2	\$3	\$874	\$13	\$14	\$6	\$10	\$10
2-6	2480	63	1	2.544	\$6.979	\$2	\$3	\$898	\$14	\$14	\$8	\$10	\$10
3-6	2459	61	0	2.520	\$6.942	\$2	\$3	\$869	\$13	\$14	\$5	\$10	\$10
4-6	2588	65	0	2.653	\$7.172	\$2	\$3	\$921	\$15	\$14	\$2	\$10	\$10
5-6	2661	63	1	2.725	\$7.304	\$2	\$3	\$896	\$13	\$14	\$8	\$16	\$10
6-6	1315	28	1	1.344	\$4.921	\$2	\$4	\$427	\$15	\$15	\$10	\$10	\$11
7-6	1036	6	0	1.042	\$4.469	\$2	\$4	\$91	\$14	\$16	\$2	\$9	\$11
8-6	2398	65	1	2.464	\$6.829	\$2	\$3	\$926	\$16	\$14	\$6	\$9	\$10
9-6	2502	63	1	2.566	\$7.017	\$3	\$3	\$902	\$14	\$14	\$8	\$10	\$10
10-6	2517	51	0	2.569	\$7.057	\$2	\$3	\$731	\$14	\$14	\$5	\$10	\$10
11-6	2494	67	1	2.561	\$7.001	\$2	\$3	\$948	-\$8	\$14	\$6	\$9	\$10
12-6	2633	67	1	2.700	\$7.250	\$2	\$3	\$947	\$14	\$14	\$8	\$15	\$10
13-6	1326	28	1	1.354	\$4.942	\$2	\$4	\$417	\$15	\$15	\$10	\$10	\$11
14-6	870	6	0	877	\$4.170	\$2	\$5	\$101	\$14	\$16	\$2	\$9	\$12
15-6	2370	56	1	2.427	\$6.787	\$2	\$3	\$803	\$14	\$14	\$8	\$10	\$10
16-6	2510	62	1	2.572	\$7.033	\$2	\$3	\$884	\$14	\$14	\$6	\$10	\$10
17-6	2457	68	1	2.526	\$6.932	\$2	\$3	\$967	\$16	\$14	\$8	\$10	\$10
18-6	2546	67	0	2.613	\$7.093	\$2	\$3	\$947	\$12	\$14	\$5	\$9	\$10
19-6	2697	68	1	2.766	\$7.363	\$2	\$3	\$970	\$14	\$14	\$6	\$15	\$10
20-6	1240	20	1	1.261	\$4.801	\$2	\$4	\$311	\$15	\$15	\$9	\$11	\$11
21-6	1075	7	0	1.082	\$4.536	\$2	\$4	\$103	\$14	\$16	\$2	\$8	\$11
22-6	2392	62	0	2.454	\$6.822	\$2	\$3	\$880	\$14	\$14	\$3	\$10	\$10
23-6	2500	72	1	2.573	\$7.006	\$2	\$3	\$1.023	\$15	\$14	\$8	\$10	\$10
24-6	2490	73	0	2.563	\$6.987	\$2	\$3	\$1.037	\$15	\$14	\$2	\$10	\$10
25-6	2505	71	0	2.577	\$7.016	\$2	\$3	\$1.014	\$13	\$14	\$5	\$9	\$10



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

26-6	2671	75	1	2.747	\$7.311	\$2	\$3	\$1.064	\$13	\$14	\$6	\$6	\$10
27-6	1153	32	0	1.186	\$4.620	\$2	\$4	\$492	\$15	\$15	\$5	\$19	\$11
28-6	625	8	1	634	\$3.720	\$2	\$6	\$134	\$13	\$17	\$8	\$17	\$13
29-6	888	11	0	900	\$4.187	\$2	\$5	\$181	\$14	\$16	\$6	\$4	\$12
30-6	2514	67	1	2.581	\$7.035		\$3	\$952		\$14	\$6		\$10

Tabla 124 Costo Variable Total Facility 6 Con Proyecto

3.1.2. Estructura de Costo Facility 6 Con Proyecto: Pista a Av. Los Conquistadores



Gráfico 16 Estructura de Costo Facility 6 Con Proyecto

5.4. Facility 8 Con Proyecto: Asistencia y Seguridad Vial

5.4.1. Matriz de Costo, Recursos e Insumos Facility 8 Con Proyecto: Asistencia y Seguridad Vial

Combustible Electricidad Asistencia y Seguridad Vial 8 Camión Multipropósito Grúa Plataforma y Remolque Camión Equipo Incendios y Asistencia Vehículo de Supervisión y Patrullaje Asistentes Viales Facility 5	Insumos	Costos Variables	ASISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL	
			Costos Directos	Costos Indirectos
			Combustible	
			Bono Asistentes Viales	
Recursos	Costos Fijos			Suelo Asistente Vial
				Arriendo Vehículos de Rescate y Asistencia
				Celulares/Radio
				Contrato MTTO Herramientas de Rescate
				Contrato arriendo Ambulancia 24Horas
				Contrato Arriendo Grúa Pesada 24Horas

Matriz de Costo (No sufre cambios)

Tabla 125 Matriz de Costo Facility 6 Con Proyecto

5.4.2. Costos Fijos Facility 8 Con Proyecto: Asistencia y Seguridad Vial

5.4.3. Costos Variables Facility 8 Con Proyecto: Asistencia y Seguridad Vial

5.4.3.1. Definición de Costo Variable de Asistencia y Seguridad Vial

1) Costo Variable Bono de Producción

El Bono de Producción permanece igual a la Facility 8 sin Proyecto

2) Costo Variable de Combustible por Vigilancia Vial

El costo de combustible permanece igual a Facility 8 sin proyecto, porque las distancia de recorrido de los vehículos es el mismo, a pesar del aumento de la concesión, porque la distancia considera desde la base hasta Huechuraba y Puente de Tajamar.

3) Costo Variable de Combustible por Atención de Tipo de Incidentes en Pista

a) Definición de Costo de Combustible de Atención en Pista

VEHÍCULO	DISTANCIA Km	KM/LT	LTS	V. LITRO	VEH C2+C3 COSTO INCIDENTE MAYOR	VEH C1 COSTO INCIDENTE MAYOR	VEH C1+C2+C3 COSTO INCIDENTE MENOR
Camión Multipropósito	8	10	0,8	650	\$520	\$520	\$520
Camión Equipo Incendio y Asistencia	8	10	0,8	650	\$520	\$520	\$0
Vehículo de Supervisión y Patrullaje	8	10	0,8	650	\$520	\$520	\$520
Grúa Plataforma	8	10	0,8	650	\$0	\$520	\$0
Ambulancia	8	15	0,5	650	\$347	\$347	\$0
Grúa Pesada	8	7	1,1	650	\$743	\$0	\$0
Camioneta 1	8	15	0,5	650	\$347	\$347	\$347
Total					\$2.996	\$2.773	\$1.387

Tabla 126 Definición de costo de Combustible Asistencia por Atención en Pista Facility 8 Con Proyecto

b) Definición de Costo de Combustible de Atención en Pista por tipo de Incidente

Costo Variable	Unidad	Costo Comb.	% Incidente	% Veh C1	% Veh C2	% Veh C3	Costo C1	Costo C2	Costo C3
Incidente Mayor Veh Pesado C2 y C3	Atención/Veh	2.996	0,012%	97,60%	2,37%	0,027%		\$0,008	\$0,0001
Incidente Mayor Veh Menor C1	Atención/Veh	2.773	0,012%	97,60%	2,37%	0,027%	\$0,32		
Incidente Menor con Todo Vehículo	Atención/Veh	1.387	0,003%	97,60%	2,37%	0,027%	\$0,04	\$0,001	\$0,00001

Obs: El % de Incidente se obtuvo de Atención en pista por total de transacción al mes

Obs: El % de Incidente proyectado tiene relación con el aumento de flujo por proyecto

Tabla 127 Costo de Combustible por tipo de Incidentes Facility 8 Con Proyecto

5.4.3.2. Costo Variable por Categoría Vehicular de Asistencia y Seguridad Vial

1) Costo Categoría Vehicular C1

Sentido	NORTE	CV Categoría Veh C1			
Categoría	C1	Costo Vigilancia Vial C1	Incidente Mayor C1	Incidente Menor C1	Bono Asistente Vial C1



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

1-6	22589	\$3.900	\$7.146	\$957	\$24.851
2-6	23549	\$3.900	\$7.450	\$998	\$25.907
3-6	23346	\$3.900	\$7.385	\$989	\$25.683
4-6	24575	\$3.900	\$7.774	\$1.041	\$27.035
5-6	25270	\$3.900	\$7.994	\$1.071	\$27.801
6-6	12483	\$3.900	\$3.949	\$529	\$13.733
7-6	9840	\$3.900	\$3.113	\$417	\$10.825
8-6	22771	\$3.900	\$7.204	\$965	\$25.052
9-6	23754	\$3.900	\$7.515	\$1.006	\$26.133
10-6	23900	\$3.900	\$7.561	\$1.013	\$26.293
11-6	23683	\$3.900	\$7.492	\$1.003	\$26.054
12-6	25000	\$3.900	\$7.909	\$1.059	\$27.503
13-6	12588	\$3.900	\$3.982	\$533	\$13.849
14-6	8263	\$3.900	\$2.614	\$350	\$9.090
15-6	22501	\$3.900	\$7.118	\$953	\$24.754
16-6	23829	\$3.900	\$7.538	\$1.010	\$26.215
17-6	23330	\$3.900	\$7.380	\$988	\$25.667
18-6	24172	\$3.900	\$7.647	\$1.024	\$26.593
19-6	25605	\$3.900	\$8.100	\$1.085	\$28.169
20-6	11774	\$3.900	\$3.725	\$499	\$12.953
21-6	10206	\$3.900	\$3.229	\$432	\$11.228
22-6	22714	\$3.900	\$7.185	\$962	\$24.988
23-6	23742	\$3.900	\$7.511	\$1.006	\$26.120
24-6	23640	\$3.900	\$7.479	\$1.002	\$26.008
25-6	23789	\$3.900	\$7.526	\$1.008	\$26.171
26-6	25363	\$3.900	\$8.024	\$1.075	\$27.903
27-6	10952	\$3.900	\$3.465	\$464	\$12.049
28-6	5937	\$3.900	\$1.878	\$252	\$6.532
29-6	8433	\$3.900	\$2.668	\$357	\$9.278
30-6	23867	\$3.900	\$7.550	\$1.011	\$26.257

Tabla 128 Costo por Actividades Categoría C1 Facility 8 Con Proyecto

2) Costo Categoría Vehicular C2

Sentido	NORTE	CV Categoría Veh C2			
Categoría	C2	Costo Vigilancia Vial C2	Incidente Mayor C2	Incidente Menor C2	Bono Asistente Vial C2
1-6	580	\$3.900	\$5	\$1	\$638
2-6	599	\$3.900	\$5	\$1	\$659
3-6	579	\$3.900	\$5	\$1	\$637
4-6	615	\$3.900	\$5	\$1	\$677
5-6	600	\$3.900	\$5	\$1	\$660
6-6	267	\$3.900	\$2	\$0	\$294
7-6	55	\$3.900	\$0	\$0	\$60
8-6	615	\$3.900	\$5	\$1	\$677
9-6	602	\$3.900	\$5	\$1	\$662
10-6	488	\$3.900	\$4	\$1	\$536
11-6	632	\$3.900	\$5	\$1	\$695
12-6	634	\$3.900	\$5	\$1	\$697
13-6	261	\$3.900	\$2	\$0	\$287
14-6	59	\$3.900	\$0	\$0	\$65
15-6	533	\$3.900	\$4	\$1	\$587
16-6	589	\$3.900	\$5	\$1	\$648
17-6	644	\$3.900	\$5	\$1	\$709
18-6	632	\$3.900	\$5	\$1	\$695
19-6	650	\$3.900	\$5	\$1	\$715
20-6	193	\$3.900	\$2	\$0	\$212
21-6	62	\$3.900	\$1	\$0	\$69



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

22-6	585	\$3.900	\$5	\$1	\$643
23-6	682	\$3.900	\$6	\$1	\$750
24-6	691	\$3.900	\$6	\$1	\$760
25-6	676	\$3.900	\$6	\$1	\$744
26-6	713	\$3.900	\$6	\$1	\$784
27-6	302	\$3.900	\$3	\$0	\$333
28-6	73	\$3.900	\$1	\$0	\$80
29-6	106	\$3.900	\$1	\$0	\$117
30-6	635	\$3.900	\$5	\$1	\$699

Tabla 129 Costo por Actividades Categoría C2 Facility 8 Con Proyecto

3) Costo Categoría Vehicular C3

Sentido	NORTE	CV Categoría Veh C3			
Categoría	C3	Costo Vigilancia Vial C3	Incidente Mayor C3	Incidente Menor C3	Bono Asistente Vial C3
1-6	6	\$3.900	\$0	\$0	\$7
2-6	8	\$3.900	\$0	\$0	\$8
3-6	5	\$3.900	\$0	\$0	\$5
4-6	2	\$3.900	\$0	\$0	\$2
5-6	8	\$3.900	\$0	\$0	\$8
6-6	9	\$3.900	\$0	\$0	\$10
7-6	2	\$3.900	\$0	\$0	\$2
8-6	6	\$3.900	\$0	\$0	\$7
9-6	8	\$3.900	\$0	\$0	\$8
10-6	5	\$3.900	\$0	\$0	\$5
11-6	6	\$3.900	\$0	\$0	\$7
12-6	8	\$3.900	\$0	\$0	\$8
13-6	9	\$3.900	\$0	\$0	\$10
14-6	2	\$3.900	\$0	\$0	\$2
15-6	8	\$3.900	\$0	\$0	\$8
16-6	6	\$3.900	\$0	\$0	\$7
17-6	8	\$3.900	\$0	\$0	\$8
18-6	5	\$3.900	\$0	\$0	\$5
19-6	6	\$3.900	\$0	\$0	\$7
20-6	8	\$3.900	\$0	\$0	\$8
21-6	2	\$3.900	\$0	\$0	\$2
22-6	3	\$3.900	\$0	\$0	\$3
23-6	8	\$3.900	\$0	\$0	\$8
24-6	2	\$3.900	\$0	\$0	\$2
25-6	5	\$3.900	\$0	\$0	\$5
26-6	6	\$3.900	\$0	\$0	\$7
27-6	5	\$3.900	\$0	\$0	\$5
28-6	6	\$3.900	\$0	\$0	\$7
29-6	5	\$3.900	\$0	\$0	\$5
30-6	6	\$3.900	\$0	\$0	\$7

Tabla 130 Costo Por Actividades Categoría C3 Facility 8 Con Proyecto

5.4.3.3. Costo Total Variable, Marginal y Medio de Asistencia y Seguridad Vial

Sentido	NORTE			TOTAL	Costos Variables Cat C1			Costo Variable Cat C2			Costo Variable Cat C3		
Categoría	C1	C2	C3	605983	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe	CV	CMg	CMe
1-6	22589	580	6	23.175	\$36.854	\$1	\$2	\$4.544	\$1	\$8	\$3.907	\$1	\$643
2-6	23549	599	8	24.155	\$38.255	\$1	\$2	\$4.564	\$1	\$8	\$3.908	\$1	\$515



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

3-6	23346	579	5	23.929	\$37.958	\$1	\$2	\$4.542	\$1	\$8	\$3.905	\$1	\$857
4-6	24575	615	2	25.191	\$39.751	\$1	\$2	\$4.583	\$1	\$7	\$3.902	\$1	\$2.568
5-6	25270	600	8	25.878	\$40.766	\$1	\$2	\$4.566	\$1	\$8	\$3.908	\$1	\$515
6-6	12483	267	9	12.760	\$22.111	\$1	\$2	\$4.197	\$1	\$16	\$3.910	\$1	\$429
7-6	9840	55	2	9.896	\$18.255	\$1	\$2	\$3.961	\$1	\$72	\$3.902	\$1	\$2.568
8-6	22771	615	6	23.393	\$37.120	\$1	\$2	\$4.583	\$1	\$7	\$3.907	\$1	\$643
9-6	23754	602	8	24.363	\$38.554	\$1	\$2	\$4.567	\$1	\$8	\$3.908	\$1	\$515
10-6	23900	488	5	24.392	\$38.767	\$1	\$2	\$4.441	\$1	\$9	\$3.905	\$1	\$857
11-6	23683	632	6	24.321	\$38.450	\$1	\$2	\$4.601	\$1	\$7	\$3.907	\$1	\$643
12-6	25000	634	8	25.641	\$40.371	\$1	\$2	\$4.603	\$1	\$7	\$3.908	\$1	\$515
13-6	12588	261	9	12.859	\$22.264	\$1	\$2	\$4.190	\$1	\$16	\$3.910	\$1	\$429
14-6	8263	59	2	8.324	\$15.954	\$1	\$2	\$3.966	\$1	\$67	\$3.902	\$1	\$2.568
15-6	22501	533	8	23.042	\$36.726	\$1	\$2	\$4.492	\$1	\$8	\$3.908	\$1	\$515
16-6	23829	589	6	24.424	\$38.663	\$1	\$2	\$4.554	\$1	\$8	\$3.907	\$1	\$643
17-6	23330	644	8	23.982	\$37.936	\$1	\$2	\$4.615	\$1	\$7	\$3.908	\$1	\$515
18-6	24172	632	5	24.809	\$39.163	\$1	\$2	\$4.601	\$1	\$7	\$3.905	\$1	\$857
19-6	25605	650	6	26.261	\$41.253	\$1	\$2	\$4.621	\$1	\$7	\$3.907	\$1	\$643
20-6	11774	193	8	11.974	\$21.076	\$1	\$2	\$4.114	\$1	\$21	\$3.908	\$1	\$515
21-6	10206	62	2	10.270	\$18.789	\$1	\$2	\$3.969	\$1	\$64	\$3.902	\$1	\$2.568
22-6	22714	585	3	23.301	\$37.036	\$1	\$2	\$4.549	\$1	\$8	\$3.903	\$1	\$1.285
23-6	23742	682	8	24.432	\$38.536	\$1	\$2	\$4.657	\$1	\$7	\$3.908	\$1	\$515
24-6	23640	691	2	24.333	\$38.388	\$1	\$2	\$4.667	\$1	\$7	\$3.902	\$1	\$2.568
25-6	23789	676	5	24.470	\$38.605	\$1	\$2	\$4.650	\$1	\$7	\$3.905	\$1	\$857
26-6	25363	713	6	26.082	\$40.901	\$1	\$2	\$4.690	\$1	\$7	\$3.907	\$1	\$643
27-6	10952	302	5	11.259	\$19.877	\$1	\$2	\$4.235	\$1	\$14	\$3.905	\$1	\$857
28-6	5937	73	6	6.016	\$12.561	\$1	\$2	\$3.981	\$1	\$55	\$3.907	\$1	\$643
29-6	8433	106	5	8.544	\$16.203	\$1	\$2	\$4.018	\$1	\$38	\$3.905	\$1	\$857
30-6	23867	635	6	24.508	\$38.718		\$2	\$4.605		\$7	\$3.907		\$643

Tabla 131 Costo Variable Total Facility 8 Con Proyecto

5.4.4. Estructura de Costo Facility 8: Asistencia y Seguridad Vial

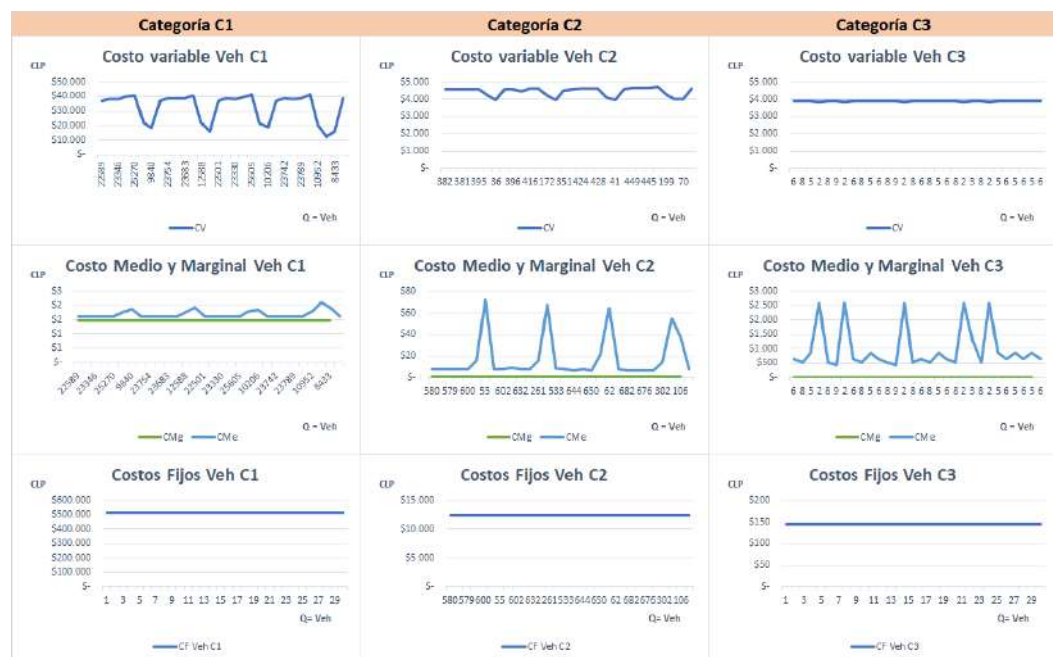


Gráfico 17 Estructura de Costo Facility 8 con Proyecto

5.5. Costo Global Con Proyecto



5.5.1. Costo Fijo Global Con Proyecto

Sentido	NORTE			TOTAL	Costo Fijo Total		
Categoría	C1	C2	C3	605983,05	CF Veh C1	CF Veh C2	CF Veh C3
1-6	22589	580	6	23175	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
2-6	23549	599	8	24155	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
3-6	23346	579	5	23929	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
4-6	24575	615	2	25191	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
5-6	25270	600	8	25878	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
6-6	12483	267	9	12760	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
7-6	9840	55	2	9896	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
8-6	22771	615	6	23393	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
9-6	23754	602	8	24363	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
10-6	23900	488	5	24392	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
11-6	23683	632	6	24321	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
12-6	25000	634	8	25641	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
13-6	12588	261	9	12859	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
14-6	8263	59	2	8324	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
15-6	22501	533	8	23042	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
16-6	23829	589	6	24424	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
17-6	23330	644	8	23982	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
18-6	24172	632	5	24809	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
19-6	25605	650	6	26261	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
20-6	11774	193	8	11974	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
21-6	10206	62	2	10270	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
22-6	22714	585	3	23301	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
23-6	23742	682	8	24432	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
24-6	23640	691	2	24333	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
25-6	23789	676	5	24470	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
26-6	25363	713	6	26082	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
27-6	10952	302	5	11259	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
28-6	5937	73	6	6016	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
29-6	8433	106	5	8544	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467
30-6	23867	635	6	24508	\$ 1.666.866	\$ 40.451	\$ 467

Tabla 132 Costo Fijo Global Eje C1 Túnel San Cristóbal Con Proyecto

5.5.2. Costo Variable Global

5.5.2.1. Costo Variable Total Categoría Vehicular C1

Pórtico	PC101	Categoría Veh C1						
Sentido	NORTE	COSTOS A CORTO PLAZO DE TÚNEL SAN CRISTÓBAL						
Categoría	C1	CV	CF	CT	CMg	CFMe	CMe	CTMe
1-6	22589	\$684.376	\$1.666.866	\$2.351.242	\$23	\$74	\$30	\$104
2-6	23549	\$706.379	\$1.666.866	\$2.373.245	\$23	\$71	\$30	\$101
3-6	23346	\$701.764	\$1.666.866	\$2.368.630	\$23	\$71	\$30	\$101
4-6	24575	\$729.905	\$1.666.866	\$2.396.771	\$23	\$68	\$30	\$98
5-6	25270	\$745.907	\$1.666.866	\$2.412.773	\$25	\$66	\$30	\$95
6-6	12483	\$422.759	\$1.666.866	\$2.089.625	\$23	\$134	\$34	\$167
7-6	9840	\$362.773	\$1.666.866	\$2.029.639	\$25	\$169	\$37	\$206



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

8-6	22771	\$688.468	\$1.666.866	\$2.355.334	\$23	\$73	\$30	\$103
9-6	23754	\$711.082	\$1.666.866	\$2.377.949	\$25	\$70	\$30	\$100
10-6	23900	\$714.740	\$1.666.866	\$2.381.606	\$25	\$70	\$30	\$100
11-6	23683	\$709.366	\$1.666.866	\$2.376.232	\$23	\$70	\$30	\$100
12-6	25000	\$739.613	\$1.666.866	\$2.406.480	\$25	\$67	\$30	\$96
13-6	12588	\$425.182	\$1.666.866	\$2.092.048	\$23	\$132	\$34	\$166
14-6	8263	\$326.600	\$1.666.866	\$1.993.466	\$25	\$202	\$40	\$241
15-6	22501	\$682.478	\$1.666.866	\$2.349.344	\$23	\$74	\$30	\$104
16-6	23829	\$712.828	\$1.666.866	\$2.379.694	\$23	\$70	\$30	\$100
17-6	23330	\$701.232	\$1.666.866	\$2.368.098	\$23	\$71	\$30	\$102
18-6	24172	\$720.608	\$1.666.866	\$2.387.474	\$23	\$69	\$30	\$99
19-6	25605	\$753.462	\$1.666.866	\$2.420.328	\$25	\$65	\$29	\$95
20-6	11774	\$406.681	\$1.666.866	\$2.073.547	\$23	\$142	\$35	\$176
21-6	10206	\$371.139	\$1.666.866	\$2.038.006	\$25	\$163	\$36	\$200
22-6	22714	\$687.234	\$1.666.866	\$2.354.100	\$23	\$73	\$30	\$104
23-6	23742	\$710.592	\$1.666.866	\$2.377.458	\$23	\$70	\$30	\$100
24-6	23640	\$708.245	\$1.666.866	\$2.375.111	\$23	\$71	\$30	\$100
25-6	23789	\$711.698	\$1.666.866	\$2.378.564	\$23	\$70	\$30	\$100
26-6	25363	\$747.762	\$1.666.866	\$2.414.628	\$25	\$66	\$29	\$95
27-6	10952	\$387.493	\$1.666.866	\$2.054.359	\$23	\$152	\$35	\$188
28-6	5937	\$273.128	\$1.666.866	\$1.939.995	\$23	\$281	\$46	\$327
29-6	8433	\$330.300	\$1.666.866	\$1.997.166	\$25	\$198	\$39	\$237
30-6	23867	\$713.581	\$1.666.866	\$2.380.447	\$0	\$70	\$30	\$100

Tabla 133 Costo Variable Total Categoría Veh C1 Túnel San Cristóbal Con Proyecto

5.5.2.2. Costo Variable Total Categoría Vehicular C2

Pórtico	CV Categoría Veh C2							
Sentido	NORTE	TOTAL DE COSTOS VARIABLES						
Categoría	C2	CV	CF	CT	CMg	CFMe	CMe	CTMe
1-6	580	\$44.362	\$40.451	\$84.813	\$62	\$70	\$76	\$146
2-6	599	\$45.484	\$40.451	\$85.935	\$64	\$68	\$76	\$144
3-6	579	\$44.211	\$40.451	\$84.662	\$63	\$70	\$76	\$146
4-6	615	\$46.504	\$40.451	\$86.955	\$68	\$66	\$76	\$141
5-6	600	\$45.474	\$40.451	\$85.925	\$65	\$67	\$76	\$143
6-6	267	\$23.895	\$40.451	\$64.345	\$65	\$151	\$89	\$241
7-6	55	\$10.075	\$40.451	\$50.525	\$65	\$740	\$184	\$924
8-6	615	\$46.628	\$40.451	\$87.078	\$70	\$66	\$76	\$142
9-6	602	\$45.668	\$40.451	\$86.119	\$65	\$67	\$76	\$143
10-6	488	\$38.242	\$40.451	\$78.693	\$65	\$83	\$78	\$161
11-6	632	\$47.651	\$40.451	\$88.101	\$25	\$64	\$75	\$139
12-6	634	\$47.689	\$40.451	\$88.140	\$65	\$64	\$75	\$139
13-6	261	\$23.493	\$40.451	\$63.944	\$65	\$155	\$90	\$245
14-6	59	\$10.415	\$40.451	\$50.865	\$65	\$683	\$176	\$859
15-6	533	\$41.296	\$40.451	\$81.747	\$64	\$76	\$77	\$153
16-6	589	\$44.872	\$40.451	\$85.323	\$66	\$69	\$76	\$145
17-6	644	\$48.467	\$40.451	\$88.918	\$70	\$63	\$75	\$138



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

18-6	632	\$47.617	\$40.451	\$88.068	\$60	\$64	\$75	\$139
19-6	650	\$48.709	\$40.451	\$89.160	\$65	\$62	\$75	\$137
20-6	193	\$19.077	\$40.451	\$59.528	\$65	\$210	\$99	\$309
21-6	62	\$10.568	\$40.451	\$51.019	\$65	\$649	\$170	\$819
22-6	585	\$44.651	\$40.451	\$85.102	\$64	\$69	\$76	\$145
23-6	682	\$50.909	\$40.451	\$91.360	\$66	\$59	\$75	\$134
24-6	691	\$51.511	\$40.451	\$91.961	\$66	\$59	\$75	\$133
25-6	676	\$50.510	\$40.451	\$90.961	\$62	\$60	\$75	\$135
26-6	713	\$52.768	\$40.451	\$93.218	\$65	\$57	\$74	\$131
27-6	302	\$26.282	\$40.451	\$66.733	\$65	\$134	\$87	\$221
28-6	73	\$11.442	\$40.451	\$51.893	\$63	\$555	\$157	\$712
29-6	106	\$13.541	\$40.451	\$53.992	\$65	\$380	\$127	\$508
30-6	635	\$47.836	\$40.451	\$88.286	-\$3	\$64	\$75	\$139

Tabla 134 Costos Variables Global Categoría C2 Túnel San Cristóbal Con Proyecto

5.5.2.3. Costo Variable Total Categoría Vehicular C3

Pórtico		CV Categoría Veh C3						
Sentido	NORTE	TOTAL DE COSTOS VARIABLES						
Categoría	C3	CV	CF	CT	CMg	CFMe	CMe	CTMe
1-6	6	\$4.395	\$467	\$4.862	\$49	\$77	\$723	\$800
2-6	8	\$4.469	\$467	\$4.936	\$49	\$61	\$588	\$650
3-6	5	\$4.320	\$467	\$4.787	\$49	\$102	\$948	\$1.050
4-6	2	\$4.170	\$467	\$4.637	\$49	\$307	\$2.745	\$3.052
5-6	8	\$4.468	\$467	\$4.935	\$50	\$61	\$588	\$650
6-6	9	\$4.544	\$467	\$5.011	\$49	\$51	\$499	\$550
7-6	2	\$4.172	\$467	\$4.638	\$49	\$307	\$2.746	\$3.053
8-6	6	\$4.395	\$467	\$4.862	\$49	\$77	\$723	\$800
9-6	8	\$4.469	\$467	\$4.936	\$49	\$61	\$588	\$650
10-6	5	\$4.320	\$467	\$4.787	\$49	\$102	\$948	\$1.050
11-6	6	\$4.395	\$467	\$4.861	\$48	\$77	\$723	\$800
12-6	8	\$4.468	\$467	\$4.935	\$50	\$61	\$588	\$650
13-6	9	\$4.544	\$467	\$5.011	\$49	\$51	\$499	\$550
14-6	2	\$4.173	\$467	\$4.639	\$49	\$307	\$2.747	\$3.054
15-6	8	\$4.470	\$467	\$4.937	\$50	\$61	\$589	\$650
16-6	6	\$4.395	\$467	\$4.861	\$49	\$77	\$723	\$800
17-6	8	\$4.470	\$467	\$4.936	\$49	\$61	\$588	\$650
18-6	5	\$4.320	\$467	\$4.786	\$49	\$102	\$948	\$1.050
19-6	6	\$4.393	\$467	\$4.860	\$51	\$77	\$723	\$800
20-6	8	\$4.471	\$467	\$4.937	\$49	\$61	\$589	\$650

21-6	2	\$4.171	\$467	\$4.638	\$49	\$307	\$2.746	\$3.053
22-6	3	\$4.246	\$467	\$4.712	\$49	\$154	\$1.397	\$1.551
23-6	8	\$4.469	\$467	\$4.936	\$49	\$61	\$588	\$650
24-6	2	\$4.170	\$467	\$4.637	\$49	\$307	\$2.745	\$3.052
25-6	5	\$4.320	\$467	\$4.786	\$49	\$102	\$948	\$1.050
26-6	6	\$4.394	\$467	\$4.860	\$47	\$77	\$723	\$800
27-6	5	\$4.322	\$467	\$4.788	\$60	\$102	\$948	\$1.051
28-6	6	\$4.413	\$467	\$4.880	\$57	\$77	\$726	\$803
29-6	5	\$4.326	\$467	\$4.793	\$45	\$102	\$949	\$1.052
30-6	6	\$4.394	\$467	\$4.861	-\$28	\$77	\$723	\$800

Tabla 135 Costos Variables Global Categoría C3 Túnel San Cristóbal Con Proyecto

5.5.3. Estructura de Costo Global

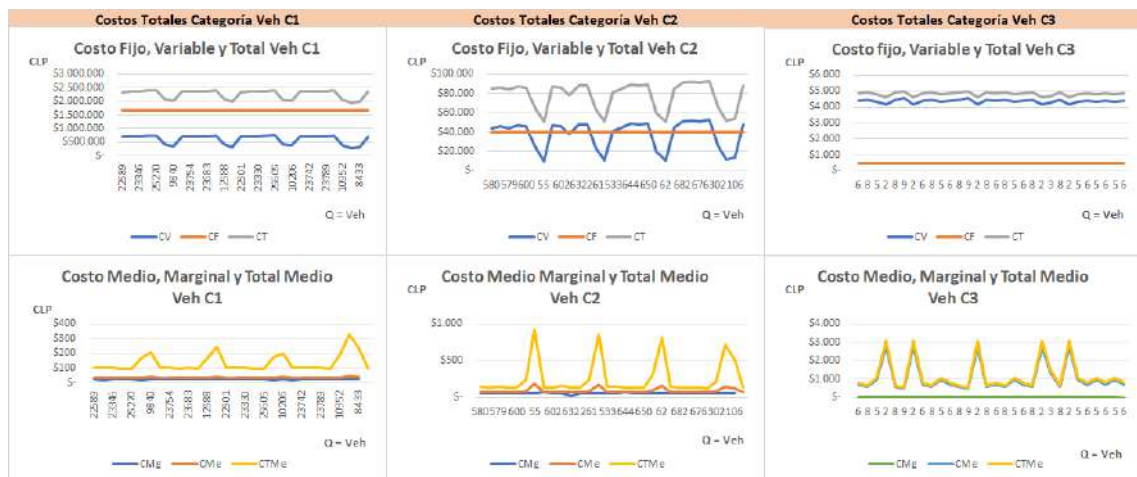


Gráfico 18 Estructura de Costo Global Túnel San Cristóbal Con Proyecto



CAPITULO V: PROYECCION DE LA DEMANDA

1. INTRODUCCIÓN

XXXXX

2. METODOLOGÍA DE LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La proyección de la demanda se realiza a través de un pronóstico estacional de datos de ventas existentes y el índice económico de la industria a la cual pertenece la empresa para obtener una tendencia de ventas para luego hacer uso de una regresión lineal simple, lo cual entregará un pronóstico del momento mensual formando así un modelo ventas proyectado.

El modelo se divide en cinco etapas:

- **Primera Etapa:** Obtener Índice Factor de Proyección de Ingresos Mensuales

El índice Factor consiste en relacionar el Ingreso Mensual proyectado por el índice industrial. Este último, se obtiene de tabla obtenida del Banco Central según sea la actividad económica que desempeña la empresa, en este caso se utilizará el IMACEC. Con respecto al Ingreso Mensual Proyectado, se obtiene a través de una tasa del mismo índice industrial relacionada con el ingreso anual de la empresa.

- **Segunda Etapa:** Obtener Elemento de Tendencia.

Consiste en obtener una ventana de comparación para obtener un índice para la siguiente etapa conocido como media móvil el cuál es el elemento de tendencia de los ingresos operacionales. La media móvil comienza en el sexto mes del primer año de los ingresos proyectados por ser la media de los 12 meses.

- **Tercera Etapa:** Obtener Elemento de la Estacionalidad

Consiste en obtener un coeficiente estacional mes a mes a partir de la media móvil o elemento de tendencia el cuál se relacionará con el Índice Factor de la Proyección de Ingresos Mensuales.

- **Cuarta Etapa:** Obtener Momento Mensual con Regresión Lineal Simple

El momento mensual (MCO) está dado por la ecuación de la regresión lineal en el cuál la pendiente y la intersección del eje se obtiene con la relación entre el Coeficiente Estacional y el Índice Factor de Proyección de Ingresos.

- **Quinta Etapa:** Obtener Resultado de la Proyección de la Demanda



La proyección de la demanda es el resultado del modelo de ventas que nace del pronóstico o Forecast el cual tiene relación con el momento mensual, el coeficiente de estacionalidad y el índice industrial.

Respecto a la proyección de la demanda en situación con proyecto, se utiliza el mismo modelo estacional de pronóstico de ventas y al cual se le asignará el factor de crecimiento del tráfico vehicular, de esto se desprenderá el aumento de las ventas, la que, finalmente, será sumada a la proyección de demanda o modelo de ventas.

3. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA SIN PROYECTO

3.1. Modelo de Proyección de la Demanda Sin Proyecto

3.1.1. Obtención del Índice Factor de Proyección de Ingresos Mensuales

Para obtener el Índice Factor de Proyección de Ingresos Mensuales se requiere del Índice Industrial y de los ingresos operacionales o ventas de la empresa. Los datos de tendencia serán considerados desde el año 2012 al 2014, por lo que los datos de ingresos operacionales o ventas se obtendrán del EERR de los años indicados.

3.1.1.1. Índice Industrial según Actividad Económica de la Industria

Túnel San Cristóbal es una concesión vial por lo que su industria son las Autopistas Urbanas. Debido a que no existe un indicador o índice económico asociado a autopistas, se decidió utilizar como índice industrial el IMACEC, debido a que es un indicador de actividad económica general.

ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12
96,13	89,60	101,38	99,89	99,30	97,22	97,71	97,61	94,84	100,39	103,55	110,29
ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13
97,10	90,50	102,40	100,90	100,30	98,20	98,70	98,60	95,80	101,40	104,60	111,40
ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14
99,10	93,60	105,50	102,30	102,30	99,30	99,10	98,80	98,20	103,30	105,60	114,10
ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15
101,90	95,50	107,60	105,20	103,90	102,10	101,50	100,50	100,80	105,00	108,30	117,00
ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16
103,40	99,80	110,80	106,00	105,90	103,30	102,50	103,70	102,20	104,70	110,00	118,00
ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
104,50	97,70	110,50	105,20	107,20	104,10	104,70	105,90	104,00	108,10	113,60	121,10
ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18
109,00	102,40	116,10	112,10	112,20	108,80	107,80	108,80	106,10	112,80	117,40	124,80
ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19
111,10	103,60	118,10	114,20	114,80	110,40	111,03	112,06	109,28	116,18	120,92	128,54

Tabla 136 Índice Industrial IMACEC

3.1.1.2. Ingresos Operacionales o Ventas de la empresa

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2009	2010	2011	2012	2013	2014/0
ESTADOS DE RESULTADOS						
Ingresos operacionales	\$3.271.205	\$5.481.644	\$4.512.164	\$5.039.548	\$5.380.673	\$5.929.760
Costos operacionales	\$-1.708.214	\$-2.026.829	\$-1.709.817	\$-1.850.968	\$-2.384.381	\$-2.338.730
Utilidad operacional	\$1.562.991	\$3.454.815	\$2.802.347	\$3.188.580	\$2.996.292	\$3.591.030

Las ventas se distribuyen mes a mes por lo que se debe obtener una tasa mensual para proyectar las ventas en forma mensual. Esta tasa se obtiene de la proporción del mes del índice industrial en un año. Finalmente, el Índice de Factor se obtiene de la multiplicación entre el índice industrial y las ventas mensuales.

1	A	B	C	D	E	F
2		V	t	Índice Industrial	Ingresos operacionales	Índice Factor (II*IO)
3	ene.-12	1	1	96,129	403739,2363	$\leftarrow E3/SUMA(\$E\$3:\$E\$14)*EEFF!\$F\$20$
4	feb.-12	2	2	89,595	376296,6106	$\leftarrow F4*E4$
5	mar.-12	3	3	101,376	425776,4964	43163518,1
6	abr.-12	4	4	99,891	419539,536	41908223,79
7	may.-12	5	5	99,297	417044,7519	41411292,73
8	jun.-12	6	6	97,218	408313,0073	39695373,94
9	jul.-12	7	7	97,713	410391,9941	40100632,92
10	ago.-12	8	8	97,614	409976,1967	40019416,47
11	sep.-12	9	9	94,842	398333,8707	37778780,96

Tabla 137 Índice de Factor de Proyección de Ventas

3.1.2. Obtención del Elemento de Tendencia

La Media Móvil (MA= Movil Average) se obtiene del promedio de los 12 meses. Como son doce meses se requiere realizar un ajuste o DRIFT para obtener la media para los 12 meses. La siguiente tabla explica la forma de obtención, por lo tanto, el Drift vendría siendo el elemento de Tendencia.

1	F	G	H	I
2	Indice Factor (II*IO)	MA(12)	CMA	Drift
3	38811049,05			
4	33714294,83			
5	43163518,1			
6	41908223,79	$\nearrow$	$=\text{PROMEDIO}(F3:F14)$	
7	41411292,73	41254132,24	$\nearrow$	$=\text{PROMEDIO}(G7:G8)$
8	39695373,94	41543171,14	41398651,69	0,958856686 $=F8/H8$
9	40100632,92	41794252,81	41668711,97	0,96236795
10	40019416,47	42115706,01	41954979,41	0,953865716
11	37778780,96	42427810,61	42271758,31	0,893712078
12	42324597,03	42736214,4	42582012,51	0,993954831
13	45038123,87	43031839,17	42884026,78	1,050230756
14	51084283,17	43330482,04	43181160,6	1,183022468

Tabla 138 Obtención Elemento de Tendencia



3.1.3. Obtención del Elemento de Estacionalidad

3.1.3.1. Obtención del Coeficiente Estacional

El Coeficiente Estacional se obtiene del promedio del elemento de tendencia (Drift) respecto del mes a mes de los años anteriores. El rango comienza en junio de 2012 porque ese es el inicio del elemento de tendencia y se extiende por ciclos de un año, ya que se busca proyectar periodos anuales, por tal motivo se extiende a mayo de 2014. En la siguiente tabla se puede observar su obtención.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	P	Q
2		V							Drift		
3	ene.-12	1									
4	feb.-12	2								Me	Coef
5	mar.-12	3								s	estacionales
6	abr.-12	4								1	0,980412781
7	may.-12	5								2	0,856856284
8	jun.-12	6							0,95885669	3	1,083711051
9	jul.-12	7							0,96236795	4	1,026835205
10	ago.-12	8							0,95386572	5	1,011279841
11	sep.-12	9							0,89371208	6	0,958136304
12	oct.-12	10							0,99395483	7	0,959824755
13	nov.-12	11							1,05023076	8	0,949070222
14	dic.-12	12							1,18302247	9	0,887710383
15	ene.-13	1							0,97240113	10	0,986133563
16	feb.-13	2							0,8391124	11	1,040916982
17	mar.-13	3							1,06702182	12	1,172162186
18	abr.-13	4							1,02839865		
19	may.-13	5							1,00807644		
20	jun.-13	6							0,95741592		
21	jul.-13	7							0,95728156		
22	ago.-13	8							0,94427473		
23	sep.-13	9							0,88170869		
24	oct.-13	10							0,97831229		
25	nov.-13	11							1,03160321		

=PROMEDIO.SI(\$B\$8:\$B\$31;P5;\$I\$8:\$I\$31)



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

2								1,1613019
6	dic.-13	12						1
2								0,9884244
7	ene.-14	1						3
2								0,8746001
8	feb.-14	2						7
2								1,1004002
9	mar.-14	3						8
3								1,0252717
0	abr.-14	4						6
3	may.-14	5						1,0144832
1								4

Tabla 139 Obtención de Coeficiente Estacional

3.1.3.2. Elemento de Estacionalidad

En la siguiente tabla se puede observar que en la columna K se encuentra el elemento de estacionalidad que es obtenido de la multiplicación entre el coeficiente estacional y el índice factor. Por otra parte, el coeficiente estacional se replica en forma anual desde enero a diciembre por todos los años venideros desde el 2012 en adelante.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2		V				Indice Factor	MA(12)	CMA	Drift	Coef estacionales	IF/Coef Est
3	ene.-12					38811049,0 5				0,980412781	38050848,5
4	feb.-12					33714294,8 3				0,856856284	28888305,4
5	mar.-12					43163518,1 41908223,7 9				1,083711051	46776781,5
6	abr.-12					41411292,7 3	41254132,2			1,026835205	43032839,6
7	may.-12					41411292,7 3	41254132,2			1,011279841	41878405,5
8	jun.-12					39695373,9 4	41543171,1	41398651,7	0,9588566 9	0,958136304	38033578,9
9	jul.-12					40100632,9 2	41794252,8	41668712	0,9623679 5	0,959824755	38489580,2
10	ago.-12					40019416,4 7	42115706	41954979,4	0,9538657 2	0,949070222	37981236,5
11	sep.-12					37778780,9 6	42427810,6	42271758,3	0,8937120 8	0,887710383	33536616,1
12	oct.-12					42324597,0 3	42736214,4	42582012,5	0,9939548 3	0,986133563	41737705,7
13	nov.-12					45038123,8 7	43031839,2	42884026,8	1,0502307 6	1,040916982	46880948
14	dic.-12					51084283,1 7	43330482	43181160,6	1,1830224 7	1,172162186	59879065,1
15	ene.-13					42279515,8 9	43628520,1	43479501	0,9724011 3	0,980412781	41451377,7
16	feb.-13					36727274,8 3	43909871,3	43769195,7	0,8391124	0,856856284	31469996,2
17	mar.-13					47020956,5 1	44225076,8	44067474,1	1,0670218 2	1,083711051	50957130,2
18	abr.-13					45653479,0 3	44560490,8	44392783,8	1,0283986 5	1,026835205	46878599,5



1	may.-13				45112138,2 1	44940932, 6	44750711, 7	1,0080764 4	1,011279841	45620996
2	jun.-13				43242871,1 6	45391534, 6	45166233, 6	0,9574159 2	0,958136304	41432564, 7
2	jul.-13				43684347,3 3	45875965, 3	45633750 6	0,9572815 6	0,959824755	41929318
2	ago.-13				43595872,7 2	46461299, 4	46168632, 4	0,9442747 3	0,949070222	41375544, 6
2	sep.-13				41154996,0 4	46891520, 3	46676409, 8	0,8817086 9	0,887710383	36533717, 3
2	oct.-13				46107062,7 2	47366852, 9	47129186, 6	0,9783122 9	0,986133563	45467722
2	nov.-13				49063092,0 9	47753231, 4	47560042, 2	1,0316032 1	1,040916982	51070605, 7
2	dic.-13				55649584,7 2	48086764, 1	47919997, 8	1,1613019 1	1,172162186	65230338, 9

Tabla 140 Obtención del Elemento de Estacionalidad

3.1.4. Obtención del Momento Mensual

El momento mensual (MCO) se obtiene con la ecuación de regresión lineal en el cual el MCO es la variable dependiente o variable para predecir:

$$y = ax + b$$

Donde:

y: variable dependiente o la variable a predecir.

x: variable independiente o la variable utilizada para hacer una predicción.

a: es la pendiente o el valor que debe ser determinado.

b: es la constante que debe ser determinada, se le conoce como intercepto porque cuando x es igual a 0, entonces y = b.

La fórmula para calcular la pendiente y la intersección es la siguiente:

$$a = \frac{\sum (xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{\sum (xi - \bar{x})^2}$$

Donde:

i: número de datos.

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

A continuación, se puede observar la tabla con el cálculo realizado para la obtención de la pendiente y la intersección:

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2											IF/Coef Est
3	ene.-12		1								38050848,5
4	feb.-12		2								28888305,4
5	mar.-12		3								46776781,5
6	abr.-12		4								43032839,6

Alpha
468119 =PENDIENTE(K3:K38;C3:C38)



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

7	may.-12	5								41878405,5
8	jun.-12	6								38033578,9
9	jul.-12	7								38489580,2
10	ago.-12	8								37981236,5
11	sep.-12	9								33536616,1
12	oct.-12	10								41737705,7
13	nov.-12	11								46880948
↓	-									-
↓	-									-
↓	-									-
33	jul.-14	31								45770913,1
34	ago.-14	32								44984464,7
35	sep.-14	33								41566608,9
36	oct.-14	34								51095976,5
37	nov.-14	35								56363019,4
38	dic.-14	36								74098482,9

Beta

36886469 =INTERSECCION.EJE(K3:K38;C3:C38)

Tabla 141 Obtención de Pendiente e Intersección Regresión Lineal

La obtención del Momento Mensual se consigue tomando los datos de la tabla anterior como parte de la ecuación de regresión lineal, quedando de la siguiente manera:

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2			t									Valor MCO
3	ene-12		1									37354588,6
4	feb-12		2									37822707,8
5	mar-12		3									38290827
6	abr-12		4									38758946,2
7	may-12		5									39227065,3
8	jun-12		6									39695184,5
9	jul-12		7									40163303,7
10	ago-12		8									40631422,9
11	sep-12		9									41099542
↓	-											-
↓	-											-
↓	-											-
93	jul-19		91									79485314,4
94	ago-19		92									79953433,6
95	sep-19		93									80421552,8
96	oct-19		94									80889672
97	nov-19		95									81357791,1
98	dic-19		96									81825910,3

= $\$U\$6+\$T\$6*C3$

Alpha	Beta
468119	36886469

Tabla 142 Obtención de Momento Mensual (Valor MCO)

3.1.5. Resultado de la Proyección de la Demanda

Para obtener la proyección de la demanda que vendría siendo el modelo de ventas, se debe obtener el pronóstico o Forecast que es la multiplicación entre el momento mensual y el coeficiente de estacionalidad.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

2				Índice Factor			Coef estacionales	Valor MCO	Forecast	
3	ene-12			38811049			0,980412781	37354588,64	36622916,1	=J3*L3
4	feb-12			33714295			0,856856284	37822707,82	32408624,9	
5	mar-12			43163518			1,083711051	38290826,99	41496192,3	
6	abr-12			41908224			1,026835205	38758946,17	39799050,4	
7	may-12			41411293			1,011279841	39227065,34	39669540,4	
↓	-						-	-	-	
↓	-						-	-	-	
↓	-						-	-	-	
93	jul-19						0,959824755	79485314,44	76291972,4	
94	ago-19						0,949070222	79953433,62	75881423	
95	sep-19						0,887710383	80421552,79	71391047,4	
96	oct-19						0,986133563	80889671,97	79768020,4	
97	nov-19						1,040916982	81357791,14	84686706,4	
98	dic-19						1,172162186	81825910,32	95913237,9	

Tabla 143 Obtención del Forecast

Al Forecaste se puede aplicar la técnica de mínimos cuadrado para verificar la suma de los errores al cuadrado, de esta forma, se puede observar si los valores de los coeficientes de regresión como la pendiente y la intersección son los mejores valores posibles. A continuación, se puede observar el error cuadrático:

$$R^2 = 0,97958763 \quad \text{>=COEFICIENTE.R2(F3:F38;M3:M38)}$$

La demanda proyectada es la separación de la relación del índice industrial del Forecast, con este despeje se logra obtener el resultado del modelo de ventas, que finalmente es la demanda proyectada que se busca.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2				Índice Industrial									Forecast	Modelo Ventas
3	ene-12			96,129									36622916,1	380976,772
4	feb-12			89,595									32408624,9	361723,5882
5	mar-12			101,376									41496192,3	409329,5489
6	abr-12			99,891									39799050,4	398424,7873
7	may-12			99,297									39669540,4	399503,9166
↓	-			-									-	-
↓	-			-									-	-
48	oct-15			105									57609875	548665,4757
49	nov-15			108,3									61297592,8	565998,0872
50	dic-15			117									69575081,3	594658,8147
51	ene-16			103,4									58652517,2	567239,0445
↓	-			-									-	-
↓	-			-									-	-
93	jul-19			111,034									76291972,4	687104,6026
94	ago-19			112,064									75881423	677125,776
95	sep-19			109,283									71391047,4	653267,6391
96	oct-19			116,184									79768020,4	686566,3122
97	nov-19			120,922									84686706,4	700341,5955



Tabla 144 Resultado Demanda Proyectada Sin Proyecto



Gráfico 19 Proyección de la Demanda Sin Proyecto

3.2. Proyección de la Demanda Sin Proyecto para EERR

3.2.1. Ventas Anuales

	A	N	
		Modelo Ventas	Ventas Anuales
39	ene.-15	\$521.542	\$6.488.479
40	feb.-15	\$490.561	
41	mar.-15	\$555.383	
42	abr.-15	\$542.810	
43	may.-15	\$545.832	
44	jun.-15	\$530.658	
45	jul.-15	\$539.162	
46	ago.-15	\$542.847	
47	sep.-15	\$510.362	
48	oct.-15	\$548.665	
49	nov.-15	\$565.998	
50	dic.-15	\$594.659	
51	ene.-16	\$567.239	\$7.013.222
52	feb.-16	\$517.655	
53	mar.-16	\$594.286	
54	abr.-16	\$593.130	
55	may.-16	\$589.166	
56	jun.-16	\$576.597	
57	jul.-16	\$586.505	
58	ago.-16	\$577.506	
59	sep.-16	\$552.163	
60	oct.-16	\$603.146	
61	nov.-16	\$610.408	
62	dic.-16	\$645.421	
63	ene.-17	\$613.971	\$7.547.677
64	feb.-17	\$578.048	
65	mar.-17	\$650.991	
66	abr.-17	\$652.471	
67	may.-17	\$635.014	



68	jun.-17	\$623.869	
69	jul.-17	\$625.678	
70	ago.-17	\$615.852	
71	sep.-17	\$590.555	
72	oct.-17	\$635.420	
73	nov.-17	\$642.537	
74	dic.-17	\$683.271	
75	ene.-18	\$639.150	\$7.854.577
76	feb.-18	\$598.522	
77	mar.-18	\$672.026	
78	abr.-18	\$663.765	
79	may.-18	\$657.347	
80	jun.-18	\$646.388	
81	jul.-18	\$657.702	
82	ago.-18	\$648.438	
83	sep.-18	\$625.866	
84	oct.-18	\$658.054	
85	nov.-18	\$671.545	
86	dic.-18	\$715.775	
87	ene.-19	\$676.640	\$8.257.223
88	feb.-19	\$638.050	
89	mar.-19	\$712.192	
90	abr.-19	\$702.069	
91	may.-19	\$691.943	
92	jun.-19	\$685.772	
93	jul.-19	\$687.105	
94	ago.-19	\$677.126	
95	sep.-19	\$653.268	
96	oct.-19	\$686.566	
97	nov.-19	\$700.342	
98	dic.-19	\$746.151	

Tabla 145 Ventas Anuales

3.2.2. Proyección en EERR

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5
ESTADOS DE RESULTADOS						
Ingresos operacionales	\$5.929.760	\$6.488.479	\$7.013.222	\$7.547.677	\$7.854.577	\$8.257.223
Costos operacionales	\$-2.338.730	\$-2.677.268	\$-2.893.787	\$-3.114.313	\$-3.240.946	\$-3.407.085
Utilidad operacional	\$3.591.030	\$3.811.211	\$4.119.435	\$4.433.364	\$4.613.631	\$4.850.138

Tabla 146 Proyección de Ventas en EERR

4. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA CON PROYECTO

4.1. Modelo de Proyección de la Demanda Con Proyecto

El modelo de proyección de la demanda con proyecto utiliza el mismo método de la situación sin proyecto, con la única diferencia que se determinará el crecimiento del flujo vehicular en la situación con



proyecto. Este crecimiento vehicular se conoce como factores de crecimiento de los viajes y se proyectan para vehículos livianos y pesados.

