

Universidad Abierta Interamericana



Facultad: de Ciencias Empresariales – Sede Rosario
Campus: Presidente Roca
Carrera: Licenciatura en Ingeniería Comercial

Tesina

Tema:

Desarrollo de un Sistema de Planificación para la asignación de Recursos aplicable al actual Sistema Ferroviario Argentino de Cargas.

Alumno: Luciano Raúl Mandril -
Imandri@nca.com.ar
Domicilio: San Juan 1864
Teléfono: (0341) - 155418397
Tutoría: Ing. Ángel Fisicaro

Fecha de presentación

Noviembre 2008

DEDICATORIAS

"... A mi querido Padre, que con su tácito orgullo me ha motivado..."

"... A mi querida Madre, que con su fuerza me ha guiado..."

"... A mi querida Hermana, que con su ejemplo me ha iluminado el camino..."

"... A mis amigos cercanos y a mis amigos cotidianos, por acompañarme..."

AGRADECIMIENTOS

"... Al Prof. Ángel Físicaro por su paciencia con mi textos, y por su entusiasmo con la posibilidad de esta Tesina..."

"... A Horacio Bultri por las largas conversaciones, concejos y amistad..."

"... A Juan Manuel Castella por ser parte de esta aventura..."

"... A todos mis Profesores por darme la herramienta de pensar y de ejercer el pensamiento..."

"... A todos aquellos colaboradores de Nuevo Central Argentino SA que han hecho posible esta tesina..."

Introducción

Antes de proceder al desarrollo de la presente Tesina consideramos fundamentalmente contextualizar al **Sistema Ferroviario Argentino de cargas** con la intención de conocer las circunstancias que detonan la necesidad de contar con información precisa respecto a la eficiencia en su explotación, tomando como base de estudio a la estructura de costos resultante, en este caso de Nuevo Central Argentino SA., nuestra empresa piloto.-

La evolución de los ferrocarriles en el sistema de transportes.

Los modos de transporte han sido las respuestas a la necesidad de movimiento de las personas y cargas. A lo largo de la historia han surgido diferentes tecnologías para dar respuesta a esa demanda. Una rápida revisión muestra que esas tecnologías no tuvieron cambios sustanciales desde los inicios de las grandes civilizaciones hasta principios del siglo XIX. Diversos autores hacen referencia al año 5000 AC como el comienzo de las actividades del transporte, utilizándose desde entonces las mismas tecnologías, que fueron experimentando mejoras graduales. El movimiento terrestre se realizó en gran medida mediante personas, animales y carros, desarrollándose unas redes viales que tuvieron sus mayores exponentes en algunas culturas, notablemente en Roma y China. En transporte por agua, los cascos de madera, velas y remos adaptados a las diversas modalidades. El renacimiento trajo algunas mejoras importantes en las modalidades de transporte existente: en los carros, en el diseño de cascos y velas, en nuevas rutas y puentes, en el desarrollo de canales y esclusas. Algunos autores reconocen esta evolución como "la revolución del transporte del siglo XVI", que permitió aprovechar al máximo los modos existentes: "así el año 1800, o algo después en el caso de la tecnología de los buques a vela, la mayor parte de los avances que podían ser hechos en la tecnología tradicional del transportes había alcanzado ya su mayor refinamiento.

El impacto del vapor sobre el transporte.

La **utilización del vapor** a partir de fines del siglo XVIII, asociada al uso del carbón, constituyó un cambio radical a la tecnología del transporte, que se expresó en el nacimiento y desarrollo del ferrocarril y del buque a vapor. Los ferrocarriles modernos comenzaron su actividad comercial a partir del año **1830**; los primeros años experimentaron muchos cambios y ajustes en su tecnología, tal como ocurrió con los barcos a vapor. La expansión ferroviaria fue notable, tanto en el desarrollo de las redes como en el nivel de actividad transportando pasajeros y carga.

La organización de los ferrocarriles fue a través de organizaciones empresarias -privadas o públicas- **verticalmente integradas**.

El éxito del ferrocarril resultó de las formidables mejoras que produjo en la **accesibilidad**. Además los **precios** y los **tiempos** de viajes se redujeron en el orden de 10 a 1 respecto a los que podrían brindar las modalidades de transporte anteriores, y con una previsibilidad mucho mayor.

Las consecuencias que produjo la gran expansión de los ferrocarriles en la segunda mitad del siglo XIX fueron: la fuerte reducción de costos y tiempos de viajes que alteraron la organización de la producción y distribución de bienes, permitiendo economías de escala antes imposibles de lograr. También permitieron innovaciones en el sistema productivo y en las estrategias de abastecimiento y distribución de las firmas. El ferrocarril facilitó la ocupación del territorio, al tornar accesibles áreas aisladas, particularmente en países de grandes extensiones, y al localizar numerosas personas para operarlo y mantenerlo. El impacto se sintió tanto en el ámbito rural como en el urbano ya que modificó la forma y extensión de las ciudades facilitándoles la expansión a lo largo de sus redes. El papel dominante que alcanzaron en el transporte terrestre obligo a una intensa y compleja acción pública: buena parte de los conceptos de la economía regulatoria tuvieron sus orígenes en los desafíos que planteaban las empresas ferroviarias, con su enorme poder de mercado.

Como era de esperar, el desarrollo del ferrocarril impacto fuertemente sobre los modos de transportes tradicionales, basados básicamente en la tracción a sangre o en la energía del viento, desplazándolos masivamente. A título de ejemplo, la navegación por los canales debió reducir sus tarifas en el orden del 50% ante la competencia del ferrocarril. Como resultado de su expansión, **al finalizar el siglo XIX, el ferrocarril se había constituido en el modo de transporte terrestre dominante.**

El siglo XX y la diversificación modal.

El siglo XX ha sido el de la **diversificación modal** y con ella la expansión ferroviaria fue llegando a su fin (hacia el final de la primera guerra mundial), y emergieron en forma paulatina otras tecnologías de transporte.

A partir de 1920 comenzó la expansión masiva del **transporte carretera**, apoyado en el desarrollo de la tecnología del motor a combustión interno y los neumáticos. Si bien ya se fabricaban vehículos automotores desde fines del siglo XIX, su uso se generalizó posteriormente, apoyado en la expansión de la infraestructura vial, en la fabricación masiva de vehículos, y a la producción y distribución de sus combustibles. El desarrollo y expansión del transporte carretero fue tan explosivo como lo fue el ferrocarril en su momento. Con posterioridad a la segunda guerra mundial se produce la expansión del **tráfico aéreo comercial**, se desarrollan mejoras sustanciales en la tecnología del transporte fluvial, y se expanden las tuberías para el transporte de hidrocarburos.

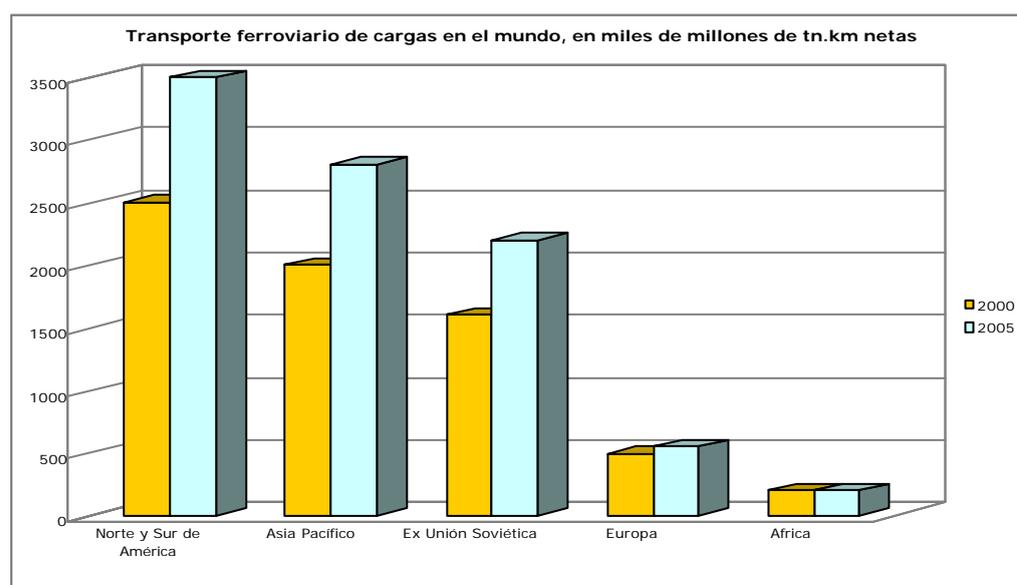
El desarrollo simultáneo de estos modos de transporte puso en jaque al tren, ya que su posición de virtual **monopolio**, que en su momento había desplazado a los sistemas tradicionales del transporte, se vio seriamente amenazada. Los otros modos de transporte constituyen opciones más atractivas para los dadores de carga en muchos segmentos de actividad, y fueron tomando una parte considerable de la demanda que antes atendía el ferrocarril. Esto último tuvo un gran impacto financiero debido a que los ferrocarriles tienen **costos fijos muy elevados**, por lo que la disminución de sus cargas (descreme) tiene una fuerte incidencia negativa en su **rentabilidad empresarial**.

Buena parte de la historia de los ferrocarriles en la segunda mitad del siglo XX se explica en el contexto de este proceso de competencia entre modos.

La actividad de los ferrocarriles en el mundo y sus tendencias.

La evolución reciente de la actividad ferroviaria.

Como se puede observar el gráfico de barras resume el movimiento ferroviario de cargas en el año 2000 y 2005, por región. Pueda apreciarse que los movimientos de mayor magnitud se concentran en las Américas (fundamentalmente Estados Unidos y Canadá), Asia-pacífico (en los ferrocarriles de China e India), y Rusia. Es notable el crecimiento reciente del transporte ferroviario de cargas: un **25%** en cinco años. Actualmente los ferrocarriles chinos están ocupando la primera posición en el transporte de cargas en el mundo, superando a los de los Estados Unidos.

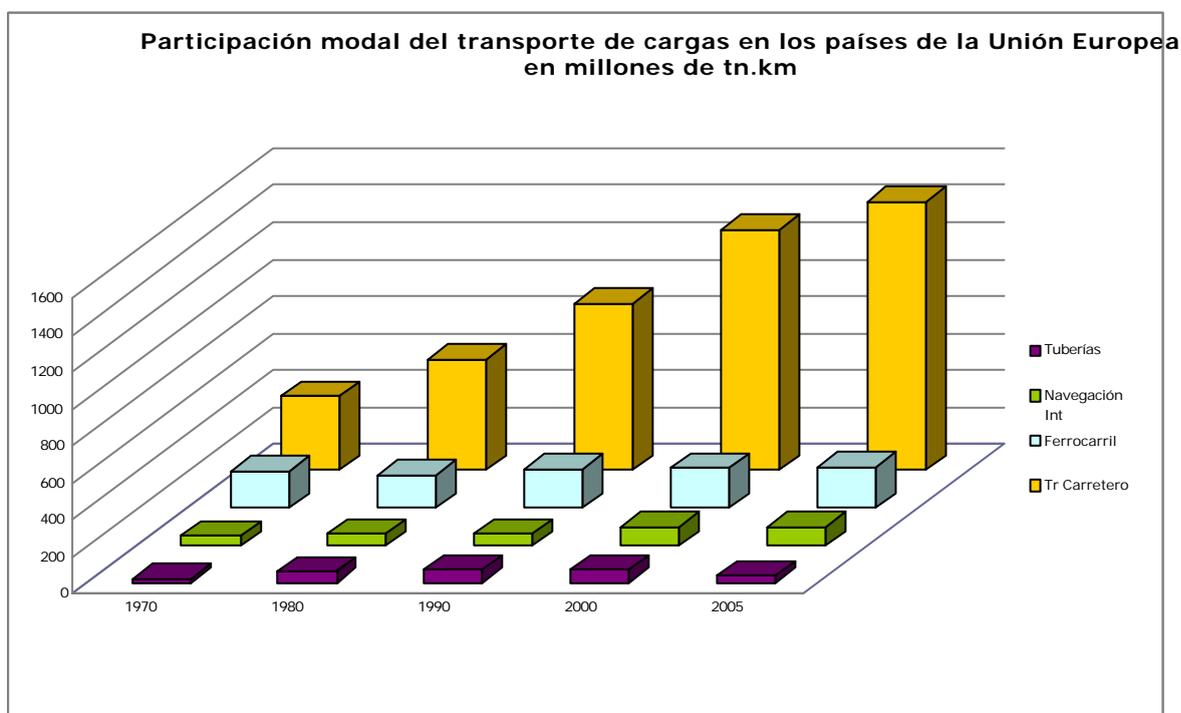


FERROCAMARA EMPRESARIA DE FERROCARRILES DE CARGAS – Anuario 2007

Tendencias globales en el transporte

A continuación describiremos 2 tendencias en el transporte, de gran importancia para el desarrollo de nuestro trabajo, vinculadas con los **cambios en la demanda** del transporte de cargas y la incidencia de las **externalidades negativas** del sector.

A) la organización actual de la economía es más intensiva en transportes de cargas, y la logística moderna ha impuesto nuevos requerimientos de calidad de servicios. En los últimos años se ha registrado un incremento en la intensidad del transporte, tal como mostramos en las figura 2. Ello obedece a la globalización de las cadenas de abastecimiento y a cambio en la estructura de la producción, tendientes a la desintegración vertical. No sólo los volúmenes de carga han crecido, la calidad de servicio requerida es cada vez mayor. A partir de los años 80 se fue imponiendo el modelo productivo **just-in-time**, con el objeto de reducir al mínimo los inventarios a lo largo de la cadena de abastecimiento. Para hacerlo se requiere una gran sincronización en las actividades del transporte: la lógica moderna tiene muy baja tolerancia a los atrasos o el deterioro de la mercadería. Estas modificaciones en la demanda han constituido un desafío para los ferrocarriles, sobre todo en el transporte de productos de alto valor unitario, y explican en buena parte el fuerte desarrollo del transporte automotor y aéreo de cargas. Esto último también se verá reflejado en el gráfico que presentamos a continuación.



FERROCAMARA EMPRESARIA DE FERROCARRILES DE CARGAS – Anuario 2007

B) Las externalidades negativas del transportes han adquirido una dimensión mayor y efectos alarmantes: congestión, excesivo consumo de energía, una preocupante cantidad de emisiones contaminantes (emisiones de gases de invernadero). El crecimiento en la movilidad ha sido de grandes proporciones: a lo largo del siglo XX

la movilidad en el mundo se multiplicó por 100. Ello ha implicado una creciente congestión, no sólo en los ámbitos urbanos, sino incluso en corredores de transporte interurbano e internacional, y en prácticamente todos los modos, produciendo también incrementos sustanciales en emisiones contaminantes particularmente nocivas en áreas urbanas, y de gases de efecto invernadero: el transporte aporta el **14% del total mundial** y tiene una muy alta tasa de crecimiento. También ha implicado un consumo de energía sustancial: los sistemas de transporte consumen el 30% aproximadamente del consumo energético mundial. Estas tendencias anuncian cambios profundos en la organización del transporte en los próximos años, ya que el modelo actual no es sustentable con las diversas externalidades negativas y el alto consumo de energía. El cambio modal será sin duda una de las políticas que se adopten para reducir estas externalidades, y **el ferrocarril tiene unas características técnicas que lo valorizan: su intensidad energética es menor y sus emisiones -contaminantes y de gases invernadero- son menores que las del transporte automotor y aéreo. Este nuevo escenario que se va presentando, tendiendo a estructurar un sistema de transporte sustentable, ofrece oportunidades importantes para el ferrocarril en sus diversos ámbitos de actividad. En el transporte de cargas, movilizándolo los tradicionales graneles y también contenedores en corredores troncales particularmente vinculando los orígenes de las cargas y los puertos.**

El sistema ferroviario Argentino.

El crecimiento del sistema ferroviario Argentina obtuvo su máximo desarrollo hacia mediados de la década de 1940 alcanzando la red los 41.000 km de extensión, logrando en determinados años superar los 50 millones de toneladas anuales transportadas.

Vale destacar que tales niveles de actividad fueron alcanzados aún sin una estrategia de desarrollo compatible con los intereses nacionales, por el contrario obedeció a intereses privados sectoriales y cuyas consecuencias en cierta manera aún hoy se padecen, como ser la diversidad de trochas, la superposición de líneas en varios de los principales corredores de transporte regional, la multiplicidad de empresas concesionarias siendo la mayoría extranjeras con predominio de capitales británico, la interferencia en las plantas urbanas afectando su desarrollo y expansión entre otros temas .

Como ya expresamos el monopolio ferroviario que dominaba la operatoria de las actividades económicas en sus diversos aspectos, comienza a debilitarse con la presencia competitiva del transporte por automotor a partir de la década de 1920 afectando especialmente los tráficos de cargas de corta distancia y luego en forma progresiva los de media y larga distancia, debido al desarrollo de la red nacional de caminos pavimentados ocurrida a partir de 1930, y cuyo trazado se superpone con la mayoría de las líneas troncales ferroviarias, situación que produce una estabilización en los tráficos cuya media anual entre 1925 de 1944 es de 43 millones de toneladas. Luego comienza el

progresivo deterioro en las prestaciones de los servicios por efecto de la falta de inversión en: mantenimiento, reposición en infraestructura e instalaciones, equipamientos y material rodante.

En esta primera etapa el país creció, se pobló, se desarrolló, se integró y se vinculó con los demás estados limítrofes y con los de ultramar por los puertos fluviales y marítimos, donde el sistema ferroviario posibilitó en gran medida el comercio interior y exterior de la producción nacional, como también la provisión de insumos de todo tipo, sustentando los niveles de calidad de vida urbana y rural acorde a esos tiempos alcanzados en el país.

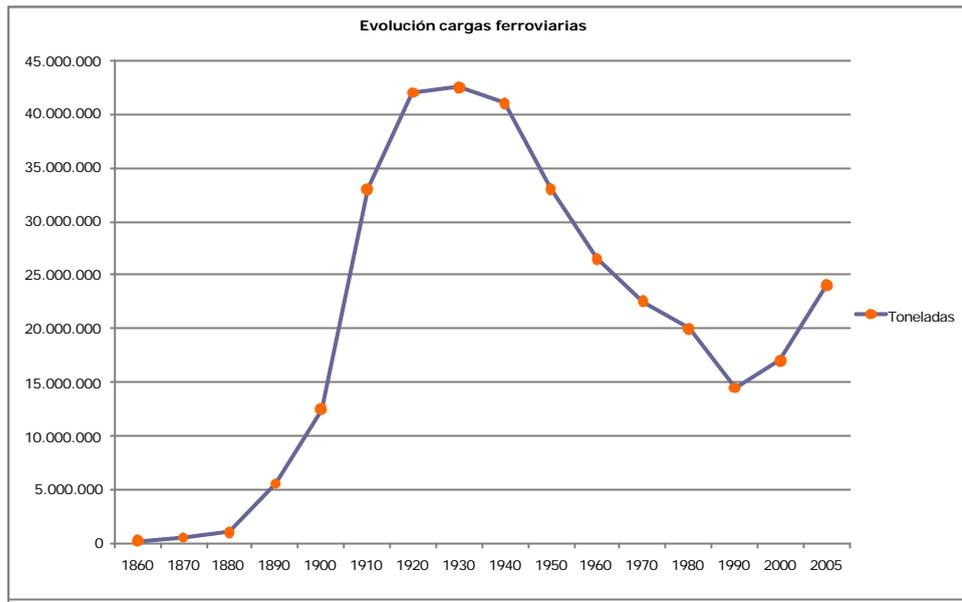
Intervención Estatal. Período 1948-1990

Con la nacionalización de los ferrocarriles en 1948, cuya explotación en la mayoría de las líneas estaba concedida a empresas extranjeras, concluyó el período en el cual este modo de transporte contribuyó efectivamente a la consolidación del proceso de organización nacional basado en la integración regional y en el desarrollo socioeconómico del país.

Al hacerse cargo el estado nacional de los ferrocarriles y de su explotación, la nueva organización del sistema agrupa las líneas de trocha ancha en cuatro líneas: Mitre, Roca, Sarmiento y San Martín, mas la línea Urquiza a cargo de la trocha media y la línea del Belgrano agrupando los ferrocarriles de trocha angosta, proceso que demandó un par de años en consolidarse.

Sin embargo, en años posteriores a la segunda guerra mundial Argentina desaprovecha grandes oportunidades de crecimiento, por profundas transformaciones sociales, económicas y políticas, adoptando políticas de fronteras adentro, en lugar de promover la apertura del comercio exterior, especialmente la producción agropecuaria y el equipamiento de la industria nacional, lo cual requería haber implementado políticas de complementación intermodal en el sistema de transporte nacional en lugar de un modelo competitivo como el que primó entre el ferrocarril y el automotor.

Consecuentemente el transporte por automotor en la década de 1950 capitalizaba el 57% del total de cargas nacionales, mientras que el ferrocarril participa con el 35%, acusando una media anual del orden de las 29 millones de toneladas, con coeficientes de explotación negativos e insuficientes niveles de inversión en reposición y mantenimiento que van deteriorando paulatinamente la prestación de sus servicios tal como se puede observar en la siguiente figura.



FERROCAMARA EMPRESARIA DE FERROCARRILES DE CARGAS – Anuario 2007

Evidentemente la explotación de los ferrocarriles a cargo del estado nacional resultaban altamente deficitaria e ineficiente no sólo en términos monetarios sino por una deficiencia administrativa de la gestión empresarias y comercial del sistema, un inapropiada y rígida realización de los servicios, inadecuados programas de mantenimiento y de reposición de equipos e instalaciones con carencia de recursos, desaprovechamiento y sobredimensionamiento de personal por efectos gremiales, deficiencia operativa y baja confiabilidad del material rodante, lo cual ocasionaba servicios ineficientes de mala calidad e inseguros, situación que motivó el progresivo abandono de los usuarios.

Transferencia al sector privado a partir de la década del 90

Ante este cuadro de situación y conforme al marco general de transformación del estado que impulsó el gobierno nacional a partir de 1989, estableció el marco legal e institucional para la explotación del transporte ferroviario de carga y pasajeros bajo el régimen de concesión que se efectivizaron entre 1991 y 1995, con activa participación del sector privado.

Sin embargo a pesar de las insuficientes inversiones en renovación de infraestructuras, material rodante, mejoras en instalaciones y en equipamiento, se ha logrado revertir a partir de 1994 la tendencia decreciente de las cargas ferroviaria, con una franca recuperación que ha sido efectiva pero no suficiente, para lograr mejorar su participación en la matriz de transporte siendo del 70% del automotor, e inferior al 5% la del ferrocarril.

Como dijimos esto no es suficiente para afianzar a futuro el rol protagónico que el ferrocarril debieran lograr en el transporte de cargas, contribuyendo al desarrollo de la producción y su comercialización y conforme a las buenas perspectivas de crecimiento que al país se le

presentan, lo cual requerirá de políticas y programas sustentables y factibles, es decir, que sean de un cumplimiento efectivo por parte del sector público y privado para lograr niveles de participación en la matriz de transporte nacional superior al 20% con volúmenes mayores a 100 millones de toneladas anuales de carga transportada a horizontes de quince años.

Política y estrategia para el desarrollo y sustentabilidad del sistema ferroviario Argentino de carga

Como ya hemos establecido, en todos los países del mundo los ferrocarriles han pasado por un período histórico de expansión de la red, y otro momento de regresión. Este proceso está relacionado con 2 ejes históricos del transporte, por un lado la época en la que el ferrocarril poseía poder de monopolio, y la segunda etapa en la que el tren vio aparecer otros competidores, las carreteras primero, y la aviación después.

Lo que diferencia otros países de la Argentina, es que invirtieron grandes sumas de dinero en la adaptación del sistema ferroviario al nuevo escenario, mientras que en Argentina la red tuvo una significativa regresión sin que se invirtiera y modernizara.

En todo este contexto, las crisis por las que pasaron los ferrocarriles del mundo desde las estatizaciones masivas de los 40, hasta las reformas del 70, 80 y 90, **apuntaban a preparar al ferrocarril para insertarse exitosamente en el sistema multimodal de transporte, en el que debe hacer algo a lo que históricamente no estaba acostumbrado, competir.**

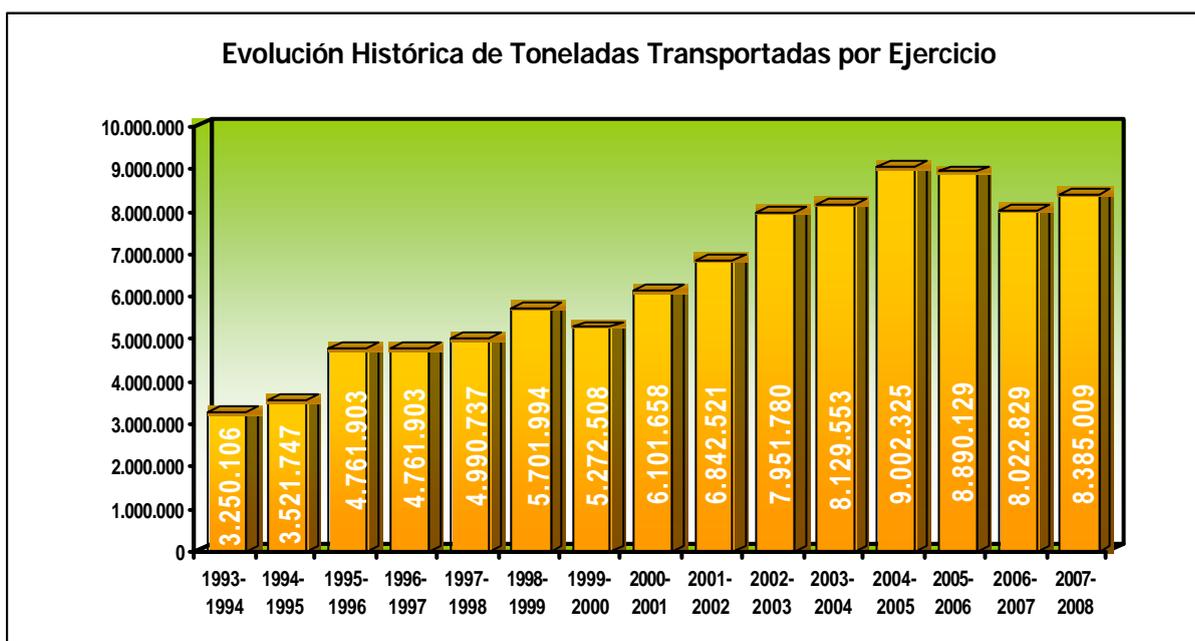
Algunos aspectos parecían entonces esenciales, reorganización institucional, gestión comercial orientada al cliente, sinceramiento contable, incorporación de innovación y tecnología y concentración en corredores y segmentos especiales de mercado del transporte, es decir, el ferrocarril ya no es un modo de transporte general sino especializado.

Capítulo I

Frontera de Posibilidades de Producción y Pleno Empleo

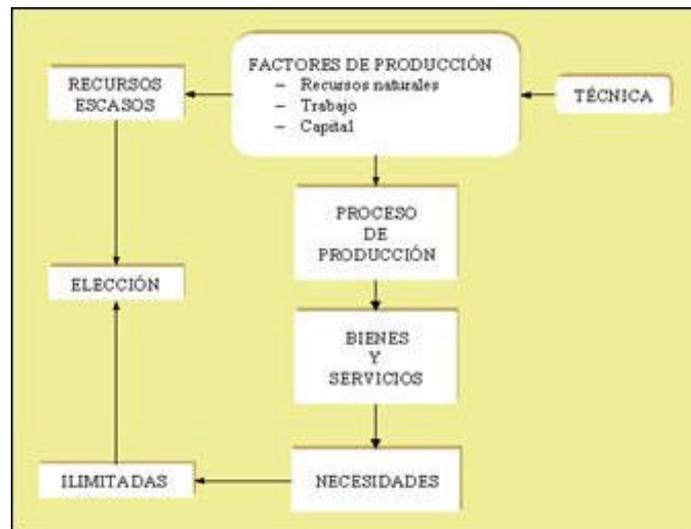
A medida que avancemos se podrá deducir fácilmente que NCA S.A. ha vivido en carne propia lo ocurrido con la estructura ferroviaria argentina a través del tiempo. Ha experimentado períodos de próspero crecimiento seguidos de una profunda recesión y desmantelamiento, culminando con una exitosa transferencia al sector privado traducida en una explotación eficiente, alcanzando en la actualidad un alto nivel de desempeño.