Estos factores se aplicarán a los ingresos operacionales o ventas en consideración del horario afectado que es el TS (Tráfico de Saturación) que comienza de las 17:00 a las 20:00 hrs para cada categoría vehicular, con lo anterior, se considera los precios de peajes por categoría vehicular de los años 2012 al 2014

El tráfico para proyectar es de un flujo real del mes de mayo en horario de semana del pórtico PC101 con sentido de Huechuraba a Providencia, que es el pórtico del tráfico analizado, a los cuales se le multiplicarán los factores de crecimiento y precio de peaje para los años 2012 al 2014.

Finalmente, estos valores serán aplicados en los años 2012 al 2014 del modelo de pronóstico de ventas en la columna de los ingresos por ventas para determinar la tendencia del modelo de ventas, de esta forma, se obtiene la proyección de la demanda con proyecto para los años 2015 y 2024.

4.1.1. Factor de Crecimiento Vehicular

El factor de Crecimiento vehicular se basa en el crecimiento de los viajes de los vehículos livianos y vehículos pesados y éstos están asociados al PIB. El modelo considera una situación base (por estudio o investigación) y una situación real del PIB las cuáles se interpolan para la obtención de los valores del factor de crecimiento. El estudio del factor de crecimiento se realizó para los 2011 al 2015 que es la época de proyección del proyecto. En la siguiente tabla se puede observar los factores de crecimiento de viajes realizados por la empresa de asesorías SDG.

TABLA 9.2 FACTORES DE CRECIMIENTO DE LOS VIAJES

Año	Veh Livianos	Camiones
2008	1.061	1.076
2009	1.127	1.161
2010	1.191	1.243
2015	1.571	1.754

Tabla 147 Factores de Crecimiento de Viajes por SDG

Estos factores de crecimiento están referidos al año 2007, por lo que se realizará un cambio de base al año 2009.

	AI	AJ	AK	
	Año	Veh. Liv.	Camiones	
6	2010	1,057	1,071	$\geq 1,243/1,161$
7	2011	1,124	1,159	$\geq (AK8-AK6)/5+AK6$
8	2015	1,394	1,511	$\geq 1,754/1,161$

Tabla 148 Cambio de Base al 2009 Factores de Crecimiento



Las siguientes tablas muestran los valores PIB, tanto real como lo proyectado por la misma empresa SDG.

1) Situación Base Original SDG

	Z	AA
	Año	Sit. Base
19	2008	5,3
20	2009	5,5
21	2010	5,0
22	2011	5,0
23	2011-2015	5,0

Tabla 149 Variación del PIB según SDG

2) Situación Real

	AD	AE
	Año	Sit. Base
19	2008	3,2
20	2009	-0,7
21	2010	2,0
22	2011	2,5
23	2011-2015	4,5

Tabla 150 Situación Real del PIB

Ahora se proyecta el factor de crecimiento corregidos según el PIB con el cambio base al año 2009.

	AH	AI	AJ	
	Año	Veh. Liv.	Camiones	
20	2010	1,0227	1,0283	$\geq +(AK6-1)/\$AA21*\$AE21+1$
21	2011	1,0621	1,0793	$\geq +(AK7-1)/\$AA22*\$AE22+1$
22	2015	1,3546	1,4597	$\geq +(AK8-1)/\$AA23*\$AE23+1$

Tabla 151 Factores de Crecimiento corregidos al PIB

Para proyectar del año 2012 al 2014, también se consideran las correcciones de los factores de los años 2011 y 2015, lo cual es interpolación.

	AB	AC	AD	
	Año	Veh. Liv.	Camiones	
29	2012	1,1352	1,1744	$\geq +(AJ\$22-AJ\$21)/4*1+AJ\$21$
30	2013	1,2083	1,2695	$\geq +(AJ\$22-AJ\$21)/4*2+AJ\$21$
31	2014	1,2815	1,3646	$\geq +(AJ\$22-AJ\$21)/4*3+AJ\$21$

Tabla 152 Factores de Crecimiento Corregidos para 2011 al 2015

Con lo anterior, se puede proyectar los factores de crecimiento de viaje para los años siguientes:

	AA	AB	AC	
	Año	Veh. Liv.	Camiones	
36	2010	1,0227	1,0283	$\geq +AJ20$
37	2011	1,0621	1,0793	$\geq +AJ21$
38	2012	1,1352	1,1744	$\geq +AD29$
39	2013	1,2083	1,2695	$\geq +AD30$
40	2014	1,2815	1,3646	$\geq +AD31$
41	2015	1,3546	1,4597	$\geq +AJ22$
42	2016	1,4329	1,5656	$\geq AC41*(1+((AC41/AC36)^(1/5)-1))$
43	2017	1,5157	1,6793	$\geq AC42*(1+((AC42/AC36)^(1/6)-1))$
44	2018	1,6034	1,8012	$\geq AC43*(1+((AC43/AC36)^(1/7)-1))$



45	2019	1,6961	1,9319	$\geq AC44 * (1 + ((AC44/AC36)^{(1/8)} - 1))$
46	2020	1,7941	2,0722	$\geq AC45 * (1 + ((AC45/AC36)^{(1/9)} - 1))$

Tabla 153 Factores de Crecimiento de Viajes del año 2010 al 2020

4.1.2. Tráfico Vehicular Proyectado con Factor de Crecimiento de Viajes

4.1.2.1. Tráfico Vehicular Real mes de mayo año 2011

El tráfico vehicular se obtuvo de listado de transacciones de lunes a viernes del mes de mayo del año 2011 asociado al pórtico PC101. A continuación, la tabla con las transacciones indicadas:

Categoría Vehicular						
Hora	Rango	C1	C2	C3	C4	Total
17:00	34	14396	639	20	524	15579
17:30	35	16576	679	19	546	17820
18:00	36	20205	723	54	512	21494
18:30	37	20331	601	46	448	21426
19:00	38	17399	661	30	463	18553
19:30	39	14136	586	28	295	15045
Total general		103043	3889	197	2788	109917

Tabla 154 Tráfico Real L-V mes de Mayo 2011

Se debe considerar que C1 (autos) y C4 (motos) son vehículos livianos, por lo que C4 se consideran como C1.

4.1.2.2. Factor de Crecimiento Proyectado años 2012, 2013 y 2014

FC = Factor de Crecimiento

		AQ	AR	AS	
		FC2012	FC2013	FC2014	
34	Cat C1+C4	1,1352	1,2083	1,2815	$\geq \$AB\$40$
35	Cat C2	1,1744	1,2695	1,3646	$\geq \$AC\$40$
36	Cat C3	1,1744	1,2695	1,3646	$\geq \$AC\$40$

Tabla 155 Factor de Crecimiento Viajes años 2012, 2013 y 2014

4.1.2.3. Tráfico Vehicular Proyectado con Factor de Crecimiento años 2012, 2013 y 2014

TP = Tráfico Proyectado de lunes a viernes en el horario de Tráfico de Saturación

	AP	AQ	AR	AS	
	Tráfico	TP2012	TP2013	TP2014	
Cat C1+C4	105831	120142	127880	135618	>= \$AP\$40*AS34
Cat C2	3889	4567	4937	5307	>= \$AP\$41*AS35
Cat C3	197	231	250	269	>= \$AP\$42*AS36

Tabla 156 Tráfico Proyectado para años 2012, 2013 y 2014

4.1.3. Proyección de Ventas con Factor de Crecimiento de Viajes Años 2012, 2013 y 2014

4.1.3.1. Precio de Peajes en horario Tráfico de Saturación años 2012, 2013 y 2014

		AQ	AR	AS
		Peaje TS 2012	Peaje TS 2013	Peaje TS 2014
46	TS C1	\$497	\$526	\$557
47	TS C2	\$1.492	\$1.577	\$1.671
48	TS C3	\$2.487	\$2.629	\$2.785

Tabla 157 Precios de Peaje TS años 2012, 2013 y 2014

4.1.3.2. Demanda Proyectada (Ventas) en horario Tráfico de Saturación años 2012, 2013 y 2014

		AQ	AR	AS	
		VP2012	VP2013	VP2014	
52	Cat C1+C4	\$59.710.639	\$67.264.831	\$75.539.050	>=AS40*AS46
53	Cat C2	\$6.814.432	\$7.785.839	\$8.867.876	>=AS41*AS47
54	Cat C3	\$575.393	\$657.495	\$748.681	>=AS42*AS48
	Total	\$67.100.465	\$75.708.166	\$85.155.607	>=SUMA(AS52:AS54)
	Total en M\$	\$67.100	\$75.708	\$85.156	>=AS55/1000

Tabla 158 Demanda Proyectada años 2012, 2013 y 2014

4.1.4. Proyección de la Demanda Con Proyecto

4.1.4.1. Ingresos Operacionales con Proyecto para Obtención de la tendencia

A	B	C	D	E	
	V	t	Índice Industrial	Ingresos operacionales	
ene-12	1	1	96,129	\$ 413.247	>=D3/SUMA(\$D\$3:\$D\$14)*(EEFF!\$F\$20+'Factores de Ingresos'!\$AQ\$56)
feb-12	2	2	89,595	\$ 385.159	>=D4/SUMA(\$D\$3:\$D\$14)*(EEFF!\$F\$20+'Factores de Ingresos'!\$AQ\$56)
↓			↓	↓	↓
↓			↓	↓	↓
nov-12	11	11	103,554	\$ 445.167	>=D13/SUMA(\$D\$3:\$D\$14)*(EEFF!\$F\$20+'Factores de Ingresos'!\$AQ\$56)
dic-12	12	12	110,286	\$ 474.107	>=D14/SUMA(\$D\$3:\$D\$14)*(EEFF!\$F\$20+'Factores de Ingresos'!\$AQ\$56)
ene-13	1	13	97,1	\$ 441.549	>=D15/SUMA(\$D\$15:\$D\$26)*(EEFF!\$G\$20+'Factores de Ingresos'!\$AR\$56)
feb-13	2	14	90,5	\$ 411.536	>=D16/SUMA(\$D\$15:\$D\$26)*(EEFF!\$G\$20+'Factores de Ingresos'!\$AR\$56)
↓			↓	↓	↓
↓			↓	↓	↓
nov-13	11	23	104,6	\$ 475.654	>=D25/SUMA(\$D\$15:\$D\$26)*(EEFF!\$G\$20+'Factores de Ingresos'!\$AR\$56)
dic-13	12	24	111,4	\$ 506.576	>=D26/SUMA(\$D\$15:\$D\$26)*(EEFF!\$G\$20+'Factores de Ingresos'!\$AR\$56)
ene-14	1	25	99,1	\$ 488.109	>=D27/SUMA(\$D\$27:\$D\$38)*(EEFF!\$H\$20+'Factores de Ingresos'!\$AS\$56)
feb-14	2	26	93,6	\$ 461.019	>=D28/SUMA(\$D\$27:\$D\$38)*(EEFF!\$H\$20+'Factores de Ingresos'!\$AS\$56)
↓			↓	↓	↓
↓			↓	↓	↓
nov-14	11	35	105,6	\$ 520.124	>=D37/SUMA(\$D\$27:\$D\$38)*(EEFF!\$H\$20+'Factores de Ingresos'!\$AS\$56)
dic-14	12	36	114,1	\$ 561.990	>=D38/SUMA(\$D\$27:\$D\$38)*(EEFF!\$H\$20+'Factores de Ingresos'!\$AS\$56)



Tabla 159 Ingresos Opeacionales con Proyecto

4.1.4.2. Demanda Proyectada Con Proyecto

	A	N		
		Modelo Ventas	Ventas Anuales Con Proyecto	Ventas Anuales Sin Proyecto
39	ene.-15	\$ 527.499	\$6.569.527	\$6.488.479
40	feb.-15	\$ 496.247		
41	mar.-15	\$ 561.901		
42	abr.-15	\$ 549.274		
43	may.-15	\$ 552.457		
44	jun.-15	\$ 537.219		
45	jul.-15	\$ 545.923		
46	ago.-15	\$ 549.761		
47	sep.-15	\$ 516.984		
48	oct.-15	\$ 555.909		
49	nov.-15	\$ 573.592		
50	dic.-15	\$ 602.760		
51	ene.-16	\$ 572.486	\$7.086.859	\$7.013.222
52	feb.-16	\$ 522.547		
53	mar.-16	\$ 600.010		
54	abr.-16	\$ 598.965		
55	may.-16	\$ 595.116		
56	jun.-16	\$ 582.568		
57	jul.-16	\$ 592.700		
58	ago.-16	\$ 583.738		
59	sep.-16	\$ 558.269		
60	oct.-16	\$ 609.970		
61	nov.-16	\$ 617.462		
62	dic.-16	\$ 653.029		
63	ene.-17	\$ 618.545	\$7.614.267	\$7.547.677
64	feb.-17	\$ 582.486		
65	mar.-17	\$ 656.124		
66	abr.-17	\$ 657.765		
67	may.-17	\$ 640.348		
68	jun.-17	\$ 629.284		
69	jul.-17	\$ 631.253		
70	ago.-17	\$ 621.495		
71	sep.-17	\$ 596.136		
72	oct.-17	\$ 641.602		
73	nov.-17	\$ 648.957		
74	dic.-17	\$ 690.272		
75	ene.-18	\$ 642.943	\$7.912.835	\$7.854.577
76	feb.-18	\$ 602.222		
77	mar.-18	\$ 676.333		
78	abr.-18	\$ 668.185		
79	may.-18	\$ 661.923		
80	jun.-18	\$ 651.081		
81	jul.-18	\$ 662.641		
82	ago.-18	\$ 653.483		
83	sep.-18	\$ 630.926		
84	oct.-18	\$ 663.568		
85	nov.-18	\$ 677.361		
86	dic.-18	\$ 722.168		
87	ene.-19	\$ 679.782	\$8.308.417	\$8.257.223
88	feb.-19	\$ 641.179		
89	mar.-19	\$ 715.858		



90	abr.-19	\$	705.869		
91	may.-19	\$	695.909		
92	jun.-19	\$	689.917		
93	jul.-19	\$	691.439		
94	ago.-19	\$	681.588		
95	sep.-19	\$	657.782		
96	oct.-19	\$	691.523		
97	nov.-19	\$	705.603		
98	dic.-19	\$	751.968		

Tabla 160 Proyección de Demanda Con Proyecto

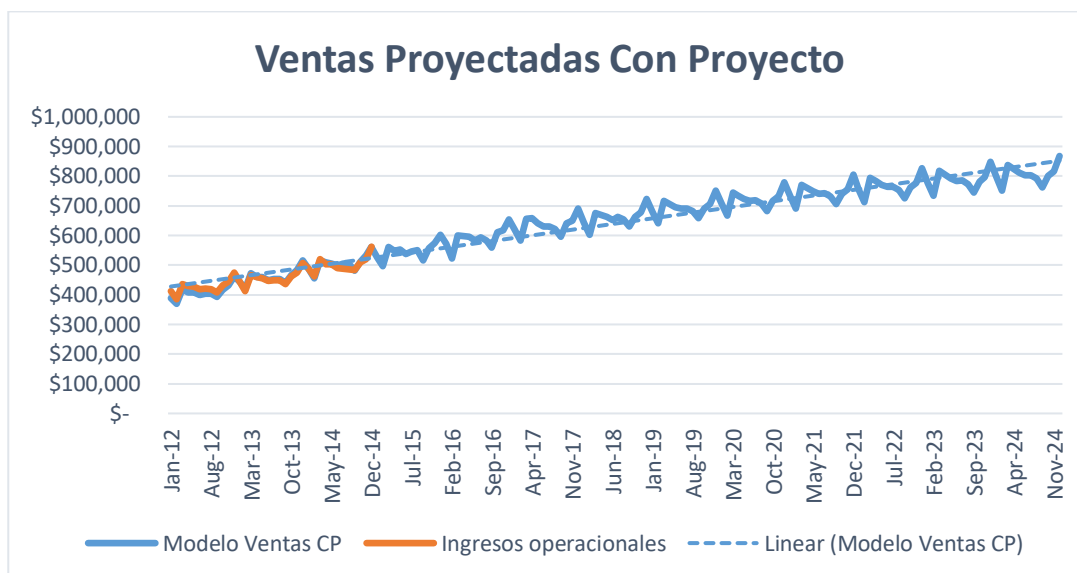


Gráfico 20 Proyección de Demanda con Proyecto

4.1.4.3. Comparación Proyección de Demanda Con y Sin Proyecto

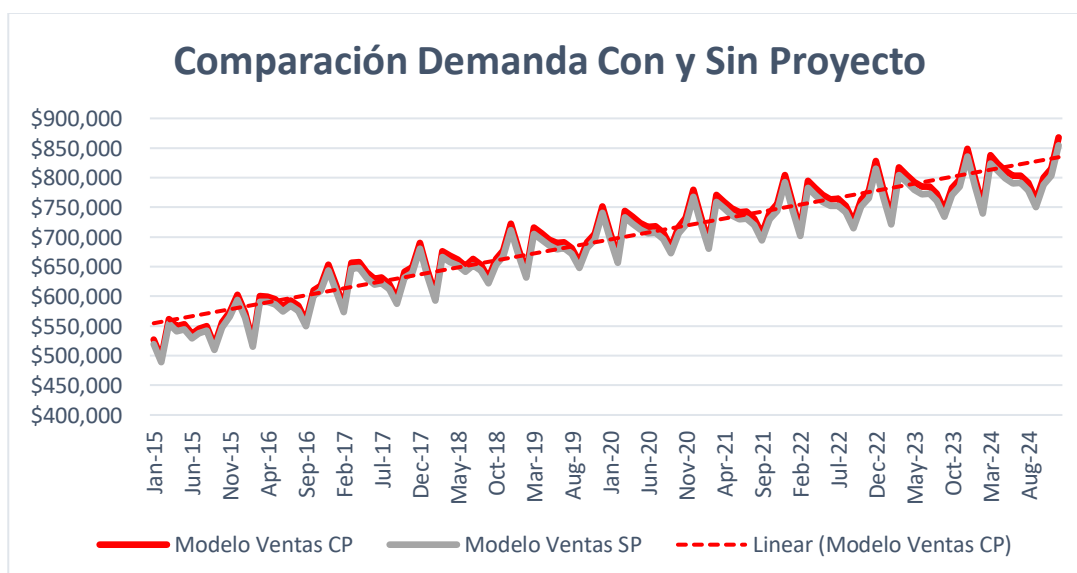


Gráfico 21 Comparación Demanda Proyectada Con y Sin Proyecto

4.2. Proyección de la Demanda Con Proyecto para EERR



EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5
ESTADOS DE RESULTADOS						
Ingresos operacionales	\$5.929.760	\$6.569.527	\$7.086.859	\$7.614.267	\$7.912.835	\$8.308.417
Costos operacionales	\$-2.338.730	\$-2.710.710	\$-2.924.171	\$-3.141.789	\$-3.264.984	\$-3.428.209
Utilidad operacional	\$3.591.030	\$3.858.817	\$4.162.688	\$4.472.477	\$4.647.851	\$4.880.208

Tabla 161 Proyección de la Demanda Con Proyecto en EEFF



CAPITULO VI: MODELO DE SIMULACION

Y COSTOS

1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene por objetivo la realización del Análisis Interno, que consiste en primera instancia la descripción de la empresa y el despliegue del Flowsheet Operacional sin Proyecto en el que se describe la situación actual del proceso que le afecta a la empresa que es la congestión vehicular del Túnel Eje C1 que tiene sentido Huechuraba – Providencia.

En segunda instancia se realiza el modelo operacional sin proyecto en el que se indican los supuestos del modelo, la descripción de las variables aleatorias, descripción del modelo utilizando el software ARENA y la validación de la simulación.

En tercera instancia, se realiza el modelo operacional con el desarrollo del proyecto en el cual se aplica el objetivo del proyecto el cual sería lograr fluidez de tráfico vehicular durante el tránsito de éstos al interior de la concesión. Para tal efecto, se eliminarán los puntos de mayor confluencia vehicular, que ocasionan la congestión y estos puntos son: la intersección de Av. Los Conquistadores y Av. Santa María. La solución radica en eliminar la semaforización y para eso se debe hundir las avenidas anteriormente mencionadas, lo que permitirá que no exista detención por semaforización. El otro beneficio es que Av. Los Conquistadores tampoco alimentará con vehículos a Av. El Cerro, lo que disminuirá el tráfico por ésta última y también Av. Santa María deja de alimentar al Puente Nueva Tajamar, lo que contribuía a una mayor cantidad de vehículos, congestionando Av. El Cerro. El desarrollo del modelo operacional con proyecto también incluye los supuestos del modelo, la descripción de las variables aleatorias, la descripción del modelo utilizando arena y la validación de la simulación. Posteriormente, se realizará una comparación de los resultados entre ambas simulaciones en situaciones Sin y Con Proyecto.

En última instancia, se realizará una simulación de los costos de producción Con y Sin Proyecto con la herramienta Momento Mensual en Excel.

2. ANÁLISIS INTERNO

2.1. Definición del Problema

Actualmente Túnel San Cristóbal presenta congestión vehicular durante la hora punta y hora de saturación



en el eje C1 que tiene sentido Huechuraba – Providencia. Esto se debe a la cantidad de semáforos en Av. El Cerro (avenida a la cual se une la salida de la concesión) y sus distintas intersecciones que, además, se encuentran en distancias muy cortas. Sumado a esto, el alto tráfico vehicular por Av. Los Conquistadores (durante el horario punta y saturación), hace que los vehículos provenientes de la concesionaria y de Av. Los Conquistadores generen congestión en Av. El Cerro. Esta misma congestión se comienza a extender hacia la concesión llegando a cubrir las pistas del túnel, llegando inclusive, hasta la concesión de Autopista Américo Vespucio Norte, por lo tanto, la autopista no está cumpliendo con la calidad de los niveles de servicio (velocidad, tiempo), ni con los objetivos estratégicos (Rapidez y fluidez). En ocasiones, la saturación es tal, que el cobro de peaje disminuye en casi cero cobros por minuto, debido a que el tráfico no avanza.

2.2.Hipótesis que define el proyecto

Se estima que es posible disminuir la congestión vehicular eliminando los semáforos de Av. El Cerro con las intersecciones de Av. Los Conquistadores y Av. Santa María, haciendo la conexión de la concesión y Av. El Cerro de forma directa sin restricciones.

El eliminar la semaforización, implica que se debe realizar un proyecto de obras civiles que consiste en hundir ambas avenidas (Los Conquistadores y Santa María), lo que permitirá la conexión de la concesión con Av. El cerro a través de un paso superior o puente. Lo mismo se realizará con la intersección de Av. El Cerro y Av. Santa María.

2.3. Flowsheet Sin Proyecto

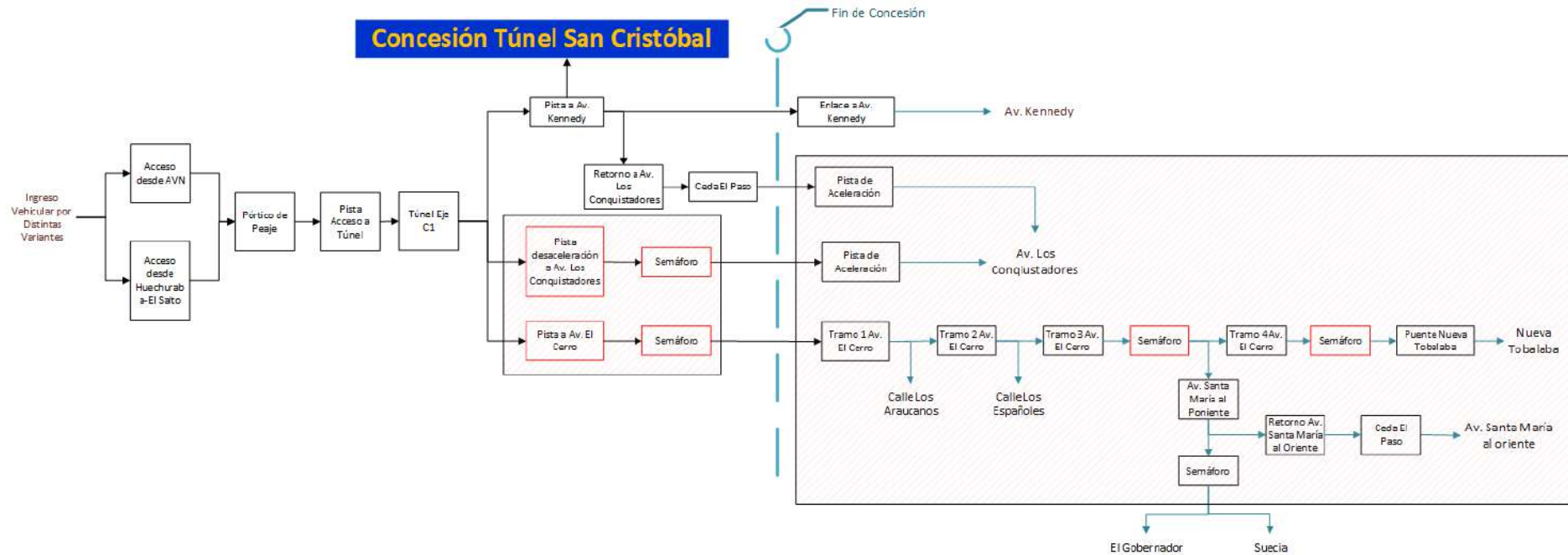


Ilustración 1 Flowsheet Sin Proyecto

Las facilidades críticas detectadas se encuentran dentro y fuera de la concesión y son las que se encuentran en la zona achurada. Es este el sector que genera la congestión vehicular dada por las intersecciones con Av. Los Conquistadores y Av. Santa María. Al término de la concesión nos encontramos con dos semáforos en la intersección de Av. El Cerro con Av. Los Conquistadores, uno es peatonal para el cruce de los transeúntes de la pista de aceleración y el otro semáforo es para permitir el flujo vehicular entre Av. El Cerro y Av. Los Conquistadores. Los siguientes semáforos ubicados en Av. El Cerro entre el tramo 3 y 4 y entre el tramo 4 y Puente Nueva de Tajar también son foco de congestión vehicular. El primero es un semáforo peatonal a demanda de los transeúntes y el segundo es un semáforo que permite el flujo vehicular entre AV. El Cerro y Av. Santa María. Todos estos semáforos generan detención del flujo vehicular, lo que ocasiona la congestión del sector. Este sector es denominado como Confluencia Vehicular del Sector Av. El Cerro.

2.4. Flowsheet Con Proyecto

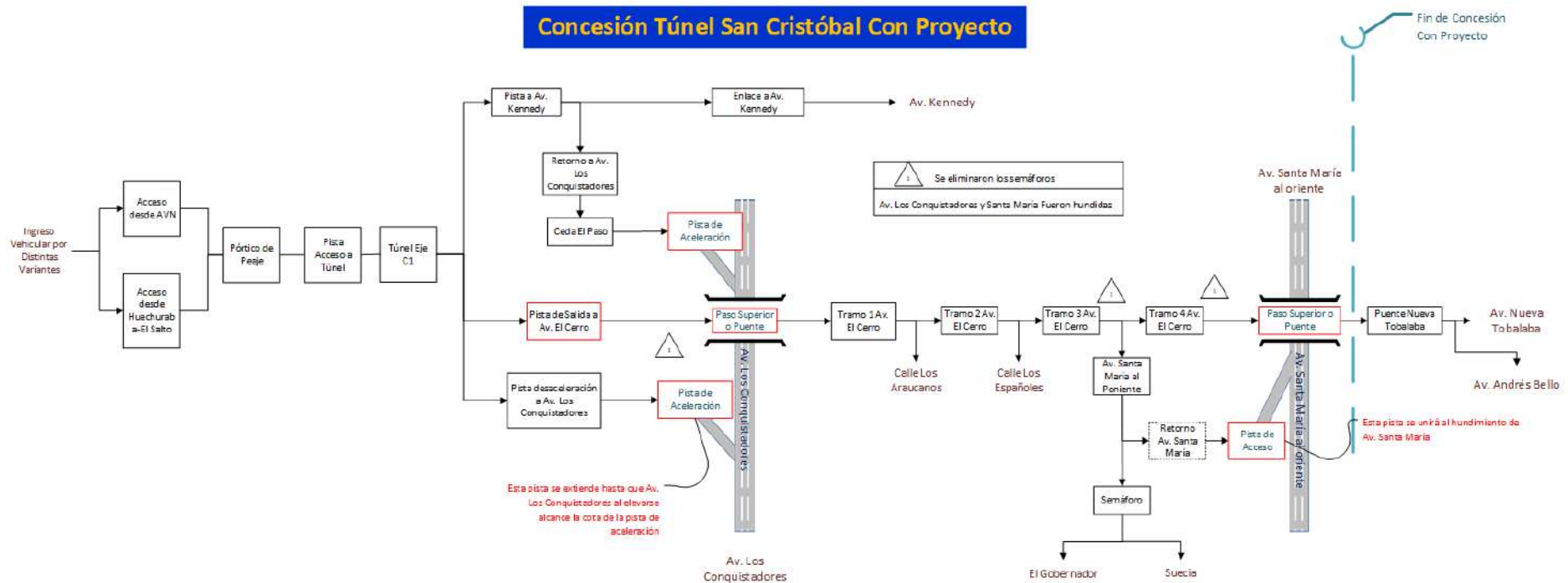


Ilustración 2 Flowsheet Con Proyecto

En este flowsheet con proyecto se puede apreciar las modificaciones a las facilities críticas del sistema. En primera instancia se puede observar el hundimiento de Av. Los Conquistadores y la conexión de la salida de Túnel San Cristóbal es a través de un paso superior o puente que se conecta con Av. El Cerro. La Pista de Aceleración que se une con la salida de Túnel y Av. Los Conquistadores, deberá ser extendida hasta que Av. Los Conquistadores emerja y así se pueda unir a ella. También se hunde Av. Santa María y se debe realizar una pista de acceso que se hundirá hasta conectar con Av. Santa María. El tramo 4 de Av. El Cerro se conectará en forma directa con un paso superior o puente y se unirá al puente de Nueva Tobalaba. En el flujo que se conecta a la salida del túnel hasta el puente Nueva Tobalaba se eliminaron todos los semáforos. De esta forma, se da continuidad directa al flujo hasta la Av. Nueva Tobalaba y Av. Andrés Bello.

2.5. Diagrama y Plano General

2.5.1. Plano Vial-Urbano de Confluencia Vehicular

2.5.1.1. Plano General

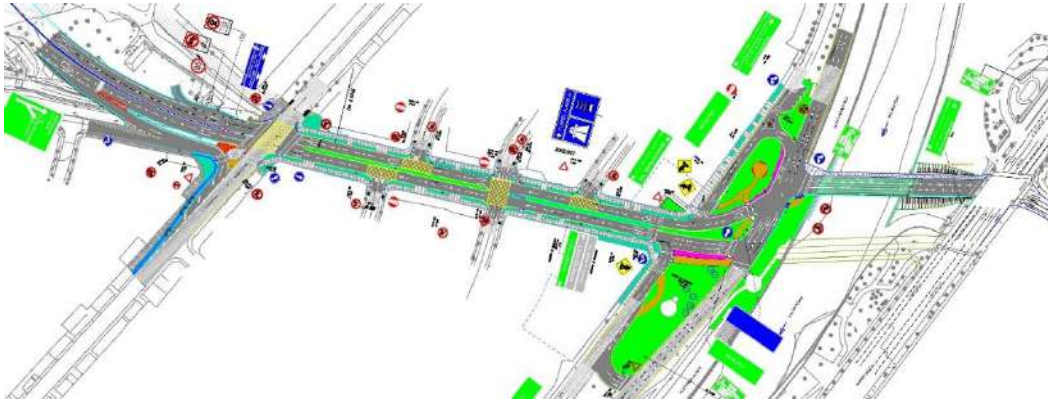


Ilustración 3 Plano General Sector Av. El Cerro

2.5.1.2. Confluencia en Av. Los Conquistadores



Ilustración 4 Confluencia Vehicular Av. Los Conquistadores

2.5.1.3. Confluencia en Av. El Cerro con Av. Santa María



Ilustración 5 Confluencia Vehicular Av. El Cerro y Av. Santa María

2.5.1.4. Confluencia en Av. Santa María con Suecia



Ilustración 6 Confluencia Vehicular Suecia y Av. Santa María

2.5.2. Diagrama Sin Proyecto

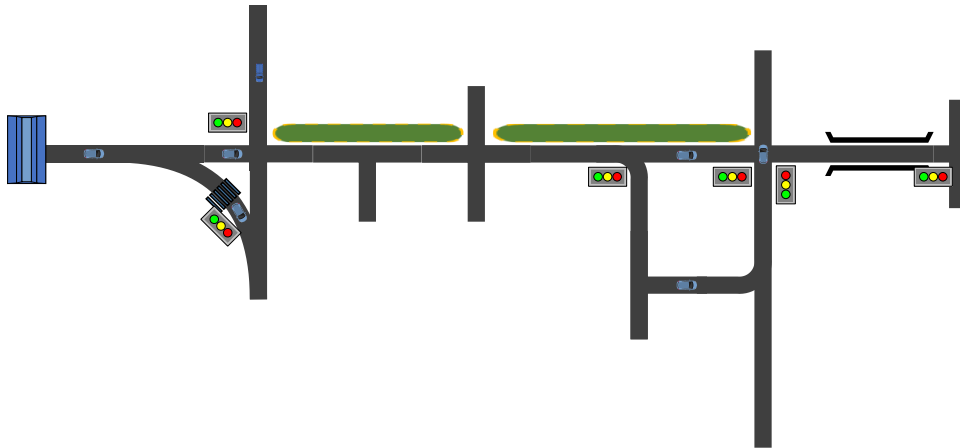


Ilustración 7 Diagrama Sin Proyecto

2.5.3. Diagrama Con Proyecto

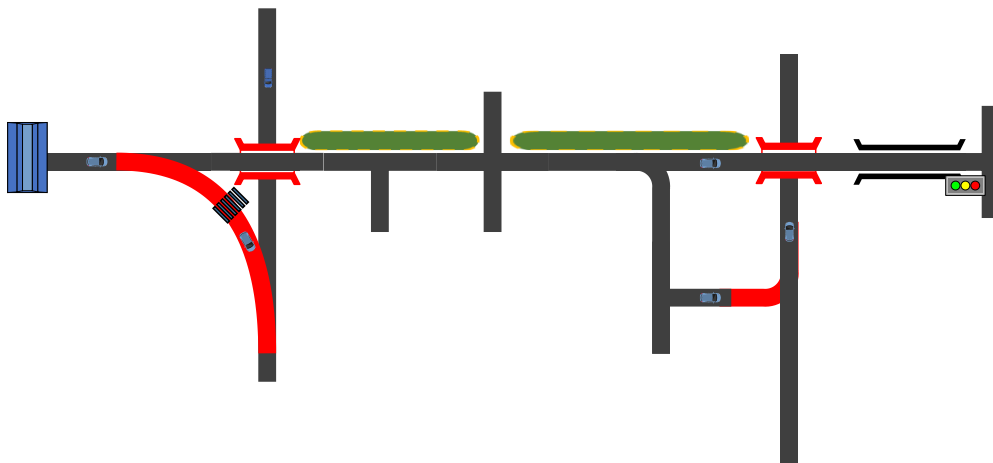


Ilustración 8 Diagrama Con Proyecto

3. MODELO OPERACIONAL SIN PROYECTO

3.1. Situación Real

Al obtener información de las espiras (puntos de medidas de conteo vehicular), se puede obtener la velocidad promedio de recorrido de la concesión. Aunque es un dato promedio dado entre cada media hora, se puede calcular el tiempo promedio de los vehículos en la concesión. Para realizar la demostración, se obtendrá información relativa a los martes y jueves de un mes cualquiera. Para este efecto se consideró el mes de julio en el rango horario de 17:30 a 20:30 hrs de los carriles P5 (pista rápida) y P7 (pista lenta) con todas las velocidades que sean mínimas a las exigidas por ley, en este caso, son todas las menores a 50Km/Hr.

						1=00:00-00:30 2=00:30-01:00 3=01:00-	1=autos y camionetas con/sin remolque 2=buses y camiones 3=camiones con remolque 4=motos y motonetas		
Id Contr	Id Contar	Año	Me	Di	Rango Horario	Pista	Categoría vehículo	Flujo	Velocidad Promedio
41	C1-DE-P7	2010	7	1	38	7	5	28	21
41	C1-DE-P7	2010	7	1	39	7	5	160	30
41	C1-DE-P7	2010	7	1	40	7	5	150	40
41	C1-DE-P7	2010	7	6	39	7	5	184	42
41	C1-DE-P7	2010	7	15	38	7	5	279	42
41	C1-DE-P7	2010	7	15	39	7	5	204	43
41	C1-DE-P7	2010	7	20	37	7	5	376	46
41	C1-DE-P7	2010	7	20	38	7	5	354	47
41	C1-DE-P5	2010	7	1	38	5	5	25	20
41	C1-DE-P5	2010	7	1	39	5	5	147	34
41	C1-DE-P5	2010	7	1	40	5	5	134	42
41	C1-DE-P5	2010	7	6	39	5	5	168	43
41	C1-DE-P5	2010	7	15	38	5	5	262	46
41	C1-DE-P5	2010	7	15	39	5	5	190	47

Como se puede observar la menor velocidad promedio es de 20 Km/Hr de la Pista P5, lo que demuestra que es la pista con mayor congestión y la máxima es de 47 Km/Hr en ambas pistas. También se puede observar que el rango horario para la menor velocidad fue en el rango 38=18:30-19:00, lo que indica que los vehículos se encontraban en horario de saturación.

Si se considera que la concesión tiene una distancia de 1937,48 mts, podríamos obtener el tiempo promedio de ese grupo de vehículos con la ecuación de $V = \frac{d}{t}$

Por lo tanto, $t = \frac{d}{v}$

$$t = \frac{1,93748 \text{ Km}}{20 \frac{\text{Km}}{\text{Hr}}} = 0,096874 \text{ Hr} = 5,8 \text{ minutos}$$

Se puede demostrar que el tiempo promedio para vehículos que circulan con velocidad promedio de 20 Km/Hr es de 5,8 minutos dentro de la concesión, considerando que va a una velocidad constante, pero en la realidad se deben considerar los tiempos de aceleración de los vehículos, la demora en ponerse en movimiento, que no todos los vehículos se mueven al mismo tiempo, sino que por el largo de la cola se va desplazando el movimiento, etc, pero para efectos de demostración de tiempo, es suficiente ya que los vehículos deberían tener un promedio de viaje en el interior del túnel cercano a las 1,5 minutos aproximadamente en velocidad constante sin restricciones.

3.2. Supuestos del Modelo Sin Proyecto

3.2.1. Distribución de Flujo Vehicular por Facilities

Se considerará los promedios de los flujos que se dirigen a las distintas conexiones para posteriormente indicar con los días de mayor demanda el cálculo del flujo que circulará.

La mayor demanda de flujo en una semana se encuentra en los martes y jueves, para este caso se considerará el flujo del martes 13 de abril de 2010 en el horario punta de saturación, que es entre las 17:30 y 20:30 hrs en el cual hubo una intensidad de flujo por ambos carriles (Pista lenta y Rápida) de 4864 vehículos.

$$\text{Flujo} = X_i \text{ [Veh/Día]}$$

Sin Proyecto (Actual) Hora Punta Tarde

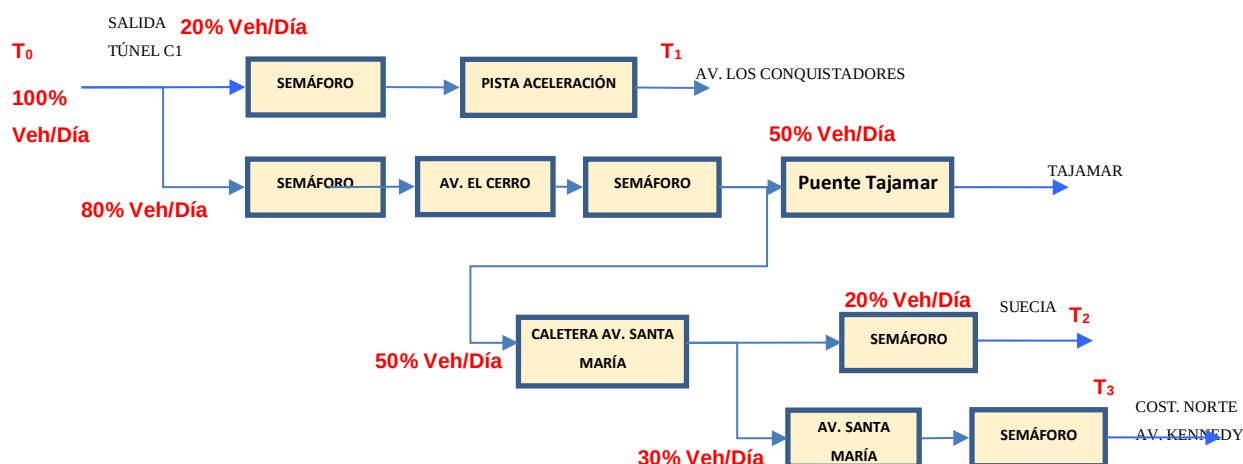


Ilustración 9 Distribución Vehicular Tramo 3 Eje C1 Sin Proyecto

TOTAL Vehículos Túnel Eje C1	Conexión Av. Los Conquistadores (20% Total)	Av. El Cerro (80% Total)	Av. Tajamar (40% Total)	Conexión Suecia (8% Total)	Conexión Kennedy (12% Total)
4864	973	3892	1946	389	584

		
Salida Av. Los Conquistadores	Salida a Suecia	Salida a Av. Kennedy y Tajamar

3.2.2. Arribos de vehículos

3.2.2.1. Arribos para Túnel San Cristóbal

	Rango Horario	Pista Lenta (P7)		Pista Rápida (P5)	
		Flujo P7	Velocidad Promedio	Flujo P5	Velocidad Promedio
1=00:00-00:30	1	34	79	12	88
2=00:30-01:00	2	24	81	12	84
3=01:00-01:30	3	18	79	12	74
4=01:30-02:00	4	12	67	3	60
5=02:00-02:30	5	11	70	3	66
6=02:30-03:00	6	6	82	1	87
7=03:00-03:30	7	3	81	0	0
8=03:30-04:00	8	7	73	1	85
9=04:00-04:30	9	7	89	1	104
10=04:30-05:00	10	9	71	6	87
11=05:00-05:30	11	18	75	5	75
12=05:30-06:00	12	40	66	9	85
13=06:00-06:30	13	48	63	21	77
14=06:30-07:00	14	65	70	33	83
15=07:00-07:30	15	181	75	144	86
16=07:30-08:00	16	381	76	337	85
17=08:00-08:30	17	403	78	403	84
18=08:30-09:00	18	454	75	440	81
19=09:00-09:30	19	295	77	275	86
20=09:30-10:00	20	245	78	216	86
21=10:00-10:30	21	147	75	122	84
22=10:30-11:00	22	286	77	230	87
23=11:00-11:30	23	286	76	235	86
24=11:30-12:00	24	283	76	251	85
25=12:00-12:30	25	279	74	221	85
26=12:30-13:00	26	294	76	267	85



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

27=13:00-13:30	27	311	75	299	85
28=13:30-14:00	28	303	76	263	86
29=14:00-14:30	29	257	76	200	85
30=14:30-15:00	30	273	76	245	86
31=15:00-15:30	31	266	74	237	84
32=15:30-16:00	32	315	75	270	85
33=16:00-16:30	33	287	75	289	84
34=16:30-17:00	34	323	75	298	83
35=17:00-17:30	35	384	72	387	80
36=17:30-18:00	36	416	69	438	78
37=18:00-18:30	37	513	61	513	67
38=18:30-19:00	38	429	47	423	50
39=19:00-19:30	39	287	64	266	72
40=19:30-20:00	40	247	74	212	83
41=20:00-20:30	41	195	77	158	87
42=20:30-21:00	42	152	78	121	85
43=21:00-21:30	43	141	78	91	87
44=21:30-22:00	44	105	75	65	84
45=22:00-22:30	45	91	78	47	90
46=22:30-23:00	46	65	76	34	86
47=23:00-23:30	47	61	77	33	87
48=23:30-00:00	48	32	75	20	87

Tabla 162 Arribos Vehículos Eje C1

En color amarillo se identifica el horario de alta congestión vehicular que corresponde a la Tarifa de Saturación (TS)

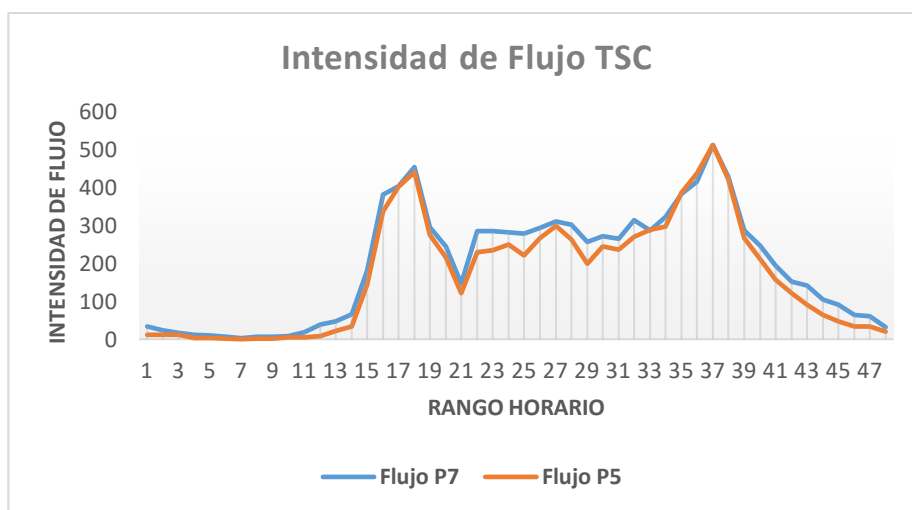


Gráfico 22 Intensidad de Flujo Eje C1 Sin Proyecto

3.2.2.2. Arribos para Av. Los Conquistadores

	Rango Horario	Pista Lenta		Pista Rápida	
		Flujo P2	Velocidad Promedio	Flujo P1	Velocidad Promedio
1=00:00-00:30	1	45	79	15	88
2=00:30-01:00	2	31	81	15	84
3=01:00-01:30	3	23	79	15	74
4=01:30-02:00	4	16	67	4	60
5=02:00-02:30	5	14	70	4	66
6=02:30-03:00	6	8	82	2	87
7=03:00-03:30	7	4	81	0	0
8=03:30-04:00	8	9	73	2	85



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

9=04:00-04:30	9	9	89	1	104
10=04:30-05:00	10	11	71	7	87
11=05:00-05:30	11	24	75	7	75
12=05:30-06:00	12	51	66	12	85
13=06:00-06:30	13	62	63	27	77
14=06:30-07:00	14	85	70	43	83
15=07:00-07:30	15	236	75	187	86
16=07:30-08:00	16	496	76	438	85
17=08:00-08:30	17	524	78	524	84
18=08:30-09:00	18	590	75	572	81
19=09:00-09:30	19	384	77	358	86
20=09:30-10:00	20	318	78	280	86
21=10:00-10:30	21	191	75	159	84
22=10:30-11:00	22	372	77	298	87
23=11:00-11:30	23	372	76	306	86
24=11:30-12:00	24	367	76	326	85
25=12:00-12:30	25	363	74	287	85
26=12:30-13:00	26	382	76	347	85
27=13:00-13:30	27	404	75	389	85
28=13:30-14:00	28	393	76	342	86
29=14:00-14:30	29	333	76	260	85
30=14:30-15:00	30	355	76	319	86
31=15:00-15:30	31	345	74	308	84
32=15:30-16:00	32	409	75	351	85
33=16:00-16:30	33	373	75	376	84
34=16:30-17:00	34	420	75	387	83
35=17:00-17:30	35	499	72	502	80
36=17:30-18:00	36	540	69	569	78
37=18:00-18:30	37	666	61	666	67
38=18:30-19:00	38	557	47	550	50
39=19:00-19:30	39	373	64	346	72
40=19:30-20:00	40	321	74	275	83
41=20:00-20:30	41	254	77	205	87
42=20:30-21:00	42	197	78	157	85
43=21:00-21:30	43	183	78	118	87
44=21:30-22:00	44	137	75	84	84
45=22:00-22:30	45	119	78	61	90
46=22:30-23:00	46	84	76	44	86
47=23:00-23:30	47	79	77	43	87
48=23:30-00:00	48	41	75	26	87

Tabla 163 Arribo Vehicular Av. Los Conquistadores

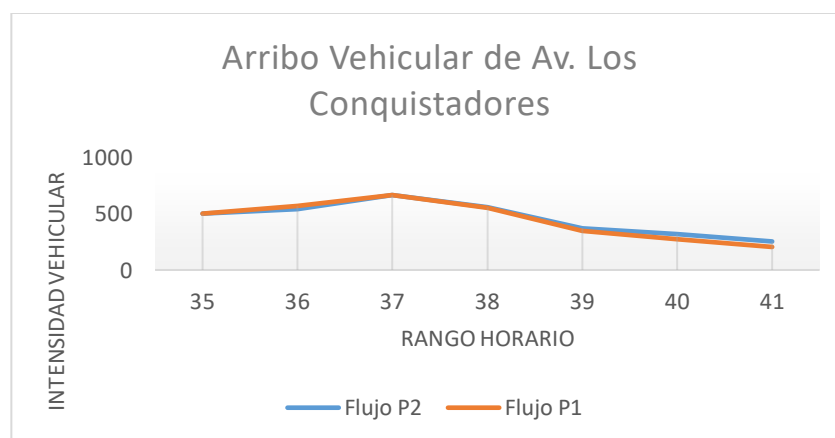


Gráfico 23 Arribo Vehicular Av. Los Conquistadores



3.2.2.3. Arribos para Av. Santa María

	Rango Horario	Pista Lenta		Pista Rápida	
		Flujo P1	Velocidad Promedio	Flujo P2	Velocidad Promedio
1=00:00-00:30	1	51	79	17	88
2=00:30-01:00	2	35	81	18	84
3=01:00-01:30	3	26	79	17	74
4=01:30-02:00	4	18	67	4	60
5=02:00-02:30	5	16	70	5	66
6=02:30-03:00	6	9	82	2	87
7=03:00-03:30	7	4	81	0	0
8=03:30-04:00	8	10	73	2	85
9=04:00-04:30	9	11	89	2	104
10=04:30-05:00	10	13	71	8	87
11=05:00-05:30	11	27	75	8	75
12=05:30-06:00	12	59	66	14	85
13=06:00-06:30	13	72	63	32	77
14=06:30-07:00	14	98	70	50	83
15=07:00-07:30	15	272	75	216	86
16=07:30-08:00	16	572	76	506	85
17=08:00-08:30	17	605	78	604	84
18=08:30-09:00	18	681	75	660	81
19=09:00-09:30	19	443	77	413	86
20=09:30-10:00	20	367	78	323	86
21=10:00-10:30	21	221	75	183	84
22=10:30-11:00	22	429	77	344	87
23=11:00-11:30	23	429	76	353	86
24=11:30-12:00	24	424	76	376	85
25=12:00-12:30	25	419	74	332	85
26=12:30-13:00	26	441	76	401	85
27=13:00-13:30	27	466	75	449	85
28=13:30-14:00	28	454	76	395	86
29=14:00-14:30	29	385	76	300	85
30=14:30-15:00	30	409	76	368	86
31=15:00-15:30	31	398	74	356	84
32=15:30-16:00	32	472	75	405	85
33=16:00-16:30	33	431	75	434	84
34=16:30-17:00	34	484	75	446	83
35=17:00-17:30	35	575	72	580	80
36=17:30-18:00	36	623	69	656	78
37=18:00-18:30	37	769	61	769	67
38=18:30-19:00	38	643	47	635	50
39=19:00-19:30	39	430	64	399	72
40=19:30-20:00	40	371	74	318	83
41=20:00-20:30	41	293	77	236	87
42=20:30-21:00	42	228	78	181	85
43=21:00-21:30	43	212	78	137	87
44=21:30-22:00	44	158	75	97	84
45=22:00-22:30	45	137	78	71	90
46=22:30-23:00	46	97	76	50	86



47=23:00-23:30	47	92	77	50	87
48=23:30-00:00	48	47	75	30	87

Tabla 164 Arribos Vehículos Av. Santa María

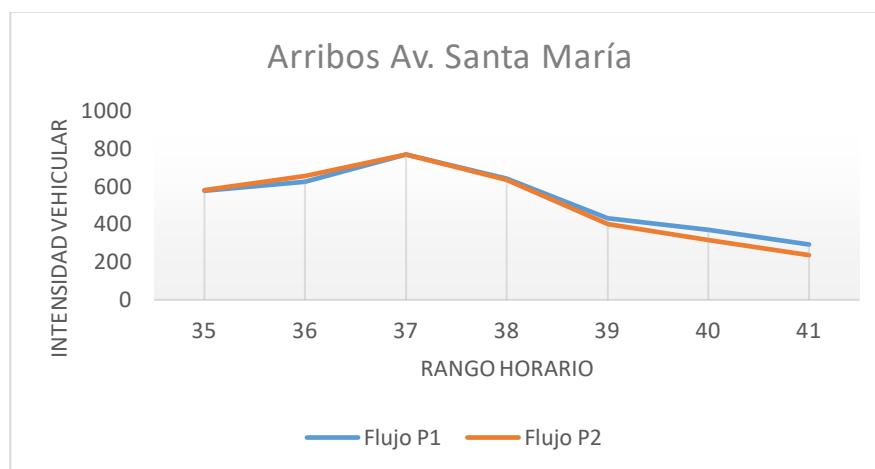


Gráfico 24 Arribo Vehículos Av. Santa María

3.2.3. Tiempo en el Sistema sin restricciones

El tiempo en el sistema sin restricciones, considera los vehículos que se encuentran dentro de los tramos que se está midiendo, sin intervención en el flujo natural de los vehículos. Esto quiere decir, no existe congestión vehicular, ni detenciones de ningún tipo en el interior de la concesión.