A continuación, queremos demostrar en forma simple y visual a través de un gráfico de barras lo antedicho, es decir, mostrar que NCA S.A. se encuentra en el nivel de **Pleno Empleo de sus factores productivos**. Como se puede observar, a lo largo de la concesión el total de toneladas transportadas ha aumentado sensiblemente hasta estancarse en el rango de las **8.000.000/9.000.000** Toneladas. A partir de aquí, crecer significa inversión en parque rodante y/o infraestructura. En este punto máximo se ha logrado la mayor eficiencia productiva y técnica permitida por la estructura con la cual opera. Esto último es lo que justifica en gran medida la necesidad de desarrollar herramientas de análisis, ya que una mala decisión operativa/comercial puede llevar a una sobre explotación e incurrir en la pérdida de productividad tal como lo predica la **“ley de rendimientos decrecientes”**.



Sin la intención de subestimar al lector, consideramos necesario desarrollar algunos conceptos y principios económicos básicos con el objeto de establecer una idea aproximada del objeto de este proyecto.

Al igual que toda actividad económica, el desarrollo de un Sistema de Planificación (SP) aplicable al transporte ferroviario esta regido por el principio de **escasez** y **factores productivos escasos**. Decir que un recurso es escaso es simplemente afirmar que podría darse un uso valioso a cualquier aumento de su cantidad. El siguiente cuadro resume el papel crucial que desempeñan tales principios, según lo estudia la economía:



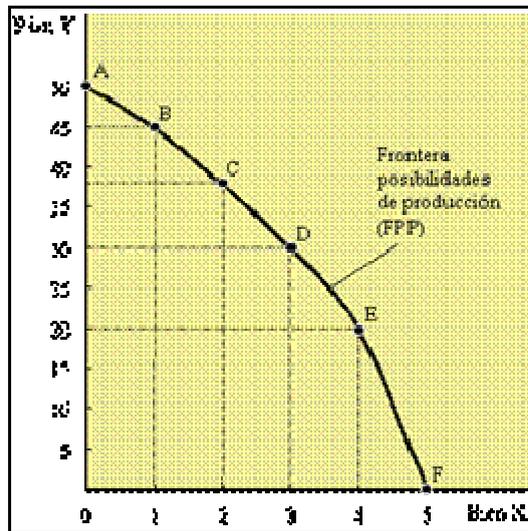
Los recursos utilizados para producir bienes y servicios se denominan **Factores de Producción**, siendo los 2 últimos los que tendrán principal atención durante el desarrollo del SP:

- *Recursos naturales*: Bajo este término se incluye todo lo que aporta la naturaleza al proceso productivo (suelo, petróleo, minerales.)
- **Trabajo**: El término trabajo se refiere a todos aquellos recursos humanos que pueden ser utilizados en la producción de bienes y servicios. Para su análisis no sólo hay que tener en cuenta el número de personas, sino también las cualidades y la capacidad del factor trabajo.
- **Capital**: Son aquellos bienes que no se destinan al consumo, sino que se emplean para producir otros bienes. Son bienes producidos por el propio hombre, permiten conseguir una mayor producción (máquinas, herramientas, edificios, conocimientos).

A su vez la escasez de estos recursos significa que aunque se utilicen todos los factores de producción (pleno empleo) no puede haber una producción ilimitada de bienes y servicios. En consecuencia, los agentes económicos deben escoger qué bienes y servicios han de producir o consumir y de cuáles han de prescindir. Este hecho se puede estudiar a

partir del modelo de la Frontera de Posibilidades de Producción. Si bien todo modelo es limitado en cuanto a su aplicación práctica, no deja de ser relevante su interpretación, extrapolando lo definido a una Empresa de Servicios como es el caso de Nuevo Central Argentino SA.-

La curva denominada FPP es la frontera de posibilidades de producción de una economía imaginaria que solo puede producir dos bienes.



La frontera de posibilidades de producción describe las diferentes combinaciones eficientes de bienes y servicios que una economía puede producir en un determinado periodo de tiempo con los recursos y tecnología existentes.

La **FPP** pone de manifiesto dos principios básicos:

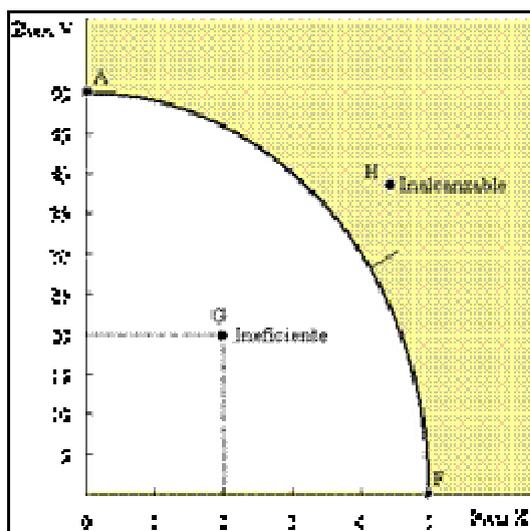
- Al ser los recursos escasos, la cantidad que podemos producir es limitada.
- Sólo podemos producir cantidades adicionales de un bien si reducimos la producción de otro.

Se utilizará este Modelo, el de "La frontera de posibilidades de producción" para introducir tres conceptos básicos del análisis económico: la eficiencia económica, el coste de oportunidad y el crecimiento económico.

La eficiencia económica

En la siguiente figura se representa la curva o frontera de posibilidades de producción de la economía anteriormente descrita.

Cualquier punto situado a lo largo de la frontera de posibilidades de producción significa que se están utilizando todos los recursos: la economía es eficiente. Es decir, la economía está utilizando eficazmente todos los recursos disponibles, dada una tecnología.



Existen también otras posibilidades:

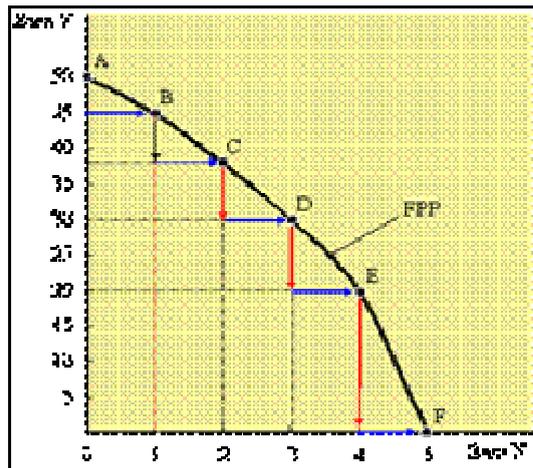
- Cualquier punto situado por debajo de la FPP (por ejemplo, el punto G) es ineficiente: la economía está produciendo menos de lo que podría si utilizara todos los recursos productivos de forma eficiente.
- Cualquier punto situado por encima de la curva (por ejemplo, el punto H) son inalcanzables con los recursos y la tecnología existentes.

Costo de oportunidad

El coste de oportunidad, se define como la cantidad a la que hay que renunciar de un bien o servicio para obtener una unidad adicional de otro. Refleja cuando optamos por un bien o servicio determinado, la decisión de tener que prescindir de todos aquellos bienes y servicios que podríamos haber adquirido de no haber adoptado esa particular opción.

El costo de oportunidad de utilizar un recurso, como el trabajo o el capital, en cualquier actividad es la cantidad que podría obtenerse destinando ese recurso a otro mejor uso posible.

En el próximo gráfico se puede observar que el coste de oportunidad es creciente: aumenta a medida que va aumentando la producción de X. **La explicación radica en que los rendimientos son decrecientes, es decir, el incremento de la producción generado por la utilización adicional de una unidad de factor disminuye conforme aumenta la cantidad utilizada de ese factor.**



Las fuerzas que tienden a producir un rendimiento creciente en el sentido dinámico, son persistentes y universales. La humanidad, mediante la tecnología y la organización, lucha siempre por aprovechar mejor sus energías y reducir el costo que demanda la consecución de un cierto resultado.

Cuando se ha alcanzado una cierta escala de producción, todo aumento sobre esa escala originará un gasto adicional, aumentará el costo unitario de producción. Cuando se llega a este punto, se dice que actúa la **Ley del Rendimiento Decreciente**.

La Ley es una relación **técnica-económica** que enuncia la relación existente entre un factor productivo y la cantidad resultante de un bien o satisfactor.

La Ley fue enunciada por Turgot en 1768 y su aplicación se considero valida para la agricultura. Después fue difundida en Inglaterra y Escocia por Anderson, Maltas en 1814 y Vest quienes la consideraban aplicable a toda actividad productiva.

El economista F. M. Taylor estableció que: mientras no varíen las condiciones de la técnica, si a una cantidad dada de un factor o de una combinación de factores se aumentan incrementos sucesivos de otro factor o de otra combinación de factores productivos, la cantidad del producto total no se modificara en proporción continua sino que primero aumentara mas que proporcionalmente, luego menos que proporcional y por ultimo decrecerá."

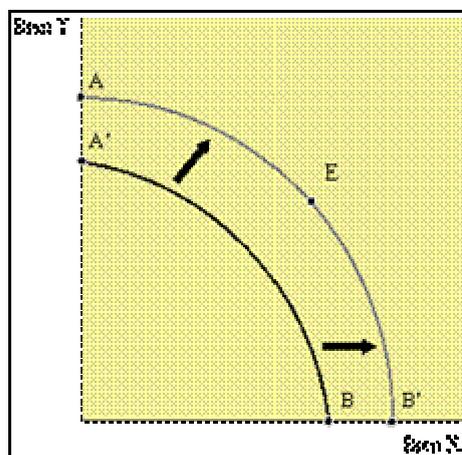
Cuando se aplica la Ley de Rendimientos Decrecientes en una empresa esta señala que la utilidad decrecerá cuando a determinado volumen de producción, los costos aumenten, y que dicho aumento sea motivo necesario para incrementar más el volumen de producción, ya sea para dotar a la empresa de mayor capacidad de producción, lo que origina un aumento de costos fijos que harán decrecer la utilidad hasta que pueda recuperarse con el aumento del volumen de producción con dichos medios aumentados.

Hacemos principal hincapié en este apartado ya que como dijimos, las herramientas de análisis que desarrollaremos permitirán conocer el punto a partir del cual comienza a regir la Ley de Rendimientos Decrecientes y su consecuente pérdida de productividad. Esto se observa en el aumento en los tiempos de circulación en general a medida que adicionamos unidades rodantes a la red o se consiguen mejores rotaciones.

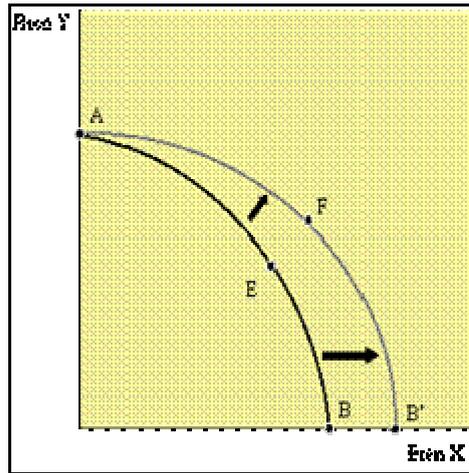
Crecimiento económico

Para que la frontera de posibilidades alcance puntos que inicialmente eran inalcanzables, es necesario que se produzca alguna modificación en la **dotación de recursos disponibles o que cambie la tecnología utilizada.**

Tomando como ejemplo la figura presentada a continuación, la frontera de posibilidades de producción inicial esta definida por A'B'. En esta situación, el punto E queda por encima de la frontera de posibilidades de producción, (sería inalcanzable). Si la frontera fuese AB, la combinación de recursos que representa el punto E pasa a ser eficiente. Para ello hemos supuesto que ha habido un crecimiento económico, es decir, un aumento de las posibilidades de producción, ya sea un aumento de los recursos disponibles, una mejora en la calidad de los recursos, o un progreso tecnológico.



El crecimiento económico NO significa que el progreso técnico tenga que producirse necesariamente en todos los sectores de la economía. También puede darse, que sólo haya progreso en un sector



La causa de este desplazamiento es debido a un avance tecnológico en la industria que produce el bien X.

Respecto a lo aquí expuesto, consideramos que se han producido algunos cambios tecnológicos (cambio en la relación corona/piñón en las locomotoras), consiguiendo los movimientos aquí propuestos. No obstante en el plan de inversión de la empresa tomada como caso de análisis no considera ampliar el parque rodante/tractivo a los fines de incrementar la cantidad de los factores productivos de capital, limitando el crecimiento como un resultado de una explotación eficiente de los factores disponibles.

Capítulo II

En el presente capítulo daremos una rápida revisión a dos métodos de costeo aplicables al transporte ferroviario de cargas, métodos que establecen las bases y mecánica de nuestro Sistema de Planificación, el cual toma las bondades que cada uno propone, con la intención de sortear las limitaciones inherentes a cada uno de ellos.

Comparación de dos métodos de costeo de servicios de transporte de cargas ferroviario

Tal como ya lo expresamos el Sistema Ferroviario Argentino durante la primera mitad de la década del 90 atravesó exitosamente el traspaso de su explotación a manos privadas.

Las discusiones previas a la privatización giraron alrededor de la idea de aumentar la eficiencia en su explotación, y naturalmente, el abatimiento de los costos operativos fue uno de los tópicos comunes. El interés por los costos tiene como principal objetivo desarrollar una base de referencia tarifaria de transporte ferroviario, que permita ponderar los nuevos precios de servicios con los cuales los nuevos operadores enfrentarán la competencia entre ellos y con los otros modos de transporte.

La necesidad que tiene cualquier empresa transportista de un conocimiento preciso de sus costos de producción para lograr un buen desempeño y asegurar su supervivencia en el mercado, parece ser una idea que no requiere discusión alguna, y más aún si la empresa que genera el servicio enfrenta una intensa competencia con otros prestadores del servicio o con otros modos de transporte. El objetivo básico de las tareas de costeo es aportar información relevante para la adecuada toma de decisiones que guíen a la empresa transportista. Entre las aplicaciones más comunes de los datos que proporciona una buena práctica de costeo están las siguientes:

- Cálculo y control de tarifas del servicio.
- Decisiones de continuar, ampliar o eliminar servicios específicos.
- Estudios económicos de rentabilidad de servicios potenciales o nuevos proyectos.
- Evaluación de la operación y/o productividad de servicios específicos.

Los dos enfoques de costeo que se revisan en este trabajo comprenden los dos tipos de métodos más comunes que se encuentran en la literatura y en la práctica sobre el tema:

- A) La metodología de base contable tradicional.**
- B) La metodología de tipo ingenieril.**

A) El enfoque Contable

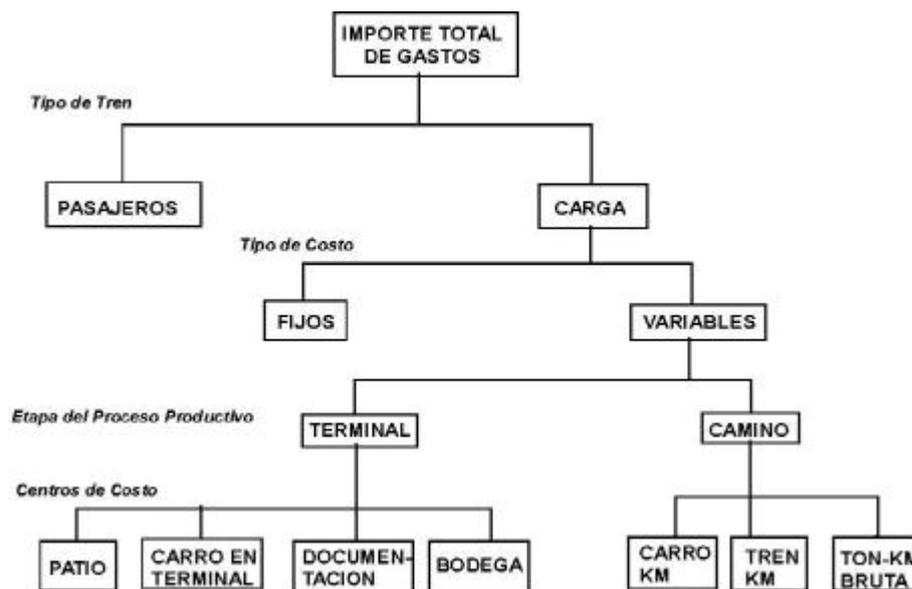
La contabilidad de costos es una actividad necesaria en cualquier empresa de servicios de transporte. Para guiar su toma de decisiones, la empresa transportista identifica objetivos de costo, que corresponden a aquellas actividades para las cuales una medida de costo separada es requerida. Resulta entonces, que los objetivos de costo que interesan a la empresa no se eligen por sí mismos, sino con la finalidad de tener un apoyo en la toma de decisiones. Los costos para los objetivos que interesan a la empresa transportista se colectan usualmente en forma sistematizada por medio de un sistema de contabilidad, el cual además sirve a otras funciones diversas como son el control de gastos, la elaboración del presupuesto o la valuación de inventarios.

En un diseño muy básico, puede considerarse el suministro de servicio de transporte de carga ferroviario como integrado por dos elementos primarios:

- a) **El servicio necesario para iniciar y terminar el recorrido.**
- b) **El movimiento de la carga desde su origen hasta su destino.**

Esta separación de elementos del servicio de transporte, permite al enfoque contable iniciar de modo natural la separación de los gastos asociados al servicio para clasificarlos con el catálogo de cuentas del propio sistema de contabilidad. Clasificaciones adicionales de los gastos en costos fijos, costos de capacidad o costos variables completan el esquema.

El siguiente esquema muestra un procedimiento general de separación de los gastos de producción del servicio de transporte ferroviario que se ha usado en Ferrocarriles Nacionales de México (FNM).



Esquema de Separación de Gastos (Costos)

El método de costeo ilustrado en el esquema anterior se integra por las

siguientes etapas:

- 1. Separación de Gastos.** Este paso consiste en coleccionar los gastos del **periodo** contable más reciente y separar estos gastos entre los servicios de transporte de la empresa: **trenes de pasajeros, trenes de carga o trenes mixtos.**
- 2. Clasificación en costos fijos y variables.** En esta etapa los costos se clasifican como fijos o variables, según sea que tengan una variación directa o no con el volumen del servicio producido.
- 3. Asignación de costos a sus centros generadores.** En esta fase se asignan primeramente los costos variables del servicio de carga a las áreas generadoras del costo según la etapa del proceso de producción del servicio: Terminal y Camino.
- 4. Cálculo de costos unitarios.** En este último paso, ya se pueden calcular los costos unitarios mediante la comparación de los gastos del centro generador de costo con las unidades del servicio proporcionado o con las unidades que se considere que originan el costo de dicho servicio.

Antecedentes metodológicos: La "RAIL FORM A"

El antecedente metodológico del enfoque contable actual de los sistemas de costeo usados en el ambiente ferroviario norteamericano, es primeramente la fórmula para la determinación de costos del servicio ferroviario de carga llamada **"Rail Form A"** elaborada por la Interstate Commerce Commission (ICC) en 1943 y posteriormente el sistema de costeo ferroviario uniforme **"Uniform Rail Costing System" (URCS)** de la década de los 80.

El diseño de la Rail Form A permite separar el total de gastos del servicio ferroviario en diversas categorías, basándose en parámetros de operación. Estas categorías del gasto pueden entonces aplicarse a los movimientos individuales de los trenes, a fin de obtener estimaciones del costo en términos de los parámetros que describen dicho movimiento. El modo en que los costos se obtienen con la Rail Form A y con el sistema de costeo ferroviario uniforme, en términos generales es el siguiente:

- 1.** Las cuentas individuales de gastos se separan en categorías según el tipo de operación involucrada. Por ejemplo, la cuenta "Mantenimiento de Equipo" puede dividir sus gastos entre los que se relacionan al servicio en camino y los que se relacionan al servicio en terminales.
- 2.** Las cuentas de gastos que tienen un origen operacional similar se agrupan y el gasto total del grupo se distribuye entre los parámetros de movimiento individual de los trenes, según los tipos de unidades de servicio que relacionan funcionalmente a los gastos de la cuenta. Un ejemplo de esto puede ser la asociación de los gastos de mantenimiento de los furgones, con los ingresos por carro-km, o la

relación funcional entre los gastos de operaciones y maniobras de patio, con carros enteros originados o recibidos.

3. Los gastos de cada movimiento son enseguida separados en fijos o variables con base en un valor porcentual de variabilidad previamente calculado para el grupo de gastos. Este costo variable así estimado se divide entre el valor de las unidades de servicio usadas, para obtener una estimación del correspondiente costo variable unitario.

4. Las cuentas individuales y sus estimaciones de costos variables pueden disgregarse nuevamente basándose en las unidades de servicio asociadas con el tráfico específico bajo análisis, para así tener una estimación del costo variable total del servicio individual que refleje los parámetros operacionales de dicho movimiento.

El sistema de costeo ferroviario uniforme (URCS) fue diseñado para ofrecer un esquema más flexible y de mayor amplitud que la Rail Form A. En su diseño original, el sistema URCS teóricamente puede ofrecer la flexibilidad suficiente como para ser usado tanto por los usuarios del servicio de transporte de carga, como por los propios transportistas ferroviarios en cualquier negociación dentro del marco regulatorio vigente. El valor que tiene este atributo depende, por supuesto, de la precisión implícita en este sistema de costeo.

El método de costeo URCS mantiene varios de los enfoques metodológicos de la Rail Form A. Entre estos se tiene el formato de sistema de asignación de costos de base contable, la dependencia de estimaciones de variabilidad de costos estadísticamente calculadas, la capacidad de permitir algunos datos de entrada específicos del usuario en rangos mayores a los correspondientes de la estructura promedio de costos y el sustento en estudios históricos para conseguir información adicional a los gastos anuales reportados. Una de las mejoras notables del sistema URCS sobre la Rail Form A es el uso de un sistema de cuentas de mayor detalle. Esta mayor desagregación de las cuentas permite una estimación más fina de los costos en categorías para las cuales interesa conocer mejor la variabilidad del costo.

El método Activity Based Costing (ABC): una alternativa al método contable tradicional.

En el año 1991, Robin Cooper y Robert S. Kaplan de la Harvard Business School dieron a conocer un nuevo método de costeo encaminado a resolver el problema de **la asignación de los costos indirectos de fabricación en la industria manufacturera**. El método, llamado **Costeo Basado en las Actividades (ABC)**, surgió inicialmente como un intento de tener un cálculo más preciso de los costos de producción. Debido a que el enfoque ABC puede mostrar las relaciones entre el desempeño de actividades particulares del proceso productivo y las demandas que esas actividades hacen de los recursos de la empresa, se puede tener una idea clara de la forma en que los productos, las marcas, los clientes, las regiones o los canales de distribución, generan ingresos a la vez que consumen recursos en la industria manufacturera.

Las ideas fundamentales que guían este enfoque de costos son las siguientes:

1. Los productos no son los causantes del costo, sino las actividades requeridas para producirlos.
2. Siendo los productos los que consumen las actividades, es posible asociar los costos a los productos por medio de dichas actividades.
3. En consecuencia, para asignar los costos indirectos de fabricación basta con distribuir los costos de las actividades por separado a cada tipo de producto con base en el consumo relativo que cada producto, haga de cada actividad particular.

El método ABC asigna los costos indirectos de fabricación a los productos de acuerdo a la siguiente secuencia:

1. Identificando y analizando separadamente las actividades de apoyo que ofrecen los diversos departamentos indirectos.
2. Asignando a cada actividad los costos correspondientes, de modo que se formen grupos de costos homogéneos; homogéneos en cuanto a que el comportamiento de este grupo de costos se identifica con la misma actividad.
3. Identificadas las actividades y formados los grupos de costos, se proponen "orígenes del costo" o "medidas de actividad" (llamadas "cost drivers" en la literatura inglesa) para explicar el origen y la variación de los gastos indirectos de fabricación. Estos orígenes del costo deben estar definidos en unidades de actividad claramente indentificables.
4. Identificados los orígenes del costo, se calculan costos unitarios de cada actividad que apoya al proceso productivo.
5. Posteriormente se calcula el número de "unidades de actividad" que consume cada artículo en su producción.
6. Finalmente se asignan los costos indirectos de fabricación a los productos, multiplicando el costo unitario de cada actividad empleada por el número de unidades de actividad requerida en el producto. Con este método de costeo, el costo unitario total de cada producto se formará por la suma de los siguientes costos unitarios:

Materia prima + Mano de obra + S (Indirectos de las actividades usadas en la producción).

En el ámbito del transporte, el concepto del método ABC se presentó en octubre de 1994 en la Conferencia del Council of Logistics Management

como una prometedora alternativa al uso de los sistemas de costeo de base contable tradicional.

El punto de partida en la discusión del método ABC es el reconocimiento de que los sistemas tradicionales de costeo de base contable, no pueden dar información en la forma que se necesita para la determinación precisa de precios de los servicios o para estimar el impacto de los costos en la rentabilidad de la empresa. El costeo ABC permite obtener información sobre costos de mayor utilidad y usarla como apoyo a la toma de decisiones en la empresa.

El costeo ABC desagrega las cuentas tradicionales del costeo contable y reorganiza los costos para mostrar cómo realmente se están consumiendo los recursos usados en la producción del servicio. En la tabla siguiente se ilustra un ejemplo de desglose de gastos de almacenamiento (en dólares) de una empresa, para los dos enfoques: el tradicional y el método ABC.

Enfoque tradicional contable Costos de Almacenamiento		Enfoque ABC Costos de Almacenamiento	
Almacenamiento y manejo	\$40.10	Almacenaje seco	\$25.00
Generales y administrativos	\$30.90	Almacenaje refrigerado	\$8.10
Transporte y entregas	\$14.50	Recepción	\$20.00
Consolidación de carga	\$2.40	Embarque	\$18.80
Servicios de valor agregado	\$3.30	Facturación	\$3.20
		Entrega	\$6.00
		Embalaje/documentación	\$1.80
		Consolidación de carga	\$3.00
		Equipo de manejo de materiales	\$5.30
Total	\$91.20	Total	\$91.20

Como puede verse el enfoque tradicional contable reporta las cantidades gastadas de cada uno de los recursos utilizados en la producción del servicio, pero no muestra el detalle de cómo las actividades específicas tales como la facturación, la generación de los embarques o las entregas, consumen dichos recursos.

El sistema ABC reorganiza el reporte de gastos para identificar los costos de llevar a cabo cada una de las actividades específicas de la empresa. Los costos de las actividades reflejan la suma de los recursos utilizados en la ejecución de cada una de las tareas individuales.

En la operación de una empresa transportista, por ejemplo, el método de costeo contable tradicional podría estar asignando los costos de horas de trabajo y de gastos generales de igual manera en todas las subcuentas. De este modo no se considera el hecho de que algunos de los clientes atendidos requieren más servicio o más embalaje que otros, y por tanto resulta más costosa su atención. En consecuencia, la empresa podría estar cargando precios en exceso a algunos clientes mientras que a otros podría estarles cobrando precios menores a sus propios costos. Esto podría llevar a la errónea conclusión de juzgar a un cliente redituable como un cliente que no lo es.