La medición considera el tiempo cuando los vehículos hacen ingreso al túnel y cuando éstos salen a la conexión de Av. Los Conquistadores y Av. El Cerro.

El tiempo $t = 0$ considera el momento en que el vehículo ingresa a la concesión eje C1 sentido Huechuraba a Providencia con tres tipos de velocidades que son 40Km/Hr, 60Km/hr y 80Km/hr. Las distancias de los tramos son las Siguietes:

- Tramo 1: 886,48 mts
- Tramo 2: 817 mts
- Tramo 3: 234 mts

Para el cálculo se utilizó ecuación simple de velocidad: $V = \frac{d}{t}$

Tiempo en el Sistema (Concesión) = T_i [Minutos/Tramo]

Velocidad\Tramo	Tramo 1 (min)	Tramo 2 (min)	Tramo 3 (min)	Tiempo Total (min)
40 Km/Hr	1,33	2,73	0,35	4,41
60 Km/Hr	0,88	1,82	0,23	2,93
80 Km/Hr	0,66	1,36	0,18	2,2

Tabla 165 Tiempo de los Vehículos en el Sistema

3.2.4. Tiempo en el sistema con Restricciones.

El tiempo en el sistema con restricciones se refiere a la semaforización y congestión vehicular producida



en Av. El Cerro. Esta congestión se produce por los siguientes eventos:

- Incorporación vehicular desde Av. Los Conquistadores a Av. El Cerro
- Semaforización en las intersecciones de Av. Los Conquistadores con Av. El Cerro, en la intersección de Av. El Cerro con Av. Santa María y en la intersección del Puente Nueva Tajamar con Av. Andrés Bello
- Congestión vehicular en Puente Nueva de Tajamar producida por los vehiculos que van desde Av. Santa María a Puente Nueva Tajamar, Vehículos de Av. El Cerro a Puente Nueva Tajamar y la congestión propia de Vehículos que circulan por Av. Andrés Bello y Av. Tajamar, lo que produce congestión de los vehículos que se encuentran en el Puente Nueva Tajamar y Av. El Cerro

Debido a la congestión vehicular y semaforización, los tiempos de recorrido de los vehículos dentro de la concesión aumentan. Se realizó medición con un resultado promedio entre los carriles de pista Lenta y Rápida y se desglosan como sigue:

Tiempo de Recorrido en Concesión

Carril	Tiempo Mínimo	Tiempo Promedio	Tiempo Máximo
P5 (carril Rápido)	12	16	20
P7 (Carril Lento)	10	13	16

Tabla 166 Tiempo de Recorrido Vehicular en la Concesión

Periodo de Semaforización en Intersecciones

Semáforos para Vehículos de Av. El Cerro que intersectan con:	Periodo Detención. Color Rojo (min)	Periodo Avanzar. Color Verde (min)
Av. Los Conquistadores	1	1,5
Av. Santa María	1	1,5
Av. Andrés Bello	1	1,5

Tabla 167 Período de Semaforización de Intersecciones

Respecto a la congestión vehicular, los tiempos eran variables según el carril. Se determinó que existía una mayor congestión para los vehículos que se encontraban en el carril P7 (pista lenta) que tomaban dirección a providencia por Av. Tobalaba.

Los del carril de pista rápida P5 se dividían en vehículos que iban a Providencia por Av. Tobalaba y otros tantos iban hacia Las Condes por Av. Andrés Bello, por lo tanto, sus tiempos de congestión eran menores respecto al carril P7. Hay que hacer notar que los vehículos del carril P5 que iban a Tobalaba, aumentaban la congestión para el carril P7. Los tiempos de retardos de los vehículos fueron los siguientes:

Tiempos de Retardos por Congestión en intersección Pte Tajamar y Av. Andrés Bello

Tramo, Carril y Dirección	Retardo mínimo (seg)	Retardo promedio (seg)	Tiempo máximo (seg)



Pte Tajamar, carril P5 (pista rápida): Dirección Las Condes por Av. Andrés Bello Dirección Providencia por Av. Tobalaba	1	3	6
Pte Tajamar, carril P7 (pista lenta): Dirección Providencia por Av. Tobalaba Dirección Providencia por Av. Andrés Bello	7	9	11

Tabla 168 Tiempo de Retardo por Congestión en Pte Tajamar y Av. Andrés Bello

3.3.Determinación de Variables aleatorias

3.3.1. Distancia de Tramos

La distancia de tramos es la distancia medida de todas las pistas que circularán los vehículos. En la columna “% respecto a Tramo 1”, indica la proporción de esa ruta respecto al primer tramo de TSC. Esto se hizo con la finalidad de programar el largo de las rutas en el ARENA. Esto mismo se replica para las rutas de Av. Los Conquistadores y Av. Santa María.

Rutas de TSC, Av. El Cerro y rutas derivadas

Nombre del tramo	Distancia en mts	% respecto a Tramo 1
TRAMO 1	886,48	0,0
TRAMO 2	1817	2,050
TRAMO 3	234	0,264
PISTA ACCELERACIÓN A AV LOS CONQUISTADORES	230	0,259
AV. EL CERRO TRAMO 1	82	0,093
RUTA LOS ARAUCANOS	20	0,023
AV. EL CERRO TRAMO 2	74	0,083
RUTA LOS ESPAÑOLES	20	0,023
AV. EL CERRO TRAMO 3	95	0,107
RUTA HACIA SUECIA	200	0,226
RUTA HACIA SANTA MARÍA	200	0,226
AV. EL CERRO TRAMO 4	50	0,056
PUENTE NUEVA TAJAMAR	133	0,150

Tabla 169 Distancia de Rutas de TSC, Av. El Cerro y Derivadas a Modelar en ARENA

Ruta de Av. Los Conquistadores y rutas derivadas

Nombre del tramo	Distancia en mts	% respecto a Ruta 1 Los Conquistadores
RUTA 1 LOS CONQUISTADORES	550	0,0
RUTA 2 LOS CONQUISTADORES	260	0,473
AV. EL CERRO TRAMO 1	234	0,425

Tabla 170 Distancia de Ruta de Av. Los Conquistadores y Derivadas a Modelar en ARENA

Ruta de Av. Santa María y rutas derivadas

Nombre del tramo	Distancia en mts	% respecto a Ruta 1 Santa María
RUTA 1 SANTA MARÍA	550	0,0
RUTA 2 SANTA MARÍA	260	0,473
PUENTE NUEVA TAJAMAR	120	0,218

Tabla 171 Distancia de Ruta de Av. Santa María y Derivadas a Modelar en ARENA

3.3.2. Tiempos de Recorridos y Probabilidad de Velocidad de Arribo

Los tiempos de recorridos de cada vehículo será en función de la velocidad que lleven. Las velocidades se categorizaron de 40 hasta un máximo de 100 Km/Hr. Se hace notar, que la simulación se realizará en el rango horario de hora punta de la tarde, esto quiere decir entre 17:30 y 20:30 hrs.

Para efecto de programación en Arena, se consideró que las distancias de recorrido y sus tiempos es una variación porcentual respecto al tramo principal (esto se puede observar en el punto anterior). Por ejemplo: Si el Tramo 1 de TSC es de 886,48 mts, el Tramo 2 tiene un largo de 1817 mts, eso equivale a 2,05 respecto al Tramo 1 o es mayor en un 205% respecto al Tramo 1. Este valor porcentual afecta directamente en la programación de los tiempos de recorridos según las velocidades y distancia recorrida.

3.3.2.1. Tiempos y Probabilidad para TSC

Rango horario e Intensidad vehicular

Rango Horario	Flujo P7	Velocidad Promedio	Flujo P5	Velocidad Promedio
35	384	72	387	80
36	416	69	438	78
37	513	61	513	67
38	429	47	423	50
39	287	64	266	72
40	247	74	212	83
41	195	77	158	87

Tabla 172 Intensidad y Velocidad Vehicular en Rango Horario de Saturación Tramo 1

Recorrido P5 Tramo 1 de TSC			
Rango de Velocidades (Km/Hr)	Cantidad de vehículos	Probabilidad de Arribo	Tiempo de Recorrido (minutos) en Tramo 1 TSC
40 a 59	423	0,177	Uniforme (0.88, 1.33)
60 a 79	1216	0,508	Uniforme (0.66, 0.88)
80 a 100	756	0,316	Uniforme (0.53, 0.66)

Tabla 173 Rango de Velocidad, Probabilidad de Arribo y Tiempo de Recorrido para P5 Tramo 1

Recorrido P7 Tramo 1 de TSC			
Rango de Velocidades (Km/Hr)	Cantidad de vehículos	Probabilidad de Arribo	Tiempo de Recorrido (minutos) en Tramo 1 TSC
40 a 59	429	0,1738	Uniforme (0.88, 1.33)
60 a 79	2039	0,8258	Uniforme (0.66, 0.88)
80 a 100	1	0,0004	Uniforme (0.53, 0.66)

Tabla 174 Rango de Velocidad, Probabilidad de Arribo y Tiempo de Recorrido para P7 Tramo 1

3.3.2.2. Tiempos y Probabilidad para Av. Los Conquistadores

Rango Horario	Flujo P2	Velocidad Promedio	Flujo P1	Velocidad Promedio
35	499	72	502	80



36	540	69	569	78
37	666	61	666	67
38	557	47	550	50
39	373	64	346	72
40	321	74	275	83
41	254	77	205	87

Tabla 175 Intensidad y Velocidad Vehicular en Rango Horario de Saturación Av. Los Conquistadores

Recorrido Ruta 1 carril P1 Av. Los Conquistadores			
Rango de Velocidades (Km/Hr)	Cantidad de vehículos	Probabilidad de Arribo	Tiempo de Recorrido (minutos) en ruta 1 Carril P1 Av. Los Conquistadores
40 a 59	550	0,177	Uniforme (0.55, 0.83)
60 a 79	1581	0,508	Uniforme (0.41, 0.55)
80 a 100	982	0,315	Uniforme (0.33, 0.41)

Tabla 176 Rango de Velocidad, Probabilidad de Arribo y Tiempo de Recorrido para Ruta 1 P1 Av. Los Conquistadores

Recorrido Ruta 1 carril P2 Av. Los Conquistadores			
Rango de Velocidades (Km/Hr)	Cantidad de vehículos	Probabilidad de Arribo	Tiempo de Recorrido (minutos) en Ruta 1 Carril P2 Av. Los Conquistadores
40 a 59	557	0,174	Uniforme (0.55, 0.83)
60 a 79	2651	0,508	Uniforme (0.41, 0.55)
80 a 100	1	0,315	Uniforme (0.33, 0.41)

Tabla 177 Rango de Velocidad, Probabilidad de Arribo y Tiempo de Recorrido para Ruta 1 P2 Av. Los Conquistadores

3.3.2.3. Tiempos y Probabilidad para Av. Santa María

Recorrido Ruta 1 P1 Av. Santa María			
Rango de Velocidades (Km/Hr)	Cantidad de vehículos	Probabilidad de Arribo	Tiempo de Recorrido (minutos) en Ruta 1 Carril P1 Av. Santa María
40 a 59	643	0,1736	Uniforme (0.55, 0.83)
60 a 79	3059	0,8261	Uniforme (0.41, 0.55)
80 a 100	1	0,0003	Uniforme (0.33, 0.41)

Tabla 178 Rango de Velocidad, Probabilidad de Arribo y Tiempo de Recorrido para Ruta 1 P1 Av. Santa María

Recorrido Ruta 1 P2 Av. Santa María			
Rango de Velocidades (Km/Hr)	Cantidad de vehículos	Probabilidad de Arribo	Tiempo de Recorrido (minutos) en Ruta 1 Carril P2 Av. Santa María
40 a 59	635	0,1767	Uniforme (0.55, 0.83)
60 a 79	1824	0,5077	Uniforme (0.41, 0.55)
80 a 100	1134	0,3156	Uniforme (0.33, 0.41)

Tabla 179 Rango de Velocidad, Probabilidad de Arribo y Tiempo de Recorrido para Ruta 1 P2 Av. Santa María

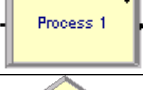
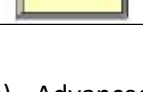
3.4.Descripción del modelo utilizando las categorías del Software Arena

Para construir los modelos con Arena, se utilizaron las siguientes formas de modelado:

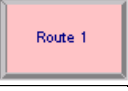
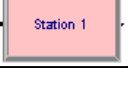
- Diagramas de Flujos
 - a) Basic Process: Define el proceso



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

	Módulo de punto de partida para las entidades en el modelo de simulación. Las entidades se crean utilizando un horario o en función de un tiempo entre arribos de vehículos, por lo que trabaja junto al Módulo de Datos Schedule.
	Este módulo es el punto final para las entidades en el modelo de simulación y en el que las estadísticas son registradas.
	Este módulo es utilizado para la semaforización para generar el delay time de las luces rojas y verdes.
	Este módulo permite la toma de decisiones en velocidad vehicular o la elección de la ruta o vía a tomar.
	Permite asignar el tipo de color de vehículos, velocidades de los vehículos en las rutas, entre otras asignaciones.
	Permitió registrar el tiempo y las velocidades de los vehículos en las distintas rutas viales del modelo.

b) Advanced Transfer: Permite la animación

	Este módulo transfiere la entidad vehículo desde una Station (ruta ej: Av. El Cerro) a otra Station específica (Av. Santa María), es lo que permitirá la animación en el dibujo junto a la Station y los conectores Route
	Este módulo define una ruta (Av. El Cerro, Av. Santa María, etc). Trabaja en conjunto con el módulo Route y los conectores Route

c) Advanced Process:

	Este módulo mantendrá la entidad vehículo en Queue (cola) durante la semaforización color rojo. Trabaja en conjunto con la Station y el conector Queue para simular la congestión vehicular en los semáforos

• Módulo de Datos

a) Basic Process

	Este módulo define el arribo de los vehículos por cada rango horario de 30 minutos y trabaja en conjunto con el Módulo de punto de partida Create. Este módulo es cargado con planilla Excel de arribos de vehículos de Túnel San Cristóbal.
	Este módulo permite definir los tipos de vehículos. Los vehículos son creados con herramienta de dibujo de ARENA, en tres colores que representan las velocidades de 40 a 60 KM/hr, de 60 a 80Km/hr y sobre los (80Km/Hr

b) Advanced Process

	El módulo se utiliza para definir estadísticas adicionales que es el tiempo promedio de los vehículos en la concesión y la velocidad promedio de los vehículos en la concesión.

• Diseño para la animación

Para el diseño de las pistas o rutas se hizo uso del software VISIO, aunque se puede utilizar cualquier



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

otra herramienta de diseño, incluso la que trae el propio ARENA.

3.4.1. Modelo de Animación de Flujo Vehicular Sin Proyecto

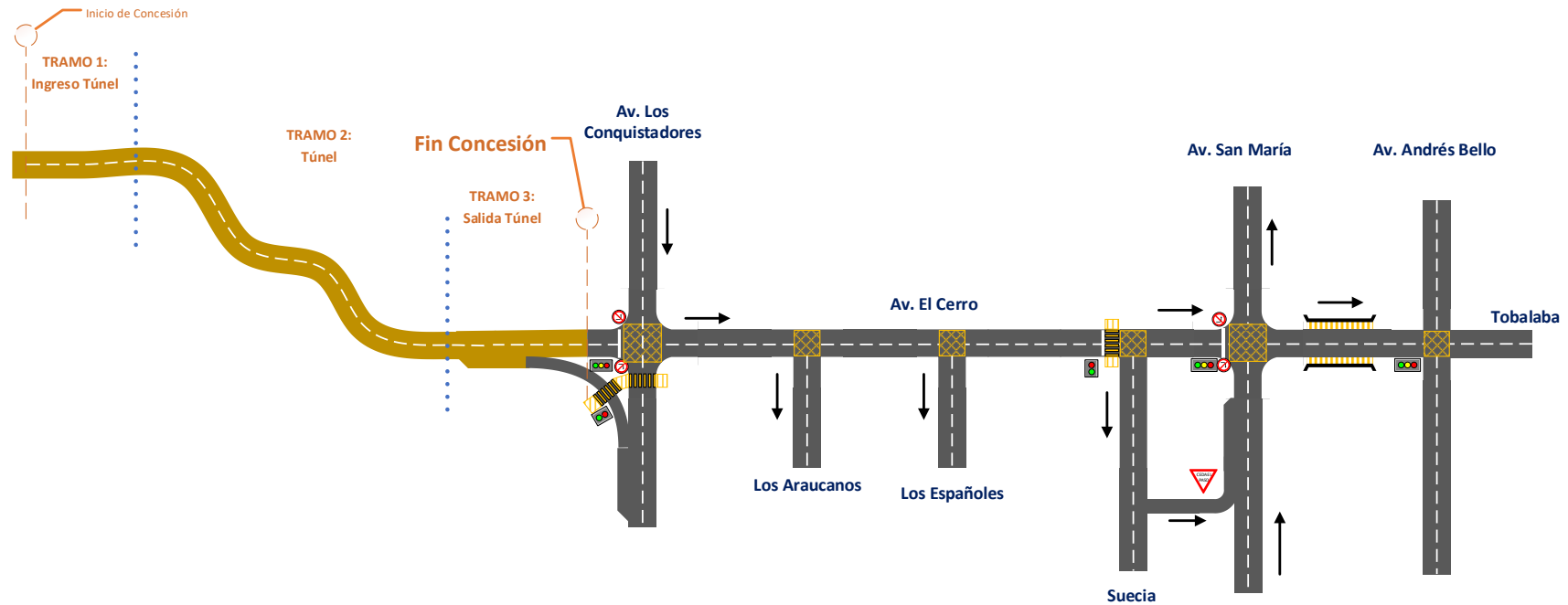


Ilustración 10 Modelo de Animación de Flujo de Vehicular Sin Proyecto

Los vehículos hacen ingreso a la concesión por el Tramo 1. Existen dos carriles; pista rápida (P5) y pista lenta (P7). El arribo está determinado por la medición de las espiras detectoras de vehículos, por lo tanto, la cantidad de vehículos es un dato conocido. En *Tabla 162 Arribos Vehículos Eje C1*, se puede observar la intensidad vehicular por cada media hora de arribo vehicular. Posteriormente los vehículos circulan por la concesión por los Tramos 2 y 3 conectando con la intersección de Av. Los Conquistadores, el cuál une a Av. El Cerro. Existe un porcentaje de división vehicular según las distintas rutas y ese porcentaje se puede observar en el punto 2.1 Flujo Vehicular, en donde se observa la cantidad de vehículos hacia las rutas. A continuación, se describen esos porcentajes:



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

- Pista de Aceleración hacia Av. Los Conquistadores: 20% del flujo P7 del Tramo 2 de TSC
- Salida a Los Araucanos: 5% del flujo P7 del Tramo 1 de Av. El Cerro
- Salida a Los Españoles: 10% del flujo P7 del Tramo 2 de Av. El Cerro
- Salida a Av. Santa María: 30% del flujo P7 del Tramo 3 de Av. El Cerro
- Salida a Suecia: 20% del flujo P7 del Tramo 3 de Av. El Cerro

Existen arribos de vehículos por Av. Los Conquistadores y se puede apreciar en *Tabla 163 Arribo Vehicular Av. Los Conquistadores*. Desde Ruta 1 hacia la Ruta 2 por el carril P2, se desvía un porcentaje de vehículos como sigue:

- Salida a P5 (Pista rápida) de Av. El Cerro: 10% de la Ruta 1 de Av. Los Conquistadores
- Salida a P7 (Pista lenta) de Av. El Cerro: 40% de la Ruta 1 de Av. Los Conquistadores

Por último, están los arribos de vehículos por Av. Santa María y se puede apreciar en *Tabla 164 Arribos Vehículos Av. Santa María*. Desde Ruta 1 hacia Ruta 2 por el carril P2, se desvía un porcentaje de vehículos como sigue:

- Salida a P5 (Pista rápida) de Puente Tajamar: 10% de la Ruta 1 de Av. Santa María
- Salida a P7 (Pista lenta) de Puente Tajamar: 40% de la Ruta 1 de Av. Santa María

3.4.2. Modelo de Programación en Software Arena Sin Proyecto

3.4.2.1. Programación de flujos que Arriban a la Concesionaria

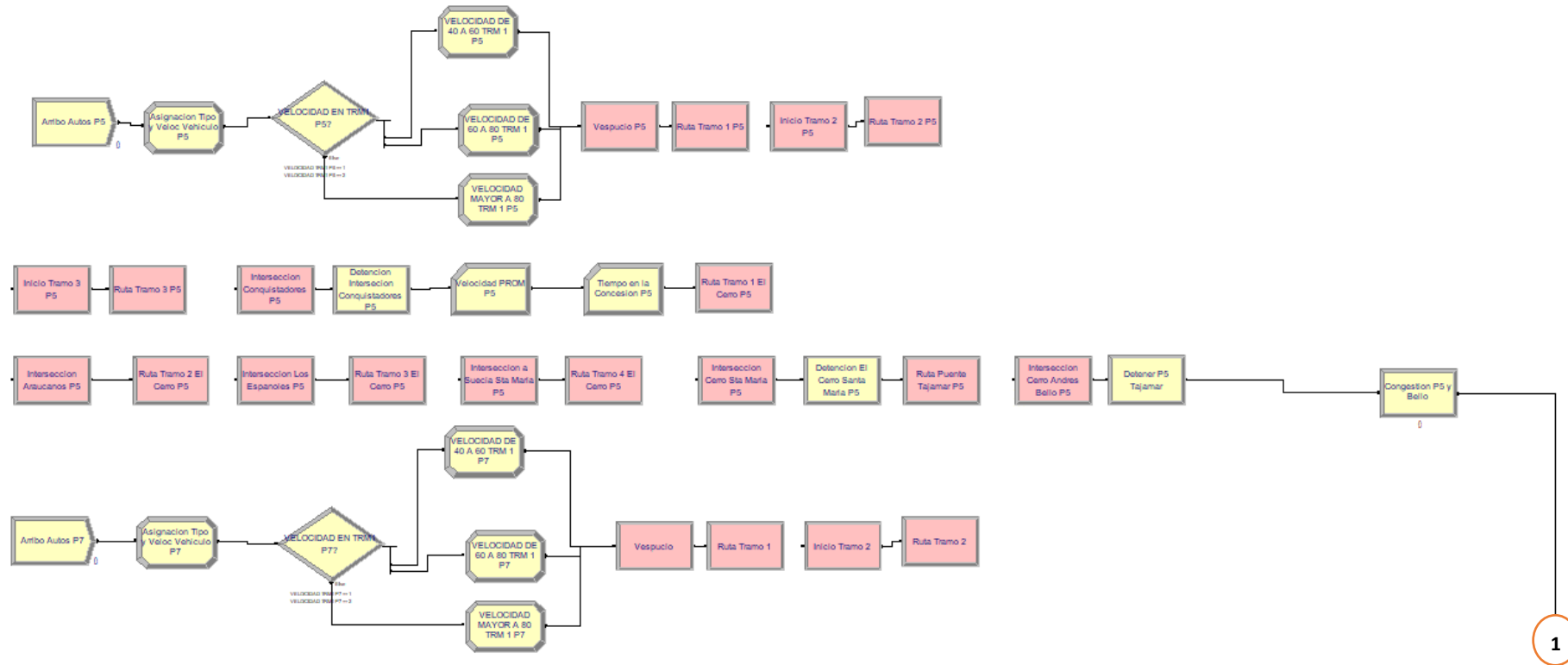


Ilustración 11 Programación de Flujos que Arriban a la Concesión Sin Proyecto

3.4.2.2. Programación de flujos de Concesionaria a Av. El Cerro

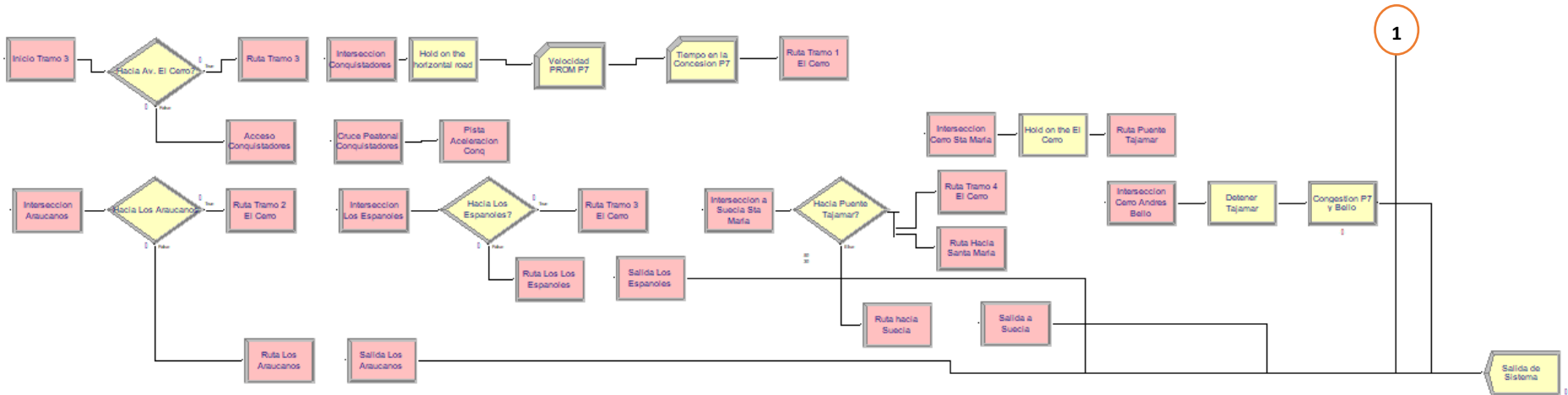


Ilustración 12 Programación de Flujos hacia Av. El Cerro Sin Proyecto

3.4.2.3. Programación de flujos de Av. Los Conquistadores

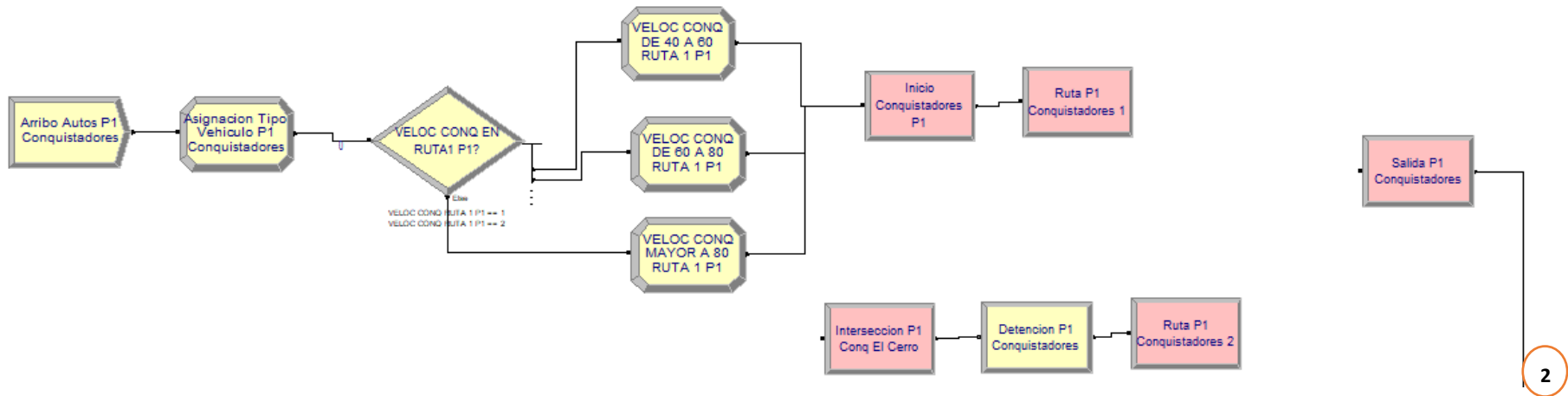


Ilustración 13 Programación de Flujos Av. Los Conquistadores P1 Sin Proyecto

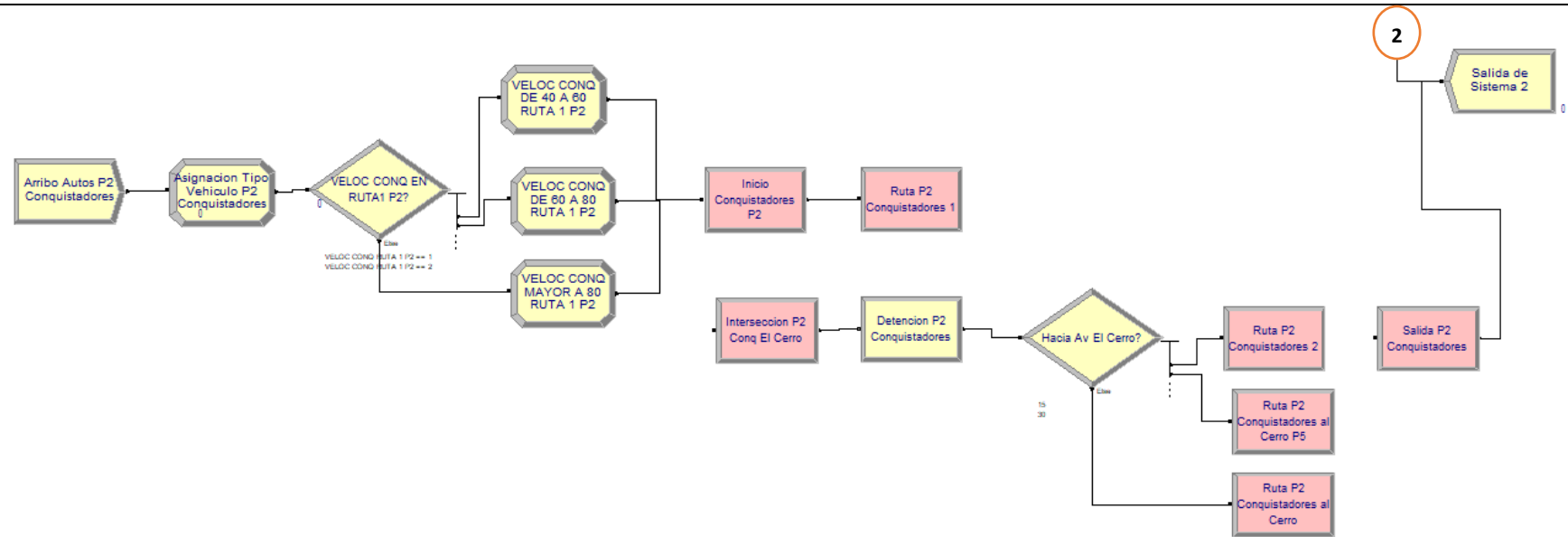


Ilustración 14 Programación de Flujos Los Conquistadores P2 Sin Proyecto

3.4.2.4. Programación de flujos de Av. Santa María

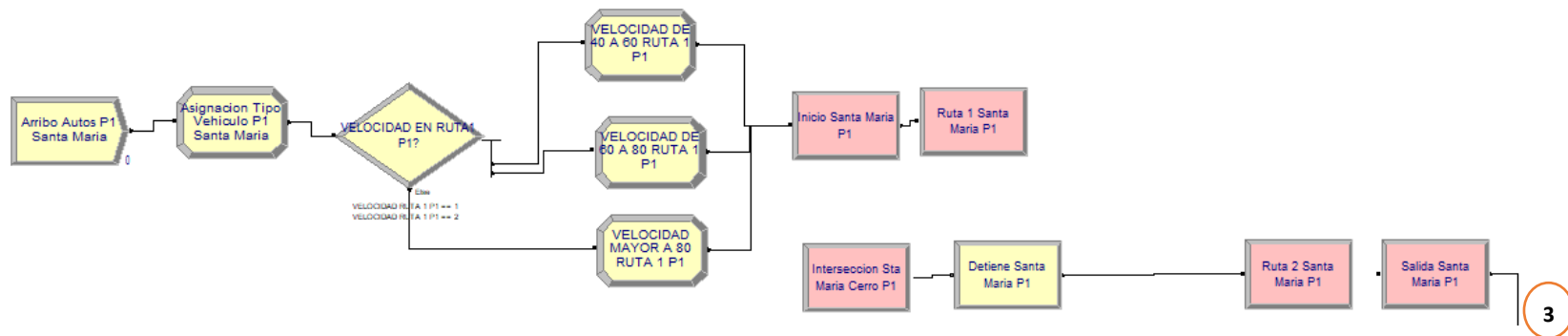


Ilustración 15 Programación de Flujos Santa María P1 Sin Proyecto

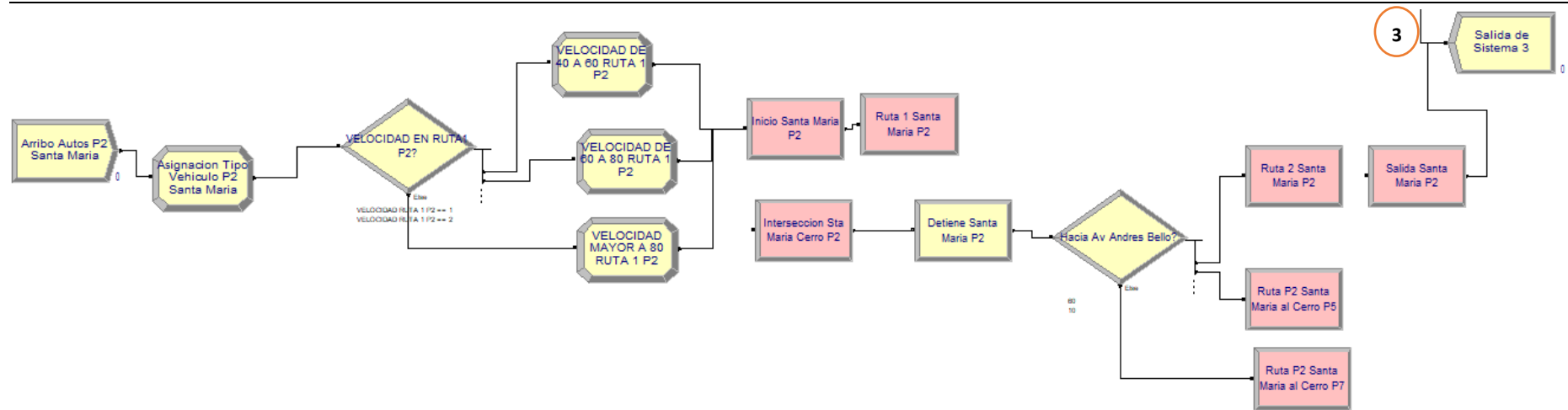


Ilustración 16 Programación de Flujos Santa María P2 Sin Proyecto

3.4.2.5. Programación de Semaforización

Control Semáforo San Maria

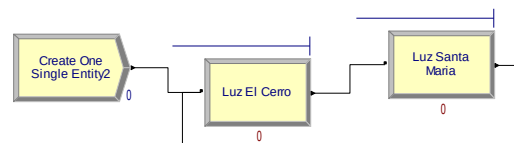


Ilustración 17 Semáforo Santa María

Control Semáforo Los Conquistadores

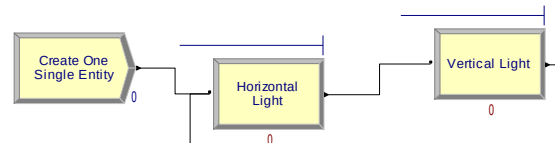


Ilustración 18 semáforo Los Conquistadores

Control Semáforo Andrés Bello

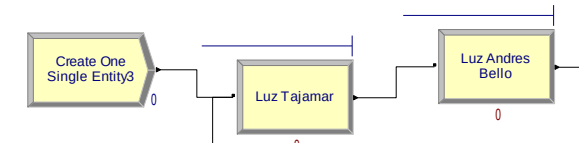


Ilustración 19 Semáforo Andrés Bello

3.4.3. Configuración de los Modelos Construidos en Software ARENA Sin Proyecto

3.4.3.1. Arribos, Asignación, Decisión y Ruta

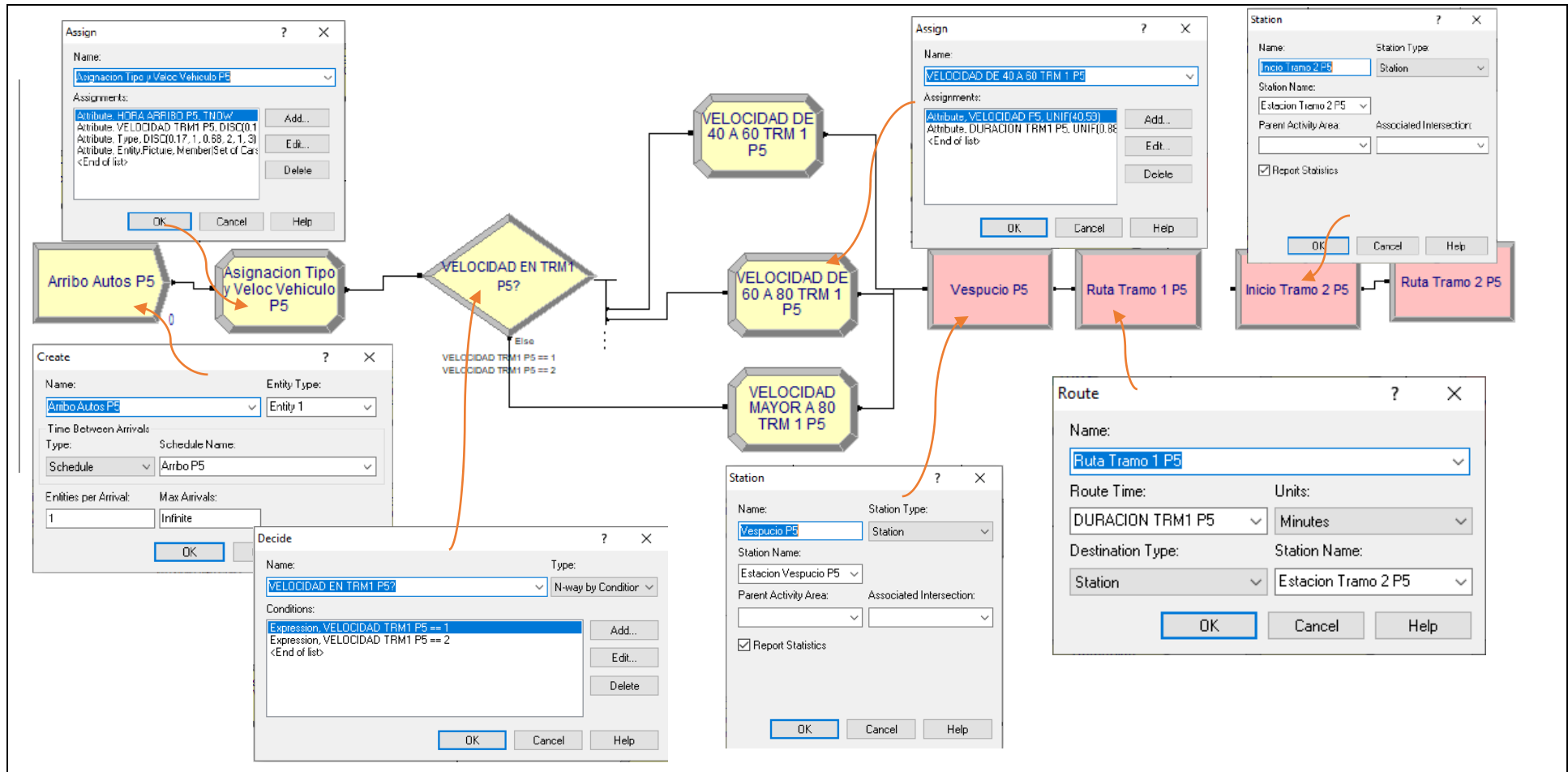


Ilustración 20 Configuración de Arribos, Asignación, Decisión y Ruta Sin Proyecto

3.4.3.2. Detención (con semáforo y congestión vehicular) y Registro de Tiempo

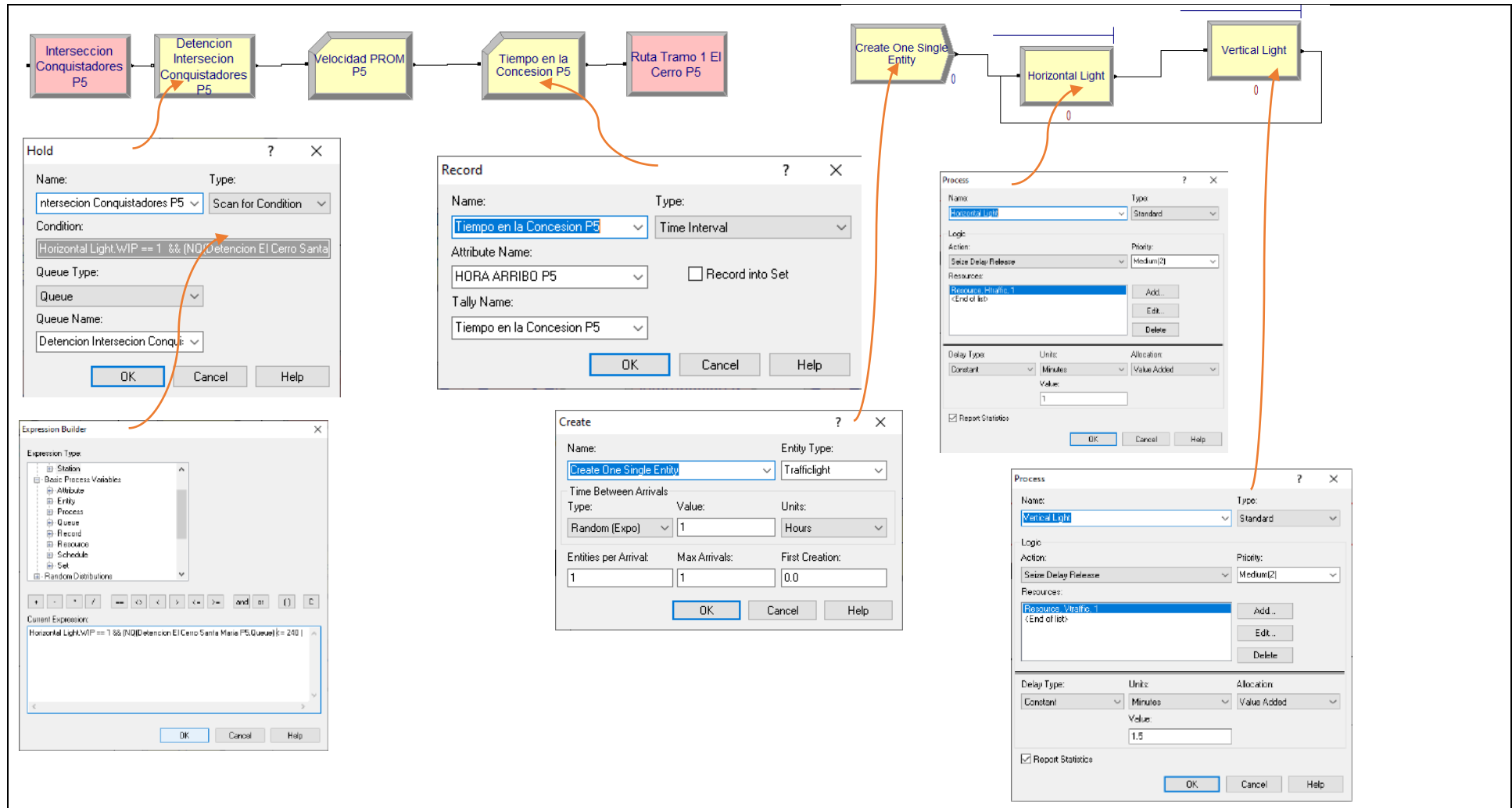
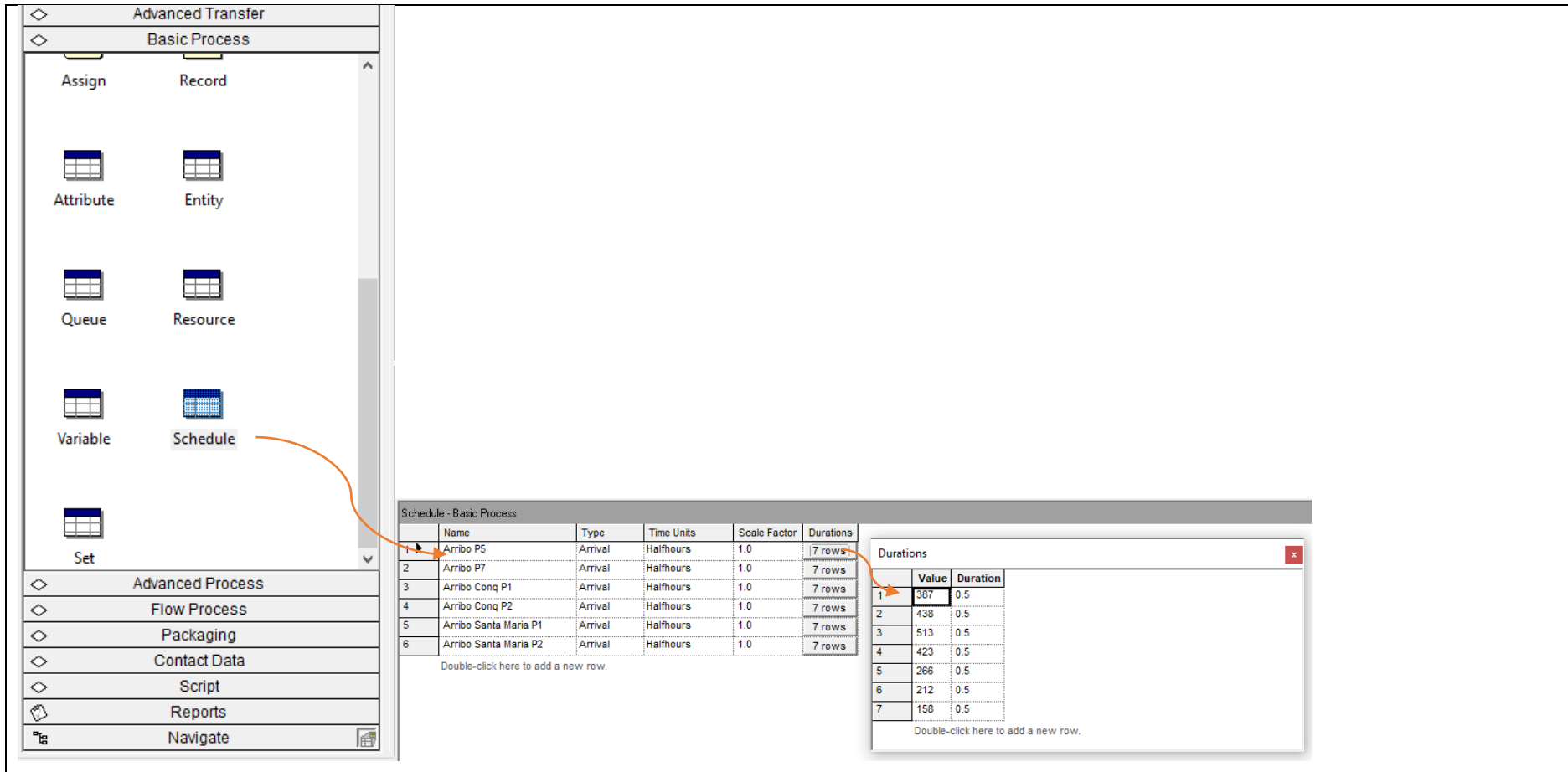


Ilustración 21 Configuración de Detención con Semáforo, Congestión y Registro de Tiempo

3.4.3.3. Data Modules: Schedule (Calendario de Arribos) y Set (Color y forma de autos)



The screenshot displays the configuration interface for the Data Module Schedule (Calendario de Arribos). The left sidebar shows the 'Basic Process' section with various modules like Assign, Record, Attribute, Entity, Queue, Resource, Variable, and Schedule. The 'Schedule' module is selected, and its configuration is shown in the main area.