En pocas palabras: lo que determina la tarifa que se cobra al cliente es el costo de las actividades que dicho cliente solicita al transportista que efectúe, para realizar el servicio de transporte deseado. De este modo es posible trabajar junto con el cliente y negociar tarifas con base en las actividades que el transportista se ve obligado a efectuar, a fin de llenar todas las necesidades de su cliente. Por el lado del transportista, se logra una mayor rentabilidad del negocio, por el lado del cliente se logran avances en la reducción de sus costos de transporte.

B) El método Ingenieril

El método ingenieril de cálculo de costos llamado también método de costos unitarios, se fundamenta en el seguimiento detallado de todo el proceso de producción del servicio de transporte de carga, de modo que en cada etapa del proceso se determina con una exactitud razonable la cantidad de insumos que se utilizan. Una vez que se conocen con buena aproximación las cantidades de todos los insumos empleados en la producción del servicio, la aplicación de precios unitarios de los mismos permite obtener el costo total de producción del servicio.

Una característica que resalta en el método ingenieril es que la tecnología utilizada en la generación del servicio de transporte se considera de modo explícito. Así, el método ingenieril permite evaluar los costos implicados en la generación del servicio con distintos tipos de equipos de tracción y de arrastre, o con equipos de nueva tecnología, circunstancia que no es sencilla de manejar con el método contable.

El simulador de trenes TRCP de la A.A.R.

La simulación de la operación de un tren es un ejemplo de los métodos de estimación de costos llamados ingenieriles o de costos unitarios.

Como se indicó anteriormente, dos ventajas que presenta este método de costeo son:

1. La posibilidad de tomar en cuenta los cambios de tecnología; por ejemplo, al cambiar los parámetros de definición de los equipos o de la infraestructura usados y
2. La posibilidad de agrupar los costos de producción del transporte según las necesidades del analista; por ejemplo, en costos de operación, costos de infraestructura o costos de tripulación.

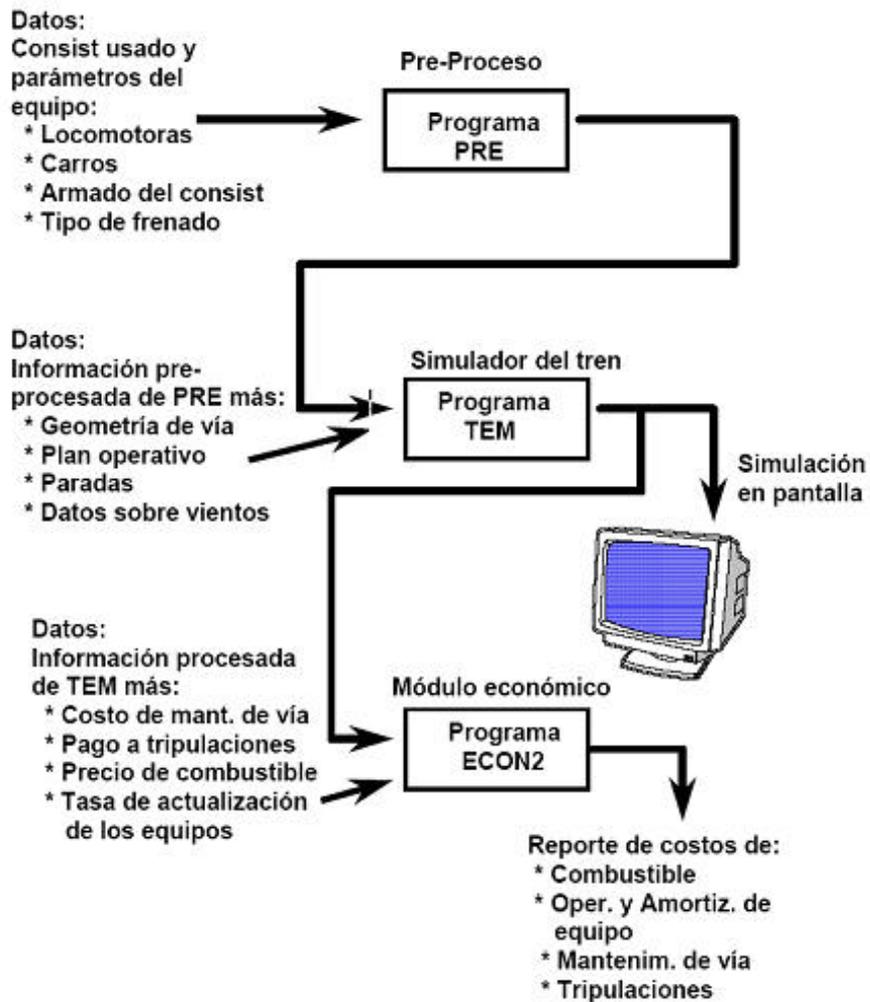
El simulador de corrida de trenes de mayor aceptación y uso es el **TEM/RECAP Control Program (TRCP)** de la American Association of Railroads (AAR). Este paquete controla simultáneamente el programa **Train Energy Model (TEM)** que simula el comportamiento físico de un tren, así como el módulo **Rail Energy Cost Analysis Package (RECAP)** que es el programa de cálculo de costos asociados a la corrida del tren.

El paquete computacional realiza simulaciones de la marcha de un tren calculando parámetros físicos de operación en cualquier punto del camino como son: consumo de combustible, fuerza de acoplamiento, velocidad y aceleración del convoy o comportamiento del frenado dinámico. Al término de la simulación, el módulo económico del paquete calcula los costos resultantes de la operación del tren, permitiendo obtener costos de la operación misma, del uso de la infraestructura y del pago de tripulaciones.

Los programas principales usados en la simulación física son el **PRE**, que efectúa un pre-proceso de la información básica del **consist** (configuración utilizada para el tren: número y tipo de locomotora, número y tipo de furgones, posicionamiento de las locomotoras en el convoy), y el **TEM** que recibe la información procesada por PRE más los datos del perfil de vías, el plan operativo del tren y datos sobre vientos dominantes en el camino. Para la evaluación económica de la corrida, el programa ejecutable es el **ECON2**, el cual recibe como datos de entrada la información procesada por TEM, más datos sobre costos de mantenimiento de vía, precio del combustible, formas de pago a tripulaciones y tasa de actualización de los equipos para efectos de depreciación.

En la figura presentada a continuación se ilustra la organización general del paquete TRCP.

“TRCP”: PROGRAMA DE CONTROL DE TEM Y RECAP



TRCP

El **Modelo de Energía para Trenes** (Train Energy Model o TEM), es un simulador de trenes desarrollado por la AAR (Association of American Railroads) en 1982, con la finalidad de estudiar el consumo de combustible en relación con los métodos de reducción de resistencia de los trenes y con sus técnicas de manejo.

El modelo RECAP (Rail Energy Cost Análisis Package).

El **modelo RECAP** es el módulo de cálculos de costos asociados a la operación de un tren que ha simulado el programa TEM. El programa utiliza los datos generados en la simulación física del tren, como son: cantidades y tipo de equipo usado, combustible consumido, tiempo transcurrido en el movimiento o distancia recorrida, junto con técnicas de ingeniería económica para hacer las estimaciones de los costos resultantes de la corrida del tren.

La tarea básica de RECAP es usar modelos aceptados de ingeniería económica para traducir la información física (tipo de equipo,

combustible usado, distancia recorrida) y financiera (costos de adquisición de los equipos, costo de mantenimiento por milla recorrida, tiempo de vida útil de los equipos) de las actividades y equipo utilizados en la producción del transporte en estimaciones de costos resultantes de: pago a tripulaciones, costo de combustible, y costos de mantenimiento de equipo y vías.

RECAP da al analista del transporte ferroviario una alternativa para evaluar costos que difiere del enfoque tradicional contable de asignación de costos. Esta alternativa es un ejemplo del método ingenieril de estimación de costos, y tiene dos ventajas principales que no ofrecen los métodos contables:

1. La estimación de costos puede hacerse sobre una ruta o diseño de servicio específico.

2. Los efectos de las innovaciones tecnológicas de los equipos a usarse o diversas opciones operativas para un tren que usualmente no se emplean, pueden evaluarse si se conocen los parámetros técnicos y de operación que las definen.

Un enfoque de estimación de costos de tipo contable usa para su análisis el proceso total de producción de transporte del ferrocarril tal como se ha dado en el pasado, y con ello describe la transformación de insumos empleados en transporte producido. De este modo, este proceso productivo refleja la tecnología y las estrategias operativas que se han utilizado hasta el momento mismo en que se hace la evaluación, y por tanto no puede incidir sobre los posibles impactos que el uso de equipos con otras tecnologías o estrategias operativas distintas pudieran tener sobre los costos.

Los costos de mantenimiento de vía

Los costos de mantenimiento de vía son una parte importante de la determinación de los costos de operación de un tren. Este tipo de costos son influenciados por las características del camino, el tipo de equipo usado y el plan operativo del servicio de transporte ofrecido. Lamentablemente, los modelos de costos con enfoque contable de asignación de costos no han resultado muy exitosos en la determinación de los efectos en el costo de factores como: la geometría de la vía, los estándares de construcción, las cargas por eje de los equipos o las velocidades de operación.

Dada la dificultad de evaluar esta clase de efectos sobre los costos, RECAP utiliza los resultados de un modelo de costos, también desarrollado por la AAR, llamado TMCOST, para estimar los costos de mantenimiento de vía para un servicio específico de tren. El modelo TMCOST no forma parte de RECAP, sino que más bien fue usado para generar información de costos incrementales de deterioro de vías.

RECAP cuenta con la información de estos costos incrementales de deterioro de vías para cinco casos, que corresponden a lo siguientes

tipos de consist:

- Tren unitario para carga a granel, cargado con furgones de 100 toneladas, (32.5 ton. por eje).
- Tren unitario para carga a granel, cargado con furgones de 125 toneladas, (39 ton. por eje).
- Tren unitario para carga a granel, vacío.
- Tren declarado mixto.
- Tren intermodal.

Una vez con esta información, el modelo TMCOST se corrió sobre una matriz de geometrías y estructuras de vía típicas para generar los archivos de costos de mantenimiento de vía que utiliza el programa RECAP. El usuario de RECAP debe seleccionar la opción de archivo de costos de mantenimiento de vía que más se asemeje al consist que pretende.

Aportes de ambos enfoques al desarrollo de nuestro Sistema.

El desarrollo de la estructura de nuestro programa (**SIPLARE**) toma características de ambos enfoques, características que se podrán detectar a medida que avancemos. La creación de un modelo propio, interpretado como la fusión de ambas técnicas de costeo, tiene como objeto sortear las falencias que cada uno aporta. Por su lado el **EC** no otorga la flexibilidad que se le exige a la información para actuar como pilar fundamental para la toma de decisiones a pesar de la influencia positiva que ejerce el método de costeo ABC. Por su lado el **EI** aporta su mecánica a nuestro **SIPLARE** y a través de ella, éste goza de la tan deseada plasticidad de la información. Lamentablemente los programas de costeo para tráficos ferroviarios "embasados" (TRCP, TMCOST, etc.) basados en el EI, toman como parámetros las características del sistema ferroviario anglosajón, las cuales difieren considerablemente de las características del sistema argentino/latinoamericano. Es en esto último donde estriba la necesidad de desarrollar un Modelo de Costos/Sistema de Planificación ajustado a las características y necesidad de las empresas férreas nacionales.-

El **Modelo de Costos**, primera etapa en la construcción del **SIPLARE**, se base en el desglose de costos planteado por **Enfoque contable**. A su vez, tal como fue expresado en el apartado anterior, se encuentra fuertemente atravesado por el método ABC permitiendo una definición de costos más precisa pero no suficiente a los fines del presente trabajo. Por su parte el **Enfoque Ingenieril** nos permite desarrollar un modelo propio al cual incorporamos aspectos novedosos como:

- Evaluación de Esfuerzos

- Relación de variables operativas

En conclusión si al Modelo de Costos le sumamos el **valor agregado** que aporta el Enfoque Ingenieril a la información y estos 2 nuevos módulos, que desarrollaremos, obtenemos la estructura básica del SIPLARE. Dicho esto queda claro que ninguno de los enfoques expresados en forma teórica, es suficiente para la obtención de la información requerida y por ello la necesidad de lograr un Método adaptado que contemple los aspectos más brillantes de cada uno.

Como resumen y para reafirmar todo lo antes expuesto vale decir que el proyecto fue concebido inicialmente como un SISTEMA DE COSTOS, sin embargo, para no caer en las deficiencias comunes de los sistemas convencionales se decidió agregarle valor al output que todo sistema de costos de estas características es capaz de brindar. Estos adicionales incluyen:

- Analizar alternativas operativas en la asignación de recursos a fin de poder planificar la disponibilidad de los mismos y su distribución entre los diferentes tráficos.
- Encontrar las opciones óptimas en la asignación de recursos a los tráficos.
- Evaluar las repercusiones en términos de costos que generarían hipotéticas inversiones en los recursos ferroviarios disponibles, esto es, **vías, material rodante, mano de obra directa.**
- Analizar los efectos que tendrían variaciones en los recursos disponibles en los niveles de actividad diaria así como también en la eficiencia de la operación ferroviaria.

Desarrolladas las bases teóricas que sustentarán este trabajo estamos en condiciones de ingresar de lleno al desarrollo y construcción del **Sistema de Planificación para la Asignación de Recursos Ferroviarios (SIPLARE).**-

Capítulo III

En el presente capítulo analizaremos en profundidad cada uno de los módulos que conforman nuestro Sistema de Planificación (ver Esquema SIPLARE, Pág. 33).

III-1) Estructura del Sistema de Planificación para la Asignación de Recursos Ferroviarios (SIPLARE)

Empresa Piloto

A fin de garantizar un mejor modo de explicación y entendimiento de la herramienta que se pretende desarrollar, es necesario contar con una empresa ferroviaria que sirva como ejemplo de aplicación de este **SISTEMA DE PLANIFICACIÓN**. Así la búsqueda se orienta a encontrar una empresa que sea un fiel reflejo de la realidad del sistema ferroviario argentino, concluyendo en adoptar como empresa piloto a Nuevo Central Argentino S.A. (NCA), a cargo desde hace más de 15 años de la explotación de la red de cargas de la ex línea Mitre.

A continuación una breve descripción de la misma:

NCA es la empresa concesionaria de la red de cargas de la ex línea Mitre con una longitud de vía que se extiende más allá de los 5.000 km abarcando los principales nodos de carga de las provincias de Córdoba, Tucumán, Santa Fe y norte de Buenos Aires. Desde su inicio, en diciembre de 1992, la empresa se ha abocado a recuperar el protagonismo que todo sistema ferroviario debe tener en un país con longitudes tan extensas como es Argentina. La prueba de este arduo desafío se puede resumir mediante la comparación de los niveles de toneladas transportados al comienzo de la concesión cuando la explotación estaba en manos estatales (1.540.000 toneladas) respecto a los valores de los últimos años (9.000.000 toneladas).

Este incremento de volumen transportado se logró gracias a la mejora en los recursos físicos disponibles:

- **Recuperación material rodante: locomotoras y vagones**
- **Inversiones en el mantenimiento de vías**
- **Mejoras en la propia actividad operativa**
- **Incorporación de nuevos negocios a los tráficos ferroviarios tradicionales**

El contrato de concesión implicó el traspaso a manos privadas de activos del Estado por el plazo de 30 años, como son:

- 5000 km. de vía
- 6000 vagones de carga (de los cuales sólo 2000 estaban aptos para ser utilizados).
- 74 locomotoras (de las cuales solo 23 estaban aptas para ser utilizadas)

Finalmente, NCA llega a estos días con una flota cercana a las 70 locomotoras, las cuales pueden agruparse en los siguientes tipos:

- **ALCO RDS 16**
- **GM GR 12**
- **GM GT 22**
- **GAIA 1050 (sólo aptas para maniobra)**
- **GAIA 1350 (sólo aptas para maniobra)**

¿Qué se desea costear? ¿Qué tipo de costos se pretende costear?

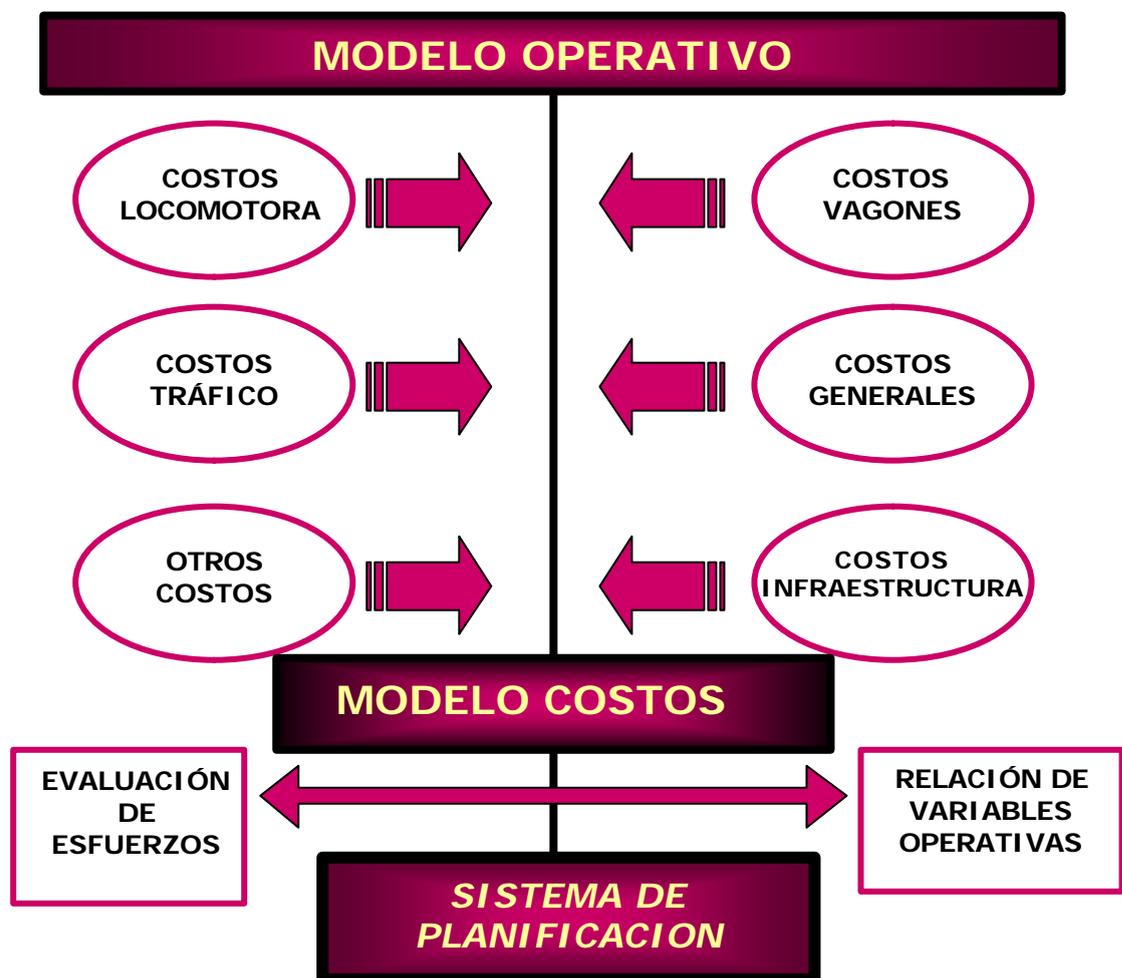
Cuando se analizaron las necesidades que dieron sustento a este proyecto todas las ideas convergieron en la posibilidad de contar con una herramienta técnica que **permita costear tráficos**. Justamente cada **tráfico** se constituyó en el elemento principal sobre el que se centraría todo el desarrollo del **SIPLARE**. Esto significó originalmente que todos los outputs que el sistema fuera a brindar estuvieran enfocados a analizar aspectos **operativos y económicos de cada tráfico en particular**. A medida que se fue imaginando las bondades que el sistema podía llegar a concebir y aquellos aspectos que el sistema dejaría todavía huérfanos de solución, se comenzó a analizar la posibilidad de ampliar el espectro de salidas buscando finalmente poder contar con una herramienta mucho más potente capaz de generar aportes valiosos no sólo para el estudio de un tráfico en particular sino también poder brindar información de soporte para la **planificación global operativa**. En conclusión, a la idea original de construir una herramienta para el costeo de tráficos, se la complementó con salidas muchos más enriquecedoras y abarcativas.

El sistema de planificación que se diseñó se basa en encontrar, en principio, un **costo estándar** para todos los tráficos corridos en y bajo las condiciones que rigieron el último ejercicio contable de la empresa al momento de iniciar este estudio (que en este caso se trata del ejercicio que se extiende desde el 01/09/2005 hasta el 31/08/2006). Para poder alcanzar dicho costo se necesitó diseñar un **Modelo operativo** constituido por un conjunto de variables suficientes como para describir las características salientes de cada tráfico de acuerdo a lo reflejado en el ejercicio pasado. Esto llevó a la necesidad de definir variables, realizar estimaciones técnicas y operativas y medir tiempos, entre otras cuestiones.

Diseño del sistema de planificación

La estructura del **Sistema de planificación para la asignación de recursos ferroviarios (SIPLARE)** se hará a partir de la complementación de diferentes módulos. Para facilitar su entendimiento

se presenta un gráfico en el que se esquematiza el diseño interno que se empleó para delinear el sistema. El esquema puede asimilarse al de una pirámide invertida, contando como base fundamental al **Modelo Operativo**, es decir, una gran base de datos referida a las características operativas y económicas tanto a nivel global como de cada tráfico en particular. La incorporación de un conjunto de módulos representantes de los **costos directos e indirectos** permitirá construir el **Modelo de Costos**. Por último, el **análisis de esfuerzos** junto con el módulo de la **interrelación de variables operativas** y el **módulo de programación**, permitirán enriquecer el modelo de costos a fin de alcanzar un **Sistema de Planificación Integral** con múltiples salidas de análisis.



Esquema del SIPLARE

En base a este esquema, el presente trabajo se encargará de analizar el SIPLARE a partir de la explicación en detalle de cada uno de los módulos

que lo componen, utilizando, en mucho de ellos ejemplos de tráficos de NCA para ayudar la comprensión de los temas.

III-2) Modelo Operativo (MO)

El **Modelo Operativo** tiene por objeto representar la realidad operativa de la empresa, de modo de poder describir cuantitativamente las características de cada uno de las unidades de negocio para un determinado período de tiempo. Concretamente se deberá crear una gran base de datos que constituirá la plataforma desde donde emerjan todos los análisis que el **SIPLARE** permita realizar. El hecho de que el sistema se base en los datos operativos del ejercicio 2005-2006 implica que el MO deberá reflejar la actividad que tuvo la empresa durante dicho ejercicio y por ende cuando se decida la actualización del **SIPLARE**, obligará a recalcular el MO con todo el conjunto de datos del nuevo período adoptado.

El MO tratará la descripción de cada una de las unidades de negocio de NCA. Al decir esto, nos referimos a cada uno de los tráficos que se sucedieron en el período en estudio (ejercicio 2005-2006). Por lo tanto, el primer paso es identificar todos los tráficos que se hayan corrido durante todo el ejercicio, definiendo:

- **Origen:** corresponde a cualquier nodo o estación de la red de NCA desde donde se haya transportado mercadería en el período 2005-2006.
- **Destino:** corresponde a cualquier nodo o estación de la red de NCA hacia donde se haya transportado mercadería en el período 2005-2006.
- **Grupo de Producto:** el total de productos se agrupan en rubros, asegurando la condición esencial de que a cada tráfico se le asigne un único GRUPO DE PRODUCTO utilizando como criterio de asociación dos elementos en particular:
 - Características de los productos similares
 - Coincidencia del tipo de vagón en el que son transportados

De este modo, a nivel del MO será suficiente con el conocer el grupo de producto. Luego, se verá que para otros módulos del **SIPLARE** deberá ser necesaria la identificación del producto. Concretamente, el Grupo de Producto a emplear serán:

- | | |
|-----------------|--------------------------|
| ➤ Aceite | ➤ Fruta |
| ➤ Azúcar Bolsa | ➤ Granos |
| ➤ Azúcar Granel | ➤ Granos AGD TTNOA Corto |
| ➤ Bobina | ➤ Metalúrgicos |
| ➤ Cemento Bolsa | ➤ Minerales |
| ➤ Combustible | ➤ Piedra |
| ➤ Contenedores | ➤ Serpentina Fina |

- Subproducto
- Varios
- Minerales Corto

- Fertilizante
- Otros FF/CC

- **Ciente:** se trata de la empresa o razón social que contrata el servicio de NCA y por ende quien se hará cargo del pago del flete.

Cada una de estas cuatro variables será internamente codificada por un código numérico que facilite la identificación de cada tráfico.

- **Estacionalidad:** se trata del período en el año en que es corrido el tráfico. Para el caso de esta variable, dado que admite sólo tres valores posibles, no se recurrió a la codificación correspondiente sino que simplemente se identificó cada uno de los valores admitidos por el mismo nombre del período de estacionalidad en cuestión.

- Pico: **Abril-Mayo-Junio**
- Pos Pico: **Julio-Agosto**
- Valle: **Septiembre-Octubre-Noviembre-Diciembre-Enero-Febrero-Marzo**

De este modo cada tráfico será identificado biunívocamente por un código alfanumérico compuesto por la concatenación de los códigos de las cinco variables en juego, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

TRÁFICO ORIGINAL: 102 – 103 – 108 – 305
ORIGEN: 102 - Alejo Ledesma
DESTINO: 103 – A.C.A.
GRUPO PRODUCTO: 108 – Granos
CLIENTE: 305 - Aceitera Gral. Deheza SA.
ESTACIONALIDAD: PICO

Vale hacer la aclaración que en el SIPLARE se darán de alta más tráficos que los realmente corridos en el ejercicio 2005-2006. Sucede que en una primera instancia se tomaron como tráfico los definidos por las variables **ORIGEN – DESTINO – GRUPO PRODUCTO – CLIENTE**. Luego, dada las características diferentes que ofrecía cada tráfico según la época del año en que se hiciese, se decidió agregar una nueva variable, la **ESTACIONALIDAD**. En virtud de esto, se optó por dividir cada uno de esos tráficos en tres. Ejemplo:

TRÁFICO FINAL: 102 – 103 – 108 – 305 – PICO
ORIGEN: Alejo Ledesma
DESTINO: A.C.A.
GRUPO PRODUCTO: Granos
CLIENTE: Aceitera Gral. Deheza SA.
ESTACIONALIDAD: Pico
Cant. Operativos ejercicio 05/06: **2**

TRÁFICO FINAL: 102 – 103 – 108 – 305 – POS PICO

ORIGEN: Alejo Ledesma
DESTINO: A.C.A.
GRUPO PRODUCTO: Granos
CLIENTE: Aceitera Gral. Deheza SA.
ESTACIONALIDAD: Pos Pico
Cant. Operativos ejercicio 05/06: **1**

TRÁFICO FINAL: 102 – 103 – 108 – 305 – VALLE

ORIGEN: Alejo Ledesma
DESTINO: A.C.A.
GRUPO PRODUCTO: Granos
CLIENTE: Aceitera Gral. Deheza S.A.
ESTACIONALIDAD: Valle
Cant. Operativos ejercicio 05/06: **0**

Nótese que el tráfico correspondiente al Valle no tiene ningún operativo, lo que significa que los tres operativos que fueron de Alejo Ledesma a A.C.A. se hicieron 2 en los meses del PICO y el restante en el POS PICO. Así, aquellos tráficos que sufran esta situación serán incluidos de todas formas para que luego puedan ser expuestos a los análisis correspondientes.