The 'Schedule - Basic Process' table lists the following data:

Name	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
Arribo P5	Arrival	Halfhours	1.0	7 rows
Arribo P7	Arrival	Halfhours	1.0	7 rows
Arribo Conq P1	Arrival	Halfhours	1.0	7 rows
Arribo Conq P2	Arrival	Halfhours	1.0	7 rows
Arribo Santa Maria P1	Arrival	Halfhours	1.0	7 rows
Arribo Santa Maria P2	Arrival	Halfhours	1.0	7 rows

Below the table, there is a link: "Double-click here to add a new row."

The 'Durations' table provides a detailed view of the duration data for the selected row (Arribo P5):

Value	Duration
387	0.5
438	0.5
513	0.5
423	0.5
266	0.5
212	0.5
158	0.5

Below the Durations table, there is a link: "Double-click here to add a new row."

Ilustración 22 Configuración Data Module Schedule (Calendario de Arribos)



The screenshot illustrates the configuration of a Data Module Set. On the left, the 'Set' object is selected under the 'Basic Process' tab. An orange arrow points from the 'Set' object to the 'Entity Pictures...' menu item in the 'Edit' menu. Another orange arrow points from the 'Entity Pictures...' menu item to the 'Picture Pack' dialog. The 'Picture Pack' dialog shows a list of picture packs, with 'Picture RCar', 'Picture YCar', and 'Picture GCar' circled in red. The 'Value' field is set to 'Picture.GCar'. The 'Picture ID' field is empty. The 'Size Factor' is set to 1. The 'Current Library' is 'basicprocess.plb'. The 'Members' table in the 'Set - Basic Process' window shows the following data:

Name	Type	Members
Set of Cars	Entity Picture	3 rows

Double-click here to add a new row.

Picture Name
1 Picture.RCar
2 Picture.YCar
3 Picture.GCar

Ilustración 23 Configuración Data Module Set (Ajuste de Color y Forma de Vehículos)

3.5. Validación del Modelo y Reportes de Resultados

La validación del modelo se basa en configurar el experimento de simulación que tiene dos etapas: Etapa de calentamiento y otra etapa de estado estable, posteriormente se configura el número de réplicas del experimento.

Respecto a los reportes de resultados, se hará uso de los reportes que entrega el propio ARENA en Reports de la Project Bar, pero como hemos adicionado unos datos estadísticos adicionales como es el tiempo promedio y velocidad promedio de las entidades vehículos dentro de la concesión, que se realizaron con el Módulo de datos Statistic del módulo Advance Process, se deberá utilizar la herramienta Output Analyzer, que se ubica en la carpeta raíz del ARENA. Esta herramienta permite analizar observaciones individuales de una estadística en particular.

3.5.1. Configuración del Experimento de Simulación

El sistema en estudio corresponde a un sistema de estado estable, ya que el funcionamiento de una autopista se centra en el largo plazo, o no tiene término. En cuanto al tiempo de simulación, este debe ser el adecuado, si la simulación es muy corta los resultados pueden ser altamente variables; la simulación debe correr hasta que el intervalo de confianza del indicador medido se aproxime a la amplitud deseada. El experimento considera un período de ejecución igual a 4 horas de funcionamiento producto que la hora punta de la tarde tiene esa duración y nos enfocaremos solo en este periodo y no el horario completo de 24 hrs.

Como condiciones iniciales del experimento se plantea la suposición que el sistema estará vacío al inicio de la simulación. Estas condiciones determinan un sesgo inicial que influye en el tiempo que lleva alcanzar la estabilidad en los resultados y en las estimaciones calculadas. El sistema alcanzará la estabilidad después de un cierto período de calentamiento o warm up (vea figura Esquema de período de calentamiento) que es necesario determinar y eliminar de las estadísticas generales ya que distorsionan los resultados de los indicadores y los inclinan hacia valores inferiores en los momentos iniciales de la simulación, respecto de los que se obtendrían cuando se alcance la estabilidad.

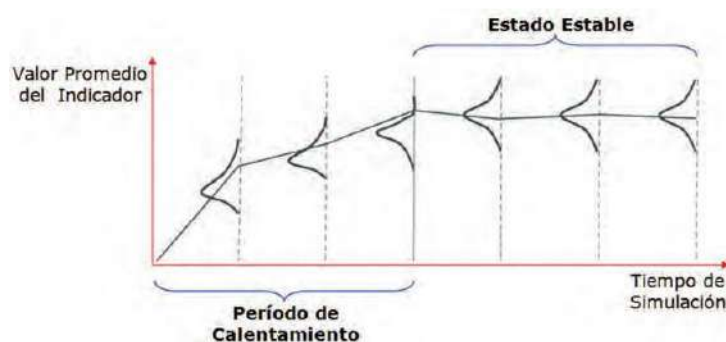


Ilustración 24 Período de Calentamiento

Al eliminar de las estadísticas este período de calentamiento, los indicadores tienden a incrementar sus valores, ya que serán medidos a partir de haber alcanzado la estabilidad. Por lo tanto, se obtienen indicadores más precisos y cercanos con la realidad del sistema estable. Otra manera de anular este sesgo inicial es simular durante un período de tiempo muy largo.

En cuanto al número de réplicas, se determinará en función a una precisión de 0.1 minutos que se desea obtener en el tiempo de permanencia de los autos en la concesión (indicador de referencia). Dicha precisión es la mitad del ancho del intervalo o Half Width.

3.5.2. Determinación del número de réplicas de la simulación

Si deseamos observar el comportamiento dinámico y general de los elementos del sistema en estudio, es suficiente con realizar una sola corrida. Sin embargo, si deseamos obtener valores o mediciones estadísticamente válidas, debemos realizar varias réplicas independientes con distintos números aleatorios, que generarán distintos valores de las distribuciones muestreadas. Mediante la ejecución de múltiples replicaciones se obtienen respuestas independientes y valores medios de los resultados que se muestrean, así como la varianza y la desviación estándar que miden la dispersión de la variable aleatoria. El intervalo de confianza nos proporciona un grado de seguridad que podemos tener de la estimación, es decir, de la media del conjunto de respuestas. Para calcular el número de réplicas para nuestro experimento, tomaremos

como referencia al tiempo promedio de permanencia en el carril P5 (pista rápida) y carril P7 (pista lenta) desde el inicio de la Concesión (tramo 1), hasta el fin de ésta (Tramo 3), y las consideraciones siguientes:

Nivel de confianza propuesto: $1-\alpha = 95\%$

Probabilidad de error: $\alpha = 5\%$

Error deseado: $e = \text{máximo } 0.5 \text{ minutos}$

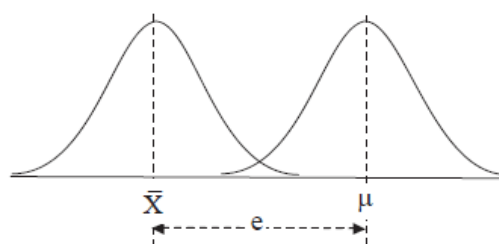


Ilustración 25 Factor de Precisión

El error e es un factor de precisión; es la mitad del ancho del intervalo o half-width. Es el error deseado entre la media estimada y la media teórica μ (ver figura Factor de Precisión). Existe una relación inversa entre error o mitad del ancho del intervalo h y el tamaño de n :

$$h = t_{(n-1, 1-\frac{\alpha}{2})} \sqrt{\frac{S_n^2}{n}}$$

$$h = Z_{(1-\frac{\alpha}{2})} \sqrt{\frac{S_n^2}{n}}$$

A mayor número de réplicas es menor el riesgo y el ancho del intervalo. En general, una manera de obtener intervalos más precisos es aumentando el tamaño de la muestra n . Se considerará arbitrariamente 80 muestras preliminares (ver Reporte de Resultados): $n' = 80$ réplicas.

Congestión Vehicular TSC

Replications: 80 Time Units: Minutes

User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tiempo en la Concesion P5	12.8915	0,51	7.5490	19.4600	1.7544	62.3855
Tiempo en la Concesion P7	12.5695	1,27	3.1529	24.8333	1.7575	93.9243

Ilustración 26 Reporte Resultados tiempo Promedio para 80 Réplicas

Utilizaremos el Half Width del Tiempo en la Concesión P7 por ser el de mayor número respecto al de 0,51 del P5

- Método 1: Cálculo del número de réplicas para el experimento

$$n = n' \left(\frac{h_o}{e} \right)^2 \quad n = 80 \left(\frac{1,27}{0,5} \right)^2 \quad n = 516,128 \rightarrow 516 \text{ réplicas}$$

- Método 2:

$$n = \left[\frac{t_{(n'-1, 1-\frac{\alpha}{2})} * S_{(n')}}{e} \right]^2$$

$$t_{(n'-1, 1-\frac{\alpha}{2})} = 1,9901 \text{ (valor de tabla: Distribución } t - \text{ Student para } \alpha = 0,025)$$

$$S_{(n')} = 5,63 \text{ (Desviación Standar de la muestra preliminar } n')$$

Al ejecutar 80 réplicas preliminares con un n.c. 95% obtenemos el reporte de la figura con la herramienta Output Analyzer

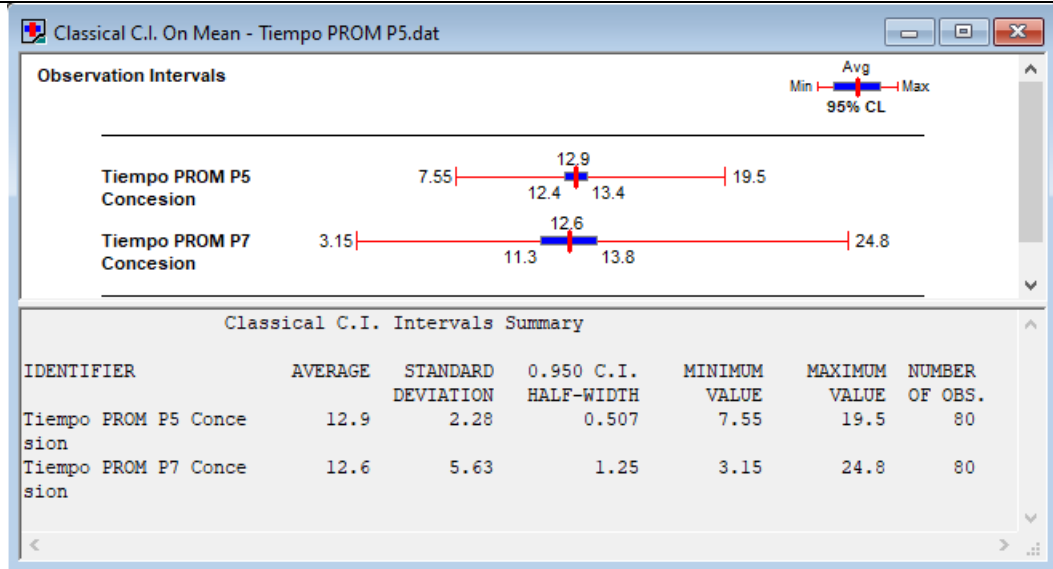


Ilustración 27 Reporte Resultado Tiempo Promedio con Desviación Estándar Sin Proyecto para 80 Réplicas

Reemplazando los valores se obtiene: $n = \left[\frac{1,9901 \cdot 5,63}{0,5} \right]^2$ $n = 502,14 \rightarrow 502 \text{ Réplicas}$

La diferencia es mínima respecto al primer método. Para comprobar si se cumple con el factor de precisión propuesto, se ejecutará el modelo por 516 réplicas y se medirá el indicador de referencia para un nivel de confianza de 95% (Ver Reporte de Resultados para 516 Réplicas)

Congestión Vehicular TSC

Replications: 516 Time Units: Minutes

User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tiempo en la Concesion P5	13.5159	< 0,19	6.5590	19.4600	1.7543	70.5631
Tiempo en la Concesion P7	12.0386	< 0,52	3.1250	30.3488	1.7547	108.36

Ilustración 28 Reporte de Resultados Tiempo Promedio para 516 Réplicas

Se aprecia un error de 0,52 minutos mayor a la precisión requerida de 0,5 para el indicador, el cual es mínimo.

Para el Warm-Up se dejará un tiempo de 20% del total de las 4Hrs de ciclo, por lo tanto, tendrá un valor de 0,8 Hrs.

De acuerdo con la figura “Configuración del Experimento”, en lo sucesivo se considerará como punto de partida la configuración Siguiende:

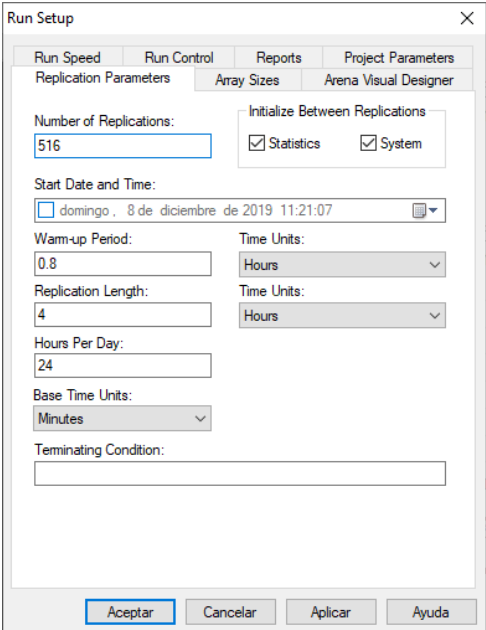
	• El Sistema inicialmente está vacío • 516 réplicas para medir los indicadores de desempeño del sistema en estudio • 0,8 Hrs de período de calentamiento • 4 Hrs de tiempo total de simulación • 24 Hrs por día • La base de tiempo está en minutos

Tabla 180 Configuración del Experimento

3.5.3. Análisis Estadístico del Indicador de Desempeño

Durante la ejecución de la simulación se van registrando las mediciones individuales de la variable en estudio, el conjunto de observaciones de una réplica de simulación es una muestra perteneciente a alguna distribución de probabilidad. Cada muestra obtenida nos conduce a una “respuesta”; la estimación es el promedio muestral de un conjunto de repuestas. Una estimación también puede representar un valor total resultante de un conteo de observaciones, por ejemplo, el número de entidades en cola al final de la simulación.

El intervalo de confianza nos proporciona el grado de seguridad con que estamos estimando el valor medio de la distribución poblacional; el intervalo está asociado a un nivel de confianza que le podemos tener a esa estimación. Al ejecutar múltiples réplicas al modelo de simulación, el promedio de las respuestas está representado por $\bar{X}$, que es el valor estimado de la media de la distribución. La dispersión de la variable aleatoria, respecto de su media, se mide mediante la desviación estándar s o la varianza s^2 .

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n - 1}$$

x_i : Es el valor o respuesta de la réplica i

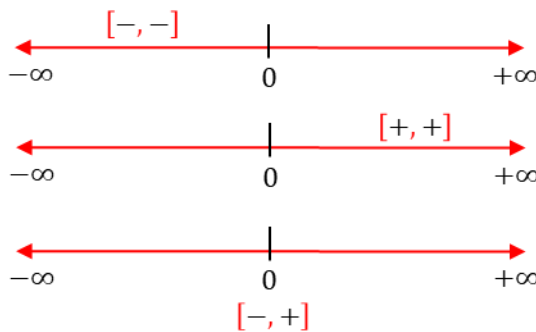
n : Es el número de réplicas del experimento de simulación

El intervalo de confianza para la media poblacional, mediante las expresiones:

$$\left[\bar{X} \pm t_{(n-1, 1-\frac{\alpha}{2})} \frac{S_n}{\sqrt{n}} \right] \text{ para } n < 516 \quad \text{y} \quad \left[\bar{X} \pm Z_{(1-\frac{\alpha}{2})} \frac{S_n}{\sqrt{n}} \right] \text{ para } n > 516$$

- Comparación de medias para muestras relacionadas: datos pareados **Paired-t**.

Resultados posibles de la prueba Paired-t



Intervalo de confianza:

$$\left[\bar{d} \pm t_{(n-1, 1-\frac{\alpha}{2})} \frac{S_n}{\sqrt{n}} \right]$$

$\bar{d}$: Promedio de las diferencias

S_n : Desviación Estándar de las diferencias $\bar{d} = \bar{X} - \bar{Y}$

- Comparación de medias para muestras independientes: prueba **Two-sample-t**.

$$\left[\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \pm t_{(n_1+n_2-2, 1-\frac{\alpha}{2})} S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \right]$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

S_p : Desviación Estándar Ponderada (combinada)

3.5.4. Experimento con indicador de desempeño: Tiempo Promedio de Permanencia en la Concesión

En este experimento se desea realizar con 95% de confianza la estimación del indicador Tiempo Promedio de Permanencia de los vehículos dentro de la concesión, que van desde el inicio del Tramo 1 hasta el final de la concesión en el Tramo 3. Esto incluye la detención vehicular en la intersección de Av. Los Conquistadores con Av. El Cerro, producto de la congestión y semaforización del sector.

En la figura “Medición del Indicador: Tiempo Promedio de Permanencia”. Se muestra el módulo, así como la configuración de la variable de interés:

Tiempo Prom Permanencia en P5

Tiempo Prom Permanencia en P7

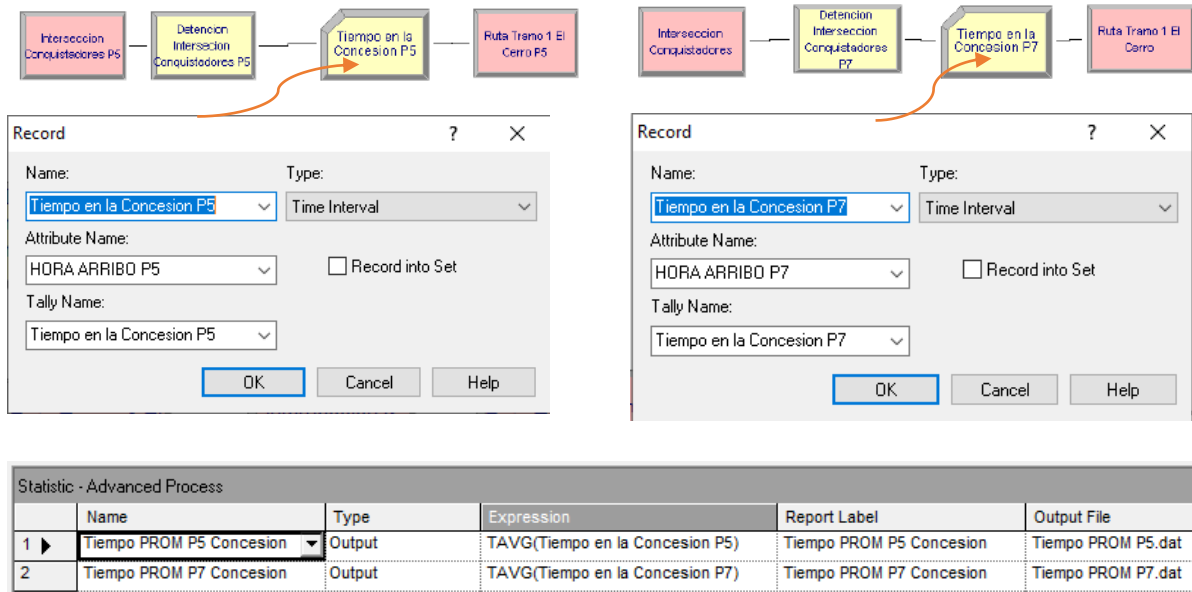


Ilustración 29 Configuración de Indicador Tiempo Promedio de Permanencia

En la figura “Intervalos de Confianza para el Indicador”, se muestra, como lo dice su nombre, el intervalo de confianza para el tiempo promedio de permanencia en la concesión y en la figura “Comparación de Medias del Indicador”, muestra la comparación de medias del indicador tiempo promedio de permanencia en concesión de los carriles P5 (pista rápida) y P7 (pista lenta).

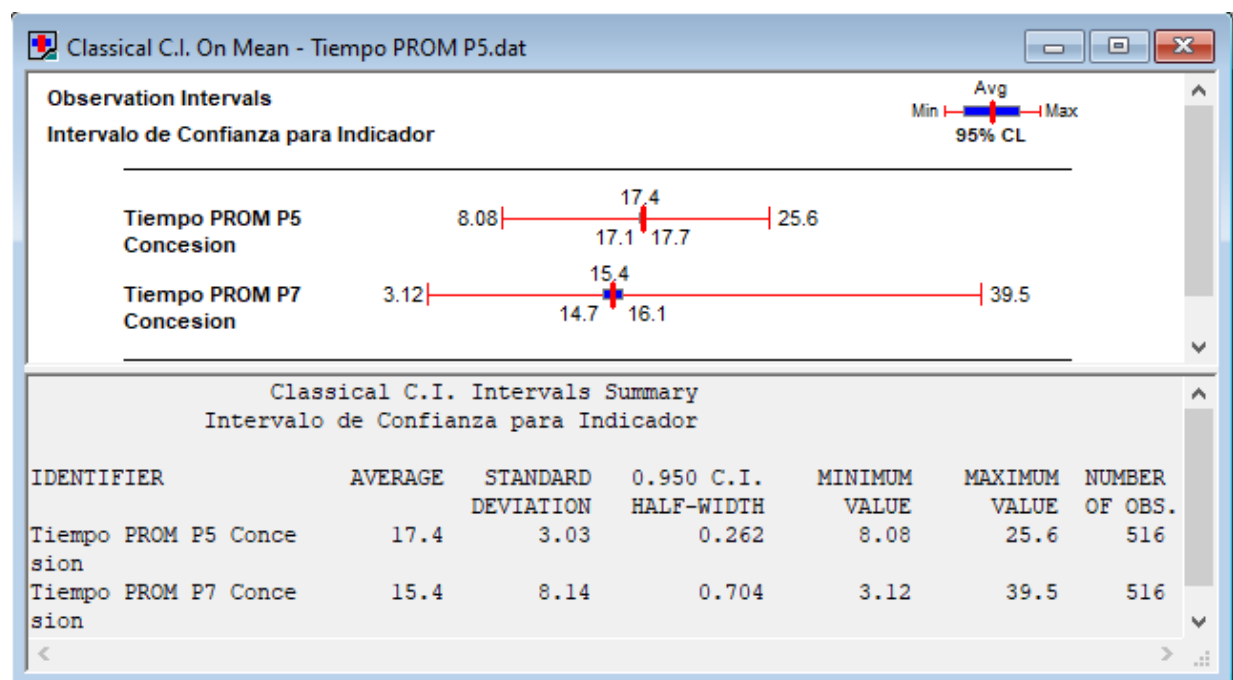


Ilustración 30 Intervalos de Confianza para Indicador Tiempo Promedio de Permanencia

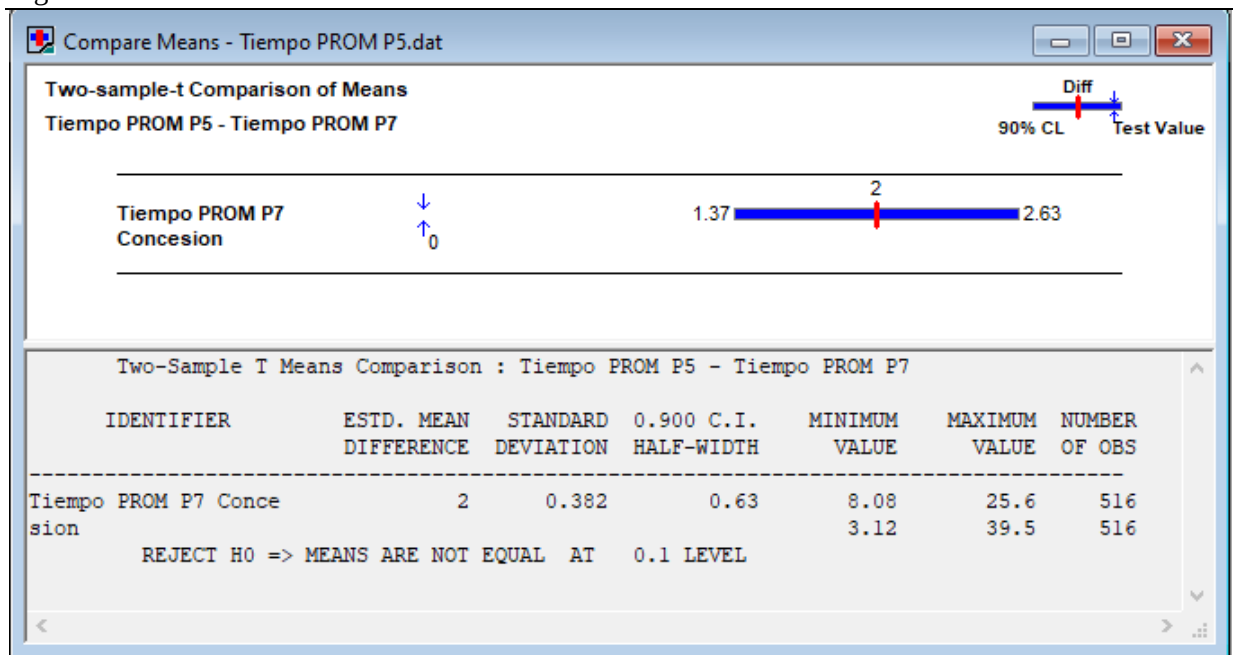


Ilustración 31 Comparación de Medias del Tiempo Promedio de Permanencia P5 y P7 Two Sample-t

3.6. Conclusiones del Experimento

Se ha estimado, con 95% de confianza, que el tiempo promedio de permanencia en P5 se encuentra en el intervalo: [17.1, 17.7] minutos (ver figura Intervalos de Confianza del Indicador). En la dirección P7 se está en el intervalo: [14.7, 16.1] minutos. El resultado es comprensible porque P5 no tiene salidas alternativas como P7 que tiene salidas hacia Av. Los Conquistadores, Los Araucanos, Los Españoles, Suecia y Santa María. En cambio, P5 se conecta en forma directa a Av. Andrés Bello, por lo tanto, en P5 se genera un mayor número de cola.

Por otra parte, también existe significancia estadística para el tiempo promedio de permanencia en la concesión; la prueba arroja un intervalo [1.37 – 2.63] minutos (ver figura Comparación de medias del Tiempo Promedio). Existen diferencias estadísticamente significativas para aceptar la hipótesis alternativa H_1 , las medias son diferentes con 90% de confianza, el carril P5 presenta un mayor promedio de tiempo de permanencia. El resultado se explica por las diferencias en las tasas de llegadas de los autos y la mayor congestión vehicular en el carril P5.

Finalmente, si se compara el tiempo de recorrido de los vehículos con restricciones (Semaforización y congestión vehicular), los tiempos promedios del carril P5 y P7 de la simulación, se encuentran dentro de lo medido en terreno según la tabla.

Carril	Tiempo Mínimo	Tiempo Promedio	Tiempo Máximo	Tiempo Promedio Simulación
P5 (carril Rápido)	12	16	20	17,4
P7 (Carril Lento)	10	13	16	15,4

Tabla 181 Tiempo Promedio Carril P5 y P7 medido en terreno Situación Real



4. MODELO OPERACIONAL CON PROYECTO

4.1. Objetivo del Proyecto

El objetivo del proyecto es lograr fluidez de tráfico vehicular durante el tránsito de éstos al interior de la concesión. Para tal efecto, se decide eliminar los puntos de mayor confluencia vehicular, que ocasionan la congestión. Estos puntos son: la intersección de Av. Los Conquistadores y Av. Santa María.

La solución radica en eliminar la semaforización y para eso se debe hundir las avenidas anteriormente mencionadas, lo que permitirá que no exista detención por semaforización. El otro beneficio es que Av. Los Conquistadores tampoco alimentará con vehículos a Av. El Cerro, lo que disminuirá el tráfico por ésta última y también Av. Santa María deja de alimentar al Puente Nueva Tajamar, lo que contribuirá a una menor cantidad de vehículos congestionando Av. El Cerro.

4.2. Supuestos del Modelo Con Proyecto

Los supuestos del modelo son los mismos utilizados en el modelo sin proyecto.

4.3. Determinación de Variables aleatorias Con Proyecto

La determinación de Variables Aleatorias son las mismas indicadas en el modelo sin proyecto con la salvedad que Av. Los conquistadores no alimentarán a Av. El Cerro y tampoco lo hará Av. Santa María.

Nombre del tramo	Distancia en mts	% respecto a Ruta 1 Los Conquistadores
RUTA 1 LOS CONQUISTADORES	550	0,0
RUTA 2 LOS CONQUISTADORES	260	0,473
AV. EL CERRO TRAMO 1	234	0,425

Tabla 182 Ruta de Av. Los Conquistadores y Rutas Derivadas

Nombre del tramo	Distancia en mts	% respecto a Ruta 1 Santa María
RUTA 1 SANTA MARÍA	550	0,0
RUTA 2 SANTA MARÍA	260	0,473
PUENTE NUEVA TAJAMAR	126	0,218

Tabla 183 Ruta de Av. Santa María y Rutas Derivadas

4.3.1. Tiempos de Recorridos y Probabilidad de Velocidad de Arribo

Los tiempos de recorridos de cada vehículo será en función de la velocidad que lleven. Las velocidades se categorizaron de 40 hasta un máximo de 100 Km/Hr. Se hace notar, que la simulación se realizará en el rango horario de hora punta de la tarde, esto quiere decir entre 17:30 y 20:30 hrs.

Para efecto de programación en Arena, se consideró que las distancias de recorrido y sus tiempos es una



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

variación porcentual respecto al tramo principal (esto se puede observar en el punto anterior). Por ejemplo: Si el Tramo 1 de TSC es de 886,48 mts, el Tramo 2 tiene un largo de 1817 mts, eso equivale a 2,05 respecto al Tramo 1 o es mayor en un 205% respecto al Tramo 1. Este valor porcentual afecta directamente en la programación de los tiempos de recorridos según las velocidades y distancia recorrida.

4.4. Descripción del modelo utilizando las categorías del Software Arena Con Proyecto

4.4.1. Modelo de Animación de Flujo Vehicular Con Proyecto

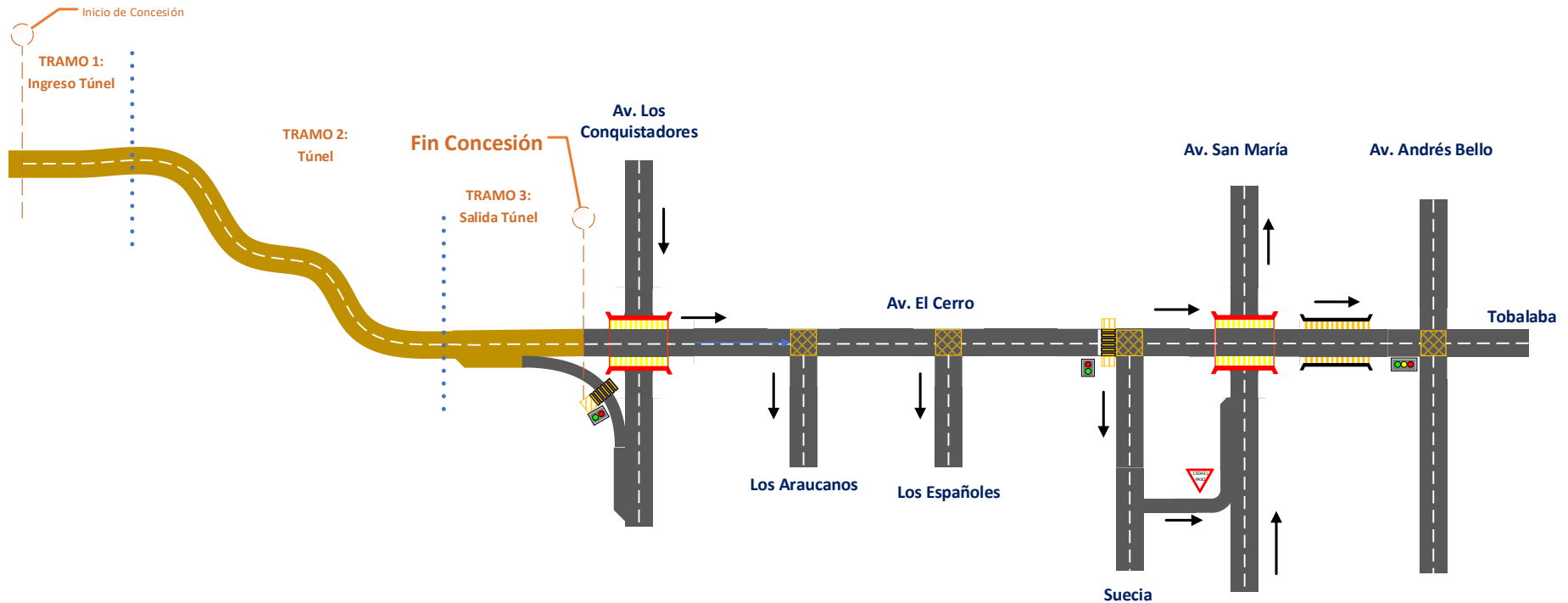


Ilustración 32 Modelo de Animación de Flujo Vehicular Con Proyecto

En el modelo con proyecto con los vehículos del Eje C1 de la concesión de las pistas P5 y P7 no se detienen en la intersección de Av. Los Conquistadores en el cual ya no existe semaforización, sino un puente de unión entre la concesión y Av. El Cerro. Además, Av. Los Conquistadores no alimenta con vehículos a Av. El Cerro. Por la intersección de Av. Santa María y Av. El Cerro, tampoco existe la semaforización, siendo cambiada por un puente. Además, Av. Santa María tampoco alimenta con vehículos al Puente Nueva Tajamar con sentido Tobalaba.

4.4.2. Modelo de Programación en Software Arena Con Proyecto

4.4.2.1. Programación de flujos de Concesionaria a Av. El Cerro

Permanece el mismo modelo de programación de la etapa Sin Proyecto, solo varía la configuración de las detenciones en las intersecciones de Av. Los Conquistadores y de Av. Santa María, debido a que no existe semaforización y tampoco las alimentaciones vehiculares provistas por estas dos grandes avenidas.

4.4.2.2. Programación de flujos de Av. Los Conquistadores

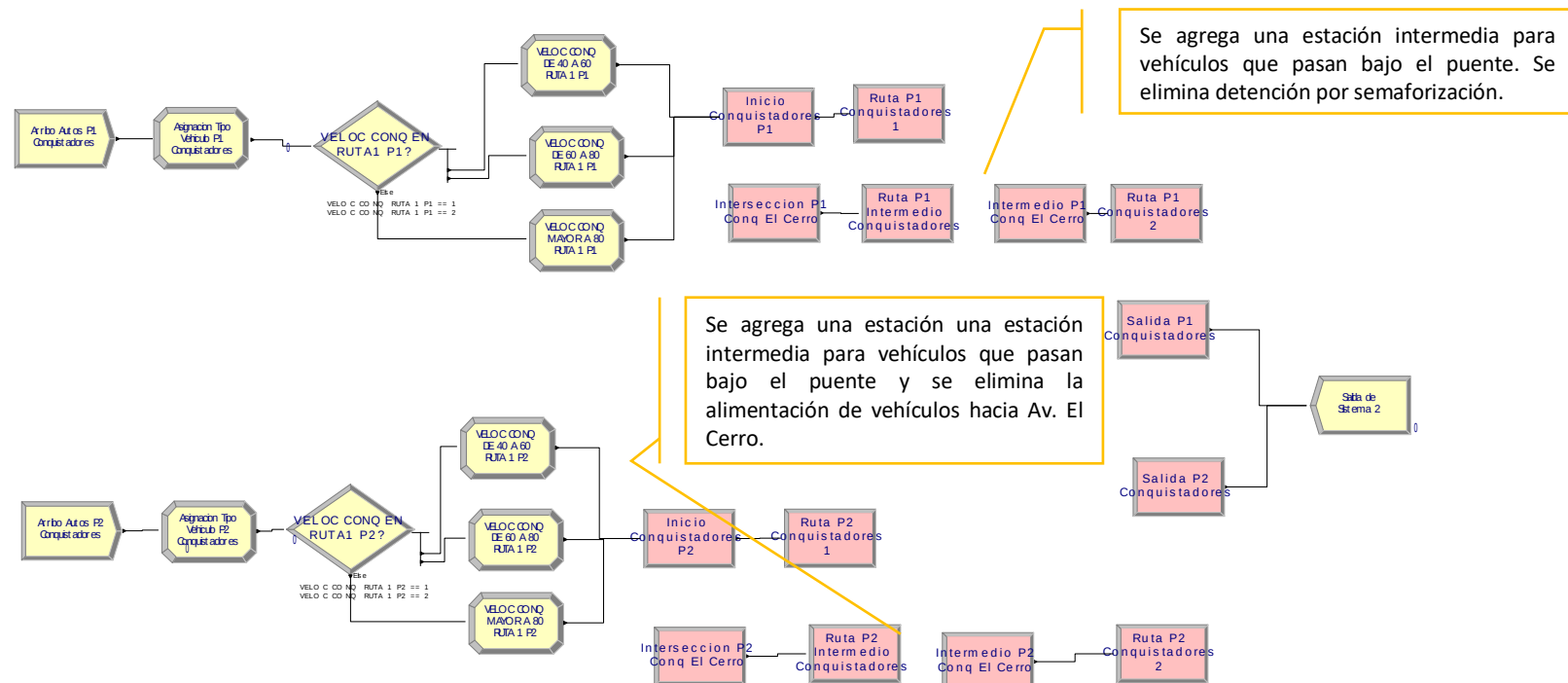


Ilustración 33 Programación de Flujos hacia Av. Los Conquistadores Con Proyecto

4.4.2.3. Programación de flujos de Av. Santa María

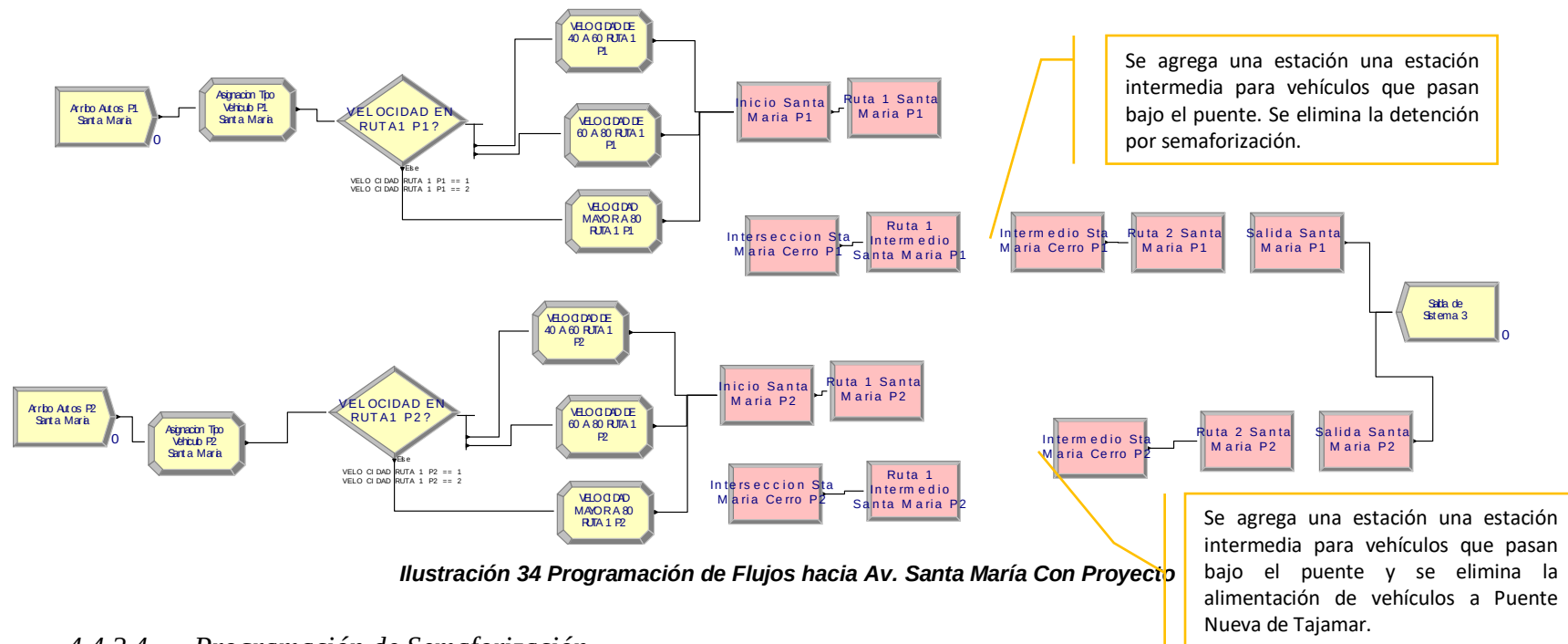


Ilustración 34 Programación de Flujos hacia Av. Santa María Con Proyecto

4.4.2.4. Programación de Semaforización

Se eliminan los semáforos y solo permanece el de la intersección de Av. Tobalaba y Av. Andrés Bello el cual cambio los tiempos de semaforización

Control Semáforo Andrés Bello

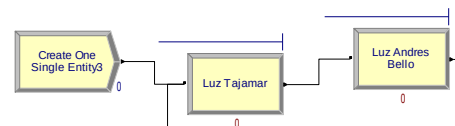


Ilustración 35 Semáforo Andrés Bello Con Proyecto



4.4.3. Configuración de los Modelos Construidos en Arena Con Proyecto

4.4.3.1. Arribos, Asignación, Decisión y Ruta

Permanece la misma configuración de la etapa sin proyecto.

4.4.3.2. Detención para congestión vehicular

Al no existir semáforo, la detención solo es producto de la congestión vehicular. Esta situación se configura de la misma manera para las otras intersecciones, variando en la cantidad de vehículos que pueden caber dentro del tramo que se congestionará.

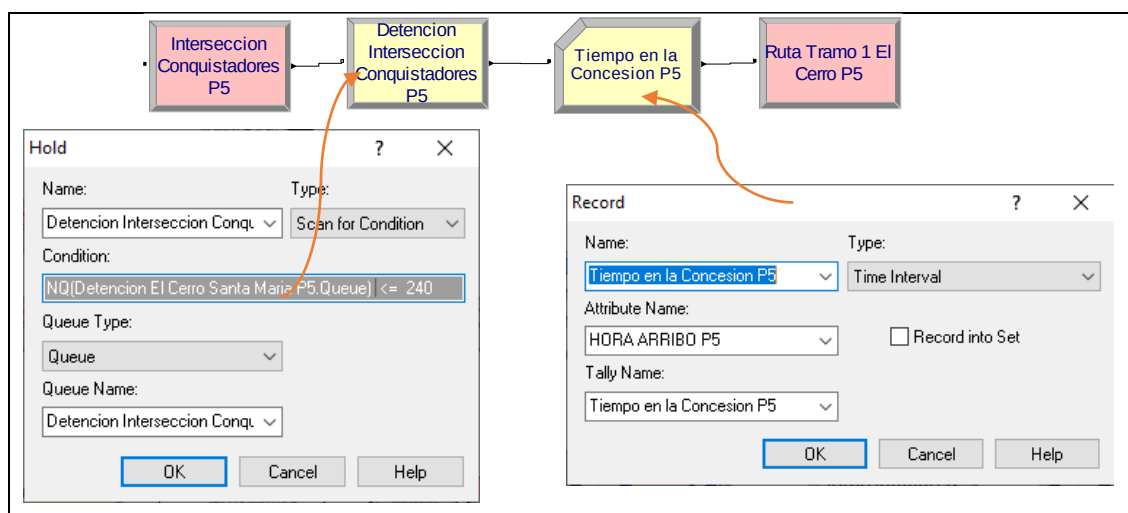


Ilustración 36 Configuración para Detención por Congestión Vehicular Con Proyecto

4.4.3.3. Data Módulos: Schedule (Calendario de Arribos) y Set (Color y forma de Autos)

Permanece la misma configuración de la etapa sin proyecto.

4.5. Validación del Modelo

La configuración del Experimento de simulación, la determinación del número de réplicas y la configuración del Run Setup del experimento, serán las mismas que en la etapa sin proyecto.

4.5.1. Análisis Estadístico del Indicador de Desempeño

Se mantiene el mismo tipo de análisis estadístico del indicador de desempeño: Tiempo Promedio de Permanencia en la Concesión, declarado en la etapa sin proyecto.

4.5.2. Experimento con indicador de desempeño: Tiempo Promedio de Permanencia en la Concesión Con Proyecto

En este experimento se desea realizar con 95% de confianza la estimación del indicador Tiempo Promedio de Permanencia de los vehículos dentro de la concesión, que van desde el inicio del Tramo 1 hasta el final de la concesión en el Tramo 3. La única diferencia es que no existe detención vehicular por semaforización, pero sí se incluye la detención vehicular por efecto de congestión en Av. El Cerro, producto de la única semaforización que permanece que es la de la intersección de Av. Andrés Bello con Av. Tobalaba.

En la figura “Medición del Indicador: Tiempo Promedio de Permanencia”. Se muestra el módulo, así como la configuración de la variable de interés:

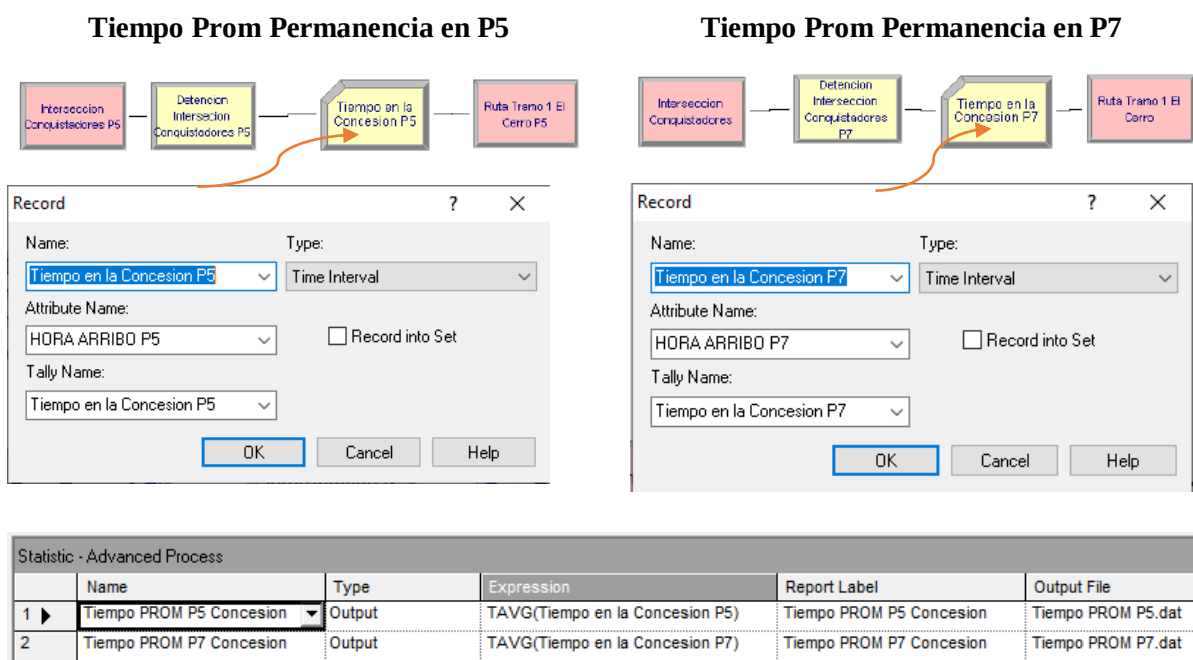


Ilustración 37 Configuración de Indicador Tiempo Promedio de Permanencia Sin y Con Proyecto

La variación de la información almacenada o el registro está dado por el nombre del Output File, en el que Sin Proyecto se llamará Tiempo PROM P5/P7 Sin Proyecto y el otro Tiempo PROM P5/P7 Con Proyecto.

4.5.2.1. Intervalo de Confianza para Indicador Tiempo Promedio de Permanencia en la Concesión Sin y Con Proyecto

En las figuras “Intervalos de Confianza para el Indicador tiempo Promedio de Permanencia”, se muestra, como lo dice su nombre, el intervalo de confianza para el tiempo promedio de permanencia en la concesión de los carriles P5 (Pista Rápida) y P7 (Pista Lenta) Sin y Con Proyecto.

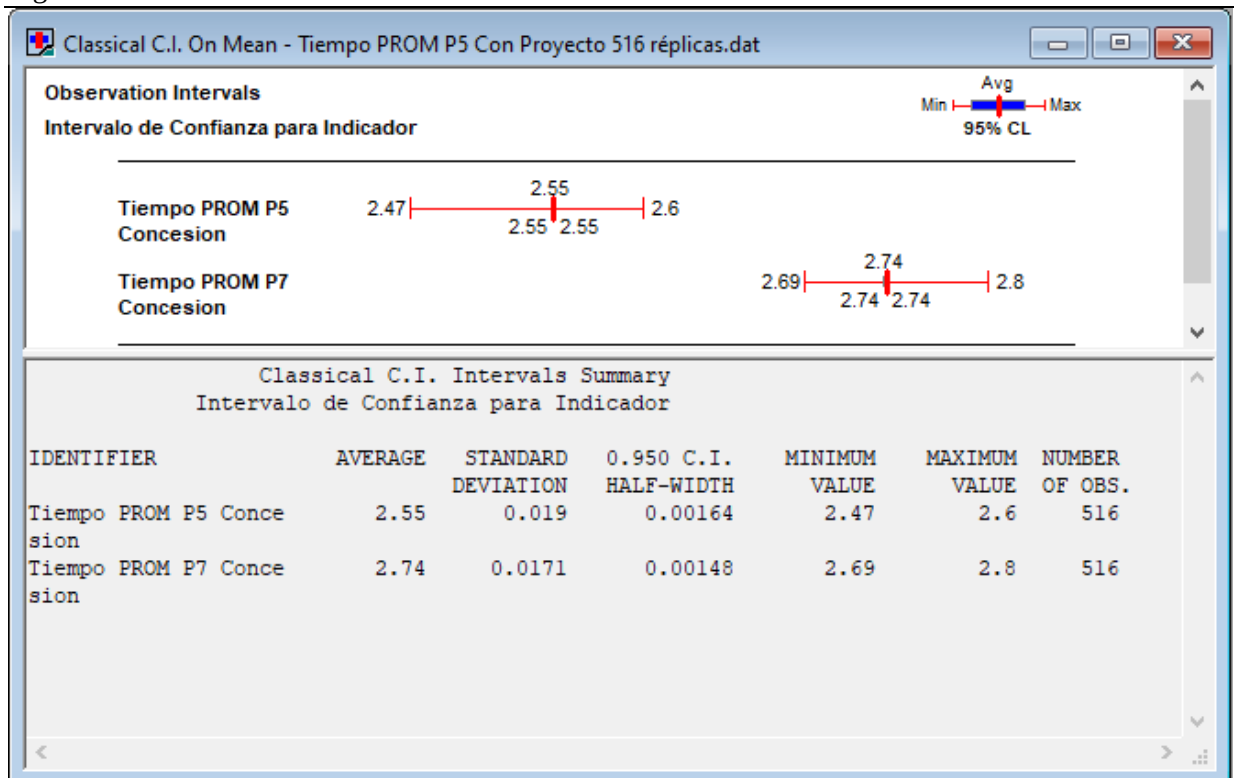


Ilustración 38 Intervalos de Confianza para Indicador Tiempo Promedio de Permanencia Con Proyecto

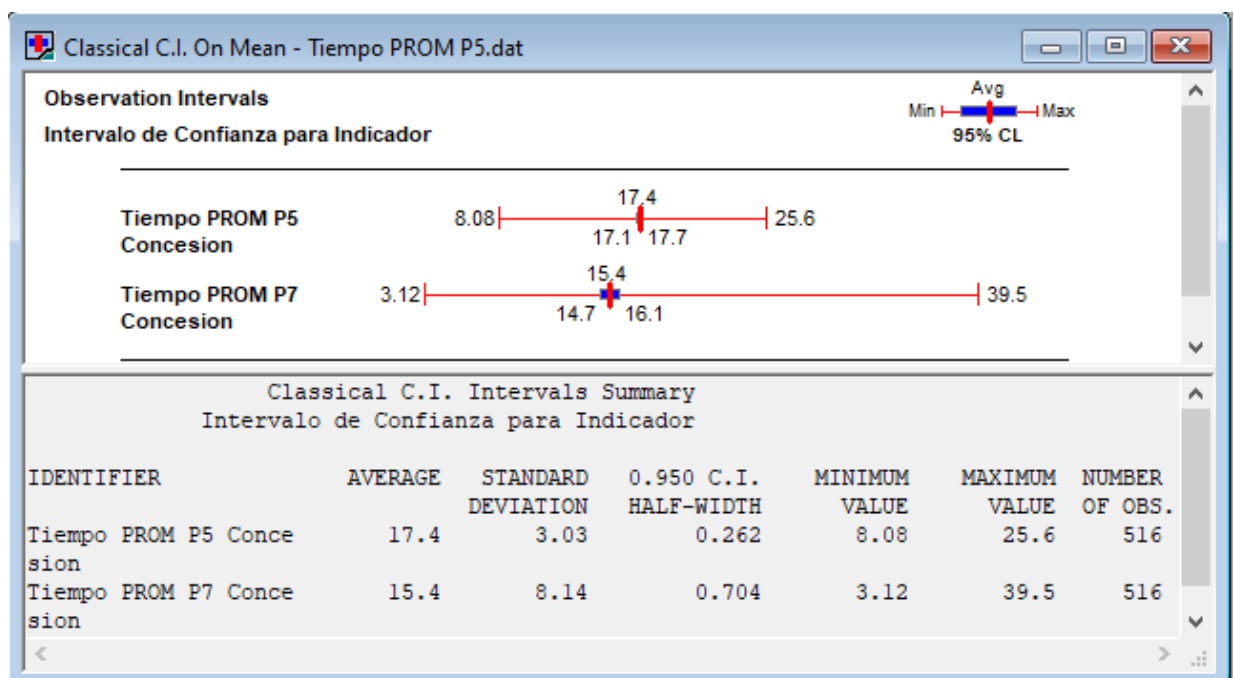


Ilustración 39 Intervalos de Confianza para Indicador Tiempo Promedio de Permanencia Sin Proyecto

4.5.2.2. Medias para Indicador Tiempo Promedio de Permanencia en la Concesión Sin y Con Proyecto

En las figuras “Medias del Indicador Tiempo Promedio de Permanencia”, se muestra, como lo dice su nombre, la media del tiempo promedio de permanencia en la concesión de los carriles P5 (Pista Rápida) y P7 (Pista Lenta) Sin y Con Proyecto.

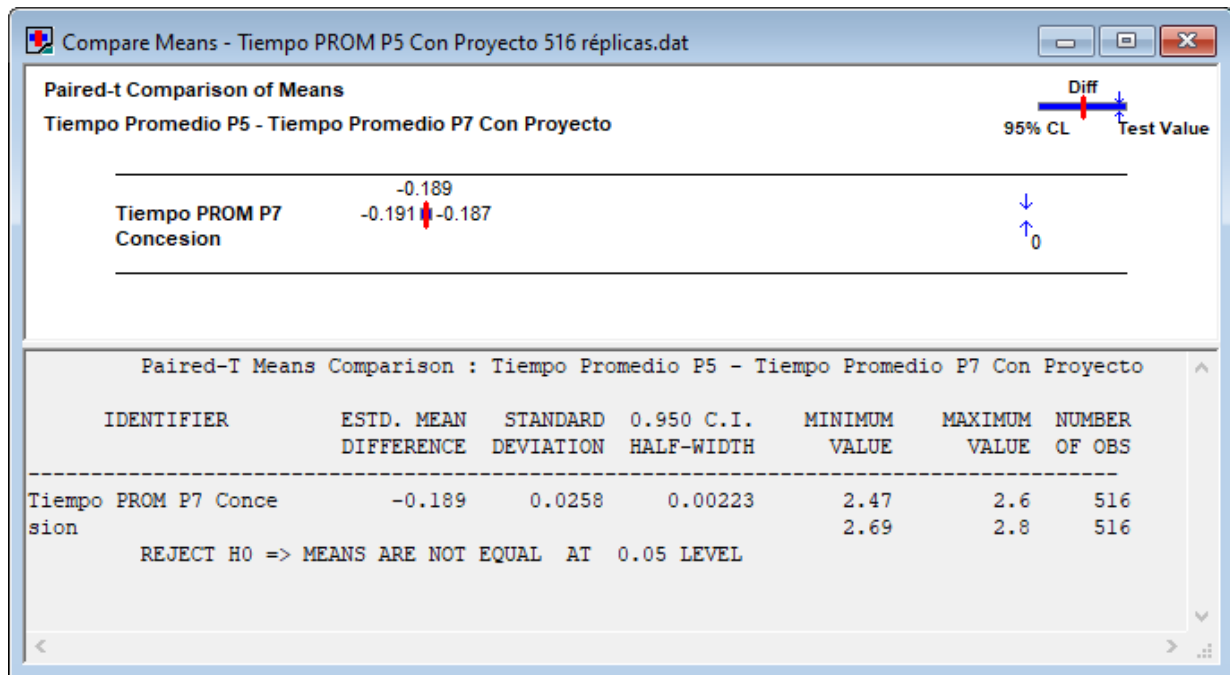


Ilustración 40 Medias del Tiempo Promedio de Permanencia P5 y P7 Con Proyecto Two sample-t

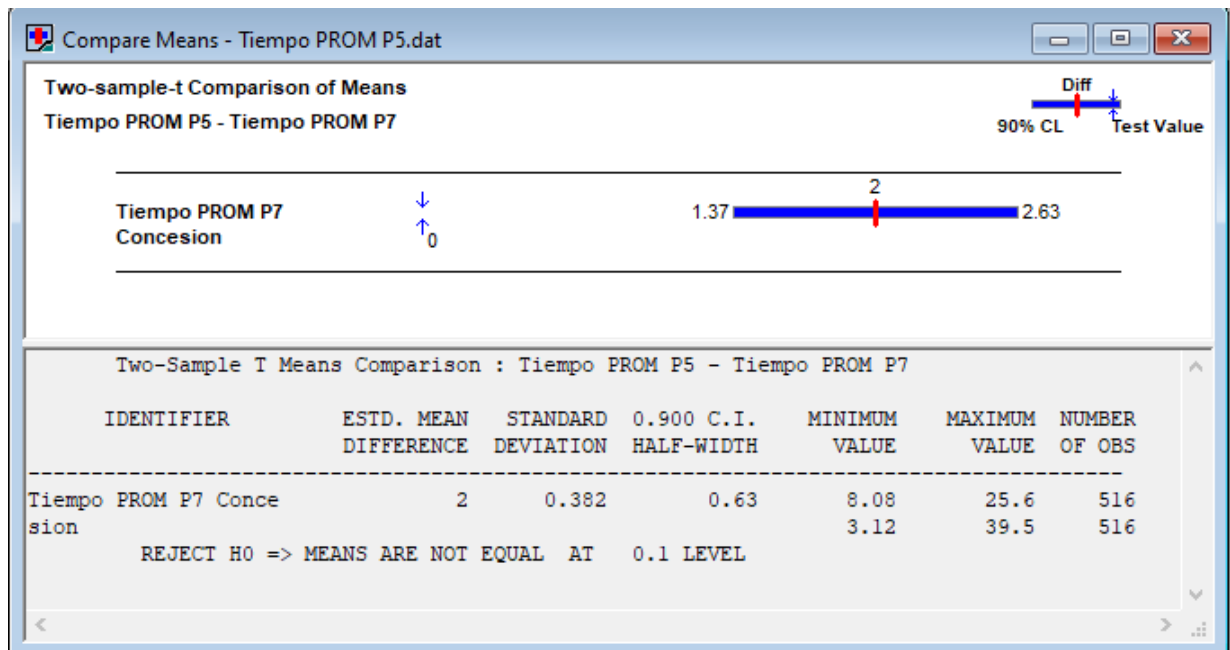


Ilustración 41 Medias del Tiempo Promedio de Permanencia P5 y P7 Sin Proyecto Two sample-t

4.6. Análisis Comparativo en Situación Sin y Con Proyecto

4.6.1. Intervalos de Confianza para Tiempo Promedio de Permanencia Sin y Con Proyecto

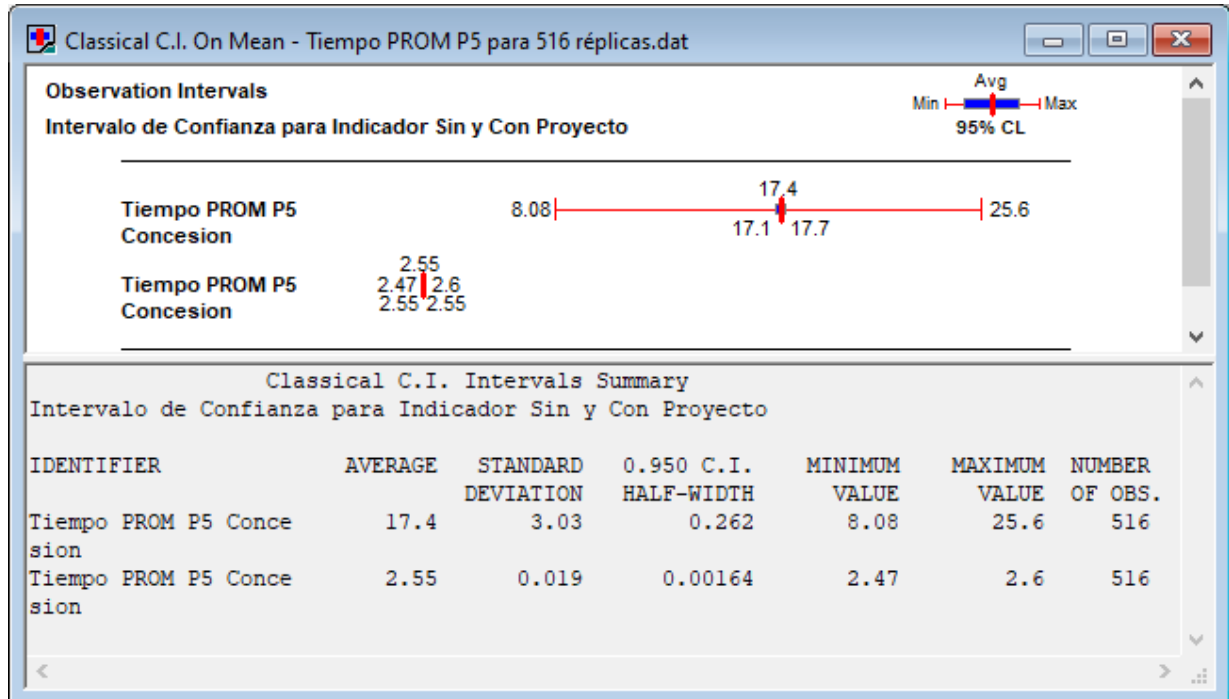


Ilustración 42 Intervalos de Confianza para Indicador Tiempo Promedio de Permanencia para P5

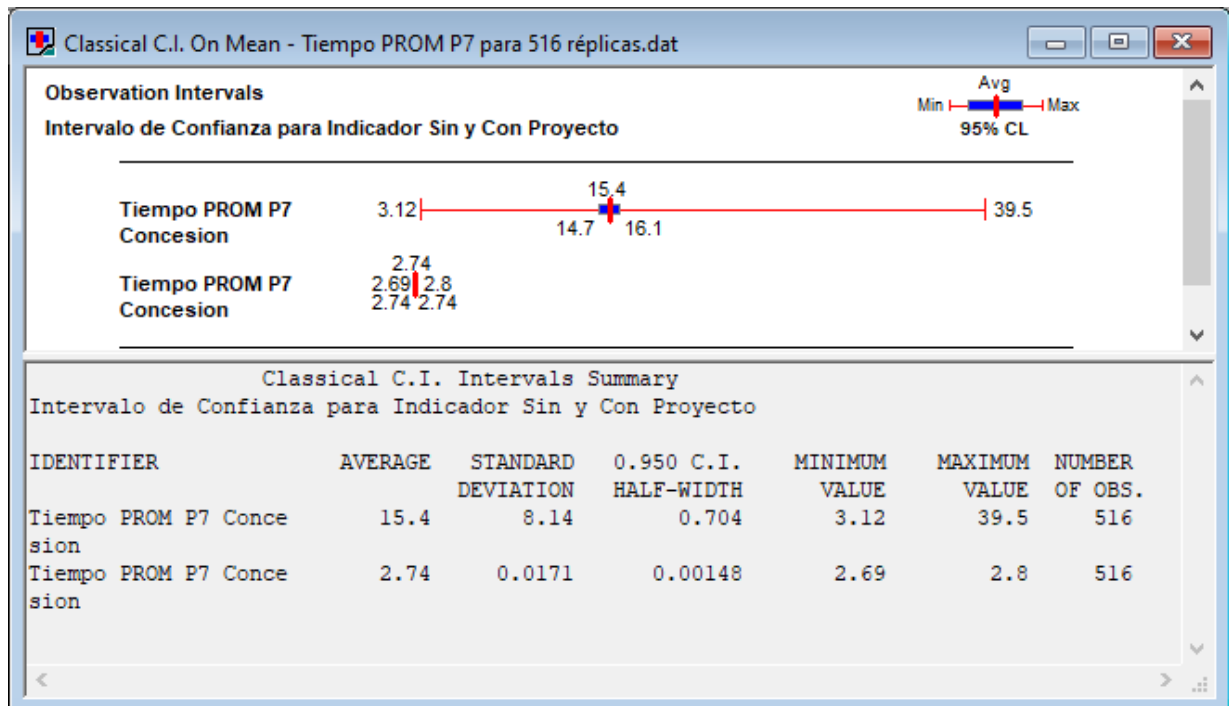


Ilustración 43 Intervalos de Confianza para Indicador Tiempo Promedio de Permanencia para P7

4.6.2. Comparación de Medias para Tiempo Promedio de Permanencia Sin y Con Proyecto

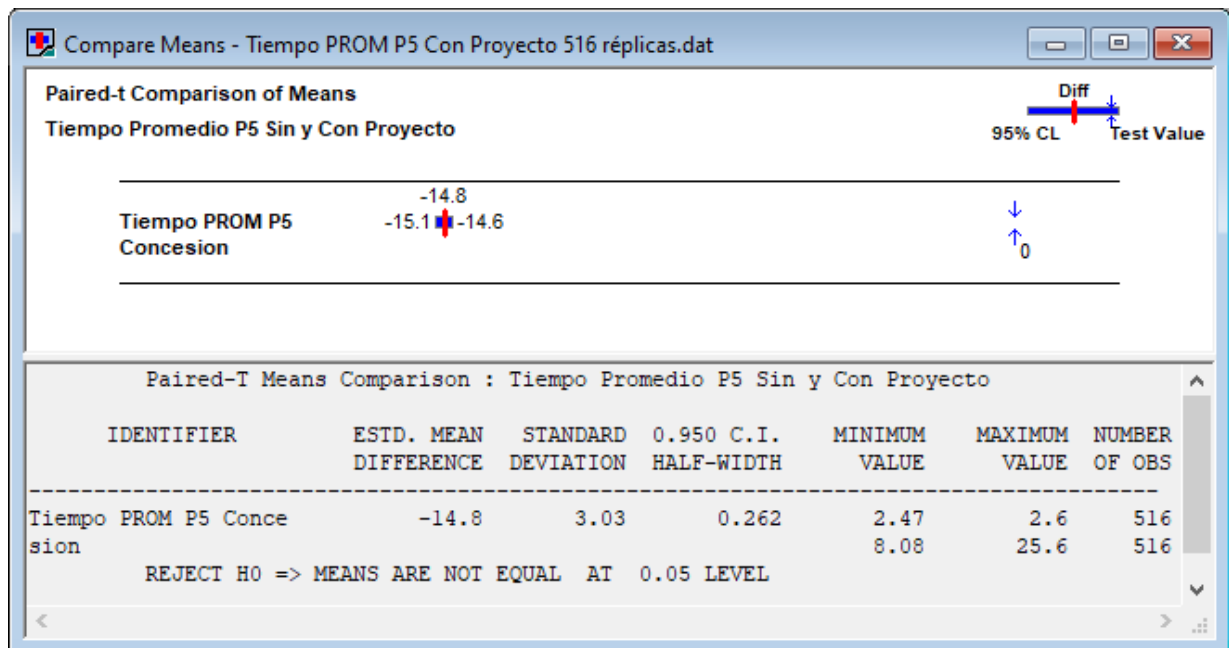


Ilustración 44 Comparación de medias del Tiempo Promedio de Permanencia P5 Con y Sin Proyecto

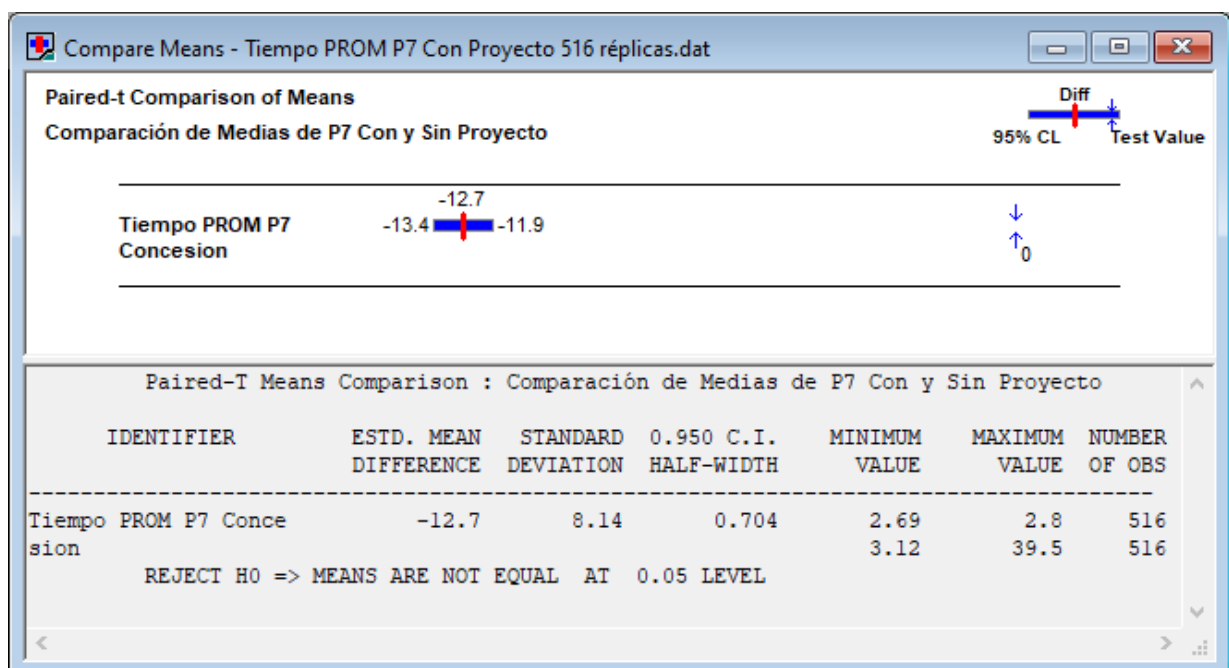


Ilustración 45 Comparación de medias del Tiempo Promedio de Permanencia P7 Con y Sin Proyecto



4.6.3. Tabla Resumen de Intervalo de Confianza y Comparación de Medias Con y Sin Proyecto

IDENTIFICADOR	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,950 C.I. HALF-WIDTH	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	NÚMERO DE OBS
Intervalo de Confianza Sin Proyecto						
Tiempo PROM P5 Sin Proyecto	17,4	3,03	0,262	8,08	25,6	516
Tiempo PROM P7 Sin Proyecto	15,4	8,14	0,704	3,12	39,5	
Intervalo de Confianza Con Proyecto						
Tiempo PROM P5 Con Proyecto	2,55	0,019	0,00164	2,47	2,6	516
Tiempo PROM P7 Con Proyecto	2,74	0,0171	0,00148	2,69	2,8	

Tabla 184 Intervalo de Confianza Con y Sin Proyecto en minutos

IDENTIFICADOR	DIFERENCIA ENTRE MEDIAS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,950 C.I. HALF - WIDTH	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	NÚMERO DE OBS
Comparación Pista Rápida						
Tiempo PROM P5 Con Proyecto	-14,8	3,03	0,262	2,47	2,6	516
Tiempo PROM P5 Sin Proyecto				8,08	25,6	
Comparación Pista Lenta						
Tiempo PROM P7 Con Proyecto	-12,7	8,14	0,704	2,69	2,8	516
Tiempo PROM P7 Sin Proyecto				3.12	39,5	

Tabla 185 Comparación de Medias con Paired-t Con y Sin Proyecto en minutos

4.7. Conclusiones del Experimento

En situación con proyecto, se ha estimado, con 95% de confianza, que el tiempo promedio de permanencia en P5 se encuentra en el intervalo: [2.55, 2.55] minutos (ver *Ilustración 38 Intervalos de Confianza para Indicador Tiempo Promedio de Permanencia Con Proyecto*). En el carril P7 se está en el intervalo: [2.74, 2.74] minutos. En este caso, los tiempos no sufren variación, por lo tanto, no tienen intervalo, lo que indica que el tiempo promedio es único. El resumen, se puede observar en la *Tabla 184 Intervalo de Confianza Con y Sin Proyecto en minutos* en dónde se puede apreciar la diferencia de las medias entre Situación Con y Sin Proyecto.

Por otra parte, también existe significancia estadística para el tiempo promedio de permanencia en la concesión; la prueba arroja un intervalo [-15.1, -14.06] minutos (ver *Ilustración 44 Comparación de medias del Tiempo Promedio de Permanencia P5 Con y Sin Proyecto*) para P5 Con Proyecto respecto a la situación sin proyecto, y un intervalo de [-13.4, -11.9] para P7 en situación con proyecto (ver *Ilustración 45 Comparación de medias del Tiempo Promedio de Permanencia P7 Con y Sin Proyecto*), respecto a la situación sin proyecto, por lo tanto, tenemos una variación bastante significativa en minutos. Para verificar las medias, se puede observar el resumen en la *Tabla 185 Comparación de Medias con Paired-t Con y Sin Proyecto en minutos*.

En situación con proyecto, P5 tiene un menor promedio de tiempo que P7, que difiere de la situación sin proyecto en la que P5 tiene un mayor promedio respecto a P7. Esto se explica porque la poca congestión



que se produce y porque Av. EL Cerro no cuenta con la alimentación vehicular provista por Av. Los Conquistadores y Av. Santa María.

Finalmente, si se compara el tiempo de recorrido de los vehículos con restricciones (Semaforización y congestión vehicular) y sin restricciones, los tiempos promedios del carril P5 y P7 de la simulación han disminuido significativamente, por lo tanto, el proyecto en términos de mejora de tiempo o permanencia dentro de la concesión es viable.

Carril	Tiempo Mínimo	Tiempo Promedio	Tiempo Máximo	Tiempo Promedio Sin Proyecto
P5 (carril Rápido)	12	16	20	17,4
P7 (Carril Lento)	10	13	16	15,4

Tabla 186 Tabla Resumen de Tiempos Promedios Sin Proyecto

Carril	Tiempo Mínimo	Tiempo Promedio	Tiempo Máximo	Tiempo Promedio Con Proyecto
P5 (carril Rápido)	1,76	3,08	4,4	2,55
P7 (Carril Lento)	1,76	3,08	4,4	2,74

Tabla 187 Tabla Resumen de Tiempos Promedios Con Proyecto

5. SIMULACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

La metodología de la simulación se basará en el uso de la plantilla de Momento Mensual con la herramienta Excel.

El Momento Mensual indica la diferencia entre los Ingresos y los Egresos en un mes según varían los costos de producción fijos y variables. Éstos últimos, varían con las transacciones o por el paso de cada vehículo en los Pórticos de Peajes.

Las transacciones se catalogan en Transacción C1: Vehículos Livianos (autos y motos), Transacción C2: Vehículos Pesados (Camiones y Buses) y Transacción C3: Vehículos Pesados con Remolques (Camiones con Trailer, etc).

El modelo del Momento Mensual se puede observar en la siguiente tabla de ejemplo:

Período	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ventas												
Días	días totales por mes											
Transacción C1	Paso por Pórtico de Peaje de vehículo liviano Categoría C1 y C4											
Transacción C2	Paso por Pórtico de Peaje de vehículo Pesado Categoría C2											
Transacción C3	Paso por Pórtico de Peaje de vehículo pesado con remolque Categoría C3											
Subtotal C2+C3	Suma de tráfico de vehículos pesados C2+C3											
Transacción Mensual (Veh)	Suma total de vehículos que pasan por Pórtico de Peaje											
Monto ventas	Ventas obtenido del modelo de ventas con regresión lineal											
GA&V	Resta gastos de Administración, ventas y general											



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Intereses Deuda	Resta de intereses de deuda
Depreciación	Resta de Depreciación
Subtotal	Suma de GA&V, Interés y Depreciación
Costos variables	
CV por Facilites	Costos que varían con cada transacción vehicular
Subtotal Costo Variable	Suma de todos los costos variables
Costos Fijos	
CF por Facilites	Costos que no varían con las transacciones vehiculares
Subtotal Costo Fijo	
Subtotal CV+CF	Suma de los costos variables y fijos
Resultado antes de impuesto	Diferencia entre el Monto de Ventas y los subtotales de CV,CF, GA&V, interés y Depreciación
Depreciación	Suma de la Depreciación
Amortización	Resta de la Amortización
Interés deuda	Suma del interés de deuda
Ingresos menos egresos	Suma resultado antes de impuesto, suma depreciación, resta la amortización y suma el interés

Tabla 188 Plantilla Momento Mensual

5.1.Simulación de Costos de Producción Sin Proyecto

5.1.1. Proyección de las Transacciones Sin Proyecto

Las Transacciones proyectadas se obtuvieron a través del modelo de pronóstico con regresión lineal simple. La metodología es la misma utilizada para la obtención de la demanda, según lo aplicado en el *Capítulo V Proyección de la Demanda Con y Sin Proyecto*, la diferencia en este caso, en vez de utilizar ventas, se utilizaron las transacciones de los años 2012, 2013 y 2014 para realizar la línea de tendencia. Por otra parte, la autopista produce tres tipos de categorías vehiculares, que se denominan Categoría C1: vehículos livianos, Categoría C2: vehículos pesados y Categoría C3: vehículos pesados con remolques, por lo tanto, se deben proyectar las tres categorías.

A continuación, la tabla con las transacciones utilizadas para obtener el elemento de tendencia:

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2012												
Cat C1	1.136.707	963.719	1.259.123	1.169.754	1.200.964	1.218.532	1.197.910	1.328.418	1.088.588	1.330.338	1.286.660	1.283.049
Cat C2	69.066	67.398	70.655	68.419	70.411	71.862	78.667	63.747	69.231	84.063	81.544	75.222
Cat C3	2.261	2.237	3.337	2.635	2.717	2.847	2.889	4.524	3.010	3.248	2.790	2.573
Total	1.208.034	1.033.355	1.333.115	1.240.807	1.274.092	1.293.241	1.279.467	1.396.689	1.160.828	1.417.649	1.370.995	1.360.844
2013												
Cat C1	1.242.425	983.326	1.248.869	1.328.583	1.282.938	1.261.411	1.293.946	1.348.073	1.160.746	1.404.268	1.319.693	1.372.216
Cat C2	75.489	68.770	70.080	77.708	75.217	74.391	84.974	64.690	73.820	88.735	83.638	80.450
Cat C3	2.471	2.283	3.310	2.992	2.903	2.947	3.121	4.591	3.209	3.428	2.862	2.752
Total	1.320.385	1.054.378	1.322.258	1.409.284	1.361.057	1.338.749	1.382.041	1.417.354	1.237.775	1.496.431	1.406.193	1.455.418
2014												
Cat C1	1.293.289	1.031.332	1.374.489	1.367.899	1.365.720	1.294.296	1.335.883	1.367.161	1.290.064	1.459.086	1.375.279	1.427.156
Cat C2	78.580	72.127	77.129	80.008	80.070	76.330	87.728	75.458	73.820	81.972	80.732	83.671
Cat C3	2.572	2.394	3.642	3.081	3.090	3.024	3.222	8.810	9.545	11.118	10.438	2.862
Total	1.374.441	1.105.853	1.455.260	1.450.988	1.448.880	1.373.650	1.426.833	1.451.429	1.373.429	1.552.176	1.466.449	1.513.689

Tabla 189 Transacciones años 2012, 2013 y 2014

5.1.1.1. Proyección de las Transacciones C1 Sin Proyecto

Con el modelo de pronóstico con regresión lineal simple se utilizó el mismo indicador industrial que es el IMACEC y se obtuvieron los siguientes datos:

$$\alpha = 109384568$$

$$\beta = 1013581$$

$$R^2 = 96,37\%$$

De tal forma, se obtuvo la siguiente curva para Transacciones C1 Sin Proyecto:

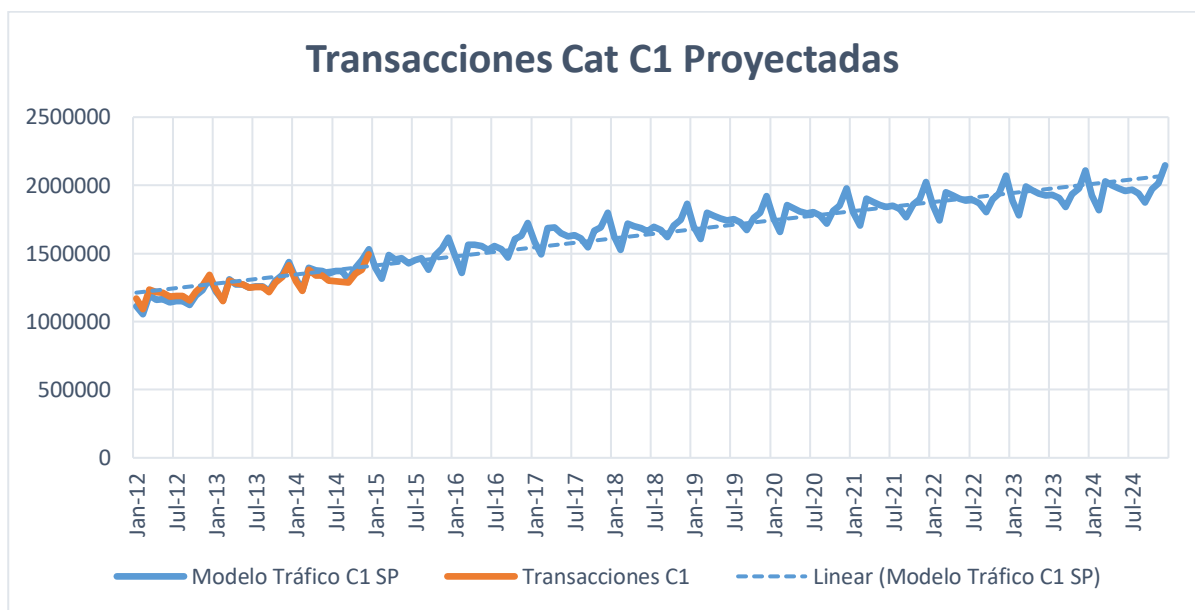


Gráfico 25 Transacciones C1 Proyectadas Sin Proyecto

5.1.1.2. Proyección de las Transacciones C2 Sin Proyecto

Con el modelo de pronóstico con regresión lineal simple se utilizó el mismo indicador industrial que es el IMACEC y se obtuvieron los siguientes datos:

$$\alpha = 6622443$$

$$\beta = 57039$$

$$R^2 = 095,65\%$$

De tal forma, se obtuvo la siguiente curva para Transacciones C2 Sin Proyecto:

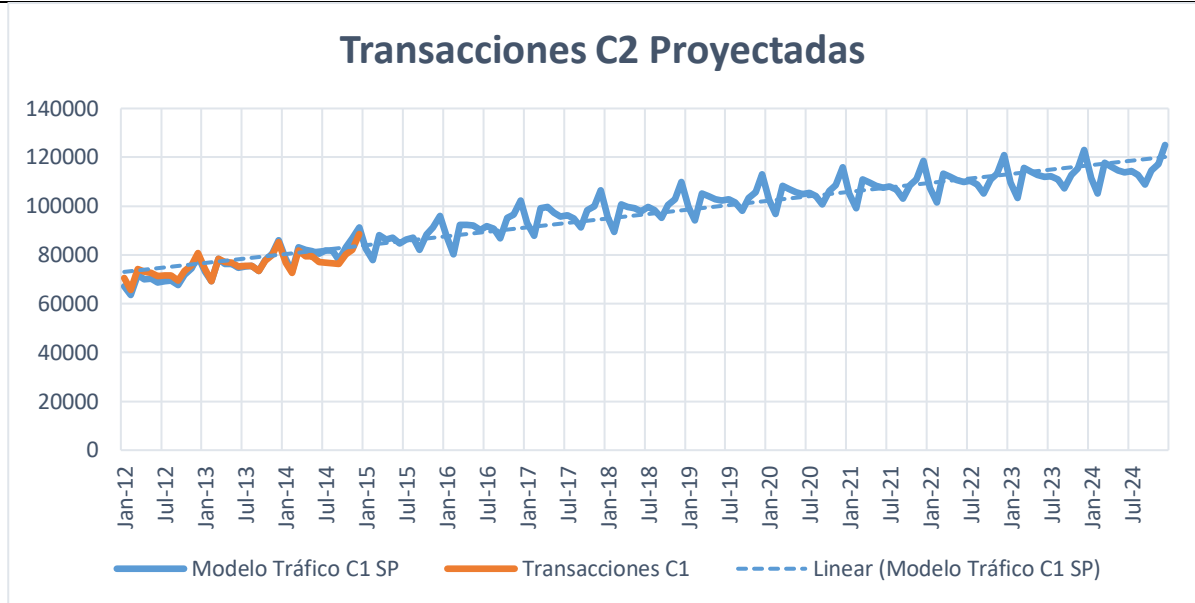


Gráfico 26 Transacciones C2 Proyectadas Sin Proyecto

5.1.1.3. Proyección de las Transacciones C3 Sin Proyecto

Con el modelo de pronóstico con regresión lineal simple se utilizó el mismo indicador industrial que es el IMACEC y se obtuvieron los siguientes datos:

$$\alpha=196511$$

$$\beta=9386$$

$$R^2=81,43\%$$

De tal forma, se obtuvo la siguiente curva para Transacciones C3 Sin Proyecto:

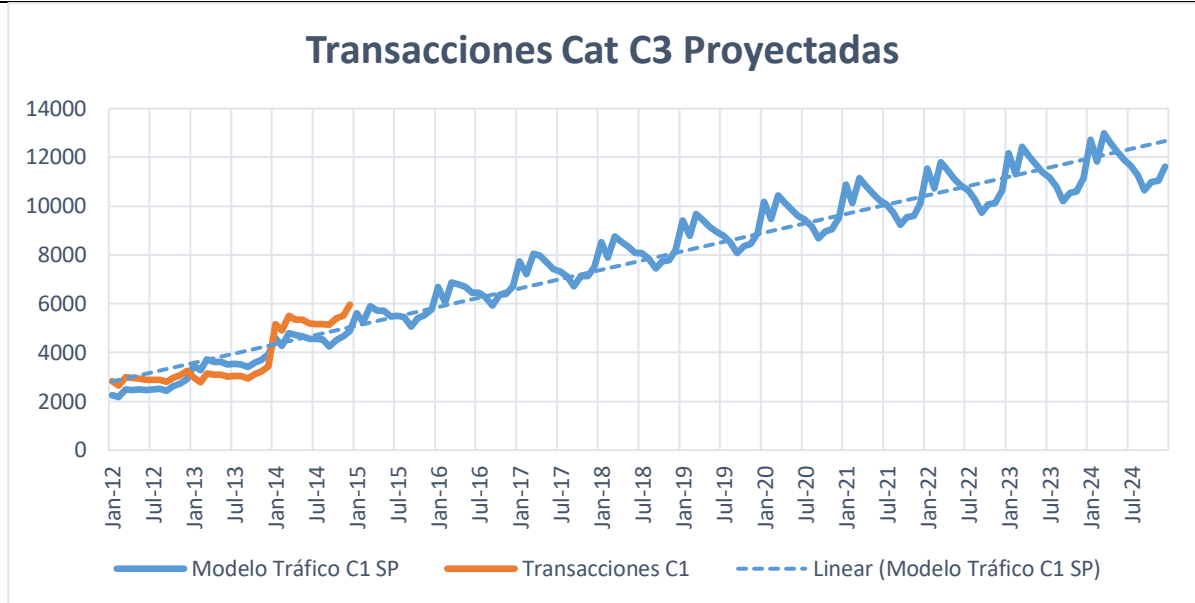


Gráfico 27 Transacciones Cat C3 Proyectadas Sin Proyecto

5.1.2. Costos de Producción Sin Proyecto

Los costos asociados a la producción se obtuvieron de los costos indicados en el Capítulo IV Costos de Producción, tanto los variables como los fijos.



5.1.3. Momento Mensual Sin Proyecto

Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15
Ventas												
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Transacción C1	1393952	1312484	1487666	1456059	1466592	1428211	1452988	1465060	1379759	1485704	1534944	1614971
Transacción C2	82642	77825	88233	86384	87037	84786	86277	87016	81976	88296	91248	96031
Transacción C3	5616	5247	5896	5716	5703	5479	5494	5462	5072	5397	5520	5759
Subtotal C2+C3	88258	83072	94129	92100	92740	90265	91771	92479	87048	93693	96768	101789
Transacción Mensual (Veh)	1.482.241	1.395.584	1.581.826	1.548.189	1.559.363	1.518.505	1.544.790	1.557.570	1.466.837	1.579.428	1.631.742	1.716.791
Monto ventas	519.907	489.112	553.832	541.397	544.548	529.541	538.131	541.927	509.630	548.015	565.460	594.227
GA&V	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)	(101.207)
Intereses Deuda	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)	(403.771)
Depreciación	(540)	(540)	(540)	(540)	(540)	(540)	(540)	(540)	(540)	(540)	(540)	(540)
Subtotal	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)	(505.518)
Costos variables												
1. Pórtico de Peaje												
E. Eléctrica SOP	16	14	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
E. Eléctrica SEP	176	166	188	184	186	181	184	185	175	188	194	204
Operación Conjunta	9.668	9.103	10.317	10.098	10.171	9.904	10.076	10.159	9.567	10.302	10.643	11.198
Mantenimiento SOP/SEP	6.926	6.521	7.391	7.234	7.286	7.095	7.218	7.278	6.854	7.380	7.624	8.022
2. Acceso a Túnel												
E. Eléctrica	169	153	169	164	169	164	169	169	164	169	164	169
Mantenimiento Rutinario	9.254	8.713	9.876	9.666	9.736	9.481	9.645	9.725	9.158	9.861	10.188	10.719
Mantenimiento Periódico	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
3. Túnel												
E. Eléctrica	1.443	1.280	1.444	1.389	1.444	1.389	1.444	1.444	1.389	1.444	1.390	1.444
Mantenimiento Rutinario	9.254	8.713	9.876	9.666	9.736	9.481	9.645	9.725	9.158	9.861	10.188	10.719



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Mantenimiento Periódico	304	304	304	304	304	304	305	305	305	305	305	305
4. Salida Pista Kennedy												
E. Eléctrica	176	159	176	170	176	170	176	176	170	176	170	176
Mantenimiento Rutinario	5.770	5.433	6.158	6.027	6.070	5.911	6.014	6.063	5.710	6.149	6.352	6.683
Mantenimiento Periódico	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
5. Salida Pista Av. El Cerro												
E. Eléctrica	69	62	69	67	69	67	69	69	67	69	67	69
Mantenimiento Rutinario	2.579	2.428	2.752	2.694	2.713	2.642	2.688	2.710	2.552	2.748	2.839	2.987
Mantenimiento Periódico	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
6. Salida Pista Av. Los Conquistadores												
E. Eléctrica	69	62	69	67	69	67	69	69	67	69	67	69
Mantenimiento Rutinario	2.103	1.980	2.245	2.197	2.213	2.155	2.192	2.210	2.081	2.241	2.315	2.436
Mantenimiento Periódico	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7. Conservación												
Bono Producción	283	320	283	280	283	288	283	280	280	269	291	293
8. Asistencia y Seguridad Vial												
Bono Producción	1.413	1.600	1.413	1.400	1.413	1.440	1.413	1.400	1.400	1.347	1.453	1.467
Vigilancia en Pista	363	328	363	351	363	351	363	363	351	363	351	363
Incidente Mayor Veh Pesado	20	19	22	21	21	21	21	21	20	21	22	23
Incidente Mayor Veh Liviano	295	278	315	309	311	303	308	311	292	315	325	342
Incidente Menor Todo Veh	42	40	45	44	44	43	44	44	42	45	46	49
9. Centro de Control de Tráfico y Túneles												
Bono Producción	934	1.080	934	928	934	972	934	928	928	906	951	990
10. Sistema Eléctrico												
Bono Producción	186	210	186	184	186	189	186	184	184	177	191	193
11. SIGCTT												



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Bono Producción	133	150	133	131	133	135	133	131	131	126	136	138
12. SIGP												
Bono Producción	159	180	159	158	159	162	159	158	158	152	164	165
13 Redes de Comunicaciones												
Bono Producción	221	250	221	219	221	225	221	219	219	210	227	229
Subtotal Costo Variable	(52.184)	(49.705)	(55.281)	(54.125)	(54.583)	(53.313)	(54.130)	(54.499)	(51.595)	(55.066)	(56.837)	(59.626)
Costos Fijos												
1. Pórtico de Peaje												
Serv. Y Estudios Mejora Peaje	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027
2. Acceso a Túnel												
MTTO Paisajismo	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682
MTTO Saneamiento	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001
MTTO Seg. Vial y Señalización	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635
Asesoría y Estudio de Pavimentos	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560
3. Túnel												
MTTO Saneamiento	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001
MTTO Seg. Vial y Señalización	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635
Asesoría y Estudio de Pavimentos	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560
4. Salida Pista Kennedy												
MTTO Paisajismo	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561
MTTO Saneamiento	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667
MTTO Seg. Vial y Señalización	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545
Asesoría y Estudio de Pavimentos	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520
5. Salida Pista Av. El Cerro												
MTTO Paisajismo	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561
MTTO Saneamiento	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667
MTTO Seg. Vial y Señalización	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545
Asesoría y Estudio de Pavimentos	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520
6. Salida Pista Av. Los Conquistadores												



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

MTTO Paisajismo	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561
MTTO Saneamiento	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667
MTTO Seg. Vial y Señalización	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545
Asesoría y Estudio de Pavimentos	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520
7. Conservación												
Sueldo Supervisor	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Sueldo Ayudante	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Camioneta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Celular	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Combustible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8. Asistencia y Seguridad Vial												
Sueldo Asistente Vial	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Vehículos de Rescate y Asistencia	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783
Celulares/Radio	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
MTTO Herramientas de Rescate	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774
Contrato Ambulancia 24Horas	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750
Contrato Grúa Pesada 24Horas	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
9. Centro de Control de Tráfico y Túneles												
Sueldo Jefes de Turno	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800
Sueldo Operadores	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Capacitaciones	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Celulares y Radio	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
10. Sistema Eléctrico												
Sueldo Supervisor Eléctrico	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Sueldo Ayudante Eléctrico	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Camioneta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Combustible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Celulares	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
11. SIGCTT												
Sueldo Supervisor SIGCTT	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Camioneta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Combustible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Celular	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MTTO SIGCTT	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389
12. SIGP												
Sueldo Supervisor SIGP	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Camioneta	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Combustible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Celular	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MTTO SIGP (SOP/SEP)	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738
13 Redes de Comunicaciones												
Sueldo Supervisor de Redes	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Celular	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MTTO SIGP (SOP/SEP)	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149
Otros Gastos de Operaciones												
Seguros	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111
Subtotal Costo Fijo	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)	(150.152)
Subtotal CV+CF	(202.336)	(199.857)	(205.433)	(204.276)	(204.734)	(203.465)	(204.281)	(204.651)	(201.747)	(205.218)	(206.989)	(209.777)



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Resultado antes de impuesto	(187.947)	(216.262)	(157.119)	(168.397)	(165.705)	(179.442)	(171.668)	(168.242)	(197.635)	(162.721)	(147.047)	(121.068)
Depreciación	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
Amortización	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)	(48.590)
Interes deuda	403.771	403.771	403.771	403.771	403.771	403.771	403.771	403.771	403.771	403.771	403.771	403.771
Ingresos menos egresos	167.774	139.459	198.602	187.324	190.016	176.279	184.053	187.479	158.085	193.000	208.674	234.653

Tabla 190 Momento Mensual Costos de Producción Sin Proyecto

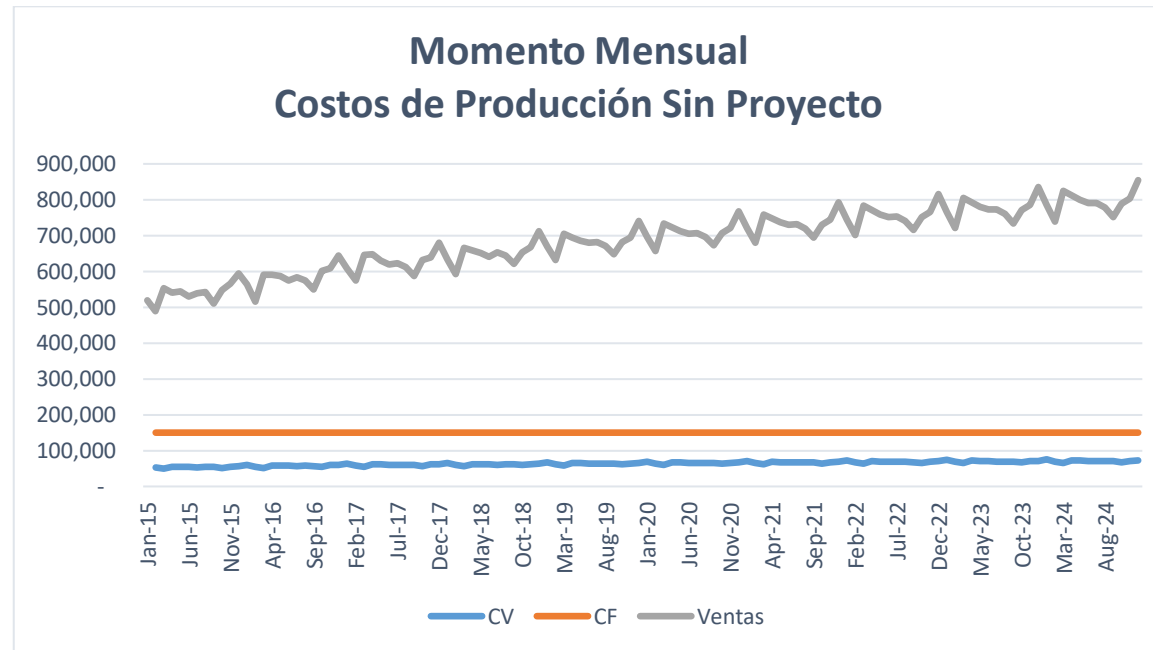


Gráfico 28 Momento Mensual Costos de Producción Sin Proyecto



5.2. Simulación de Costos de Producción Con Proyecto

5.2.1. Proyección de las Transacciones Con Proyecto

Las Transacciones proyectadas con proyecto se obtuvieron a través del mismo modelo de pronóstico con regresión lineal simple, con la diferencia que se utilizaron los factores de crecimiento vehicular explicados en el Capítulo V en la sección 4.1.1 *Factor de Crecimiento Vehicular* para los años 2012, 2013 y 2014 aplicados a las transacciones para así obtener el elemento de tendencia.