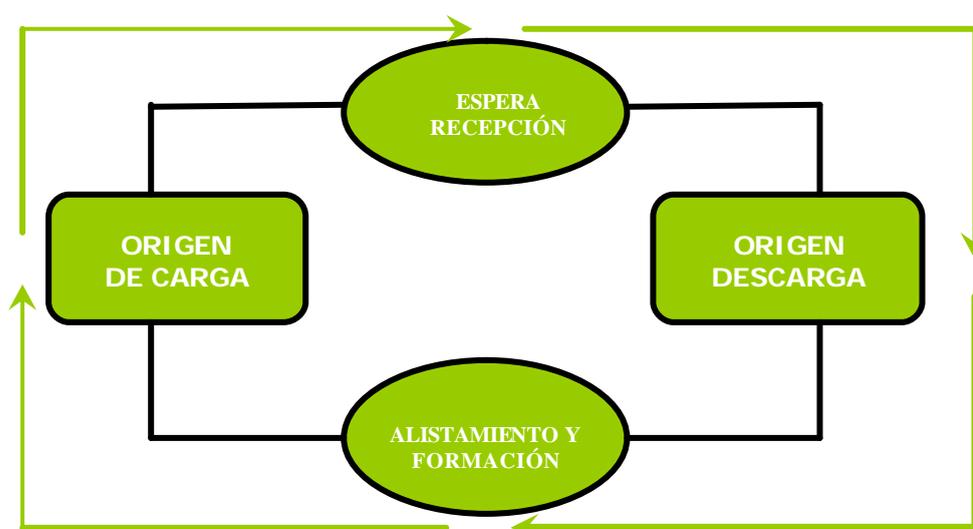
Seguidamente, para cada tráfico se deberá identificar las variables que caracterizan a cada uno de ellos, pero antes de exponer las mismas, es importante dejar en claro el significado de los siguientes términos:

1. Operativo: Se denomina como tal al conjunto de vagones que representa un pedido a satisfacer. Esto implica que detrás de un operativo hay una serie de etapas previas en las que intervienen otras gerencias. En síntesis, la Gerencia de Comercial es quien recepciona las solicitudes de los clientes convirtiendo los requerimientos de toneladas y fechas de carga y descarga en un pedido que contendrá dicha información junto con otros detalles como cantidad y tipo de vagones requerido, lugar de carga específico (un cliente puede disponer de diferentes puntos de carga en la red) y algún detalle operativo adicional que lo justifique. Dicho pedido será recepcionado por la Gerencia de Operaciones (en particular, la jefatura de Servicios al Cliente, SAC) quien una vez que cuente con los recursos necesarios (especialmente vagones vacíos) lo programará convirtiendo dicho pedido en un operativo a cumplimentar. Esta programación implicará:

- Definir qué vagones serán los que se utilizarán para el cumplimiento del operativo.
- Dar conocimiento a la estación en donde se encuentran físicamente dichos vagones para que inicien las tareas de alistamiento y formación. Esto implicará la revisión mecánica de rutina y el agregado o quitado de vagones si así fuera necesario.

A partir del momento que la estación en cuestión confirma el alistamiento de la formación vacía, el operativo está en condiciones de ser movido al origen de carga. Desde este momento, la responsabilidad del movimiento de los vagones pasa a ser de la jefatura Puesto Control Trenes, **PCT** (dentro de la Gerencia de Operaciones) quien deberá disponer de locomotora/s y personal de conducción para correr este operativo. Programada su corrida, el operativo comienza a circular con destino al origen de carga, conociéndose dicho viaje como el **viaje de vacío**. Llegado a origen, el operativo permanecerá **esperando recepción** hasta que el cliente posicione el tren en las bocas de carga y se inicie así la **carga** del total de vagones (es normal que la formación se particione en diversos cortes de modo de facilitar los movimientos internos dentro del desvío). La carga del último vagón dará por finalizada la carga del operativo y una vez que se realicen los movimientos para formar nuevamente los vagones (si esto fuera necesario) el operativo permanecerá **esperando tracción** hasta tanto el PCT programe la locomotora/s y el personal necesario para mover el operativo. El viaje hacia el destino de descarga se lo conoce como **viaje de cargado** y previo a arribar a dicho punto, el operativo puede permanecer en alguna estación cercana al destino hasta tanto el consignatario del operativo programe su ingreso a descarga. Este tiempo se lo conoce como **espera recepción**. La coordinación del ingreso al destino estará a cargo de **SAC** quien deberá dar conocimiento al **PCT** para que este programe los recursos necesarios para realizar la colocación final del operativo. Una vez arribado, permanecerá a la **descarga** hasta tanto no se descargue el último vagón. El fin de la descarga implicará el retiro de los vagones depositados, el fin del ciclo del operativo, el cumplimiento del pedido correspondiente y la disponibilidad de los vagones vacíos para cumplimentar otro pedido.

De esta manera, es fácilmente entendible que el operativo desarrolla un **CICLO** que gráficamente se describe en la figura siguiente:



Flujo Operativo

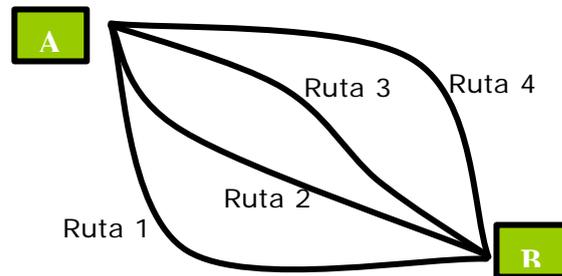
2. Tren: Es la unidad física constituida por uno o más operativos (y por ende, vagones) y su correspondiente locomotora/s y personal de conducción. De aquí se desprende la posibilidad operativa de “**acoplar**” dos o más operativos para formar un único tren que circulará desde un punto a otro. Dicho acople podrá darse tanto en la estación de origen del tren (en cuyo caso el origen del tren coincidirá con el origen de todos los operativos que lo compongan) o en alguna estación intermedia en su trayecto a destino. Esto último significa que un tren puede “**correr**” con **n** operativos acoplados hasta la estación **x** y allí acoplar un nuevo operativo de manera de continuar su recorrido con **n+1** operativos acoplados. Dos cuestiones importantes se deben resaltar:

- a diferencia de los trenes pasajeros, la modalidad operativa de NCA no trabaja con frecuencias de trenes sino que estos se mueven en la red de acuerdo a la demanda existente.
- El otro punto a destacar es que en el historial de un operativo podrá verse que el mismo haya formado parte de más de un tren ya que al igual que un tren permite el acople de operativos (en las modalidades mencionadas), también es válido el desacople de operativos cuando estos aún no hayan llegado a su estación de destino. Para esta última opción, visto lo dificultoso que resulta poder determinar en cuantos trenes formó parte un operativo, el modelo trabaja con la simplificación de que todo operativo sólo formó parte de dos trenes: uno desde la estación de ordenado de los vagones vacíos hasta el origen de la carga (representando el viaje de vacío) y otro desde el origen de carga hasta su destino (representando el viaje de cargado).

Definidos esto dos conceptos, podemos hacer mención a las variables que entran en juego al diseñar el MO y que son propias de cada tráfico:

- **Toneladas/Operativo:** Son las toneladas que el cliente declara como mercadería a transportar en un operativo. El hecho de tomar como válido los datos del ejec. 2005-2006 hace que la distribución de las toneladas para cada tráfico debe hacerse de modo que al sumarizar el total de toneladas de todos los tráficos, esta coincida con el total transportado en el ejercicio, que en este caso es de 9.120.149,62 TN.
- **Vagones cargados:** Como su nombre lo indica, se trata de contabilizar el total de vagones en los que fueron cargados las toneladas de cada tráfico. Para ello, se suman la totalidad de los vagones utilizados en todos los operativos que se efectuaron de cada tráfico.
- **Ruta:** Como dijimos al momento de definir el concepto de TRÁFICO, con la definición de dos puntos (origen y destino) no basta para poder conocer qué camino se emplea para unir ambos extremos. Esto se aprecia fácilmente en la figura que presentamos a continuación donde para ir de **A** a **B** podemos optar por cualquiera de las cuatro rutas posibles. Lo observado en la figura es lo que sucede con la mayoría de los tráficos de NCA, por ende debe dejarse en claro qué

ruta (para el viaje de cargados) se opta para cada caso ya que los costos correspondientes serán diferentes según la opción seleccionada.



Definición de ruta: Para definir todas las rutas posibles fue necesario introducir el concepto de **Tramo**, entendiéndose como tal la porción de red ferroviaria con características similares y que, en general, será la unión de dos nodos continuos de la red. Así, a cada tramo definido (un total de 78) se le asignó un código numérico de tres dígitos (la numeración se inicia desde el código 100) y su nombre de identificación es la concatenación de los puntos extremos del tramo (ejemplo: 109- CEVIL POZO-FORRES). Definidos los tramos, las **Rutas** se crearon como la composición de una sucesión de tramos. Para ello, se tomaron todos los pares origen-destino corridos en el ejercicio 05/06 y se enumeraron las alternativas de recorrido más factibles de unión de cada par. Así es que se llegaron a identificar un total de 777 rutas diferentes, lo que en promedio representa un total de poco más de 3 rutas posibles por cada par origen-destino. El nombre de cada ruta resulta un código numérico de 4 dígitos (la numeración se inicia desde el código 6000).

Ejemplo:

Origen: **Chabás**

Destino: **Terminal 6**

Ruta 1: **6136** Tramos: 158 – 157 – 176 – 175 – 104 – 111

Ruta 2: **6137** Tramos: 158 – 159 – 143 – 147 – 176 – 175 – 104 – 111

Características de las rutas y tramos: Cada ruta definida dispone de una serie de atributos propios, la mayoría de los cuales surgen de las características propias de los tramos que las constituyen. Es por ello que en primera medida fue necesario identificar los atributos de los tramos, a saber:

➡ **Distancia:** Es la distancia en kilómetros del tramo t

➡ **Concesión:** Identifica si el tramo pertenece a la concesión de NCA o al de otro concesionario de carga.

- **Resistencia específica de inercia:** Variable física útil al momento de analizar los esfuerzos a vencer para traccionar un tren.
 - **Limite de carga:** De acuerdo a las características físicas del tramo de vía, se establece un límite de carga máximo por vagón dado en toneladas por eje del vagón.
 - **Curvatura máximas:** Como se verá al momento de analizar los esfuerzos resistentes a vencer al momento de la tracción de un tren, es necesario relevar cual es el radio de curvatura máximo (medido en metros) a soportar en el tramo de vía en cuestión.
 - **Gradiente máximo:** De la misma manera que con el radio de curvatura, será de interés conocer la pendiente máxima del tramo (medida en 0/00). Por ejemplo, una pendiente de 5 0/00 significa que cada 1000 metros recorridos, se asciende 5 metros.
 - **Trocha:** Se entiende como tal a la distancia que separa entre sí a cada riel componente de una vía. Existen mundialmente cuatro tipos de trochas, siendo la Trocha Ancha la que caracteriza a la red de NCA.
 - **Toneladas:** Hace referencia al total de toneladas de los tráficos que circularon por el sector y que surge luego de definir para cada tráfico qué ruta empleó durante el 2005-2006 (conocida la ruta, se conoce que tramo transitó).
 - **TON.KMt:** Variable de gran utilidad al momento de distribuir los costos como se verá oportunamente, y que surge de la multiplicación de la distancia del tramo t por las toneladas pasantes.
- **Distancia viaje cargado:** Es la distancia en kilómetros del viaje desde el origen de carga hasta el destino de descarga. Como es natural pensar, dicho valor dependerá de la ruta asignada al tráfico y la misma se calculará como la suma de las distancias de los tramos componentes de la ruta.
 - **Distancia viaje vacío + cargado:** Surgirá, en la mayoría de los casos, como la duplicación de la **distancia del viaje cargado** con la excepción de los tráficos en que se circule por diferentes rutas según se viaje con vagones cargados o vacíos.
 - **TN/VAG:** Representa el valor medio de capacidad de carga por vagón para el tráfico en cuestión. Se puede decir que se está en presencia de una de las principales variables aleatorias del modelo y por ende es necesario determinar su distribución de probabilidades a partir del análisis estadístico de los datos que contamos de esta variable. El determinar la distribución de probabilidades no es más que definir los parámetros de la misma, de modo que permita alimentar al modelo con valores correspondientes a la distribución asumida. Este análisis sugiere los siguientes pasos:

1º) La primera hipótesis de cálculo es que el nivel de carga por vagón es independiente del período del año en que se realice el tráfico, por ende habrá tantas distribuciones de probabilidades como agrupaciones **ORIGEN-DESTINO-GRUPO PRODUCTO-CLIENTE**. Así, queda entendido que varios tráficos tendrán el mismo valor de **TON/VAG**, como lo muestra el siguiente ejemplo:

TRAFICO 1: C.POZO – T.6 – GRANOS – A.G.D. – VALLE
TRAFICO 2: C.POZO – T.6 – GRANOS – A.G.D. – PICO
TRAFICO 3: C.POZO – T.6 – GRANOS – A.G.D. – POS PICO

Todos ellos tendrán las TON/VAG correspondientes al grupo C.POZO-T.6-GRANOS-A.G.D.

2º) Para determinar la distribución de probabilidades que mejor se ajustaba al conjunto de datos disponibles para cada grupo, se empleó la herramienta estadística **Crystal Ball**. Para ello se tomaron aquellos conjuntos cuyos datos sean más representativos (principalmente por la cantidad de datos que los mismos contenían) y se aplicó Crystal Ball dando como resultado que la distribución de probabilidades que mejor se ajustaba era la NORMAL. Así es que se consideró a partir de entonces como distribución de probabilidades de cada grupo la **distribución NORMAL** con los parámetros correspondientes para cada caso.

3º) Identificada la distribución de probabilidades, es necesario poder generar valores independientes al azar de dichas variables aleatorias generando muestras de las mismas. Para dicha generación será importante tener en consideración la posibilidad de que para cualquier distribución de probabilidades es posible generar valores muestrales utilizando **números aleatorios**. Un número aleatorio es un valor al azar r de una variable aleatoria continua R con distribución uniforme en el intervalo $[0, 1]$. La herramienta Excel cuenta con una función específica para generar números aleatorios por lo que esto no revierte ninguna complicación.