A continuación, se despliega la *Tabla 155 Factor de Crecimiento Viajes años 2012, 2013 y 2014* y un ejemplo de la aplicación del factor de crecimiento vehicular en el modelo de pronóstico de regresión lineal:

		AQ	AR	AS
		FC2012	FC2013	FC2014
34	Cat C1+C4	1,1352	1,2083	1,2815
35	Cat C2	1,1744	1,2695	1,3646
36	Cat C3	1,1744	1,2695	1,3646

	V	t	Indice Industrial	Transacciones C1
ene-12	1	1	96,129	1.290.420
feb-12	2	2	89,595	1.094.040
mar-12	3	3	101,376	1.429.390
abr-12	4	4	99,891	1.327.935
may-12	5	5	99,297	1.363.366
jun-12	6	6	97,218	1.383.310
jul-12	7	7	97,713	1.359.899
ago-12	8	8	97,614	1.508.056
sep-12	9	9	94,842	1.235.793
oct-12	10	10	100,386	1.510.235
nov-12	11	11	103,554	1.460.650
dic-12	12	12	110,286	1.456.550

=AF\$4*'Factores de Ingresos'!\$AQ\$34

=AG\$4*'Factores de Ingresos'!\$AQ\$34

A continuación, la tabla con las transacciones utilizadas para obtener el elemento de tendencia:

	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2012												
Cat C1	1.136.707	963.719	1.259.123	1.169.754	1.200.964	1.218.532	1.197.910	1.328.418	1.088.588	1.330.338	1.286.660	1.283.049
Cat C2	69.066	67.398	70.655	68.419	70.411	71.862	78.667	63.747	69.231	84.063	81.544	75.222
Cat C3	2.261	2.237	3.337	2.635	2.717	2.847	2.889	4.524	3.010	3.248	2.790	2.573
Total	1.208.034	1.033.355	1.333.115	1.240.807	1.274.092	1.293.241	1.279.467	1.396.689	1.160.828	1.417.649	1.370.995	1.360.844
2013												
Cat C1	1.242.425	983.326	1.248.869	1.328.583	1.282.938	1.261.411	1.293.946	1.348.073	1.160.746	1.404.268	1.319.693	1.372.216
Cat C2	75.489	68.770	70.080	77.708	75.217	74.391	84.974	64.690	73.820	88.735	83.638	80.450
Cat C3	2.471	2.283	3.310	2.992	2.903	2.947	3.121	4.591	3.209	3.428	2.862	2.752
Total	1.320.385	1.054.378	1.322.258	1.409.284	1.361.057	1.338.749	1.382.041	1.417.354	1.237.775	1.496.431	1.406.193	1.455.418
2014												
Cat C1	1.293.289	1.031.332	1.374.489	1.367.899	1.365.720	1.294.296	1.335.883	1.367.161	1.290.064	1.459.086	1.375.279	1.427.156
Cat C2	78.580	72.127	77.129	80.008	80.070	76.330	87.728	75.458	73.820	81.972	80.732	83.671
Cat C3	2.572	2.394	3.642	3.081	3.090	3.024	3.222	8.810	9.545	11.118	10.438	2.862
Total	1.374.441	1.105.853	1.455.260	1.450.988	1.448.880	1.373.650	1.426.833	1.451.429	1.373.429	1.552.176	1.466.449	1.513.689

Tabla 191 Transacciones años 2012, 2013 y 2014

5.2.1.1. Proyección de las Transacciones C1 Con Proyecto

Con el modelo de pronóstico con regresión lineal simple se utilizó el mismo indicador industrial que es el IMACEC y se obtuvieron los siguientes datos:

$$\alpha = 110950953$$

$$\beta = 1031633$$

$$R^2 = 94,47\%$$

De tal forma, se obtuvo la siguiente curva para Transacciones C1 Con Proyecto:

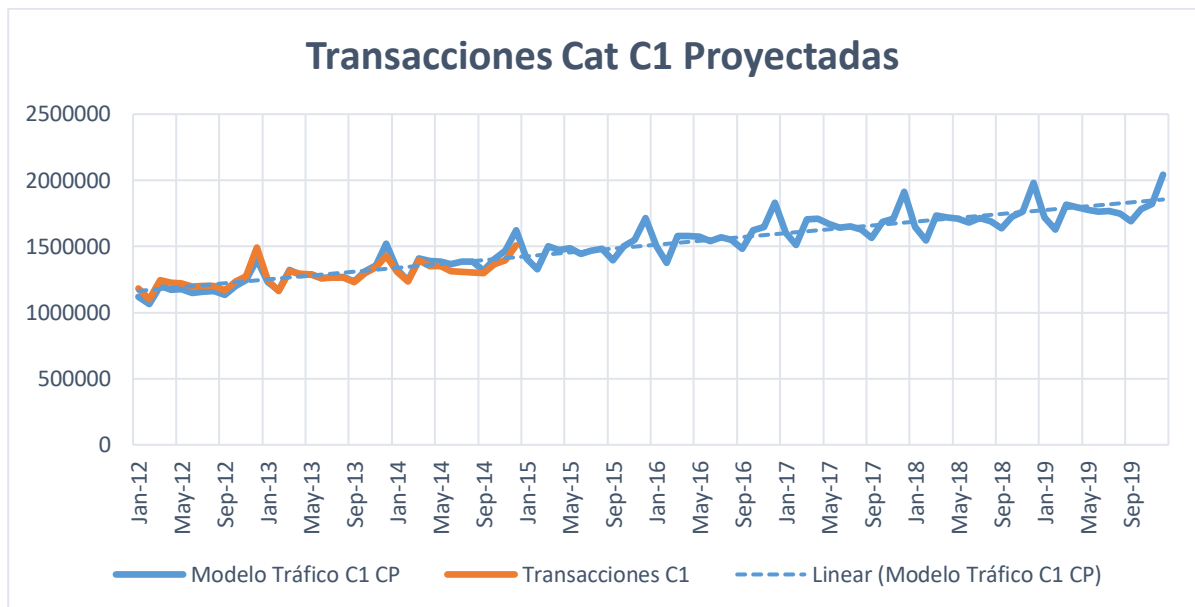


Gráfico 29 Transacciones C1 Proyectadas Con Proyecto

5.2.1.2. Proyección de las Transacciones C2 Con Proyecto

Con el modelo de pronóstico con regresión lineal simple se utilizó el mismo indicador industrial que es el IMACEC y se obtuvieron los siguientes datos:

$$\alpha = 6661243$$

$$\beta = 57488$$

$$R^2 = 95,67\%$$

De tal forma, se obtuvo la siguiente curva para Transacciones C2 Con Proyecto:

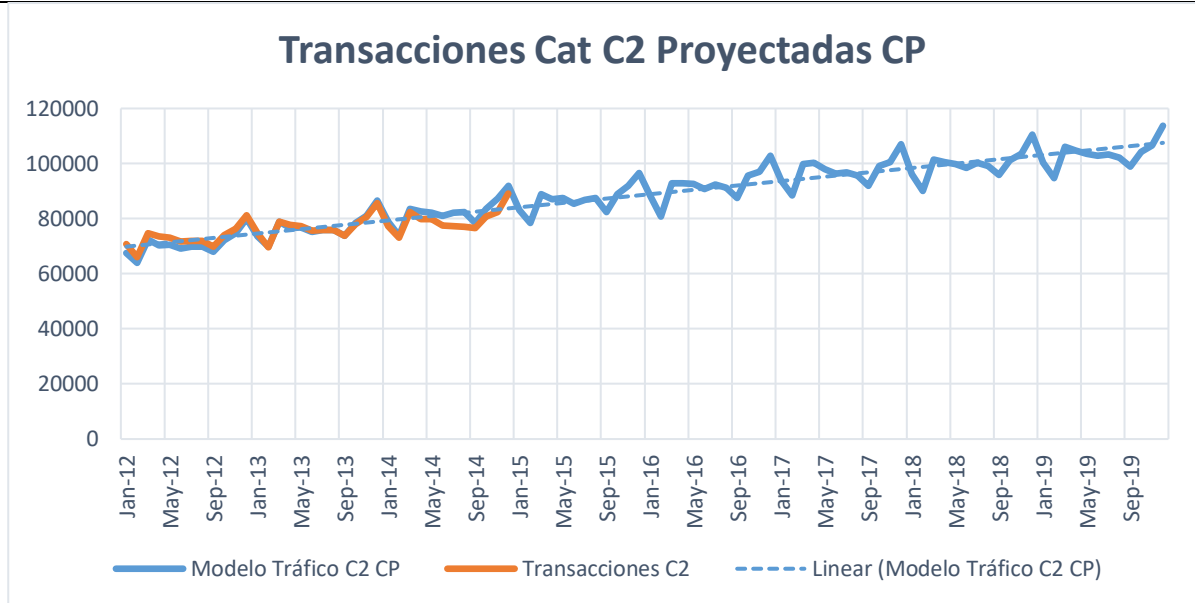


Gráfico 30 Transacciones C2 Proyectadas Con Proyecto

5.2.1.3. Proyección de las Transacciones C3 Con Proyecto

Con el modelo de pronóstico con regresión lineal simple se utilizó el mismo indicador industrial que es el IMACEC y se obtuvieron los siguientes datos:

$$\alpha = 198300$$

$$\beta = 9408$$

$$R^2 = 81,49\%$$

De tal forma, se obtuvo la siguiente curva para Transacciones C3 Con Proyecto:

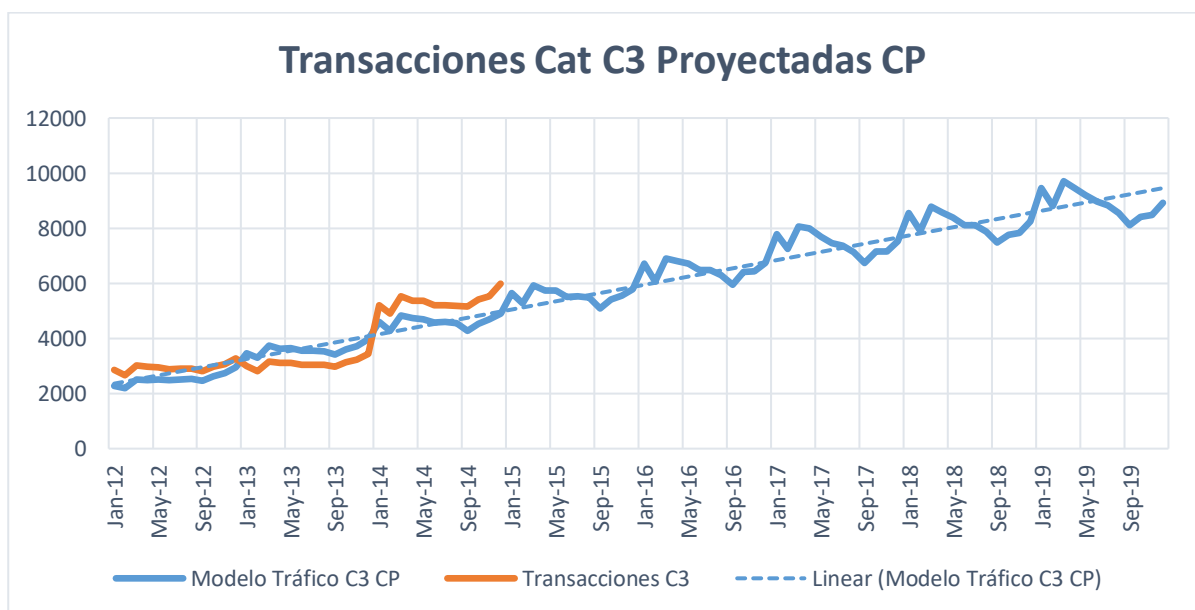


Gráfico 31 Transacciones Cat C3 Proyectadas Con Proyecto



5.2.2. Costos de Producción Con Proyecto

Los costos fijos son los mismos que en la etapa sin proyecto, con la diferencia que hay aumento en el costo en las facilities involucradas en el proyecto. Estas Facilities son la número 5 Salida Pista a Av. El Cerro y la número 6 Salida Pista a Av. Los Conquistadores.

Los costos fijos aumentan, porque al extender las pistas, los contratos de mantenimiento rutinario de saneamiento, seg y señalización vial y paisajismo también aumentan, porque estos contratos dependen del tamaño de los lugares a intervenir.

Los costos variables afectados por el proyecto se ubican en la Facility 8 Seguridad y Asistencia Vial, debido al aumento de pista, aumenta el consumo de combustible para la vigilancia de seguridad diaria, como el consumo de combustible por atención de incidentes en pista.

Para obtener un mayor detalle de las facilities afectadas con el proyecto en costos fijos, observar la sección 5.25.2 Facility 5 Con Proyecto: Pista Av. El Cerro, 5.3 Facility 6 Con Proyecto: Pista Av. Los Conquistadores y 5.4 Facility 8 Con Proyecto: Asistencia y Seguridad Vial del Capítulo IV Costos de Producción.

Se agrega que las obras serán entregadas en enero de 2018, por lo que aumento de tráfico comenzará desde este periodo, lo mismo para los ingresos de peajes.

5.2.3. Momento Mensual Con Proyecto

Período	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18
Ventas												
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Transacción C2	1644239	1542467	1735088	1717218	1708791	1679524	1712218	1691612	1636530	1724499	1763535	1979516
Transacción C2	96066	90137	101428	100429	99728	98332	100277	99105	95915	101108	103433	110503
Transacción C3	8541	7910	8778	8565	8382	8113	8118	7875	7481	7758	7824	8254
Subtotal C2+C3	104607	98047	110205	108993	108110	106445	108395	106980	103396	108866	111257	118757
Transacción Mensual (Veh)	1.748.877	1.640.542	1.845.324	1.826.241	1.816.932	1.785.999	1.820.644	1.798.623	1.739.956	1.833.396	1.874.822	2.098.304
Monto ventas	644.517	603.693	677.982	669.811	663.531	652.659	664.243	655.060	632.446	665.163	678.985	723.895



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

GA&V	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)	(123.966)
Intereses Deuda	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)	(431.470)
Depreciación	(481)	(481)	(481)	(481)	(481)	(481)	(481)	(481)	(481)	(481)	(481)	(481)
Subtotal	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)	(555.917)
Costos variables												
1. Pórtico de Peaje												
E. Eléctrica SOP	16	14	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
E. Eléctrica SEP	208	195	220	217	216	213	217	214	207	218	223	250
Operación Conjunta	11.407	10.700	12.036	11.912	11.851	11.649	11.875	11.731	11.349	11.958	12.228	13.686
Mantenimiento SOP/SEP	8.172	7.665	8.622	8.533	8.490	8.345	8.507	8.404	8.130	8.566	8.760	9.804
2. Acceso a Túnel												
E. Eléctrica	169	153	169	164	169	164	169	169	164	169	164	169
Mantenimiento Rutinario	10.919	10.243	11.521	11.402	11.344	11.151	11.367	11.229	10.863	11.447	11.705	13.101
Mantenimiento Periódico	119	119	119	119	119	119	119	120	120	120	120	120
3. Túnel												
E. Eléctrica	1.445	1.281	1.445	1.390	1.445	1.390	1.445	1.445	1.390	1.445	1.391	1.446
Mantenimiento Rutinario	10.919	10.243	11.521	11.402	11.344	11.151	11.367	11.229	10.863	11.447	11.705	13.101
Mantenimiento Periódico	302	302	302	302	302	303	303	303	303	303	303	303
4. Salida Pista Kennedy												
E. Eléctrica	176	159	176	170	176	170	176	176	170	176	170	176
Mantenimiento Rutinario	6.808	6.386	7.184	7.109	7.073	6.953	7.088	7.002	6.773	7.137	7.298	8.168
Mantenimiento Periódico	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
5. Salida Pista Av. El Cerro												
E. Eléctrica	69	62	69	67	69	67	69	69	67	69	67	69
Mantenimiento Rutinario	3.043	2.854	3.211	3.178	3.161	3.107	3.168	3.129	3.027	3.190	3.262	3.651



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Mantenimiento Periódico	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
6. Salida Pista Av. Los Conquistadores												
E. Eléctrica	69	62	69	67	69	67	69	69	67	69	67	69
Mantenimiento Rutinario	2.482	2.328	2.618	2.591	2.578	2.534	2.583	2.552	2.469	2.601	2.660	2.977
Mantenimiento Periódico	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7. Conservación												
Bono Producción	275	272	272	269	272	272	275	277	277	272	275	285
8. Asistencia y Seguridad Vial												
Bono Producción	1.373	1.360	1.360	1.347	1.360	1.360	1.373	1.387	1.387	1.360	1.373	1.427
Vigilancia en Pista	484	437	484	468	484	468	484	484	468	484	468	484
Incidente Mayor Veh Pesado	24	22	25	25	25	24	25	24	24	25	25	27
Incidente Mayor Veh Liviano	349	327	368	364	362	356	363	359	347	366	374	420
Incidente Menor Todo Veh	50	47	52	52	52	51	52	51	49	52	53	60
9. Centro de Control de Tráfico y Túneles												
Bono Producción	917	911	911	906	911	911	917	923	923	911	917	963
10. Sistema Eléctrico												
Bono Producción	180	179	179	177	179	179	180	182	182	179	180	187
11. SIGCTT												
Bono Producción	129	128	128	126	128	128	129	130	130	128	129	134
12. SIGP												
Bono Producción	155	153	153	152	153	153	155	156	156	153	155	161
13 Redes de Comunicaciones												
Bono Producción	215	213	213	210	213	213	215	217	217	213	215	223



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Subtotal Costo Variable	(60.508)	(56.853)	(63.480)	(62.772)	(62.597)	(61.550)	(62.741)	(62.085)	(60.175)	(63.110)	(64.341)	(71.513)
Costos Fijos												
1. Pórtico de Peaje												
Serv. Y Estudios Mejora Peaje	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027
2. Acceso a Túnel												
MTTO Paisajismo	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682
MTTO Saneamiento	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001
MTTO Seg. Vial y Señalización	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635
Asesoría y Estudio de Pavimentos	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560
3. Túnel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTTO Saneamiento	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001	5.001
MTTO Seg. Vial y Señalización	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635	4.635
Asesoría y Estudio de Pavimentos	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560
4. Salida Pista Kennedy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTTO Paisajismo	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561	561
MTTO Saneamiento	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667
MTTO Seg. Vial y Señalización	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545
Asesoría y Estudio de Pavimentos	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520
5. Salida Pista Av. El Cerro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTTO Paisajismo	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121
MTTO Saneamiento	3.334	3.334	3.334	3.334	3.334	3.334	3.334	3.334	3.334	3.334	3.334	3.334
MTTO Seg. Vial y Señalización	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854
Asesoría y Estudio de Pavimentos	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253
6. Salida Pista Av. Los Conquistadores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTTO Paisajismo	701	701	701	701	701	701	701	701	701	701	701	701
MTTO Saneamiento	2.084	2.084	2.084	2.084	2.084	2.084	2.084	2.084	2.084	2.084	2.084	2.084
MTTO Seg. Vial y Señalización	1.699	1.699	1.699	1.699	1.699	1.699	1.699	1.699	1.699	1.699	1.699	1.699
Asesoría y Estudio de Pavimentos	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520
7. Conservación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Sueldo Supervisor	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Sueldo Ayudante	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Camioneta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Celular	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Combustible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8. Asistencia y Seguridad Vial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sueldo Asistente Vial	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Vehículos de Rescate y Asistencia	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783	1.783
Celulares/Radio	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
MTTO Herramientas de Rescate	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774
Contrato Ambulancia 24Horas	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750	5.750
Contrato Grúa Pesada 24Horas	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
9. Centro de Control de Tráfico y Túneles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sueldo Jefes de Turno	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800
Sueldo Operadores	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Capacitaciones	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Celulares y Radio	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
10. Sistema Eléctrico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sueldo Supervisor Eléctrico	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300
Sueldo Ayudante Eléctrico	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Camioneta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Combustible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Celulares	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
11. SIGCTT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sueldo Supervisor SIGCTT	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Camioneta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Combustible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Celular	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

MTTO SIGCTT	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389	8.389
12. SIGP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sueldo Supervisor SIGP	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Camioneta	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Combustible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Celular	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MTTO SIGP (SOP/SEP)	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738
13 Redes de Comunicaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sueldo Supervisor de Redes	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Celular	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MTTO SIGP (SOP/SEP)	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149
Otros Gastos de Operaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seguros	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111	25.111
Subtotal Costo Fijo	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)	(152.133)
Subtotal CV+CF	(212.641)	(208.986)	(215.613)	(214.905)	(214.730)	(213.683)	(214.874)	(214.218)	(212.308)	(215.243)	(216.474)	(223.646)
Resultado antes de impuesto	(124.042)	(161.211)	(93.549)	(101.011)	(107.117)	(116.941)	(106.549)	(115.076)	(135.780)	(105.998)	(93.406)	(55.668)
Depreciación	481	481	481	481	481	481	481	481	481	481	481	481
Amortización	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)	(47.800)
Interes deuda	431.470	431.470	431.470	431.470	431.470	431.470	431.470	431.470	431.470	431.470	431.470	431.470
Ingresos menos egresos	260.109	222.941	290.603	283.140	277.035	267.210	277.603	269.076	248.372	278.153	290.746	328.483

Tabla 192 Momento Mensual Con Proyecto



CAPITULO VII: MODELO DE SIMULACION FINANCIERA

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentarán los modelos financieros de la empresa con datos reales, utilizando un modelo de Pro.Forma Financiera para proyectar el balance, EERR y FCF para determinar el valor de la firma sin y con proyecto.

Para las distintas proyecciones se utilizarán simulaciones de los capítulos V y VI que tienen relación con las proyecciones de ventas y costos de operación.

La estructura del capítulo se basa en construir un modelo financiero con datos obtenidos de los estados financieros reales de la memoria anual de la empresa.

El modelo financiero son las simulaciones financieras sin y con proyecto y se realiza con la Pro Forma Financiera, la cual incorpora los supuestos de proyección, EERR y Balance Proyectado, cálculo de WACC y CAPM, y el Flujo de Caja para finalmente, obtener el Valor Firma sin y Con Proyecto y determinar si el proyecto evaluado crea o destruye valor para la empresa.

2. MODELOS DE SIMULACIÓN FINANCIERO

2.1.Estados Financieros de la Empresa

2.1.1. Estado de Resultados

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2009	2010	2011	2012	2013	2014/0
ESTADOS DE RESULTADOS						
Ingresos operacionales	\$3.271.205	\$5.481.644	\$4.512.164	\$5.039.548	\$5.380.673	\$5.929.760
Costos operacionales	\$-1.708.214	\$-2.026.829	\$-1.709.817	\$-1.850.968	\$-2.384.381	\$-2.338.730
Utilidad operacional	\$1.562.991	\$3.454.815	\$2.802.347	\$3.188.580	\$2.996.292	\$3.591.030
Ventas, generales y gastos administrativos	\$-842.685	\$-893.314	\$-1.102.518	\$-899.878	\$-804.251	\$-784.578
Depreciación Planta y Equipos	\$-55.864	\$-53.862	\$-58.219	\$-57.290	\$-16.875	\$-6.939
Amortización Intangible	\$-310.546	\$-366.990	\$-409.759	\$-442.931	\$-566.907	\$-764.386
Intereses sobre la deuda	\$-5.065.754	\$-3.615.802	\$-3.808.241	\$-4.173.152	\$-4.341.580	\$-7.576.934
Ingresos Financieros	\$323.226	\$330.383	\$205.340	\$217.150	\$177.057	\$198.456
Resultado por unidades de reajuste	\$2.156.440	\$-1.613.364	\$-2.867.763	\$51.468	\$-2.270.069	\$-2.844.705
Utilidad antes de impuestos	\$-2.232.192	\$-2.758.134	\$-5.238.813	\$-2.116.053	\$-4.826.333	\$-8.188.056
Impuestos						\$0
Utilidad (Pérdida) después de impuesto	\$-2.232.192	\$-2.758.134	\$-5.238.813	\$-2.116.053	\$-4.826.333	\$-8.188.056
Dividendos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidades retenidas (Pérdida)	\$-2.232.192	\$-2.758.134	\$-5.238.813	\$-2.116.053	\$-4.826.333	\$-8.188.056



Tabla 193 EERR TSC años 2009 a 2014

1) Descripción de los Items de los Estados de Resultados TSC

- a) Ingresos Operacionales: Son los ingresos Explotación y Otros cobros autorizados por el MOP
- b) Costos Operacionales: Son los costos de operación (sueldo personal operativo, seguros, clientes incobrables, otros) y Mantenimiento (SIGTTP, Estructuras, Pavimento, otros)
- c) Utilidad Operacional: Es el margen Bruto entre el ingreso y costo operacional
- d) Ventas, Generales y Gastos Administrativos: Corresponden a gastos administrativos (Sueldos personal administrativo, mantenimiento administrativo, seguros generales, otros)
- e) Depreciación Planta y Equipos: Corresponde a la depreciación de equipos y planta no intangibles
- f) Amortización Intangible: Es la amortización de los intangibles como SIGTTP, Estructuras, Túneles y Obras Civiles
- g) Intereses sobre la deuda: Intereses devengados durante el ejercicio
- h) Ingresos Financieros: Inversiones a plazo
- i) Resultado por unidad de reajuste: Resultado debido a que la empresa realiza uso de pesos chilenos y UF
- j) Utilidad Antes de Impuesto: Utilidad Bruta sin impuesto
- k) Impuesto: Se considera de un 19%
- l) Utilidad (Pérdida) después de impuesto: Utilidad neta luego de aplicar impuesto
- m) Utilidad Retenidas (Pérdidas): Parte de la ganancia reservada exclusivamente para la empresa

2.1.2. Balance General

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2009	2010	2011	2012	2013	2014/0
BALANCE						
ACTIVOS						
Caja y equivalentes	\$7.493.189	\$1.817.265	\$2.115.787	\$1.553.088	\$1.494.605	\$1.571.769
Cuentas por cobrar	\$1.184.581	\$3.205.921	\$2.084.465	\$1.910.790	\$1.985.594	\$2.474.978
Otros Activos Corrientes	\$151.831	\$175.155	\$177.375	\$863.324	\$173.014	\$1.814.708
Total activos corrientes	\$8.829.601	\$5.198.341	\$4.377.627	\$4.327.202	\$3.653.213	\$5.861.455
Plantas y equipos brutos	\$353.466	\$349.591	\$377.557	\$381.033	\$356.014	\$339.913
Depreciación Acumulada Plant ay Equipos	\$-110.541	\$-164.403	\$-222.622	\$-279.912	\$-296.787	\$-303.726
Plantas y equipos netos	\$242.925	\$185.188	\$154.935	\$101.121	\$59.227	\$36.187
Intangibles Bruto	\$53.268.372	\$52.370.413	\$52.370.414	\$52.370.414	\$52.370.414	\$52.370.413
Amortización Intangible Acumulada	\$-355.416	\$-722.406	\$-1.132.165	\$-1.575.096	\$-2.142.003	\$-2.906.389
Intangible Neto	\$52.912.956	\$51.648.007	\$51.238.249	\$50.795.318	\$50.228.411	\$49.464.024
Total activos	\$61.985.482	\$57.031.536	\$55.770.811	\$55.223.641	\$53.940.851	\$55.361.666
PASIVOS						
Porción circulante de deuda largo plazo Banco	\$5.972.041	\$759.170	\$520.659	\$753.988	\$1.426.243	\$0
Porción Circulante de deuda largo plazo Accionistas	\$258.632	\$869.297	\$695.239	\$348.231	\$445.217	\$88.051
Cuentas por pagar	\$898.975	\$303.025	\$317.198	\$196.388	\$284.336	\$355.408
Gastos diferidos	\$62.457	\$33.946	\$28.993	\$20.067	\$21.469	\$19.417
Total pasivos corrientes	\$7.192.105	\$1.965.438	\$1.562.089	\$1.318.674	\$2.177.265	\$462.876
Deuda a largo plazo con Bancos	\$39.076.453	\$40.033.023	\$42.294.250	\$42.003.747	\$42.502.690	\$51.530.311
Deuda a largo plazo con Accionistas	\$17.638.420	\$19.712.705	\$21.832.915	\$23.935.716	\$26.121.725	\$28.417.364
Total pasivos	\$63.906.978	\$61.711.166	\$65.689.254	\$67.258.137	\$70.801.680	\$80.410.551
PATRIMONIO						
Acciones ordinarias	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027
Utilidades retenidas	\$-8.855.523	\$-11.613.657	\$-16.852.470	\$-18.968.523	\$-23.794.856	\$-31.982.912
Total patrimonio	\$-1.921.496	\$-4.679.630	\$-9.918.443	\$-12.034.496	\$-16.860.829	\$-25.048.885
Total pasivo y patrimonio	\$61.985.482	\$57.031.536	\$55.770.811	\$55.223.641	\$53.940.851	\$55.361.666

Tabla 194 Balance General TSC años 2009 a 2014



1) Descripción de Items del Balance

- a) Activos Corrientes:
 - i) Caja y Equivalentes: Efectivo de la empresa
 - ii) Cuentas por Cobrar: Representan los ingresos operacionales que serán recuperados en dinero en sumas parciales.
 - iii) Otros Activos Corrientes: Pueden ser financieros (depósitos a plazo) y no financieros
- b) Activos No Corrientes:
 - i) Plantas y Equipos: Muebles y equipos de oficina, Vehículos de rescate, equipos de seguridad, instalaciones de terceros, activos propios en pista.
 - ii) Intangibles: Toda Construcción de Túneles y obras civiles, Sistema Integrado de Gestión y Control de Tráfico, Túneles y Peaje, Edificio de operación.
- c) Pasivos Corrientes:
 - i) Porción Circulante de Deuda a Largo Plazo Banco: Debido a la venta de parte de la empresa, se realizó una refinanciación que se realizó el año 2014 con tres años sin amortización.
 - ii) Porción Circulante de Deuda a Largo Plazo Accionistas: La deuda a largo plazo no tiene amortización porque es una deuda tipo Bullet. Los Accionistas solo cobran intereses.
 - iii) Cuentas por pagar: Deuda a acreedores y proveedores.
 - iv) Gastos Diferidos: Gastos pagados por adelantado por la empresa y que no son susceptible a ser recuperados.
- d) Pasivos No Corrientes:
 - i) Deuda Largo Plazo con Bancos: Deuda con acreedores que financiaron la construcción de las obras civiles y túneles de la autopista.
 - ii) Deuda Largo Plazo con Accionistas: Deuda con accionistas, distinta a patrimonio, que financiaron el Sistema Integrado de Gestión y Control de Tráfico, Túneles y Peaje.
- e) Patrimonio:
 - i) Acciones Ordinarias: Acciones que permanecen fijas durante el tiempo requeridas por Licitación de Autopista
 - ii) Utilidades Retenidas: Ganancias netas acumuladas después del pago de dividendos o Déficit acumulados.

2.1.3. Análisis de Ratios

RAZONES FINANCIERAS	2009	2010	2011	2012	2013	2014/0
Rentabilidad						
Margen de Utilidad o Retorno sobre las ventas	-68,2%	-50%	-116%	-42%	-90%	-138%
Retorno del Capital	-3,1%	-3,5%	-6,0%	-2,3%	-4,9%	-6,9%
Retorno sobre la inversión de capitales	-4,1%	-5,0%	-9,7%	-3,9%	-9,3%	-14,9%
Retorno sobre el patrimonio	-14,1%	-14,9%	-22,0%	-8,2%	-15,7%	-21,0%
Retorno sobre el activo	-3,6%	-4,8%	-9,4%	-3,8%	-8,9%	-14,8%
Liquidez o Solvencia						
Razón Corriente	1,23	2,64	2,80	3,28	1,68	12,66
Activos rápidos	-	-	-	-	-	-
Prueba acida o Razón rápida	-	-	-	-	-	-
Apalancamiento						
Activos / patrimonio	3,9	3,1	2,3	2,1	1,8	1,4
Deuda / capital total	78,2%	76,3%	72,9%	71,8%	69,1%	67,3%
Patrimonio / capital total	21,8%	23,7%	27,1%	28,2%	30,9%	32,7%
Cobertura de interés	0,56	0,24	-0,38	0,49	-0,11	-0,08
Razones de actividad						
Rotación Activos Totales Ventas / activos	0,05	0,10	0,08	0,09	0,10	0,11
Período de Recaudación Promedio en días	132,2	213,5	168,6	138,4	134,7	152,3
Rotación del Inventario en días	-	-	-	-	-	-



Rotación de las Cuentas por Pagar en días	27,3	196,8	42,7	42,2	45,9
R CXC	2,76	1,71	2,16	2,64	2,71
R CxP	1,90	6,69	5,39	9,43	8,39

Tabla 195 Razones Financieras TSC años 2009 al 2014

2.1.3.1. *Liquidez o Solvencia*

Se observa que la empresa tiene una buena capacidad de pago a corto plazo. Al tener una razón corriente resultante elevada, mayor solvencia y capacidad de pago se tiene, lo cual es una garantía tanto para la empresa de que no tendrá problemas para pagar sus deudas, como para sus acreedores, puesto que tendrán certeza de que su inversión no se perderá, que está garantizada. Respecto al año 2014, existe un aumento de la razón corriente debido a la venta de la empresa en la cual los nuevos accionistas solicitaron nuevo préstamo bancario a largo plazo con tres años sin pago de amortizaciones, y el préstamo anterior entregado por los accionistas a largo plazo, se modificó a un préstamo tipo Bullet, en el cual solo se pagan los intereses y no se amortiza, por lo tanto, el Total de pasivo corriente, disminuyó drásticamente. Los indicadores de activos rápidos y prueba ácida no se realizarán debido a que la empresa no tiene inventarios.

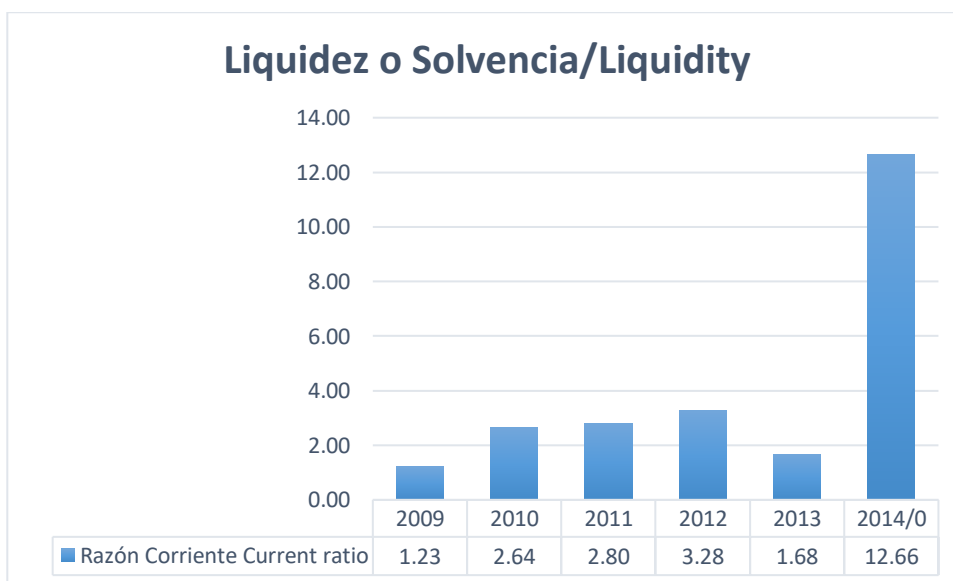


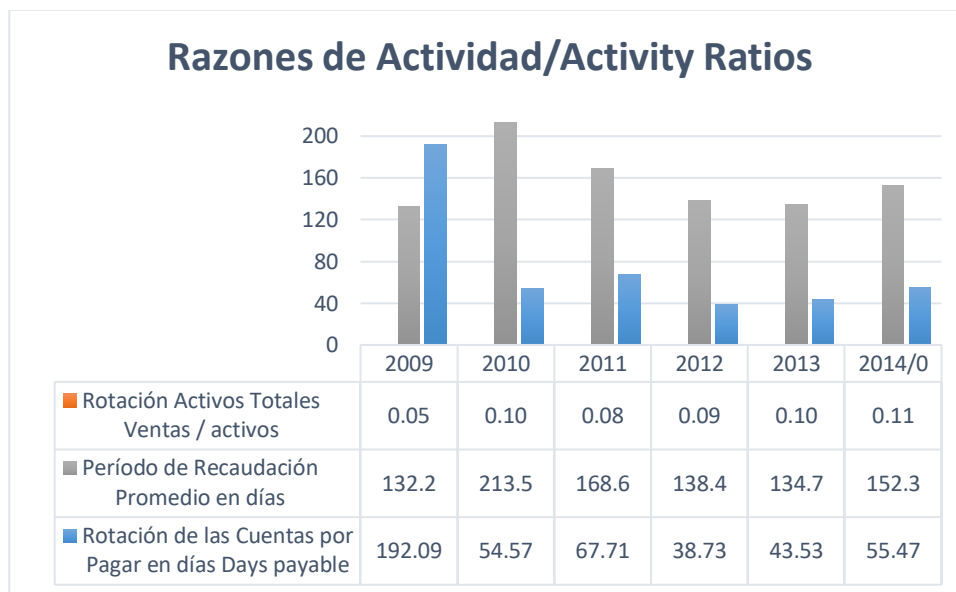
Gráfico 32 Razón Corriente TSC años 2009 al 2014

2.1.3.2. *Razones de Actividad*

La empresa no es muy eficiente en sus ventas (Ventas/Activos), por cada activo invertido es poca la venta. Tampoco lo es en el cobro del efectivo de las cuentas por cobrar, demorándose un promedio de hasta 5 meses. Respecto a la rotación de cuentas por pagar, éstas son muchos menores a la rotación de cuentas por cobrar, llegando a tener un promedio cercano a los 90 días en los últimos 3 años. En resumen, la empresa no tiene una actividad muy eficiente. Pero si se compara con Costanera Norte, sus ventas son

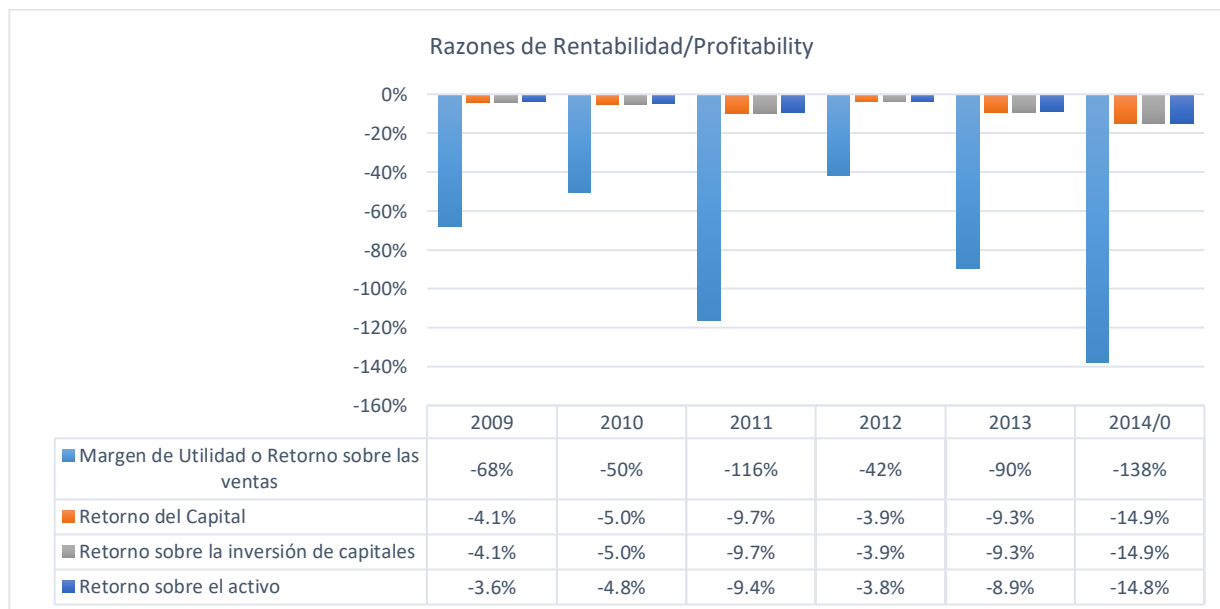


menores aun respecto a los activos llegando a 0,02 (Ventas/Activos), el promedio de cobro es de 180 días (6 meses) en promedio y el pago a proveedores tiene un promedio en 90 días. En este caso, la empresa tiene una actividad más eficiente que Costanera Norte.



2.1.3.3. Rentabilidad

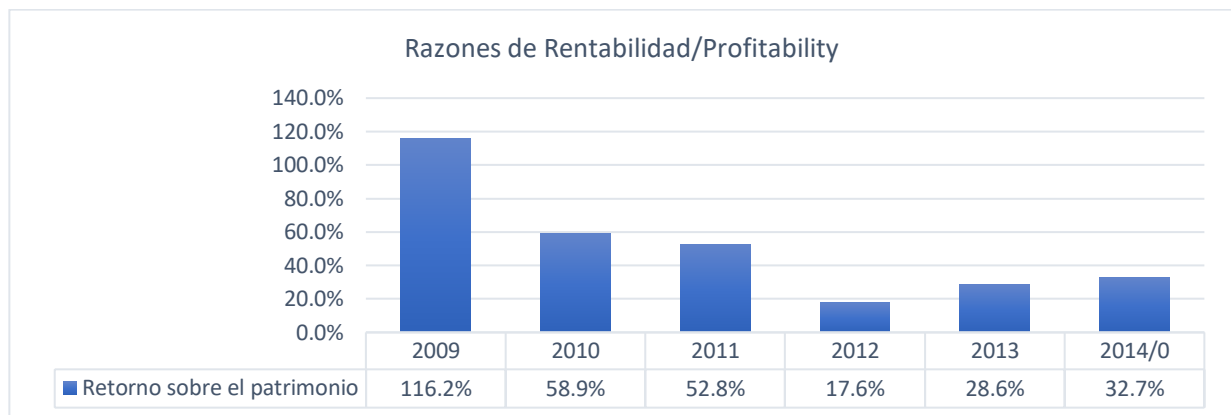
Las razones de rentabilidad tienen valores negativos debido a que la Utilidad después de Impuesto y el Patrimonio Total son negativos, lo que implica que los ratios también sean negativos.



Respecto a Costanera Norte, no es posible realizar una comparación porque sus números son positivos y desde ese punto de vista, esa empresa tiene una mejor rentabilidad que Túnel San Cristóbal.

Respecto al retorno de Patrimonio (ROE), se tiene valores positivos, pero se debe considerar que tanto

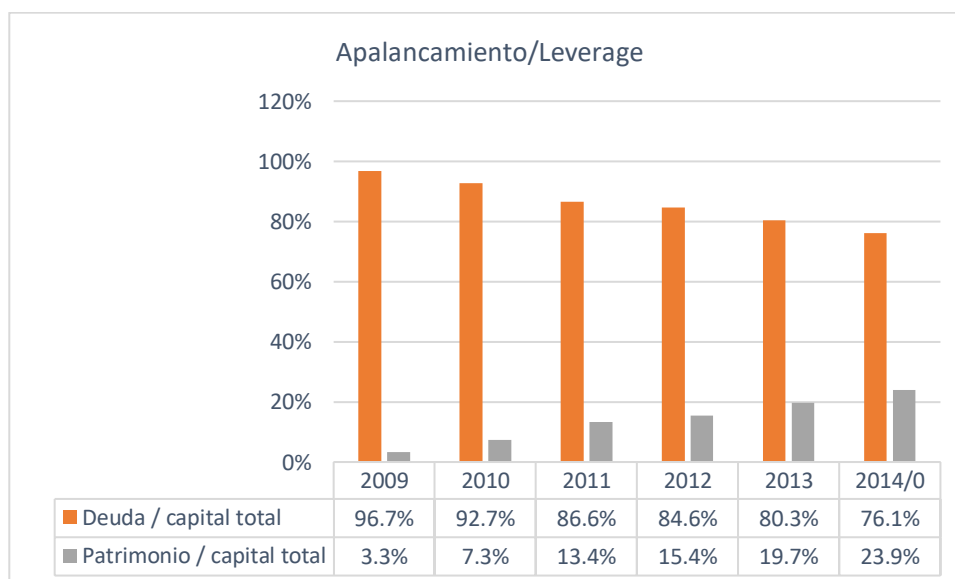
las utilidades después de Impuesto y el Patrimonio tienen valores negativos.



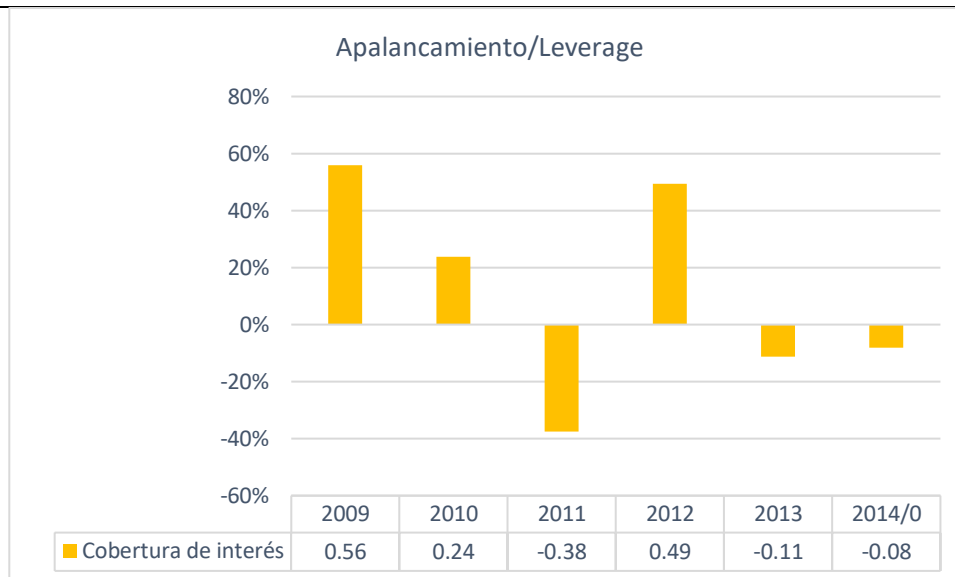
La rentabilidad de la empresa se encuentra en perjuicio, pero si se considera que son los intereses del largo plazo los que mantienen el resultado en negativo y no los SG&A ni los costos operacionales; además que la estructura es como project finance sin recurso para sus accionistas, con restricciones para el reparto de dividendos y flujos a sus propietarios, por lo tanto, se infiere que la estrategia de la empresa es ser apalancada en casi su totalidad con deuda, lo que afecta el EBITDA en forma negativa.

2.1.3.4. Endeudamiento (Apalancamiento)

La empresa es apalancada con deuda sindicada y crédito de accionistas. En un inicio se puede apreciar un razón de endeudamiento cercano al 100% de deuda, pero a lo largo de los años ha ido disminuyendo este valor. Para efecto de capital total, se debe considerar que el patrimonio es negativo.



Respecto a la cobertura de interés, la empresa no está siendo capaz de cumplir con sus obligaciones financieras.



2.2. Proyección de Estados Financieros Sin Proyecto

2.2.1. Supuestos de Proyección

2.2.1.1. Utilidad y Pérdida Proyectada

- Ingresos Operacionales:

Los ingresos operacionales sin proyecto serán proyectados con el modelo de ventas basado en regresión lineal simple que fue explicado en el capítulo V de Demanda. Para la simulación con proyecto, desde el año 1 al 3 se considera la proyección sin proyecto y desde el año 3 en adelante se considera el aumento de las ventas según el beneficio que entrega el proyecto.

- Costos Operacionales:

Los costos operacionales para la simulación sin proyecto serán proyectados con el modelo del Momento Mensual que fue explicado en el capítulo VI de Simulación de Producción y Costos. Para la simulación con Proyecto, desde el año 1 al 3 se considera la proyección sin proyecto y desde el año 3 en adelante se considera la variación del momento mensual con proyecto.

- Ventas, Generales y Gastos Administrativos:

El ítem SG&A se obtendrá a través del promedio de los años 2009 al 2014 entre SG&A/Ingresos Operacionales del cual se desprende los siguientes datos de proyección

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio	
=C23/-C20-->	26%	16%	24%	18%	15%	13%	19%	<--=AVERAGE(C4:H4)

- Depreciación de Planta y Equipos:



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

La depreciación se realiza en forma lineal del saldo de Propiedades, Planta y Equipos

Propiedades, Plantas y Equipos	Años de Vida Útil	Saldo
Muebles de oficina	7	\$ 3.527
Equipos de oficina	3	\$ 2.097
Equipos computacionales	6	\$ 6.195
Vehículos	7	\$ -
Equipos de seguridad	7	\$ 16.190
Instalaciones de terceros	4	\$ 5.862
Activos Propios en Pista	5	\$ 2.316

		Depreciación Lineal								
Propiedades, Plantas y Equipos	Años de Vida Útil									
		=F\$3/E\$3-->	1	2	3	4	5	6	7	Subtotal
Muebles de oficina	7		\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$3.527
Equipos de oficina	3		\$699	\$699	\$699					\$2.097
Equipos computacionales	6		\$1.033	\$1.033	\$1.033	\$1.033	\$1.033	\$1.033		\$6.195
Vehículos	7									\$0
Equipos de seguridad	7		\$2.313	\$2.313	\$2.313	\$2.313	\$2.313	\$2.313	\$2.313	\$16.190
Instalaciones de terceros	4		\$1.466	\$1.466	\$1.466	\$1.466				\$5.862
Activos Propios en Pista	5		\$463	\$463	\$463	\$463	\$463			\$2.316
Depreciación Total Anual			\$6.477	\$6.477	\$6.477	\$5.778	\$4.312	\$3.849	\$2.817	

• Amortización Intangible:

El método de amortización utilizado por la Sociedad es creciente en función de los ingresos devengados reales acumulados con respecto al total de ingresos devengados proyectados hasta el término de la concesión.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ingresos Reales Acumulados	\$3.271.205	\$5.481.644	\$4.512.164	\$5.039.548	\$5.380.673	\$5.929.760
Depreciación	\$ 310.546	\$ 366.990	\$ 409.759	\$ 442.931	\$ 566.907	\$ 764.386
=G17/G16->	9,49%	6,69%	9,08%	8,79%	10,54%	12,89%
Ingresos Reales Proyectados	\$3.581.751	\$5.848.634	\$4.921.923	\$5.482.479	\$5.947.580	\$6.694.146

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Reales Acumulados	\$6.475.724	\$6.984.046	\$7.502.327	\$7.795.218	\$8.183.744	\$8.498.675	\$8.788.318	\$9.053.879	\$9.296.515	\$9.517.336
Depreciación	\$583.082	\$536.774	\$504.191	\$688.397	\$815.713	\$1.024.240	\$1.270.082	\$1.547.987	\$1.852.593	\$2.178.609
=(L18/G18)^(1/5)-1->	6,31%	91%	92%	93%	91%	90%	88%	86%	83%	80%
Ingresos Reales Proyectados	\$7.116.503	\$7.565.509	\$8.042.844	\$8.550.295	\$9.089.764	\$9.663.270	\$10.272.960	\$10.921.117	\$11.610.169	\$12.342.696

• Intereses de Deuda:

Los intereses de deuda se deben a los créditos a largo plazo sindicados con crédito bancario y con crédito a través de accionistas

DEUDA A LARPO PLAZO POR INTANGIBLES BANCARIO

Importe Máximo	\$ 2.150.000,00	UF
Plazo	19	años
Periodo de Interés	Semestral	
Tasa	5,25%	Fija anual
tasa efectiva	5,55%	



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

	Nper	Cuotas	Interés	Amortización	Saldo
	0				\$2.150.000,0
2014	1	119325,00	\$119.325,0	\$0,0	\$2.150.000,0
2015	2	119325,00	\$119.325,0	\$0,0	\$2.150.000,0
2016	3	119325,00	\$119.325,0	\$0,0	\$2.150.000,0
2017	4	206221,45	\$119.325,0	\$86.896,4	\$2.063.103,6
2018	5	206221,45	\$114.502,2	\$91.719,2	\$1.971.384,3
2019	6	206221,45	\$109.411,8	\$96.809,6	\$1.874.574,7
2020	7	206221,45	\$104.038,9	\$102.182,6	\$1.772.392,2
2021	8	206221,45	\$98.367,8	\$107.853,7	\$1.664.538,5
2022	9	206221,45	\$92.381,9	\$113.839,6	\$1.550.698,9
2023	10	206221,45	\$86.063,8	\$120.157,7	\$1.430.541,3
2024	11	206221,45	\$79.395,0	\$126.826,4	\$1.303.714,9
2025	12	206221,45	\$72.356,2	\$133.865,3	\$1.169.849,6
2026	13	206221,45	\$64.926,7	\$141.294,8	\$1.028.554,8
2027	14	206221,45	\$57.084,8	\$149.136,7	\$879.418,1
2028	15	206221,45	\$48.807,7	\$157.413,7	\$722.004,4
2029	16	206221,45	\$40.071,2	\$166.150,2	\$555.854,2
2030	17	206221,45	\$30.849,9	\$175.371,5	\$380.482,6
2031	18	206221,45	\$21.116,8	\$185.104,7	\$195.378,0
2032	19	206221,45	\$10.843,5	\$195.378,0	\$0,0

Para el traspaso a Pesos Chilenos, se utilizó el valor de la UF al final del año calendario y los restantes fueron proyectados a través de regresión lineal simple con herramienta de Excel, quedando la siguiente tabla:

AÑO	Valor UF	En M\$ CLP	En M\$ CLP	Saldo
		Interés	Amortización	
				\$50.122.025,5
2015	23312,57	\$2.781.772,4	\$0,0	\$50.122.025,5
2016	24627,1	\$2.938.628,7	\$0,0	\$52.948.265,0
2017	25.629,09	\$3.058.191,2	\$0,0	\$55.102.543,5
2018	26.348,83	\$3.144.074,1	\$2.289.619,8	\$54.360.364,7
2019	26799,01	\$3.068.546,9	\$2.457.983,8	\$52.831.148,8
2020	27565,79	\$3.016.023,6	\$2.668.633,6	\$51.674.133,3
2021	28310,86	\$2.945.430,7	\$2.892.875,9	\$50.177.946,8
2022	29.069,39	\$2.859.490,9	\$3.135.240,8	\$48.387.118,6
2023	29.938,73	\$2.765.796,5	\$3.408.212,1	\$46.425.958,2
2024	30.712,26	\$2.643.213,9	\$3.690.313,8	\$43.935.162,1
2025	31.485,80	\$2.499.816,2	\$3.993.230,7	\$41.048.503,0
2026	32.259,33	\$2.334.161,8	\$4.318.404,3	\$37.738.565,9
2027	33.032,87	\$2.144.713,4	\$4.667.372,0	\$33.976.111,8
2028	33.806,40	\$1.929.831,2	\$5.041.773,4	\$29.729.960,1

**DEUDA A LARPO PLAZO CON
ACCIONISTAS**

Importe Máximo	\$	734.200,00	UF
Plazo		20	años
Periodo de Interés	Anual		Tasa Máxima Convencional con Operaciones reajustables en moneda nacional de un año o más.
Tasa Máxima	10,02%		Superiores al equivalente de 2000 UF
Capitalizable			Fija anual
Semestralmente	5,01%		semestral
tasa efectiva	10,27%		
Crédito tipo Bullet			



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Años	Nper	Cuotas	Interés	Amortización	Saldo
	0				\$734.200,0
2009	1	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2010	2	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2011	3	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2012	4	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2013	5	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2014	6	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2015	7	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2016	8	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2017	9	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2018	10	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2019	11	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2020	12	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2021	13	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2022	14	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2023	15	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2024	16	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2025	17	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2026	18	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2027	19	\$75.409,7	\$75.409,7	\$0,0	\$734.200,0
2028	20	\$809.609,7	\$75.409,7	\$734.200,0	

Para el traspaso a pesos chilenos, se utilizó el valor de la UF al final del año calendario y los restantes fueron proyectados a través de regresión lineal simple con herramienta de Excel, quedando la siguiente tabla:

Años	Valor UF	En M\$ CLP Interés	En M\$ CLP Amortización	Saldo
				\$12.895.485,0
2009	24023,61	\$1.177.083,0	\$0,0	\$17.638.134,5
2010	24627,1	\$1.198.901,0	\$0,0	\$19.712.705,0
2011	24982,96	\$1.325.439,0	\$0,0	\$21.832.915,0
2012	25629,09	\$1.420.187,0	\$0,0	\$23.935.716,0
2013	26052,07	\$1.672.554,0	\$0,0	\$26.121.725,0
2014	23312,57	\$1.706.636,0	\$0,0	\$28.417.364,0
2015	24627,10	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2016	25629,09	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2017	26348,83	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2018	26799,01	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2019	27565,79	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2020	28310,86	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2021	29069,39	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2022	29938,73	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2023	30712,26	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2024	31485,80	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0
2025	23967,59	\$1.906.627,6	\$0,0	\$28.417.364,0

- Ingresos Financieros:

Se define mantener constante el valor del ingreso financiero del último año (2014) para todos los años proyectados en \$198.456



2.2.1.2. Supuestos de Balance (Activos y Pasivos)

- Caja y Equivalentes:

El ítem caja se obtendrá del saldo final de cada año del presupuesto de caja

- Cuentas Por Cobrar:

Las cuentas por cobrar se proyectarán como los ingresos operacionales sobre la Rotación de las cuentas por cobrar del año anterior.

$$\text{Cuentas Por Cobrar} = \frac{\text{Ingreso operacional}}{\text{Rotación CxC año anterior}}$$

- Otros Activos Corrientes:

Para su proyección se obtiene el porcentaje de Otros Activos corrientes sobre el Ingreso Operacional de los años 2009 al 2014, para luego obtener el promedio que será la proporción de crecimiento de Otros Activos Corrientes Proyectados.

$$\%Prom. = \frac{\text{Otros Activos Corrientes}}{\text{Ingresos Operacionales}} \text{ de años 2009 al 2014}$$

$$\text{Otros Activos Corrientes} = \%Prom. * \text{Otros Act. Corrientes año anterior}$$

- Plantas y Equipos Brutos:

Se proyecta como la suma de Plantas y Equipos Brutos del año anterior por la Inversión de Plantas y Equipos Brutos en el año actual.

- Depreciación Acumulada de Plantas y Equipos:

Se proyecta como la suma de la Depreciación Acumulada de Planta y Equipos del año anterior, más la depreciación de Planta y Equipos del año en actual (Ítem EERR).

- Plantas y Equipos Netos:

Se proyecta como la suma de Planta y Equipos Brutos y la depreciación acumulada de plantas y equipos

- Intangibles Brutos:

Se proyecta como la suma de Intangibles Brutos del año anterior por la Inversión de Intangible Bruto en el año actual.

- Depreciación Acumulada de Intangibles:

Se proyecta como la suma de la Amortización Acumulada de Intangibles del año anterior, más la Amortización de Intangible del año en actual (Ítem EERR).

- Intangibles Netos:

Se proyecta como la suma de Intangibles Brutos y la Amortización de Intangible acumulada

- Porción Circulante de la deuda a Largo Plazo Banco:

Se proyecta con la amortización de la deuda a largo plazo. Deuda sindicada con banco



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

- Porción Circulante de la deuda a Largo Plazo Accionista:

Se proyecta con la amortización de la deuda a largo plazo que la empresa haya contraído con los accionistas.

- Cuentas por Pagar:

Las cuentas por pagar se proyectarán como los costos operacionales sobre la Rotación de las cuentas por pagar del año anterior.

$$\text{Cuentas Por Pagar} = \frac{\text{Costo operacional}}{\text{Rotación CxP año anterior}}$$

- Gastos Diferidos:

Los gastos diferidos se proyectarán como sigue:

+ Total Activos

— Suma de Porción Circulante Largo Plazo y Cuentas Por Pagar

— Suma de Deuda a Largo Plazo

— Suma de Acciones Ordinarias y Utilidades Retenidas

Gastos Diferidos



2.2.2. Estado de Resultado Projectado Sin Proyecto

Los valores de Ingresos Operacionales se obtuvieron del Modelo de Pronóstico de Ventas y los Costos Operacionales se obtuvieron del Momento Mensual de Producción.

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ESTADOS DE RESULTADOS										
Ingresos operacionales	\$6.475.724	\$6.984.046	\$7.502.327	\$7.795.218	\$8.183.744	\$8.498.675	\$8.788.318	\$9.053.879	\$9.296.515	\$9.517.336
Costos operacionales	\$-2.452.764	\$-2.487.696	\$-2.524.671	\$-2.541.613	\$-2.568.446	\$-2.588.956	\$-2.607.681	\$-2.624.502	\$-2.640.012	\$-2.654.063
Utilidad operacional	\$4.022.961	\$4.496.350	\$4.977.657	\$5.253.605	\$5.615.299	\$5.909.719	\$6.180.637	\$6.429.377	\$6.656.503	\$6.863.273
Ventas, generales y gastos administrativos	\$-1.214.480	\$-1.309.812	\$-1.407.012	\$-1.461.942	\$-1.534.807	\$-1.593.871	\$-1.648.191	\$-1.697.995	\$-1.743.500	\$-1.784.914
Depreciación Planta y Equipos	\$-6.477	\$-6.477	\$-6.477	\$-5.778	\$-4.312	\$-3.849	\$-2.817	\$0	\$0	\$0
Amortización Intangible	\$-583.082	\$-536.774	\$-504.191	\$-688.397	\$-815.713	\$-1.024.240	\$-1.270.082	\$-1.547.987	\$-1.852.593	\$-2.178.609
Intereses sobre la deuda	\$-4.845.256	\$-4.964.819	\$-5.050.702	\$-4.975.174	\$-4.922.651	\$-4.916.768	\$-4.910.886	\$-4.905.003	\$-4.899.120	\$-4.893.237
Ingresos Financieros	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456
Resultado por unidades de reajuste	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidad antes de impuestos	\$-2.427.879	\$-2.123.076	\$-1.792.270	\$-1.679.230	\$-1.463.729	\$-1.430.554	\$-1.452.883	\$-1.523.152	\$-1.640.255	\$-1.795.031
Impuestos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidad (Pérdida) después de impuesto	\$-2.427.879	\$-2.123.076	\$-1.792.270	\$-1.679.230	\$-1.463.729	\$-1.430.554	\$-1.452.883	\$-1.523.152	\$-1.640.255	\$-1.795.031
Dividendos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidades retenidas (Pérdida)	\$-2.427.879	\$-2.123.076	\$-1.792.270	\$-1.679.230	\$-1.463.729	\$-1.430.554	\$-1.452.883	\$-1.523.152	\$-1.640.255	\$-1.795.031

2.2.3. Balance General Projectado Sin Proyecto

BALANCE

ACTIVOS

Caja y equivalentes	\$2.139.339	\$3.178.207	\$2.442.446	\$1.957.967	\$1.766.821	\$1.789.399	\$1.993.584	\$2.328.820	\$2.787.912	\$3.345.456
Cuentas por cobrar	\$2.702.854	\$2.915.018	\$3.131.340	\$3.253.587	\$3.415.752	\$3.547.198	\$3.668.090	\$3.778.931	\$3.880.203	\$3.972.369
Otros Activos Corrientes	\$676.903	\$730.038	\$784.214	\$814.829	\$855.442	\$888.361	\$918.637	\$946.396	\$971.759	\$994.841
Total activos corrientes	\$5.519.096	\$6.823.263	\$6.358.000	\$6.026.383	\$6.038.015	\$6.224.958	\$6.580.311	\$7.054.147	\$7.639.873	\$8.312.667
Plantas y equipos brutos	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913
Depreciación Acumulada Plant ay Equipos	\$-310.203	\$-316.680	\$-323.157	\$-328.935	\$-333.247	\$-337.096	\$-339.913	\$-339.913	\$-339.913	\$-339.913



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Plantas y equipos netos	\$29.710	\$23.233	\$16.756	\$10.978	\$6.666	\$2.817	\$0	\$0	\$0	\$0
Intangibles Bruto	\$52.370.413	\$52.370.413	\$52.370.413	\$52.370.413	\$52.370.413	\$52.370.413	\$52.370.413	\$52.370.413	\$52.370.413	\$52.370.413
Amortización Intangible Acumulada	\$-3.489.471	\$-4.026.245	\$-4.530.437	\$-5.218.833	\$-6.034.546	\$-7.058.786	\$-8.328.868	\$-9.876.855	\$-11.729.449	\$-13.908.057
Intangible Neto	\$48.880.942	\$48.344.168	\$47.839.976	\$47.151.580	\$46.335.867	\$45.311.627	\$44.041.545	\$42.493.558	\$40.640.964	\$38.462.356
Total activos	\$54.429.748	\$55.190.664	\$54.214.732	\$53.188.941	\$52.380.548	\$51.539.402	\$50.621.856	\$49.547.705	\$48.280.838	\$46.775.023
PASIVOS										
Porción circulante de la deuda a largo plazo Banco	\$0	\$0	\$2.289.620	\$2.457.984	\$2.668.634	\$2.892.876	\$3.135.241	\$3.408.212	\$3.690.314	\$3.993.231
Porción Circulante de la deuda a largo plazo Accionistas	\$0	\$0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuentas por pagar	\$372.737	\$378.046	\$383.665	\$386.239	\$390.317	\$393.434	\$396.280	\$398.836	\$401.193	\$403.328
Gastos diferidos	\$168.145	\$892.550	\$155.828	\$2.167.544	\$3.765.167	\$5.623.402	\$7.704.357	\$9.838.991	\$12.418.716	\$15.289.539
Total pasivos corrientes	\$540.883	\$1.270.596	\$2.829.112	\$5.011.767	\$6.824.118	\$8.909.712	\$11.235.878	\$13.646.039	\$16.510.222	\$19.686.097
Deuda a largo plazo con Bancos	\$52.948.265	\$55.102.544	\$54.360.365	\$52.831.149	\$51.674.133	\$50.177.947	\$48.387.119	\$46.425.958	\$43.935.162	\$41.048.503
Deuda a largo plazo con Accionistas	\$28.417.364	\$28.417.364	\$28.417.364	\$28.417.364	\$28.417.364	\$28.417.364	\$28.417.364	\$28.417.364	\$28.417.364	\$28.417.364
Total pasivos	\$81.906.512	\$84.790.503	\$85.606.841	\$86.260.280	\$86.915.615	\$87.505.023	\$88.040.360	\$88.489.361	\$88.862.749	\$89.151.964
PATRIMONIO										
Acciones ordinarias	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027
Utilidades retenidas	\$-34.410.791	\$-36.533.866	\$-38.326.136	\$-40.005.366	\$-41.469.095	\$-42.899.648	\$-44.352.531	\$-45.875.683	\$-47.515.938	\$-49.310.968
Total patrimonio	\$-27.476.764	\$-29.599.839	\$-31.392.109	\$-33.071.339	\$-34.535.068	\$-35.965.621	\$-37.418.504	\$-38.941.656	\$-40.581.911	\$-42.376.941
Total pasivo y patrimonio	\$54.429.748	\$55.190.664	\$54.214.732	\$53.188.941	\$52.380.548	\$51.539.402	\$50.621.856	\$49.547.705	\$48.280.838	\$46.775.023

2.2.4. Cálculo de WACC y CAPM

Para determinar el costo de capital o tasa de descuento del proyecto será necesaria la obtención del WACC. Para determinar el valor del WACC es necesario obtener inicialmente el CAPM de los activos, el Costo de la deuda, el riesgo sistemático (β) de la industria y la estructura de capital del proyecto (Deuda y Patrimonio), que se determinarán a continuación:

- **WACC**

En el caso de existir sólo deuda (D) y patrimonio (E) en una empresa (es decir en el caso más simple), el CMPC se define como:

$$WACC = K_e \frac{E}{E + D} + K_d(1 - T) \frac{D}{E + D}$$

Donde:



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

WACC: Promedio Ponderado del Costo de Capital;

K_e : Tasa de coste de oportunidad de los accionistas. Generalmente se utiliza el método del CAPM (capital asset pricing model) para obtenerla;

E : Monto de Equity o Capital aportado por los accionistas;

D : Monto de Deuda financiera contraída;

K_d : Tasa de Coste de la deuda financiera;

T : Tasa de Impuestos corporativos, a las utilidades de las empresas.

El término $(1 - T)$ se conoce como «escudo fiscal» o, en inglés, *tax shield*.

Para calcular de forma correcta esta tasa de descuento se debe utilizar el valor de mercado del capital de los accionistas y de la deuda (en oposición al valor contable)

- **CAPM**

El CAPM es un modelo para calcular el precio de un activo o una cartera de inversiones. Para activos individuales, se hace uso de la recta security market line (SML) la cual simboliza el retorno esperado de todos los activos de un mercado como función del riesgo no diversificable y su relación con el retorno esperado y el riesgo sistemático (beta), para mostrar cómo el mercado debe estimar el precio de un activo individual con relación a la clase a la que pertenece.

La línea SML permite calcular la proporción de recompensa-a-riesgo para cualquier activo en relación con el mercado general.

La relación de equilibrio que describe el CAPM es:

$$E(r_i) = r_f + \beta_{im}(E(r_m) - r_f)$$

donde:

- $E(r_i)$ es la tasa de rendimiento esperada de capital sobre el activo .
- β_{im} es el *beta* (cantidad de riesgo con respecto al Portafolio de Mercado), o también

$$\beta_{im} = \frac{Cov(r_i, r_m)}{Var(r_m)}, \text{ y}$$

- $(E(r_m) - r_f)$ es la prima de riesgo del mercado, es decir, la rentabilidad adicional que exigen los inversores exigen para invertir en activos con riesgo, frente a la alternativa de invertir en activos sin riesgo.
- (r_m) Rendimiento del mercado.
- (r_f) Rendimiento de un activo libre de riesgo: habitualmente se utiliza la rentabilidad de un bono con un vencimiento similar a la vida del activo financiero que se quiere valorar.



Universidad Gabriela Mistral

Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales

Ingeniería Civil Industrial

Es importante tener presente que se trata de un Beta no apalancado, es decir que se supone que una empresa no tiene deuda en su estructura de capital, por lo tanto, no se incorpora el riesgo financiero, y en caso de querer incorporarlo, debemos determinar un Beta apalancado; por lo tanto, el rendimiento esperado será más alto.

2.2.4.1. Cálculo del Retorno Esperado del mercado $E(r_m)$

El Retorno Esperado de mercado de acciones se obtuvo a través del IGPA, que es el Índice General de Precios de Acciones del cuál se obtendrá el retorno del mercado en forma diaria, que luego será proyectado en forma anual. Para mayor detalle se puede visualizar la tabla en anexo. La tabla se obtuvo de la siguiente fuente:

<http://finance.yahoo.com/q/hp?s=IGPA.SN+Historical+Prices>

Los precios históricos se obtuvieron desde el año 2000 lo que suma un total de 14 años. El proyecto se proyectará en 10 años.

Se obtuvo el siguiente resultado del link indicado más arriba:

Retorno Esperado $E(r_m)$

Diario	0,023%
Mensual	0,704%
Anual	8,57%

2.2.4.2. Cálculo del Beta (β) de la empresa

Para la obtención del Beta de la empresa, se calculó el promedio de Beta's Equity de las empresas que cotizan en bolsa que operan y construyen autopistas concesionadas. Para esto, se utilizó la información de Hoschtief, ACS y Skanska respecto al retorno del precio de sus acciones y el retorno de sus mercados que serían DAX, IGB y OMX respectivamente, lo que nos permitirá tener un Beta promedio representativo.

Se realiza con la ecuación de Beta

$$\beta_{im} = \frac{Cov(r_i, r_m)}{Var(r_m)}$$

La información fue obtenida de Yahoo Finance. Ejemplo de Skanska:

<https://finance.yahoo.com/quote/SKA-B.ST?p=SKA-B.ST&.tsrc=fin-srch>

<https://finance.yahoo.com/quote/%5EOMX?p=^OMX&.tsrc=fin-srch>



Beta Hochtief	0,2464
Patrimonio	4640000000
Deuda	3210000000
E/(D+E)	0,59
β activo	0,15
Beta ACS	0,6940
Patrimonio	8.810.620.000
Deuda	9.621.000.000
E/(D+E)	0,48
β activo	0,33
Beta Skanska	1,02
Patrimonio	39.732.847
Deuda	13.211.172
E/(D+E)	0,75
β activo	0,76

El Beta de Túnel San Cristóbal se calcula de la siguiente manera:

Beta Empresas Similares	0,65	<- Beta promedio
Deuda TSC	79.947.675	
Patrimonio TSC	38.916.939	
Beta TSC	1,99	<- Beta Empresas*(Equity TSC+Debt TSC)/Equity TSC

2.2.4.3. Cálculo de CAPM o Costo de Patrimonio r_e

La clásica fórmula de CAPM es una ecuación lineal que ignora los impuestos que vendría siendo la tasa de coste de oportunidad de los accionistas:

$$CAPM = \text{Cost of equity}, r_E = r_f + \beta[E(r_M) - r_f]$$

Dónde:

r_f : Es igual a la tasa libre de riesgo a 10 años. BCP10 al 2014 = 4,72%;

$E(r_M)$: Es igual al Promedio histórico del retorno de mercado, definido como el retorno promedio del IGPA que es igual a 8,57%.

β : Es el valor del Beta de la Empresa obtenido por el promedio de empresas similares que es 1,99

La tasa libre de riesgo se obtiene del Banco Central de Chile, en la fila de BCP a 10 años, esto porque es nominal y se proyectará el flujo de caja a 10 años.

https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_TASA_INTERES/MN_TASA_INTERES_09/TMS_15/T311?cbFechaInicio=2014&cbFechaTermino=2021&cbFrecuencia=ANNUAL&cbCalculo=NONE



Aplicando a la formula tenemos: **CAPM = 12,40%**

2.2.4.4. Cálculo de WACC

Para hallar el wacc, primero se debe determinar la estructura de capital: Apalancamiento por Deuda (WD) y Apalancamiento por Patrimonio o Equity (WE), con los datos de la deuda y el Market de capital.

Estructura de Capital

$$WD = \frac{D}{D + E} = 0,672594411$$

$$WE = \frac{E}{D + E} = 0,327405589$$

$$WACC = r_E * WE + r_D * WD(1 - TC)$$

Dónde:

$WE: 0,327405589$

$r_E: es\ el\ CAPM = 12,40\%$

$r_D: tasa\ de\ interés\ de\ créditos\ bancarios = 5,55\%$

$WD: 0,672594411$

$(1 - T_C): Tasa\ de\ Impuesto\ Empresas = 19\%$

Reemplazando los valores en la ecuación, el WACC tiene el siguiente resultado:

$$WACC = 7,084\%$$

2.2.5. Flujo de Caja Sin Proyecto

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CÁLCULO DEL FLUJO DE CAJA LIBRE										
Utilidad después de impuesto	\$-2.427.879	\$-2.123.076	\$-1.792.270	\$-1.679.230	\$-1.463.729	\$-1.430.554	\$-1.452.883	\$-1.523.152	\$-1.640.255	\$-1.795.031
Suma de interés de la deuda después de impuesto	\$4.845.256	\$4.964.819	\$5.050.702	\$4.975.174	\$4.922.651	\$4.916.768	\$4.910.886	\$4.905.003	\$4.899.120	\$4.893.237
Caja Libre	\$2.417.378	\$2.841.743	\$3.258.432	\$3.295.944	\$3.458.922	\$3.486.215	\$3.458.003	\$3.381.851	\$3.258.866	\$3.098.207
Suma de la depreciación	\$589.559	\$543.251	\$510.668	\$694.175	\$820.025	\$1.028.089	\$1.272.899	\$1.547.987	\$1.852.593	\$2.178.609
Resta del aumento de activos corrientes	\$909.929	\$-265.299	\$-270.497	\$-152.863	\$-202.777	\$-164.366	\$-151.168	\$-138.599	\$-126.635	\$-115.249
Suma del aumento de pasivos corrientes	\$17.329	\$5.308	\$5.619	\$2.575	\$4.078	\$3.117	\$2.846	\$2.556	\$2.357	\$2.135
Resta del aumento en activos fijos al costo	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Resta del aumento en Intangibles al costo	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0



2.2.6. Valor Empresa Sin Proyecto

El valor de la empresa o valor firma, es el valor presente de los flujos de cajas futuros más su valor terminal. Para esto se utiliza las proyecciones del FCF y el costo de capital WACC para determinarlo. La proyección tendrá un largo de 10 periodos, por lo tanto, el Valor Empresa se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Valor\ Firma = \sum_{t=1}^{10} \frac{FCF_t}{(1+WACC)^t} + \frac{Valor\ Terminal\ año\ 10}{(1+WACC)^{10}}$$

$$Valor\ Terminal\ año\ 10 = \frac{FCF_{10} * (1+g)}{WACC + g}$$

$$g = \frac{Utilidades\ Netas\ Próximo\ Año}{Utilidades\ Netas\ Este\ Año}$$

Dónde:

g: Es la tasa de crecimiento perpetua

$$g = \frac{\$ - 2.427.879}{\$ - 8.188.056}$$

$$g = 0,2965 = 29,65\%$$

Nota: Como la tasa de crecimiento perpetua es mayor a WACC, el valor terminal queda de la siguiente forma:

$$WACC = 7,084\%$$

$$Valor\ Terminal\ año\ 10 = \frac{FCF_{10} * (1+g)}{1+WACC}$$

$$Valor\ Terminal\ año\ 10 = \frac{\$5.120.187 * (1+29,65\%)}{1+7,084\%} = \$6.207.472$$

Valor Firma

WACC

7,08%

Tasa de Crecimiento

29,82%

perpetua "g"

<--Utilidades Netas próximo año/Utilidades netas de este año

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Flujo Caja		\$3.922.260	\$3.107.371	\$3.482.579	\$3.814.502	\$4.051.395	\$4.320.910	\$4.547.271	\$4.755.325	\$4.946.173	\$5.120.187
Valor Terminal											\$6.207.472
Total		\$3.922.260	\$3.107.371	\$3.482.579	\$3.814.502	\$4.051.395	\$4.320.910	\$4.547.271	\$4.755.325	\$4.946.173	\$11.327.659
Valor Empresa, VA del FCF futuro +Valor Terminal	\$31.804.460	<--VAN sin proyecto y valor terminal									
Agregar Efectivo y Efectivo Equivalente de año 0	\$1.571.769										
Valor Firma en año 0	\$33.376.229										



EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CÁLCULO DEL FLUJO DE CAJA LIBRE											
Utilidad después de impuesto	\$-8.188.056	\$-2.427.879	\$-2.123.076	\$-1.792.270	\$-1.679.230	\$-1.463.729	\$-1.430.554	\$-1.452.883	\$-1.523.152	\$-1.640.255	\$-1.795.031
Suma de interés de la deuda después de impuesto	\$7.576.934	\$4.845.256	\$4.964.819	\$5.050.702	\$4.975.174	\$4.922.651	\$4.916.768	\$4.910.886	\$4.905.003	\$4.899.120	\$4.893.237
Caja Libre	\$-611.122	\$2.417.378	\$2.841.743	\$3.258.432	\$3.295.944	\$3.458.922	\$3.486.215	\$3.458.003	\$3.381.851	\$3.258.866	\$3.098.207
Suma de la depreciación	\$771.325	\$589.559	\$543.251	\$510.668	\$694.175	\$820.025	\$1.028.089	\$1.272.899	\$1.547.987	\$1.852.593	\$2.178.609
Resta del aumento de activos corrientes	\$-2.131.078	\$909.929	\$-265.299	\$-270.497	\$-152.863	\$-202.777	\$-164.366	\$-151.168	\$-138.599	\$-126.635	\$-115.249
Suma del aumento de pasivos corrientes	\$71.072	\$17.329	\$5.308	\$5.619	\$2.575	\$4.078	\$3.117	\$2.846	\$2.556	\$2.357	\$2.135
Resta del aumento en activos fijos al costo	\$16.101	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Resta del aumento en Intangibles al costo	\$1	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$-1.883.701	\$3.934.195	\$3.125.004	\$3.504.222	\$3.839.831	\$4.080.248	\$4.353.055	\$4.582.579	\$4.793.795	\$4.987.182	\$5.163.702
Valor Firma											
WACC	7,08%										
Tasa de Crecimiento perpetua "g"	29,65%	<--Utilidades Netas próximo año/Utilidades netas de este año									
	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Flujo Caja		\$3.934.195	\$3.125.004	\$3.504.222	\$3.839.831	\$4.080.248	\$4.353.055	\$4.582.579	\$4.793.795	\$4.987.182	\$5.163.702
Valor Terminal											\$6.251.939
Total		\$3.934.195	\$3.125.004	\$3.504.222	\$3.839.831	\$4.080.248	\$4.353.055	\$4.582.579	\$4.793.795	\$4.987.182	\$11.415.641
Valor Empresa, VA del FCF futuro +Valor Terminal	\$32.020.325	<--VAN sin proyecto y valor terminal									
Agregar Efectivo y Efectivo Equivalente de año 0	\$1.571.769										
Valor Firma en año 0	\$33.592.094										
Deuda	\$-79.947.675										
Valor Patrimonio	\$-46.355.581										



3. MODELO DE SIMULACIÓN DE EVALUACIÓN DE PROYECTO

3.1.Estados Financieros de la Empresa Con Proyecto

3.1.1. Detalle de Inversión para Proyecto

3.1.1.1. Definición del Problema

Actualmente Túnel San Cristóbal presenta congestión vehicular durante la hora punta y hora de saturación en el eje C1 que tiene sentido Huechuraba – Providencia. Esto se debe a la cantidad de semáforos en Av. El Cerro (avenida a la cual se une la salida de la concesión) y sus distintas intersecciones, qué, además, se encuentran en distancias muy cortas. Sumado a esto, el alto tráfico vehicular por Av. Los Conquistadores (durante el horario punta y saturación), hace que los vehículos provenientes de la concesionaria y de Av. Los Conquistadores generen congestión en Av. El Cerro. Esta misma congestión se comienza a extender hacia la concesión llegando a cubrir las pistas del túnel, llegando inclusive, hasta la concesión de Autopista Américo Vespucio Norte, por lo tanto, la autopista no está cumpliendo con la calidad de los niveles de servicio (velocidad, tiempo), ni con los objetivos estratégicos (Rapidez y fluidez). En ocasiones, la saturación es tal, que el cobro de peaje disminuye en casi cero por minuto, debido a que el tráfico no avanza.

3.1.1.2. Hipótesis que define el proyecto y su Inversión

Se estima que es posible disminuir la congestión vehicular eliminando los semáforos de Av. El Cerro con las intersecciones de Av. Los Conquistadores y Av. Santa María, haciendo la conexión de la concesión y Av. El Cerro de forma directa sin restricciones.

El eliminar la semaforización, implica que se debe realizar un proyecto de obras civiles que consiste en hundir ambas avenidas (Los Conquistadores y Santa María), lo que permitirá la conexión de la concesión con Av. El cerro a través de un paso superior o puente. Así mismo se realizará con la intersección de Av. El Cerro y Av. Santa María.

3.1.1.3. Obras Para Ejecutar

- Proyecto Vial:
 - Extensión de Pista de Aceleración de Av. Los Conquistadores desde Salida de túnel eje C1 hacia Av. Los Conquistadores.



- Conexión de Tramo 3 de Autopista (Salida de Túnel) con Av. El Cerro y conexión de Av. El Cerro con Puente Nueva Tajamar.
- Proyecto de Estructuras:
 - Hundimiento de Av. Los Conquistadores, involucra Paso Vehicular Superior
 - Hundimiento de Av. Santa María, involucra Paso Vehicular Superior
- Proyecto de Saneamiento/Eléctrico:
 - Colectores de Aguas Lluvias
 - Canalizaciones eléctricas
- Proyecto de Seguridad Vial
 - Eliminación de Semaforización de intersección de Av. Los Conquistadores
 - Eliminación de Semaforización de Paso Peatonal en intersección de Tramo 3 de Av. El Cerro con dirección a Suecia.
 - Eliminación de semaforización de intersección de Tramo 4 de Av. El Cerro con Av. Santa María
 - Señaléticas fijas y variables
- Proyecto de Paisajismo
 - Extensión de jardineras de Bandejón central hacia concesión y hacia Puente Nueva Tajamar

3.1.1.4. Presupuesto del Proyecto

	PRESUPUESTO ESTIMADO (UF)		PRESUPUESTO ESTIMADO en M\$	
PROYECTO	Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)
Intangibles				
Proyecto vial	13.689,00	16.426,80	\$328.859	\$394.631
Proyecto de Estructuras	83.024,00	99.628,80	\$1.994.536	\$2.393.443
Proyecto de Saneamiento	4.219,00	5.062,80	\$101.356	\$121.627
Proyecto de Seguridad Vial	2.398,00	2.877,60	\$57.609	\$69.130
Proyecto de Paisajismo	1.369,00	1.642,80	\$32.888	\$39.466
Subtotal Intangibles	104.699,00	125.638,80	\$2.515.248	\$3.018.298
Gastos Generales del Proyecto				
Interferencias	22.720,00	27.264,00	\$545.816	\$654.980
Expropiaciones	0,00	0,00	\$0	\$0
Cambio de Servicios	500,00	600,00	\$12.012	\$14.414
Desvío de Tránsito	1.369,00	1.642,80	\$32.888	\$39.466
Otros	1.680,00	2.016,00	\$40.360	\$48.432
Subtotal Gastos	26.269,00	31.522,80	\$631.076	\$757.291
Total Intangibles y Gastos	130.968,00	157.161,60	\$3.146.324	\$3.775.589
TOTAL INVERSIÓN DIRECTA		288.129,60		\$6.921.913



Se considera que el estado haga un aporte del 25% del total de la inversión producto del beneficio que obtendrá Autopista Costanera Norte y el tráfico vehicular por Suecia y Pente Nueva Tajamar, por lo que el costo de inversión a cuenta de Túnel San Cristóbal sería el siguiente:

	COSTO DEL PROYECTO CON 25% DE APOORTE DEL ESTADO	
PROYECTO	Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)
Intangibles		
Proyecto vial	\$246.644	\$295.973
Proyecto de Estructuras	\$1.495.902	\$1.795.083
Proyecto de Saneamiento	\$76.017	\$91.220
Proyecto de Seguridad Vial	\$43.206	\$51.848
Proyecto de Paisajismo	\$24.666	\$29.599
Subtotal Intangibles	\$1.886.436	\$2.263.723
Gastos Generales del Proyecto		
Interferencias	\$409.362	\$491.235
Expropiaciones	\$0	\$0
Cambio de Servicios	\$9.009	\$10.811
Desvío de Tránsito	\$24.666	\$29.599
Otros	\$30.270	\$36.324
Subtotal Gastos	\$473.307	\$567.969
Total Intangibles y Gastos	\$2.359.743	\$2.831.692
TOTAL INVERSIÓN DIRECTA		\$5.191.435
	Total Crédito	\$5.191.435

3.1.1.5. Planificación de Ejecución de Obras

PLANIFICACIÓN DE INVERSIÓN EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5
Estado de Resultado						
Gastos Generales del Proyecto						
Interferencias		\$272.908	\$300.199	\$327.490		
Expropiaciones		\$0	\$0	\$0		
Cambio de Servicios		\$6.006	\$6.606	\$7.207		
Desvío de Tránsito		\$16.444	\$18.089	\$19.733		
Otros		\$20.180	\$22.198	\$24.216		
Subtotal		\$315.538	\$347.092	\$378.646		

Balance						
Activos No Corrientes						
Intangibles del Proyecto						
Proyecto vial		\$ 164.430	\$ 180.873	\$ 197.316		
Proyecto de Estructuras		\$ 997.268	\$ 1.096.995	\$1.196.722		
Proyecto de Saneamiento		\$ 50.678	\$ 55.746	\$ 60.813		
Proyecto de Seguridad Vial		\$ 28.804	\$ 31.685	\$ 34.565		
Proyecto de Paisajismo		\$ 16.444	\$ 18.089	\$ 19.733		
Subtotal		\$1.257.624	\$ 1.383.386	\$1.509.149		

Duración del proyecto: 3 años.



Para el año 1 se inicia la ejecución de las obras de hundimiento de Av. Los Conquistadores. Para el segundo periodo se inician las obras del hundimiento de Av. Santa María, realizando la entrega de las obras para enero del año 4.

3.1.2. Proyección de Ventas Con Proyecto

La proyección de ventas es el modelo de ventas con regresión lineal. Como el proyecto tiene una duración de construcción de 3 años, no habrá ingresos con factor de crecimiento por la mejora del proyecto durante los 3 primeros años, siendo el periodo 4 en el que las obras estarán entregadas y operativas cuando se vea los beneficios en los ingresos operacionales. Por lo tanto, los 3 primeros años se mantienen el modelo de ventas Sin Proyecto. Para más detalle de revisar el capítulo VI Modelo de Simulación de Producción y Costos.

Se puede observar la comparación de los ingresos proyectados en el EERR

PROYECCIÓN DE VENTAS SIN PROYECTO EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales	\$5.929.760	\$6.475.724	\$6.984.046	\$7.502.327	\$7.795.218	\$8.183.744	\$8.498.675	\$8.788.318	\$9.053.879	\$9.296.515	\$9.517.336

PROYECCIÓN DE VENTAS CON PROYECTO EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales	\$5.929.760	\$6.475.724	\$6.984.046	\$7.502.327	\$7.931.984	\$8.328.715	\$8.650.474	\$8.946.423	\$9.217.794	\$9.465.768	\$9.691.477

3.1.3. Proyección de Costos Con Proyecto (Momento Mensual Con Proyecto)

Los costos operacionales proyectados son obtenidos del Momento Mensual de Producción con Proyecto. Se considera los mismos tiempos de ejecución de obras por lo que a partir del periodo 4 se comienza a considerar los costos operacionales con el factor de crecimiento. Por otra parte, se puede observar que los costos operacionales en los 3 primeros periodos son iguales a los costos operacionales sin proyecto. Esto se debe a que el proyecto es entregado al final del 3er periodo, por lo tanto, el factor de crecimiento comienza a regir desde enero del 4to periodo.

PROYECCIÓN DE COSTOS OPERACIONALES SIN PROYECTO EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costos operacionales	\$-2.338.730	\$-2.452.764	\$-2.487.696	\$-2.524.671	\$-2.541.613	\$-2.568.446	\$-2.588.956	\$-2.607.681	\$-2.624.502	\$-2.640.012	\$-2.654.063

PROYECCIÓN DE COSTOS OPERACIONALES CON PROYECTO EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costos operacionales	\$-2.338.730	\$-2.452.764	\$-2.487.696	\$-2.524.671	\$-2.592.523	\$-2.580.353	\$-2.601.287	\$-2.620.358	\$-2.637.499	\$-2.653.302	\$-2.667.622



3.1.4. Presupuesto de Caja Con Proyecto

El presupuesto de caja se inicia con \$6.763.204, esto se debe a que se adquirió deuda bancaria a largo plazo para el proyecto. Esta deuda fue registrada en el balance como deuda en el pasivo no corriente y en Activos Corrientes fue registrada como caja y equivalentes como efectivo para ser utilizado en el proyecto. Para más detalle revisar la sección 3.1.6 *Balance General Proyectado Con Proyecto* en el año 0.

En el presupuesto de caja se puede observar la incorporación de los intangibles, gastos del proyecto, como los intereses y amortización de deuda. Así también, se puede observar la variación del Ingreso Operacional a partir del 4to periodo de la simulación y el costo de venta que se encuentra asociado al Momento Mensual de Producción.

	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Saldo Inicial	\$6.763.204	\$6.661.729	\$6.531.938	\$6.461.291	\$6.379.365	\$6.300.132	\$6.207.162	\$6.121.966	\$6.040.196	\$5.929.032	\$5.852.783	\$5.792.208
Ingresos Devengados	\$519.907	\$489.112	\$553.832	\$541.397	\$544.548	\$529.541	\$538.131	\$541.927	\$509.630	\$548.015	\$565.460	\$594.227
Ingresos por Interés Financiero	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538
Cuentas Por cobrar Devengadas	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552	\$231.552
Creditos												
Aportes de Capital												
Recaudaciones Totales	\$767.997	\$737.202	\$801.922	\$789.487	\$792.638	\$777.631	\$786.222	\$790.017	\$757.720	\$796.105	\$813.550	\$842.317
Cuentas por pagar devengados	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061	\$-31.061
Costo de Venta Corriente	\$-202.336	\$-199.857	\$-205.433	\$-204.276	\$-204.734	\$-203.465	\$-204.281	\$-204.651	\$-201.747	\$-205.218	\$-206.989	\$-209.777
GAV	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207	\$-101.207
Intereses por Deuda	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771	\$-403.771
Amortizaciones Deuda						\$0						\$0
Dividendos												\$0
Impuestos												\$0
Inversiones Activos Fijos												
Inversiones en Intangibles	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802	\$-104.802
Gastos del Proyecto	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295	\$-26.295
Total Pagos del Periodo	\$-869.472	\$-866.993	\$-872.569	\$-871.413	\$-871.871	\$-870.601	\$-871.418	\$-871.787	\$-868.883	\$-872.354	\$-874.125	\$-876.914
Saldo Final	\$6.661.729	\$6.531.938	\$6.461.291	\$6.379.365	\$6.300.132	\$6.207.162	\$6.121.966	\$6.040.196	\$5.929.032	\$5.852.783	\$5.792.208	\$5.757.612



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

	Año 2											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Saldo Inicial	\$5.757.612	\$5.667.103	\$5.531.890	\$5.466.071	\$5.399.304	\$5.328.955	\$5.247.312	\$5.174.641	\$5.093.914	\$4.990.258	\$4.932.886	\$4.882.320
Ingresos Devengados	\$564.103	\$514.906	\$591.248	\$590.232	\$586.456	\$574.107	\$584.105	\$575.288	\$550.204	\$601.175	\$608.575	\$643.647
Ingresos por Interés Financiero	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538
Cuentas Por cobrar Devengadas	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728	\$249.728
Creditos												
Aportes de Capital												
Recaudaciones Totales	\$830.369	\$781.172	\$857.514	\$856.498	\$852.722	\$840.373	\$850.371	\$841.555	\$816.470	\$867.441	\$874.841	\$909.913
Cuentas por pagar devengados	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504	\$-31.504
Costo de Venta Corriente	\$-205.409	\$-200.916	\$-207.866	\$-207.797	\$-207.603	\$-206.547	\$-207.573	\$-206.813	\$-204.658	\$-209.345	\$-209.938	\$-213.229
GAV	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151	\$-109.151
Intereses por Deuda	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607	\$-430.607
Amortizaciones Deuda	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Dividendos												
Impuestos												\$0
Inversiones Activos Fijos												
Inversiones en Intangibles	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282	\$-115.282
Gastos del Proyecto	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924	\$-28.924
Total Pagos del Periodo	\$-920.877	\$-916.385	\$-923.334	\$-923.266	\$-923.072	\$-922.016	\$-923.042	\$-922.282	\$-920.126	\$-924.814	\$-925.406	\$-928.698
Saldo Final	\$5.667.103	\$5.531.890	\$5.466.071	\$5.399.304	\$5.328.955	\$5.247.312	\$5.174.641	\$5.093.914	\$4.990.258	\$4.932.886	\$4.882.320	\$4.863.536

	Año 3											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Saldo Inicial	\$4.863.536	\$4.613.966	\$4.332.046	\$4.116.166	\$3.901.772	\$3.671.595	\$3.431.438	\$3.192.935	\$2.945.584	\$2.675.427	\$2.446.039	\$2.223.277



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Ingresos Devengados	\$609.358	\$573.849	\$646.410	\$648.045	\$630.904	\$620.023	\$621.979	\$612.381	\$587.414	\$632.233	\$639.500	\$680.232
Ingresos por Interés Financiero	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538
Cuentas Por cobrar Devengadas	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260	\$268.260
Creditos												
Aportes de Capital												
Recaudaciones Totales	\$894.157	\$858.647	\$931.208	\$932.843	\$915.703	\$904.821	\$906.778	\$897.180	\$872.212	\$917.032	\$924.298	\$965.030
Cuentas por pagar devengados	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972	\$-31.972
Costo de Venta Corriente	\$-208.622	\$-205.462	\$-211.983	\$-212.132	\$-210.774	\$-209.874	\$-210.175	\$-209.426	\$-207.264	\$-211.315	\$-211.956	\$-215.688
GAV	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251	\$-117.251
Intereses por Deuda	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764	\$-437.764
Amortizaciones Deuda	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802	\$-190.802
Dividendos												\$0
Impuestos												\$0
Inversiones Activos Fijos												
Inversiones en Intangibles	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762	\$-125.762
Gastos del Proyecto	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554	\$-31.554
Total Pagos del Periodo	\$-1.143.727	\$-1.140.567	\$-1.147.088	\$-1.147.237	\$-1.145.879	\$-1.144.979	\$-1.145.280	\$-1.144.531	\$-1.142.369	\$-1.146.420	\$-1.147.061	\$-1.150.793
Saldo Final	\$4.613.966	\$4.332.046	\$4.116.166	\$3.901.772	\$3.671.595	\$3.431.438	\$3.192.935	\$2.945.584	\$2.675.427	\$2.446.039	\$2.223.277	\$2.037.514

Año 4												
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Saldo Inicial	\$2.037.514	\$1.975.185	\$1.875.687	\$1.843.852	\$1.804.554	\$1.759.150	\$1.703.922	\$1.659.086	\$1.605.723	\$1.531.657	\$1.487.371	\$1.455.678
Ingresos Devengados	\$644.517	\$603.693	\$677.982	\$669.811	\$663.531	\$652.659	\$664.243	\$655.060	\$632.446	\$665.163	\$678.985	\$723.895
Ingresos por Interés Financiero	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538	\$16.538
Cuentas Por cobrar Devengadas	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624	\$283.624
Creditos												
Aportes de Capital												
Recaudaciones Totales	\$944.678	\$903.855	\$978.143	\$969.973	\$963.692	\$952.820	\$964.405	\$955.221	\$932.607	\$965.324	\$979.147	\$1.024.057
Cuentas por pagar devengados	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831	\$-32.831
Costo de Venta Corriente	\$-213.908	\$-210.253	\$-216.880	\$-216.172	\$-215.997	\$-214.949	\$-216.141	\$-215.485	\$-213.575	\$-216.510	\$-217.741	\$-224.913



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

GAV	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966	\$-123.966
Intereses por Deuda	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470	\$-431.470
Amortizaciones Deuda	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832	\$-204.832
Dividendos												\$0
Impuestos												\$0
Inversiones Activos Fijos												
Inversiones en Intangibles												
Gastos del Proyecto												
Total Pagos del Periodo	\$-1.007.007	\$-1.003.352	\$-1.009.979	\$-1.009.271	\$-1.009.096	\$-1.008.049	\$-1.009.240	\$-1.008.584	\$-1.006.674	\$-1.009.609	\$-1.010.840	\$-1.018.012
Saldo Final	\$1.975.185	\$1.875.687	\$1.843.852	\$1.804.554	\$1.759.150	\$1.703.922	\$1.659.086	\$1.605.723	\$1.531.657	\$1.487.371	\$1.455.678	\$1.461.723

3.1.5. Estado de Resultado Proyectado Con Proyecto

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ESTADOS DE RESULTADOS											
Ingresos operacionales	\$5.929.760	\$6.475.724	\$6.984.046	\$7.502.327	\$7.931.984	\$8.328.715	\$8.650.474	\$8.946.423	\$9.217.794	\$9.465.768	\$9.691.477
Costos operacionales	\$-2.338.730	\$-2.452.764	\$-2.487.696	\$-2.524.671	\$-2.592.523	\$-2.580.353	\$-2.601.287	\$-2.620.358	\$-2.637.499	\$-2.653.302	\$-2.667.622
Utilidad operacional	\$3.591.030	\$4.022.961	\$4.496.350	\$4.977.657	\$5.339.461	\$5.748.362	\$6.049.187	\$6.326.065	\$6.580.295	\$6.812.466	\$7.023.855
Ventas, generales y gastos administrativos	\$-784.578	\$-1.214.480	\$-1.309.812	\$-1.407.012	\$-1.487.592	\$-1.561.996	\$-1.622.339	\$-1.677.843	\$-1.728.737	\$-1.775.242	\$-1.817.573
Gastos Generales del Proyecto		\$-315.538	\$-347.092	\$-378.646							
Depreciación Planta y Equipos	\$-6.939	\$-6.477	\$-6.477	\$-6.477	\$-5.778	\$-4.312	\$-3.849	\$-2.817	\$0	\$0	\$0
Amortización Intangible	\$-764.386	\$-583.082	\$-536.774	\$-504.191	\$-573.598	\$-697.329	\$-906.646	\$-1.155.242	\$-1.437.662	\$-1.748.330	\$-2.081.736
Intereses sobre la deuda	\$-7.576.934	\$-4.845.256	\$-5.167.285	\$-5.253.168	\$-5.177.640	\$-5.125.117	\$-5.118.516	\$-5.111.915	\$-5.105.315	\$-5.098.714	\$-5.092.113
Ingresos Financieros	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456	\$198.456
Resultado por unidades de reajuste	\$-2.844.705	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidad antes de impuestos	\$-8.188.056	\$-2.743.417	\$-2.672.633	\$-2.373.381	\$-1.706.691	\$-1.441.936	\$-1.403.708	\$-1.423.296	\$-1.492.963	\$-1.611.364	\$-1.769.111
Impuestos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidad (Pérdida) después de impuesto	\$-8.188.056	\$-2.743.417	\$-2.672.633	\$-2.373.381	\$-1.706.691	\$-1.441.936	\$-1.403.708	\$-1.423.296	\$-1.492.963	\$-1.611.364	\$-1.769.111
Dividendos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidades retenidas (Pérdida)	\$-8.188.056	\$-2.743.417	\$-2.672.633	\$-2.373.381	\$-1.706.691	\$-1.441.936	\$-1.403.708	\$-1.423.296	\$-1.492.963	\$-1.611.364	\$-1.769.111



3.1.6. Balance General Proyectado Con Proyecto

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BALANCE											
ACTIVOS											
Caja y equivalentes	\$6.763.204	\$5.757.612	\$4.863.536	\$2.037.514	\$1.461.723	\$1.013.423	\$305.971	\$268.420	\$368.766	\$599.257	\$933.959
Cuentas por cobrar	\$2.474.978	\$2.702.854	\$2.915.018	\$3.131.340	\$3.310.671	\$3.476.260	\$3.610.556	\$3.734.080	\$3.847.346	\$3.950.846	\$4.045.053
Otros Activos Corrientes	\$1.814.708	\$676.903	\$730.038	\$784.214	\$829.125	\$870.595	\$904.229	\$935.164	\$963.530	\$989.451	\$1.013.044
Total activos corrientes	\$11.052.890	\$9.137.369	\$8.508.592	\$5.953.068	\$5.601.520	\$5.360.279	\$4.820.755	\$4.937.665	\$5.179.642	\$5.539.554	\$5.992.056
Plantas y equipos brutos	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913	\$339.913
Depreciación Acumulada Plant ay Equipos	\$-303.726	\$-310.203	\$-316.680	\$-323.157	\$-328.935	\$-333.247	\$-337.096	\$-339.913	\$-339.913	\$-339.913	\$-339.913
Plantas y equipos netos	\$36.187	\$29.710	\$23.233	\$16.756	\$10.978	\$6.666	\$2.817	\$0	\$0	\$0	\$0
Intangibles Bruto	\$52.370.413	\$53.628.037	\$55.011.423	\$56.520.572	\$56.520.572	\$56.520.572	\$56.520.572	\$56.520.572	\$56.520.572	\$56.520.572	\$56.520.572
Amortización Intangible Acumulada	\$-2.906.389	\$-3.489.471	\$-4.026.245	\$-4.530.437	\$-5.104.035	\$-5.801.364	\$-6.708.010	\$-7.863.252	\$-9.300.915	\$-11.049.245	\$-13.130.980
Intangible Neto	\$49.464.024	\$50.138.565	\$50.985.178	\$51.990.136	\$51.416.537	\$50.719.208	\$49.812.562	\$48.657.320	\$47.219.657	\$45.471.328	\$43.389.592
Total activos	\$60.553.101	\$59.305.645	\$59.517.003	\$57.959.960	\$57.029.036	\$56.086.153	\$54.636.134	\$53.594.985	\$52.399.299	\$51.010.881	\$49.381.647
PASIVOS											
Porción circulante de la deuda	\$88.051	\$0	\$0	\$2.289.620	\$2.457.984	\$2.668.634	\$2.892.876	\$3.135.241	\$3.408.212	\$3.690.314	\$3.993.231
Cuentas por pagar	\$355.408	\$372.737	\$378.046	\$383.665	\$393.976	\$392.127	\$395.308	\$398.206	\$400.811	\$403.212	\$405.388
Gastos diferidos	\$19.417	\$168.145	\$892.550	\$155.828	\$2.282.135	\$3.950.363	\$5.402.393	\$7.568.635	\$9.799.330	\$12.486.067	\$15.475.051
Total pasivos corrientes	\$462.876	\$540.883	\$1.270.596	\$2.829.112	\$5.134.095	\$7.011.123	\$8.690.577	\$11.102.082	\$13.608.353	\$16.579.593	\$19.873.670
Deuda a Largo Plazo	\$85.139.110	\$86.557.064	\$88.711.342	\$87.969.164	\$86.439.948	\$85.061.973	\$83.336.209	\$81.306.851	\$79.097.857	\$76.349.562	\$73.195.362
Total pasivos	\$85.601.986	\$87.097.946	\$89.981.938	\$90.798.276	\$91.574.043	\$92.073.096	\$92.026.786	\$92.408.933	\$92.706.210	\$92.929.156	\$93.069.033
PATRIMONIO											
Acciones ordinarias	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027	\$6.934.027
Utilidades retenidas	\$-31.982.912	\$-34.726.329	\$-37.398.962	\$-39.772.343	\$-41.479.034	\$-42.920.970	\$-44.324.679	\$-45.747.975	\$-47.240.938	\$-48.852.301	\$-50.621.412
Total patrimonio	\$-25.048.885	\$-27.792.302	\$-30.464.935	\$-32.838.316	\$-34.545.007	\$-35.986.943	\$-37.390.652	\$-38.813.948	\$-40.306.911	\$-41.918.274	\$-43.687.385
Total pasivo y patrimonio	\$60.553.101	\$59.305.645	\$59.517.003	\$57.959.960	\$57.029.036	\$56.086.153	\$54.636.134	\$53.594.985	\$52.399.299	\$51.010.881	\$49.381.647



3.1.7. Cálculo de WACC y CAPM

Debido a que se adquirió deuda para apalancar el proyecto, tanto el WACC como el CAPM sufrirán cambios a través de la variación del Beta de la empresa.

3.1.7.1. Cálculo del Beta (β) de la empresa Con Deuda

Los betas de empresas similares se mantienen. La única variación es la deuda que aumentó debido al apalancamiento del proyecto. Por lo tanto, el beta queda como sigue:

Beta Empresas Similares	0,65	<- Beta promedio
Deuda TSC	85.139.110	
Patrimonio TSC	38.916.939	
Beta TSC	2,08	<- Beta Empresas*(Equity TSC+Debt TSC)/Equity TSC)

3.1.7.2. Cálculo de CAPM con Beta Apalancado

β : Es el valor del Beta apalancado de la Empresa obtenido es 2,08

Los demás factores como el riesgo libre de mercado y la tasa de retorno del mercado permanecen iguales en 4,72% y 8,57% respectivamente.

Aplicando la fórmula se obtiene el siguiente CAPM:

$$CAPM = \text{Cost of equity}, r_E = r_f + \beta [E(r_M) - r_f]$$
$$\mathbf{CAPM = 12,74\%}$$

3.1.7.3. Cálculo de WACC

La estructura de capital sufrió una variación al adquirir deuda para apalancar el proyecto, esto significa que el Apalancamiento por Deuda (WD) aumentó y el Apalancamiento por Patrimonio o Equity (WE) disminuyó.

Estructura de Capital

$$WD = \frac{D}{D + E} = 0,686295514$$

$$WE = \frac{E}{D + E} = 0,313704486$$



$$WACC = r_E * WE + r_D * WD(1 - TC)$$

Dónde:

WE : 0,313704486

r_E : es el CAPM = 12,74%

WD : 0,686295514

r_D : tasa de interés de créditos bancarios = 5,55%

$(1 - T_C)$: Tasa de Impuesto Empresas = 19%

Reemplazando los valores en la ecuación, el WACC tiene el siguiente resultado:

$$WACC = 7,081\%$$

La variación que sufrió el WACC es imperceptible bajó de 7,084% Sin Proyecto a 7,081% Con proyecto



EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

3.1.9. Valor Empresa Con Proyecto

[illegible]



Valor Firma en Año 0 Sin Proyecto	\$33.592.094
Valor Firma en Año 0 Con Proyecto	\$29.657.363
Aporte del Proyecto	\$-3.934.731 --> El proyecto destruye Valor

Como se puede observar, el aporte del proyecto destruye valor firma, por lo que no sería beneficioso para la empresa ejecutar el proyecto. Por otra parte, se puede realizar un análisis de sensibilidad y dejar como variables

3.1.10. Modelo desde EBIT a Valor Firma

EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$

Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CÁLCULO DEL FLUJO DE CAJA LIBRE											
Utilidad después de impuesto	\$-8.188.056	\$-2.743.417	\$-2.672.633	\$-2.373.381	\$-1.706.691	\$-1.441.936	\$-1.403.708	\$-1.423.296	\$-1.492.963	\$-1.611.364	\$-1.769.111
Suma de interés de la deuda después de impuesto	\$7.576.934	\$4.845.256	\$5.167.285	\$5.253.168	\$5.177.640	\$5.125.117	\$5.118.516	\$5.111.915	\$5.105.315	\$5.098.714	\$5.092.113
Caja Libre	\$-611.122	\$2.101.840	\$2.494.651	\$2.879.787	\$3.470.950	\$3.683.181	\$3.714.808	\$3.688.619	\$3.612.352	\$3.487.350	\$3.323.002
Suma de la depreciación	\$771.325	\$589.559	\$543.251	\$510.668	\$579.376	\$701.642	\$910.495	\$1.158.059	\$1.437.662	\$1.748.330	\$2.081.736
Resta del aumento de activos corrientes	\$-2.131.078	\$909.929	\$-265.299	\$-270.497	\$-224.243	\$-207.059	\$-167.929	\$-154.460	\$-141.632	\$-129.420	\$-117.800
Suma del aumento de pasivos corrientes	\$71.072	\$17.329	\$5.308	\$5.619	\$10.311	\$-1.849	\$3.181	\$2.898	\$2.605	\$2.401	\$2.176
Resta del aumento en activos fijos al costo	\$16.101	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Resta del aumento en Intangibles al costo	\$1	\$-1.257.624	\$-1.383.386	\$-1.509.149	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Inversión	\$-5.191.435										
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$-1.883.701	\$2.361.033	\$1.394.525	\$1.616.427	\$3.836.394	\$4.175.914	\$4.460.555	\$4.695.117	\$4.910.987	\$5.108.661	\$5.289.114
Valor Firma											
WACC	7,08%										
Tasa de Crecimiento perpetua "g"	33,5%	<--=Utilidades Netas próximo año/Utilidades netas de este año									
	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Flujo Caja		\$2.361.033	\$1.394.525	\$1.616.427	\$3.836.394	\$4.175.914	\$4.460.555	\$4.695.117	\$4.910.987	\$5.108.661	\$5.289.114
Valor Terminal											\$6.594.311
Total	\$-5.191.435	\$2.361.033	\$1.394.525	\$1.616.427	\$3.836.394	\$4.175.914	\$4.460.555	\$4.695.117	\$4.910.987	\$5.108.661	\$11.883.425



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Valor Empresa, VA del FCF futuro +Valor Terminal	\$28.085.594		
Inversión	\$-5.191.435		
VAN Con Proyecto y Valor Terminal	\$22.894.159	TIR	49,89%
Agregar Efectivo y Efectivo Equivalente de año 0	\$6.763.204		
Valor Firma en año 0	\$29.657.363		
Deuda	\$-85.139.110		
Valor Patrimonio	\$-55.481.747		
Valor Firma en Año 0 Sin Proyecto	\$33.592.094		
Valor Firma en Año 0 Con Proyecto	\$29.657.363		
Aporte del Proyecto	\$-3.934.731	--> El proyecto destruye Valor	



4. SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA Y ANÁLISIS CON HERRAMIENTA CRYSTAL BALL DE ORACLE

La simulación estocástica se realiza basado en supuestos con variables aleatorias con distribuciones probabilísticas a diferencia de las simulaciones realizadas anteriormente en las secciones sin y con proyecto en las cuales éstas eran determinísticas debido a que el modelo utilizaba parámetros fijos o conocidos.

En esta sección, se utilizará la herramienta Crystal Ball, el cual es un programa de previsión y análisis de riesgos orientado a gráficos que elimina el aspecto "incertidumbre" a la hora de tomar decisiones. Las previsiones que resultan de estas simulaciones ayudan cuantificar las áreas de riesgo disponiendo de la mayor cantidad de información posible para apoyar en la decisión si el proyecto en evaluación es viable o no, o dicho de otra manera, si el proyecto aporta valor al Valor Firma de la empresa.

El proceso básico para utilizar Crystal Ball es:

- El modelo está creado, por lo que solo se generarán los supuestos con situación incierta, cuantificando los riesgos para cada una de esas suposiciones.
- Luego se ejecuta la simulación (Crystal Ball utiliza el método de Monte Carlo para la simulación).
- Analizar los resultados ("Gráficos, informes y datos de Crystal Ball").

4.1. Supuestos y Pronósticos de la Simulación Estocástica

4.1.1. Supuestos para la Estimación de Costos del Proyecto

Se consideró que el riesgo del costo del proyecto con una distribución triangular con un mínimo de un -5% a un máximo de 5% respecto del valor estimado, tanto para ítem's asociados a los intangibles como para los gastos generales del proyecto.

		Min		Max				
Riesgo		-5%		5%				
PROYECTO	Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Min -5%	Estimado	Max +5%	Hundimiento o Av. Santa María (Paso Inferior)	Min -5%	Estimado	Max +5%
Intangibles								
Proyecto vial	\$328.859				\$394.631			
Proyecto de Estructuras	\$1.994.536				\$2.393.443			
Proyecto de Saneamiento	\$101.356				\$121.627			
Proyecto de Seguridad Vial	\$57.609				\$69.130			
Proyecto de Paisajismo	\$32.888				\$39.466			
Subtotal Intangibles	\$2.515.248	\$2.389.486	\$2.515.248	\$2.641.010	\$3.018.298	\$2.867.383	\$3.018.298	\$3.169.212



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Gastos Generales del Proyecto								
Interferencias	\$545.816	\$21.003	\$22.720	\$23.214	\$654.980	\$25.213	\$27.264	\$27.867
Expropiaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Cambio de Servicios	\$12.012	\$458	\$500	\$506	\$14.414	\$570	\$600	\$630
Desvío de Tránsito	\$32.888	\$1.301	\$1.369	\$1.437	\$39.466	\$1.561	\$1.643	\$1.725
Otros	\$40.360	\$1.596	\$1.680	\$1.764	\$48.432	\$1.852	\$2.016	\$2.047
Subtotal Gastos	\$631.076	\$599.522	\$631.076	\$662.630	\$757.291	\$719.427	\$757.291	\$795.156
Total Intangibles y Gastos Generales	\$3.146.324				\$3.775.589			

Tabla 196 Supuestos de Riesgo del Proyecto

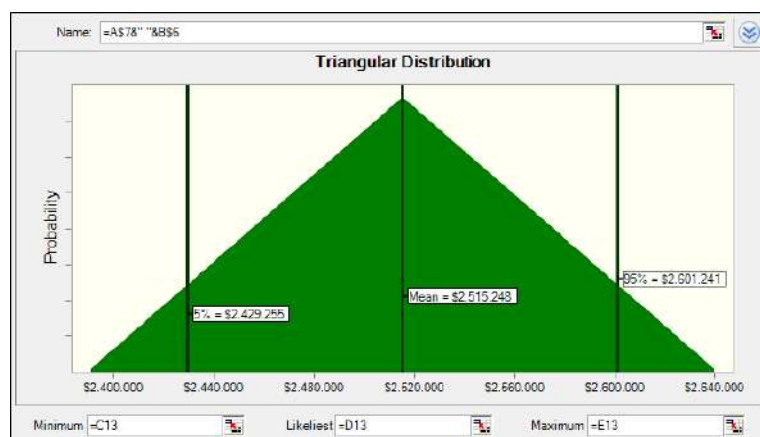


Gráfico 33 Supuesto Intangibles Hundimiento Los Conquistadores

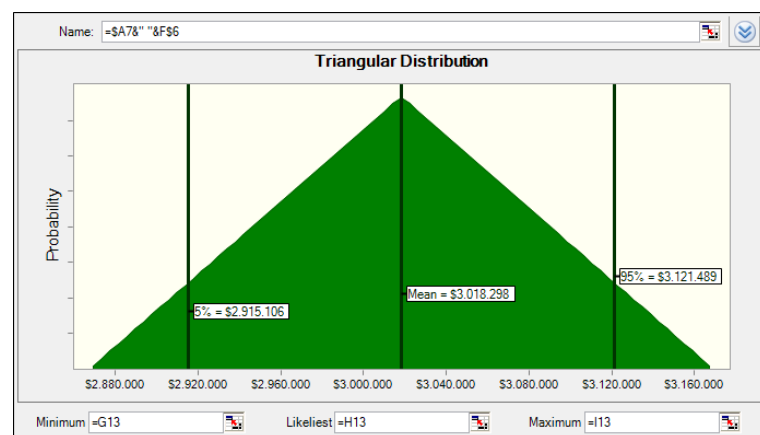


Gráfico 34 Supuesto Intangibles Hundimiento Santa María

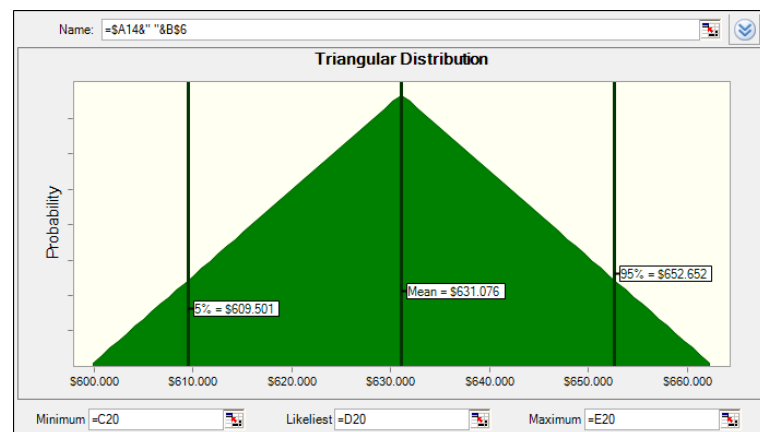


Gráfico 35 Supuesto Gastos Generales Hundimiento Los Conquistadoresz

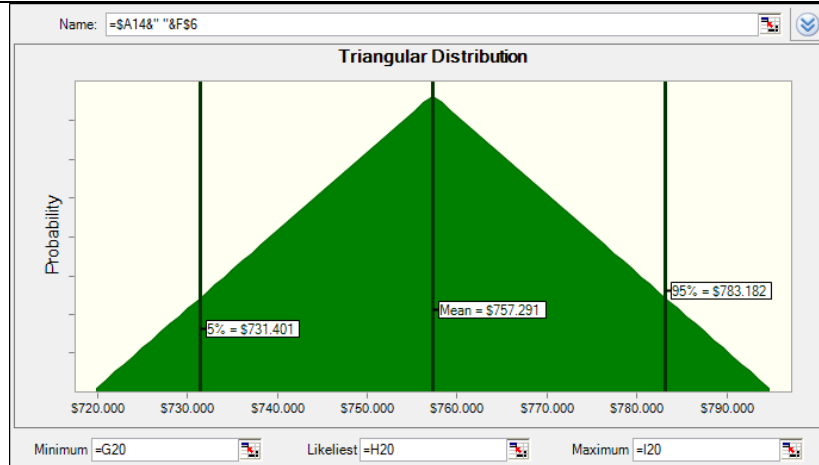


Gráfico 36 Supuesto Gastos Generales Hundimiento Santa María

4.1.2. Supuestos relacionados con el crecimiento del Tráfico Vehicular

Los supuestos relacionados con el crecimiento del tráfico vehicular con proyecto son el precio del peaje en el horario de Tráfico de Saturación (TS) de las 17:00 a 19:30 hrs y el PIB que permite calcular el factor de crecimiento vehicular con proyecto en el horario de Tráfico de Saturación.

La distribución de probabilidad que se consideró para el precio de peaje fue uniforme variando de 0 a un máximo de 15% y la distribución de probabilidad asociado al PIB, se consideró una distribución Normal con una media de 4,5 y una desviación estándar de un 0,5. Los supuestos ingresados en el Crystal Ball fueron los siguientes:

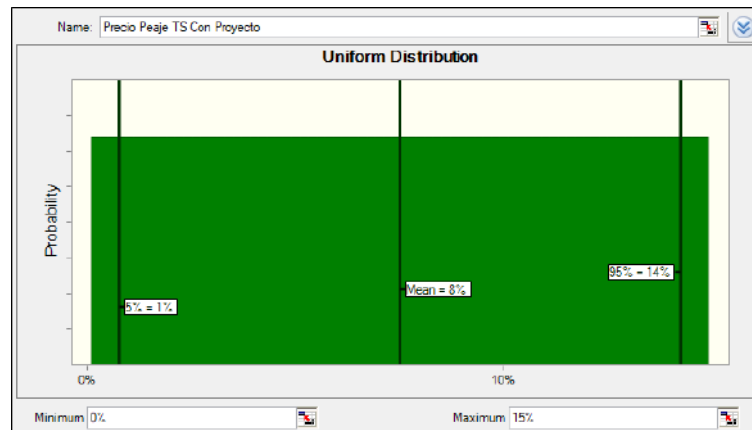


Gráfico 37 Supuesto de Aumento Precio de Peaje en Horario TS

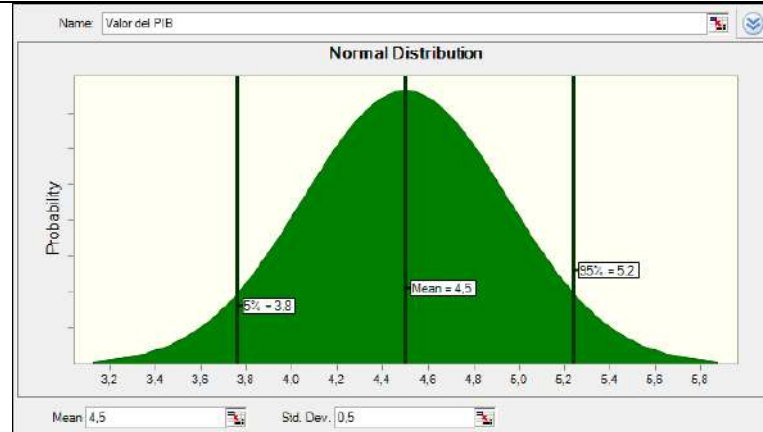


Gráfico 38 Supuesto Variación del PIB

4.1.3. Supuestos relacionados con la Inversión del Proyecto

Se consideró que el estado iba a realizar un aporte de un 25% al proyecto, pero se considera que una incertidumbre de que el estado aporte un 0% o un máximo de un 30%, por lo que se considera que el supuesto tenga una distribución uniforme como sigue:

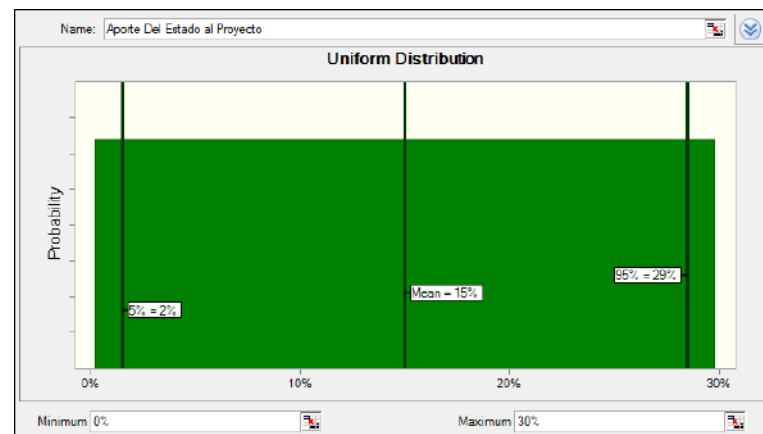


Gráfico 39 Supuesto del Aporte del Estado al Proyecto

4.1.4. Pronósticos de la Simulación Estocástica

Se considera que el principal pronóstico es el VAN y el TIR debido a que de éstos se realizará el análisis de sensibilidad, pero también se consideró al Costo de Inversión Total para determinar la mejor estimación de costos asumiendo los riesgos indicados en la sección precedente 4.1.1 *Supuestos para la Estimación de Costos del Proyecto*. Otro pronóstico considerado es el Valor Firma Con Proyecto.

4.2.Resultados de la Simulación Estocástica

La simulación se realiza con 10000 iteraciones con el método de Monte Carlo.



4.2.1. Interpretación de los Principales Datos Estadísticos del VAN y Costo del Proyecto con Aporte del Estado

Trial values	PRONÓSTICOS					SUPUESTOS						
	INVERSIÓN CON APOORTE DEL ESTADO	INVERSIÓN DIRECTA	TIR	Valor Firma Año 0 Con Proyecto	VAN Con Proyecto y Valor Terminal	Aporte Del Estado al Proyecto	Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	Intangibles Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Intangibles Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	Precio Peaje TS Con Proyecto	Valor del PIB
1	\$5.672.478	\$6.958.851	44,89%	\$29.222.693	\$21.978.446	19%	\$622.813	\$756.818	\$2.528.987	\$3.050.233	1%	4,4
2	\$5.094.580	\$6.805.542	50,92%	\$29.701.993	\$23.035.644	25%	\$621.243	\$762.870	\$2.507.533	\$2.913.896	1%	4,1
3	\$4.965.619	\$6.811.208	52,73%	\$29.922.912	\$23.385.524	27%	\$634.814	\$752.571	\$2.408.341	\$3.015.482	14%	4,9
4	\$5.044.293	\$6.913.224	51,53%	\$29.786.628	\$23.170.566	27%	\$617.603	\$761.317	\$2.578.171	\$2.956.133	6%	4,5
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
9996	\$6.734.812	\$7.031.873	36,53%	\$28.325.208	\$20.018.628	5%	\$613.225	\$748.433	\$2.517.971	\$3.152.244	5%	3,9
9997	\$5.624.046	\$7.039.408	45,36%	\$29.281.258	\$22.085.443	20%	\$651.759	\$781.682	\$2.546.428	\$3.059.539	3%	4,5
9998	\$5.424.726	\$6.889.917	47,40%	\$29.455.102	\$22.458.607	21%	\$625.599	\$766.721	\$2.460.184	\$3.037.413	2%	4,8
9999	\$5.506.770	\$6.939.534	46,54%	\$29.409.500	\$22.330.962	21%	\$640.006	\$752.544	\$2.511.393	\$3.035.591	3%	5,2
10000	\$6.599.346	\$6.890.766	37,37%	\$28.437.155	\$20.266.040	5%	\$635.427	\$729.789	\$2.527.352	\$2.998.198	4%	4,1

Tabla 197 Valores de Iteraciones de Supuestos y Pronósticos

Statistics	PRONÓSTICOS					SUPUESTOS						
	INVERSIÓN CON APOORTE DEL ESTADO	INVERSIÓN DIRECTA	TIR	Valor Firma Año 0 Con Proyecto	VAN Con Proyecto y Valor Terminal	Aporte Del Estado al Proyecto	Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	Intangibles Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	Intangibles Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	Precio Peaje TS Con Proyecto	Valor del PIB
Trials	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Base Case	\$5.191.435	\$6.921.913	49,89%	\$29.657.363	\$22.894.159	25%	\$631.076	\$757.291	\$2.515.248	\$3.018.298	5%	4,5
Mean	\$5.894.372	\$6.920.962	43,46%	\$29.072.843	\$21.606.701	15%	\$631.113	\$757.290	\$2.514.197	\$3.018.362	7%	4,5
Median	\$5.897.522	\$6.920.429	42,88%	\$29.071.592	\$21.605.356	15%	\$631.081	\$757.203	\$2.514.251	\$3.018.397	7%	4,5



Universidad Gabriela Mistral
Facultad de Negocios, Ingeniería y Artes Digitales
Ingeniería Civil Industrial

Mode	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Standard Deviation	\$599678,913	\$83112,461	5,38%	\$510907,908	\$1110122,110	9%	\$12863,469	\$15602,679	\$50876,999	\$61351,377	4%	0,4
Variance	\$359.614.798.157	\$6.907.681.166	0,29%	\$261.026.890.396	\$1.232.371.099.253	1%	\$165.468.825	\$243.443.595	\$2.588.469.031	\$3.763.991.478	0%	0,2
Skewness	-0,0155	0,0097	0,2874	0,0150	0,0153	0,0232	-0,0028	0,0332	0,0122	-0,0031	0,0148	1,2351E-04
Kurtosis	1,84	2,72	1,95	1,85	1,85	1,81	2,41	2,40	2,42	2,38	1,81	3,03
Coeff. of Variation	0,1017	0,0120	0,1239	0,0176	0,0514	0,5811	0,0204	0,0206	0,0202	0,0203	0,5792	0,0999
Minimum	\$4.706.490	\$6.636.072	34,24%	\$28.017.313	\$19.363.829	0%	\$600.028	\$719.780	\$2.392.351	\$2.868.788	0%	2,6
Maximum	\$7.094.583	\$7.194.267	56,08%	\$30.110.801	\$23.832.542	30%	\$661.863	\$794.630	\$2.639.316	\$3.167.468	15%	6,2
Range Width	\$2.388.094	\$558.195	21,84%	\$2.093.488	\$4.468.713	30%	\$61.835	\$74.850	\$246.964	\$298.680	15%	3,6
Mean Std. Error	\$5.997	\$831	0,05%	\$5.109	\$11.101	0%	\$129	\$156	\$509	\$614	0%	0,0

Tabla 198 Valores Estadísticos de Supuestos y Pronósticos

4.2.1.1. Interpretación del VAN, TIR e Inversión Con Aporte del Estado

- De las 10000 iteraciones el VAN Con Proyecto y Valor Terminal obtuvo una media de \$29.072.843 con un mínimo de \$19.363829 y un máximo de \$23.832.542 en Miles de Pesos chilenos.
- De las 10000 iteraciones la TIR obtuvo una media de 43,46% con un mínimo de 34,24% y un máximo de 56,08%
- De las 10000 iteraciones la Inversión Con Aporte del Estado obtuvo una media de \$5.894.372 con un mínimo de \$4.706.490 y un máximo de \$7.094.583 en Miles de Pesos chilenos.

¿Cuál es la probabilidad que el VAN Con Proyecto y Valor Terminal sea mayor al valor obtenido en la simulación determinística?

¿Cuál es la probabilidad que la TIR sea mayor al valor obtenido en la simulación determinística?

Para responder a estas preguntas se desplegarán los gráficos de pronósticos , indicando los valores conseguidos con la simulación estocástica

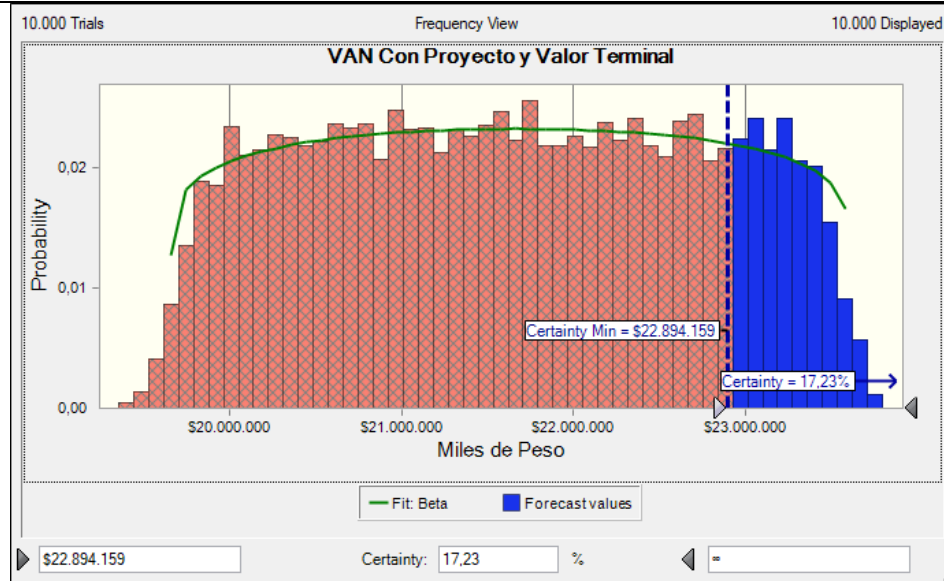


Gráfico 40 Probabilidad que el VAN Estocástico sea igual al VAN Determinístico

Como se puede observar en el gráfico, el valor del VAN con Proyecto Determinístico es de \$22.894.159 Miles de Pesos y la certeza de que el VAN estocástico sea igual a él es de un 17,23%.

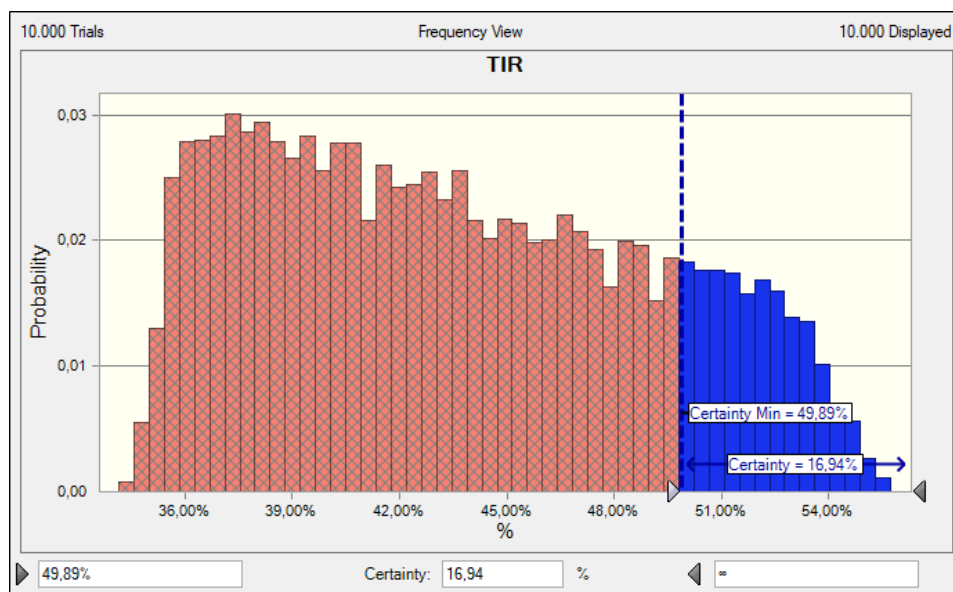


Gráfico 41 Probabilidad que la TIR Estocástica sea igual a la TIR Determinística

Como se puede observar en el gráfico, el valor de la TIR determinística es de 49,89% y la certeza de que la TIR estocástica sea igual a ella es de un 17,23%.

4.2.2. Estimación del Costo del Proyecto con Riesgo aplicado

La estimación del costo del proyecto está relacionada con el riesgo aplicado en cada ítem del proyecto. Al observar el gráfico, con un nivel de confianza de un 95%, el costo del proyecto podría variar entre \$4.883.650 y \$6.884.575.

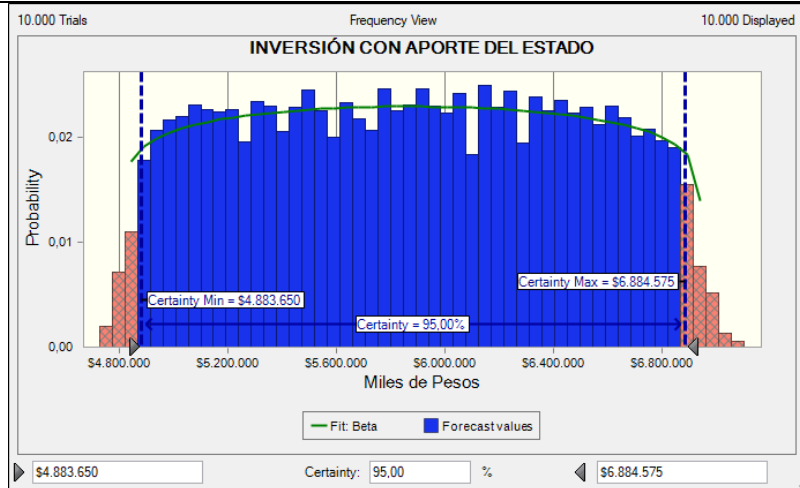


Tabla 199 Estimación de Costo del Proyecto con Nivel de confianza de un 95%

4.2.3. Análisis de Sensibilidad y Correlación entre el VAN, la TIR y los Supuestos de la Simulación Estocástica

4.2.3.1. Análisis de Sensibilidad entre el VAN y los Supuestos

Como se puede observar en el gráfico, la mayor variación que experimenta el VAN es de un 98,6% del aporte del estado al proyecto, los demás supuestos que afectan son los intangibles, pero de manera casi imperceptible.

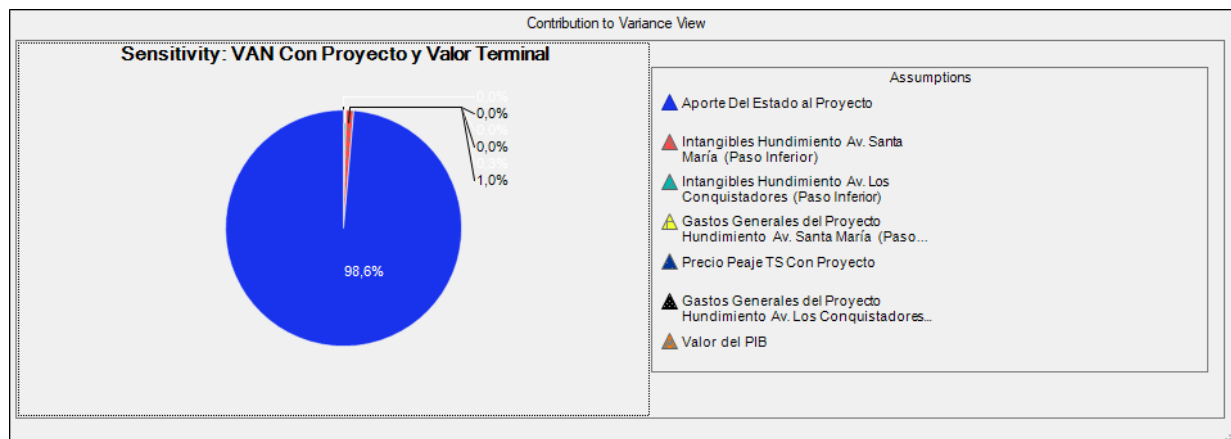


Gráfico 42 Sensibilidad entre el VAN y los Supuestos

Sensitivity: VAN Con Proyecto y Valor Terminal

Assumptions	ContributionToVariance	RankCorrelation
Aporte Del Estado al Proyecto	98,629%	0,9935045
Intangibles Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	1,042%	0,1021048
Intangibles Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	0,272%	0,0521595
Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	0,023%	0,0152424
Precio Peaje TS Con Proyecto	0,016%	0,0127726
Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	0,012%	0,0107766
Valor del PIB	0,006%	0,0078372

4.2.3.2. Análisis de Sensibilidad entre la TIR y los Supuestos

Como se puede observar en el gráfico, la mayor variación que experimenta la TIR es de un 98,7% del aporte del estado al proyecto, los demás supuestos que afectan son los intangibles, pero de manera casi imperceptible.

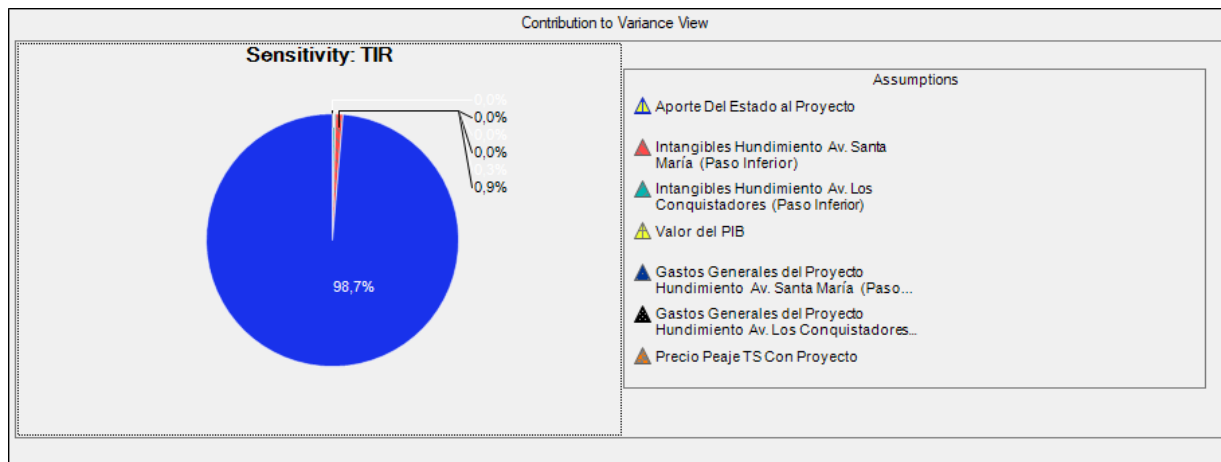


Gráfico 43 Sensibilidad entre la TIR y los Supuestos

Sensitivity: TIR

Assumptions	ContributionToVariance	RankCorrelation
Aporte Del Estado al Proyecto	98,665%	0,9939566
Intangibles Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	0,941%	0,0970587
Intangibles Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	0,315%	0,0561554
Valor del PIB	0,042%	0,0205519
Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	0,023%	0,0151512
Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	0,012%	0,0109362
Precio Peaje TS Con Proyecto	0,002%	0,0043077

4.2.3.3. Correlación entre el VAN, la TIR y los Supuestos

Existe una correlación positiva determinante entre el VAN y el supuesto Aporte del Estado al Proyecto de un 0,9935045 y también ocurre una correlación positiva determinante entre la TIR y el supuesto del aporte del Estado al Proyecto.

A continuación, se puede observar el gráfico en dónde se despliegan las correlaciones:

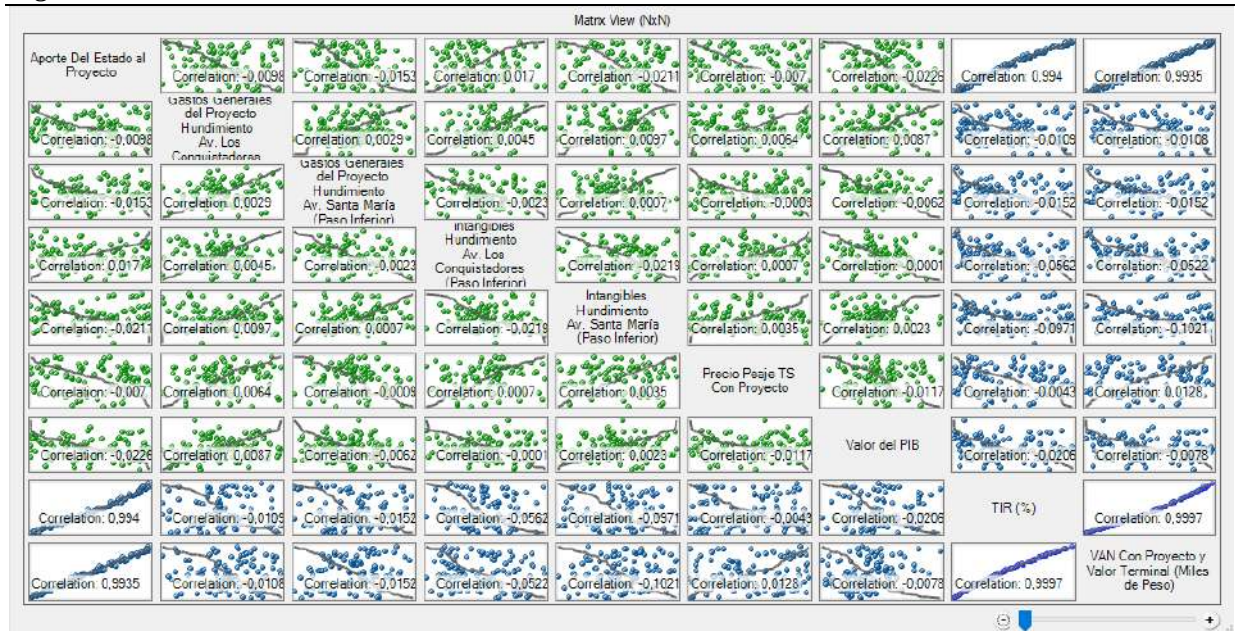


Gráfico 44 Correlaciones netre el VAN, TIR y Supuestos de Simulación Estocásticas

4.2.4. Análisis Tornado de la Principal variable que Afecta el VAN

La herramienta Análisis de Tornado mide el impacto de cada variable de modelo de una en una en una previsión objetivo. La herramienta muestra los resultados de dos formas, que se describen en estas secciones:

- “Gráfico Tornado”: muestra la oscilación entre los valores de previsión máximos y mínimos para cada variable. La variable que provoca la mayor oscilación aparece en la parte superior y la variable que provoca la menor oscilación aparece en la parte inferior. Las variables superiores tienen el mayor efecto sobre la previsión, mientras que las variables inferiores tienen el menor efecto sobre la previsión.
- “Gráfico Spider”: muestra las diferencias entre los valores de previsión mínimos y máximos mostrando una curva a través de todos los valores de variables probados. Las curvas con pendientes pronunciadas, positivas o negativas, indican que esas variables tienen un gran efecto en la previsión, mientras que las curvas que son casi horizontal tienen poco o ningún efecto en la previsión.

Este método difiere del método de sensibilidad basado en correlación integrado en Crystal Ball, porque esta herramienta comprueba cada suposición, variable de decisión o celda precedente de forma independiente. Al analizar una variable, la herramienta congela el resto de variables en sus valores base. Esto mide el efecto de cada variable en la celda de previsión al eliminar los efectos de las demás variables. Este método también se conoce como "perturbación de una en una" o "análisis paramétrico".

4.2.4.1. Análisis de Gráfico Tornado

Input Variable	VAN Con Proyecto y Valor Terminal				Input		
	Downside	Upside	Range	Explained Variation ¹	Downside	Upside	Base Case
Aporte Del Estado al Proyecto	\$19.744.151	\$23.509.793	\$3.765.642	97,93%	0%	30%	15%
Intangibles Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	\$21.828.837	\$21.425.138	\$403.699	99,06%	\$2.888.725	\$3.147.870	\$3.018.298
Intangibles Hundimiento Av. Los Conquistadores	\$21.802.503	\$21.451.473	\$351.030	99,91%	\$2.407.271	\$2.623.225	\$2.515.248
Valor del PIB	\$21.585.333	\$21.668.665	\$83.332	99,96%	3,5	5,5	4,5
Precio Peaje TS Con Proyecto	\$21.586.827	\$21.667.149	\$80.322	100,00%	0%	15%	8%
Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Santa María	\$21.626.988	\$21.626.988	\$0	100,00%	\$724.782	\$724.782	\$757.291
Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Los Conquistadores	\$21.626.988	\$21.626.988	\$0	100,00%	\$603.985	\$603.985	\$631.076

¹ Explained Variation is cumulative

Tabla 200 Variación Acumulativa del VAN en relación a los Supuestos

Si se mantienen constantes los demás supuestos, la variable Aporte Del Estado al Proyecto puede hacer variar al VAN hacia arriba en \$23.509.793 y hacia abajo en \$19.744.151 con un rango de \$3.765.642.

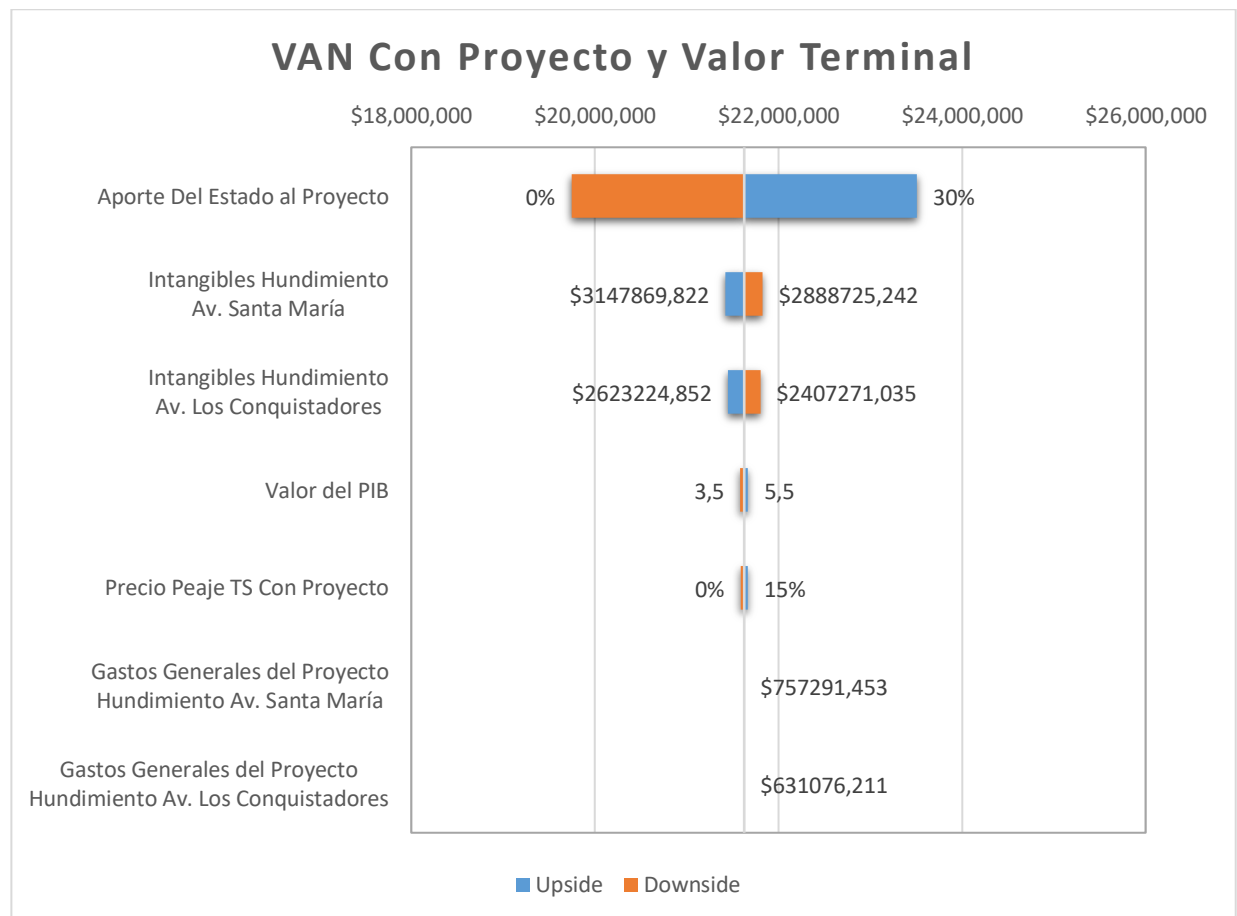


Gráfico 45 Gráfico Tornado VAN Con Proyecto y Valor Terminal

4.2.4.2. Análisis de Gráfico Spider

Input Variable	Elasticity ¹	VAN Con Proyecto y Valor Terminal				
		1,00%	25,50%	50,00%	74,50%	99,00%
Aporte Del Estado al Proyecto	0,09	\$19.744.151	\$20.685.573	\$21.626.988	\$22.568.394	\$23.509.793
Intangibles Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	-0,22	\$21.828.837	\$21.694.192	\$21.626.988	\$21.559.784	\$21.425.138
Intangibles Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	-0,19	\$21.802.503	\$21.685.424	\$21.626.988	\$21.568.552	\$21.451.473
Valor del PIB	0,01	\$21.585.333	\$21.615.201	\$21.626.988	\$21.638.796	\$21.668.665
Precio Peaje TS Con Proyecto	0,00	\$21.586.827	\$21.606.908	\$21.626.988	\$21.647.068	\$21.667.149
Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Santa María (Paso Inferior)	0,00	\$21.626.988	\$21.626.988	\$21.626.988	\$21.626.988	\$21.626.988
Gastos Generales del Proyecto Hundimiento Av. Los Conquistadores (Paso Inferior)	0,00	\$21.626.988	\$21.626.988	\$21.626.988	\$21.626.988	\$21.626.988

¹Elasticity is averaged across the entire test range

Tabla 201 Elasticidad del VAN en relación a los supuestos

La variable con mayor elasticidad es el Aporte del Estado al Proyecto la que tiene un valor de 0,09. En el gráfico Spider se podrá apreciar que esta variable es mayormente inelástica respecto a las otras variables que son más elásticas. Por lo tanto, el Aporte del Estado al Proyecto tiene una relación directa con el VAN al tener una pendiente positiva.

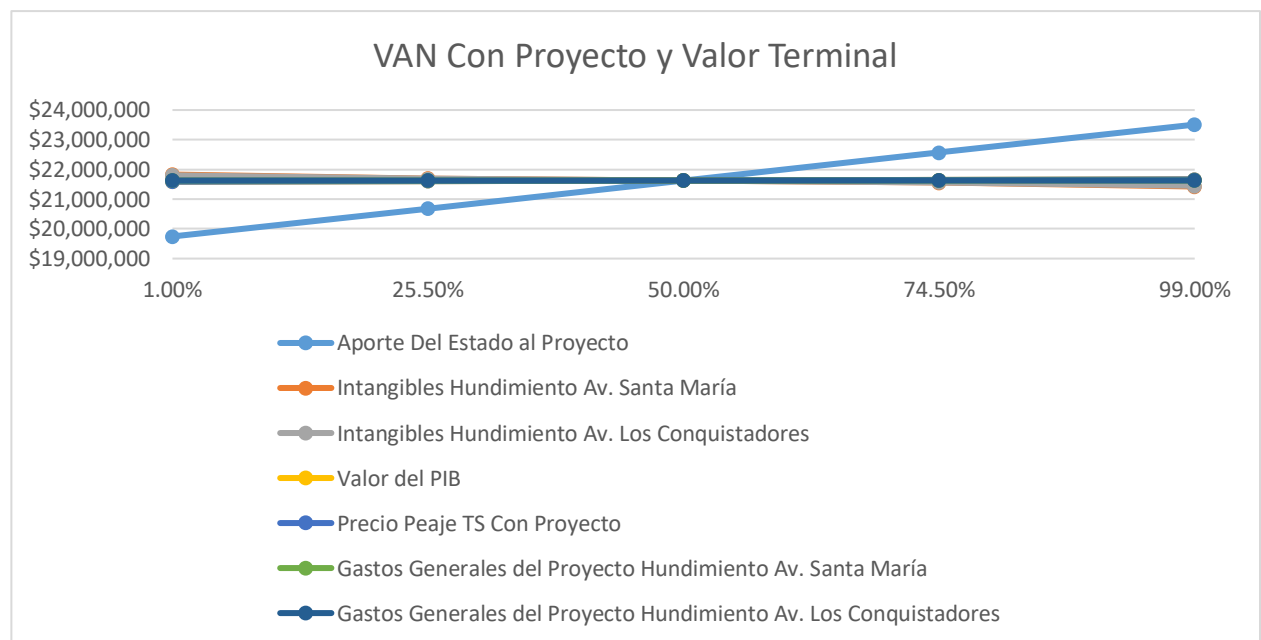


Gráfico 46 Gráfico Spider del VAN Con Proyecto y Valor Terminal



5. CONCLUSIÓN

En la etapa de simulación determinística con Proyecto, se obtuvo un VAN positivo, pero este VAN no fue suficiente para aumentar el Valor Firma en al año "0", dado que se persigue que el Valor Firma aumente generando un aporte del proyecto como beneficio a la empresa. En este caso, el aporte del proyecto fue de **\$-3.934.731** lo que significa que el proyecto destruye valor. Esto se debe principalmente a que la inversión es demasiado grande para el poco beneficio que se obtiene a través de las ventas. Esto se puede observar en el margen de ganancia de la utilidad operacional, en la que este margen no fue mayor al de la simulación sin proyecto, manteniéndose casi igual.

Crecimiento de Utilidad Operacional Sin Proyecto											
EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$											
Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ESTADOS DE RESULTADOS											
Ingresos											
operacionales	\$5.929.760	\$6.475.724	\$6.984.046	\$7.502.327	\$7.795.218	\$8.183.744	\$8.498.675	\$8.788.318	\$9.053.879	\$9.296.515	\$9.517.336
Costos											
operacionales	\$-2.338.730	\$-2.452.764	\$-2.487.696	\$-2.524.671	\$-2.541.613	\$-2.568.446	\$-2.588.956	\$-2.607.681	\$-2.624.502	\$-2.640.012	\$-2.654.063
Utilidad											
operacional	\$3.591.030	\$4.022.961	\$4.496.350	\$4.977.657	\$5.253.605	\$5.615.299	\$5.909.719	\$6.180.637	\$6.429.377	\$6.656.503	\$6.863.273
Tasa de Crecimiento		12,03%	11,77%	10,70%	5,54%	6,88%	5,24%	4,58%	4,02%	3,53%	3,11%
Crecimiento de Utilidad Operacional Con Proyecto											
EN MILES DE PESOS CHILENOS - M\$											
Termino año fiscal 12/31	2014/0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ESTADOS DE RESULTADOS											
Ingresos											
operacionales	\$5.929.760	\$6.475.724	\$6.984.046	\$7.502.327	\$7.931.984	\$8.328.715	\$8.650.474	\$8.946.423	\$9.217.794	\$9.465.768	\$9.691.477
Costos											
operacionales	\$-2.338.730	\$-2.452.764	\$-2.487.696	\$-2.524.671	\$-2.592.523	\$-2.580.353	\$-2.601.287	\$-2.620.358	\$-2.637.499	\$-2.653.302	\$-2.667.622
Utilidad											
operacional	\$3.591.030	\$4.022.961	\$4.496.350	\$4.977.657	\$5.339.461	\$5.748.362	\$6.049.187	\$6.326.065	\$6.580.295	\$6.812.466	\$7.023.855
Tasa de Crecimiento		12,03%	11,77%	10,70%	7,27%	7,66%	5,23%	4,58%	4,02%	3,53%	3,10%

Tabla 202 Tasa de Crecimiento de Utilidad Operacional Con y Sin Proyecto

Para determinar en forma segura que realmente el proyecto no aporta valor, se procedió a agregar incertidumbre a la simulación, realizando una etapa de simulación estocástica, en la cual se buscaba mejorar el aporte del proyecto a la firma, pero se pudo determinar que la probabilidad de que el VAN estocástico alcanzara el VAN determinístico era de un 17,63%, por lo que es demasiado baja la probabilidad de sugerir la ejecución del proyecto, ya que existe un riesgo 82,37% de no alcanzar ese VAN.

Valor Empresa, VA del FCF futuro +Valor Terminal	\$28.085.594
Inversión	\$-5.191.435
VAN Con Proyecto y Valor Terminal	\$22.894.159

Los mismo sucedería con el Valor Firma en el año "0" determinístico, en el cual la probabilidad de alcanzar el Valor Firma en el año "0" estocástico sería de un 17,54%, por lo tanto, existe un riesgo de 82,46% de no alcanzar ese valor firma el cual puede ser observado en el siguiente gráfico.

Valor Firma en Año 0 Sin Proyecto	\$33.592.094
Valor Firma en Año 0 Con Proyecto	\$29.657.363
Aporte del Proyecto	\$-3.934.731 --> El proyecto destruye Valor

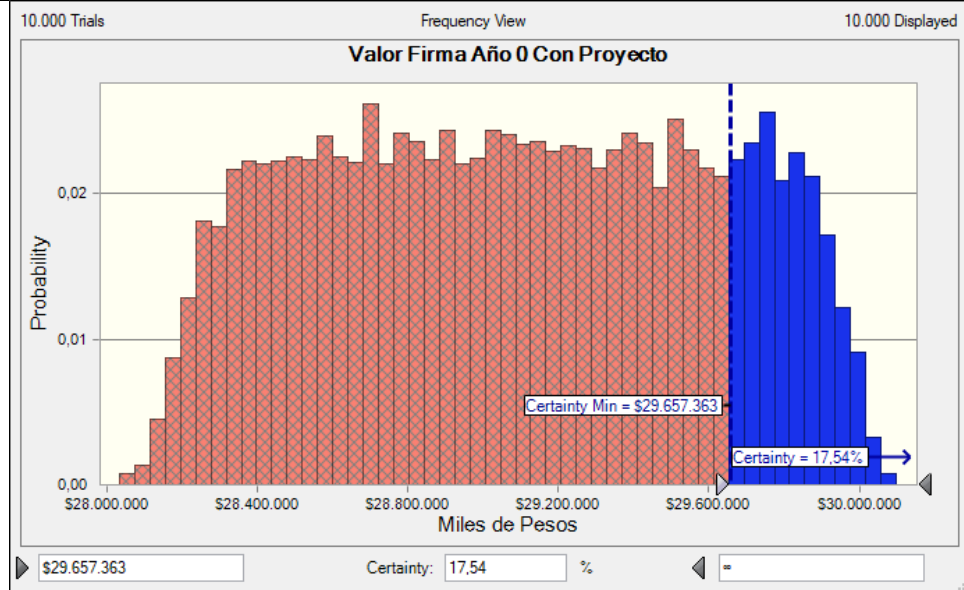


Gráfico 47 Valor Firma Año "0" con Simulación Estocástica

Por lo tanto, se concluye que el proyecto es inviable y no es recomendable su ejecución con los modelos aplicados.

5.1. Sugerencias de mejora al modelo

Para obtener un aumento significativo en el modelo de ventas, se sugiere que el aumento de precio del peaje sea aplicado a todos los precios en todos los horarios y no tan solo al horario de Tráfico de Saturación (TS) en la cual se basó este modelo, por lo tanto, se debe modificar el peaje TBP (Tarifa Base Punta) y la TFP (Tarifa Fuera de Punta). Por lo anterior, se debe mantener el factor de crecimiento vehicular en el horario de tráfico de saturación como se realizó en este modelo.

Esta modificación debe ser canalizada y aprobada por el Estado De Chile y si se realiza, produciría un aumento significativo en las ventas lo que mejorará el VAN y el Valor Firma de la empresa sustantivamente.