Con el problema de la generación de números aleatorios resuelto, es momento de aplicar alguno de los métodos principales para simular valores muestrales de variables aleatorias con distribución de probabilidades especificada.

El empleo de la técnica de Montecarlo para el caso de la distribución Normal permite utilizar el siguiente algoritmo:

1. Generar 12 NA $r_1, r_2, r_3, \dots, r_{12}$

2.
$$X = m + s \cdot \left(\sum_{i=1}^{12} r_i - 6 \right)$$

3. Salir

4. Fin

X: Valor aleatorio de la variable aleatoria TON/VAG con distribución de probabilidades normal.

El algoritmo se deberá repetir tantas veces como valores de X se quiera.

Con esto, cada grupo se podrá obtener valores aleatorios de las TON/VAG para cada grupo definido, y finalmente para cada tráfico definido.

- **VAG/OPE:** Esta variable es la que en la jerga ferroviaria se conoce como **formación promedio** del tráfico. Se trata del total de vagones (siempre del mismo tipo) que componen un operativo y su valor surge como promedio del total de operativos corridos para cada tráfico durante el ejercicio 2005-2006. Acá es importante detenernos para analizar la siguiente situación: es posible que haya tráficos que estén dados de alta en el MO pero que en la realidad nunca existieron. Es el caso del ejemplo antes citado, el tráfico **102-103-108-305-VALLE** cuya cantidad de operativos durante el último ejercicio es nula y así la variable en cuestión es cero. Sin embargo, a fines de que el sistema no se limite únicamente a analizar los tráficos verdaderamente corridos en el 05/06, se definió el siguiente criterio para asegurarse que todos los tráficos (corridos o no) tenga un valor promedio de esta variable:

- Se toman los **VAG/OPE** correspondientes al tráfico en cuestión, es decir, se selecciona la formación promedio del total de operativos que fueron del origen al destino transportando el producto del cliente en el período del tráfico en cuestión.
- Si aplicando el punto anterior el valor de **VAG/OPE** es nulo, se toma como **VAG/OPE** el promedio de todos los operativos que corresponden a tráficos con igual **ORIGEN, GRUPO PRODUCTO, CLIENTE y ESTACIONALIDAD**.
- Si aún así, los **VAG/OPE** del tráfico en cuestión sigue siendo nulos, entonces se le asocian los **VAG/OPE** del promedio de todos los operativos que corresponden a tráficos con igual **ORIGEN, DESTINO y CLIENTE**.
Así, aplicando el criterio definido en el caso del tráfico **102-103-108-305-VALLE** resulta:

$VAG/OPE_{102-103-108-305-VALLE} = 0$ Por lo tanto aplico la próxima opción.

$VAG/OPE_{102-108-305-VALLE} = 28$ Al ser distinto a cero, detengo la búsqueda y asigno al tráfico 102-103-108-305-VALLE el valor de 28 VAG/OPE

Por último es importante destacar que para ciertos tráficos se establece por contrato la formación promedio de los operativos, por lo tanto, para estos casos, se tomaron dichos valores como los

correctos más allá que en ciertas circunstancias algún operativo del tráfico en cuestión no haya respetado esta cláusula.

- **Clase de vagón:** se pretende determinar si el vagón asignado a cada tráfico son de uso exclusivo de NCA o son aportados por el cliente. Este dato será de utilidad al evaluar el costo de mantenimiento de vagones, ya que para aquellos tráficos en donde el cliente aporte sus propios vagones, el costo de mantenimiento de los mismos será nulo (se lo considera como un costo inherente al cliente).
- **Clase de Locomotora:** De igual forma que para el caso de vagones, es factible que el tráfico no requiera de material tractivo aportado por NCA en cuyo caso el costo de mantenimiento de locomotoras será nulo.
- **Tipo de vagón:** Un punto que será importante al momento de analizar la optimización de los recursos es el del **tipo de vagón** que le corresponde a cada tráfico dado la diversidad del parque de vagones concesionados a NCA. Se contabilizaron un total cercano a los 74 tipos diferentes de vagones, cada uno de ellos identificado con un código de tráfico (CT) alfanumérico (3 caracteres como máximo). La gran variedad del parque rodante se debe principalmente a las diferencias estructurales de los mismos que hacen que un vagón sea apto para el transporte de determinado producto pero no útil para la carga de otro. El ejemplo más práctico se aprecia al momento de comparar las características que debe tener un vagón apto para la carga de productos a granel respecto de un vagón utilizado para la carga de productos palletizados. Más allá de esto, a los fines del grado de análisis requerido en el modelo, es importante definir **grupos de vagones** que permitan reducir la gran diversidad de vagones existentes y que dicha agrupación permita asociar cada **grupo de vagones** con un **tipo de vagón**. Los grupos de vagones estarán constituidos por vagones de similares características pero que en nuestro caso, la principal característica a identificar deberán ser la **capacidad de carga** de los mismos (medida en metros cúbicos -m³) y la **tara** (peso vagón vacío medido en toneladas) ya que ellas nos definirán la cantidad de vagones necesarios para transportar las toneladas correspondientes a cada tráfico. Así, a continuación detallamos los grupos de vagones definidos:
 - ➡ **Granero (GG):** Son el grupo de vagones utilizados para el transporte de material a granel. Su carga se realiza desde las escotillas superiores y su descarga se realiza por gravedad principalmente a través de sus compuertas inferiores, existiendo la alternativa para ciertos vagones (los códigos 76) de la descarga por compuertas laterales. Interiormente, su diseño es del tipo tolva para facilitar la descarga por gravedad variando la cantidad de tolvas de acuerdo al tamaño del vagón.
 - ➡ **Cubierto:** Agrupa al conjunto de vagones con las características necesarias para cargar productos palletizados. Su estructura

interna es rectangular utilizando sus puertas laterales corredizas como medio para la carga y descarga de los pallets. La amplitud de la apertura es la principal particularidad que diferencia a los diferentes tipos de vagón que conforman este grupo.

- ➡ **Tanque liviano:** Corresponde al conjunto de vagones destinados al transporte de fluidos líquidos y en su estructura se distinguen dos partes principales: la **plataforma** horizontal sobre la cual se asienta la **cisterna** que contiene el líquido cargado. La carga se hace a través del domo superior, mientras que la descarga se realiza por la parte inferior a través de válvulas accionadas desde la parte superior.
- ➡ **Tanques pesados:** Presentan las mismas características que los vagones que componen el grupo de los Tanques pesados. Sin embargo, se los diferencia porque son aquellos que se apartan para la carga de fluidos tóxicos e inflamables.
- ➡ **Portabobinas:** Como su nombre lo indica, son los vagones asignados al transporte de **bobinas** (en este caso, bobinas de acero). Su estructura mecánica es de la más simple, siendo constituidos por una plataforma sobre la que montan durmientes para formar las cunas donde se asientan las bobinas (una bobina por cuna), estas últimas aseguradas mediante un correcto trincado. La principal diferencia entre los vagones componentes del grupo reviste en la cantidad de cunas que contienen (dos alternativas: 3 o 4).
- ➡ **Portacontenedores (PC):** El transporte de contenedores se realiza en este grupo de vagones caracterizados por una simple plataforma la cual dispone en sus extremos de torretas fijas que aseguran el contenedor al bastidor del vagón. Las medidas estándar de los contenedores pueden ser de 20 pies (1 TEU) o de 40 pies (2 TEU), en función de ello, el parque de PC cuenta con dos grandes alternativas: vagones que cuentan con capacidad para llevar dos contenedores de 20 o uno de 40 y la alternativa más provechosa de contar con vagones con capacidad para cargar un contenedor de 40 y uno de 20 o 3 de 20. Existe un grupo de vagones que también es apto para el transporte de contenedores como son ciertos vagones que cuentan con bordes en los laterales pero con la parte superior libre (y desde donde se cargan y descargan los contenedores).
- ➡ **Borde alto:** Si bien el grupo de vagones que conforman este grupo pueden transportar contenedores, su uso principal está destinado a la carga de minerales brutos. Sus características físicas corresponden a la de vagones protegidos por todos sus laterales y cuya carga y descarga se realiza por la parte superior. Actualmente el parque de vagones de este tipo que está circulando en la línea se ve incrementado por el aporte de vagones por parte de uno de los clientes de mayor importancia en cuanto a volumen transportado, la Minera Alumbraera. La

característica distintiva de este grupo respecto al parque de bordes altos de NCA es que cuentan con una tapa superior desmontable para la protección del material transportado.

- ➡ **Tolva:** Corresponde a los tipos de vagones destinados al transporte de minerales, piedras y metalúrgicos de tamaño considerable. Su carga se realiza mediante palas mecánicas desde la parte superior, deslizándose el producto a través de las rampas laterales internas. Su descarga por gravedad se efectúa a través de compuertas laterales.

Para cada tipo de vagón, cuatro datos son los de relevancia para nuestro análisis:

Distribución: Representa el porcentaje de vagones de cada tipo dentro de cada grupo de vagones.

Capacidad: Es la capacidad en metros cúbicos del interior de cada tipo de vagón y permitirá determinar en función de la distribución de vagones definida para cada tráfico, la capacidad máxima de carga de dicho operativo.

Tara: Como bien se sabe, hace referencia al peso en vacío del vagón. Su utilidad se verá al momento de determinar el tonelaje bruto de un tren lo que definirá la cantidad de locomotoras necesarias para traccionar el mismo.

Área: Se refiere a la superficie frontal del vagón y se considerará al momento de analizar los esfuerzos a vencer al momento de mover un tren.

Es importante mencionar que tanto la **tara**, la **capacidad** como el **área** son datos propios de cada tipo de vagón pero como se trabajará con la relación **tráfico-grupo de vagón**, será necesario determinar un valor promedio de cada una de estas variables para cada grupo de vagón.

Definidos los ocho grupos con los que se trabajará en el MO, es factible asociar a cada **grupo de producto** un **grupo de:**

ACEITES	TANQUE
AZUCAR BOLSAS	CUBIERTO
AZUCAR GRANEL.....	GRANERO
BOBINAS.....	PORTABOBINA
CEMENTO BOLSA.....	CUBIERTO
COMBUSTIBLE.....	TANQUE
CONTENEDORES.....	PORTACONTENEDOR
FRUTA.....	CUBIERTO
GRANOS.....	GRANERO
GRANOS AGD TT NOA CORTO	GRANERO
METALURGICOS.....	TOLVA
MINERALES.....	BORDE ALTO
PIEDRA.....	TOLVA
SERPENTINITA FINA.....	GRANERO
SUBPRODUCTOS.....	GRANERO
VARIOS.....	VARIOS

MINERALES TREN CORTOBORDE ALTO
FERTILIZANTE.....GRANERO
OTROS FF/CC....."

Así, tal cual fuera anticipado, se logra que cada tráfico tenga definido un **tipo de vagón** a partir de conocer qué **grupo de producto** tiene asociado.

- **Tipo de Tren:** Como ya hemos hecho mención al hablar de **Tren**, el operativo del tráfico que deseamos analizar no necesariamente vendrá sólo. Por el contrario, en la medida de las posibilidades se buscará que cada tren que se corra esté compuesto por la mayor cantidad de vagones posibles y por ende las posibilidades de acoples de operativos es altamente probable. En estas situaciones deberemos identificar qué porcentaje de los vagones que componen ese tren son parte de cada operativo acoplado, ya que habrá determinados costos, como por ejemplo el de combustible, que deberá ser prorrateado entre los operativos acoplados de acuerdo a la participación en vagones de cada operativo en el tren. Para poder identificar estos porcentajes de participación debemos conocer:
 - **Identificar los operativos factibles de ser acoplados para constituir un mismo tren**
 - **Largo promedio del tren (medido en cantidad de vagones)**
 - **Total de vagones por operativo**

El primer punto surge de analizar cómo se realizaron los acoples en la realidad. Para ello se realizó el siguiente análisis:

En primer lugar se determinó de cada tráfico cuáles de ellos nunca son acoplados con nada, ya sea por cuestiones de capacidad tractiva o por otras cuestiones operativas. Para estos casos se tomará **Tren = Operativo** (todos los vagones que compongan el tren serán de un único operativo), por lo tanto todos los costos asociados a la corrida de un tren serán imputados completamente al operativo en cuestión.

Por descarte, quedan identificados los tráficoes cuyos operativos son acoplados. Lo que se deberá hacer a continuación es identificar qué operativo es factible de ser acoplado con otro. Para ello, una buena alternativa es definir zonas y asociadas a ellas, **Trenes Tipos**. Cada zona estará constituida por un conjunto de tráficoes cuyos operativos serán factibles de ser acoplados entre sí. Así, realizando las agrupaciones por zona es momento de analizar cómo se realizaron los acoples correspondientes.

Lamentablemente, la empresa no cuenta con información precisa respecto a cómo se realizaron los acoples al momento de correr los trenes por lo tanto el análisis de acoples deberá ser más "artesanal". Esto significa que deberán tomarse los horarios de salida de cada operativo desde su origen (información que si se tiene con precisión), comparar los mismos entre los operativos componentes de la misma zona definida e ir agrupándolos de modo de ir constituyendo trenes. La restricción principal a tener en cuenta al momento de realizar este

estudio es que nunca podrá darse acoples de operativos que superen el total de 75 vagones como tampoco podrán verse acoples tales que se produzcan mezcla de vagones con productos sólidos y vagones que contengan fluidos.

Habíamos mencionado que para cada zona se define un **Tren tipo**. Este tren tipo será el que surja de los acoples mencionadas y estarán compuesto de vagones de tráfico componentes de la zona en cuestión. A continuación se describen estos trenes:

ZONA NORTE TTNOA LARGO	TREN AGD TTNOA LARGO
ZONA NORTE	TREN NORTE
ZONA NORTE MINERA	TREN LARGO MINERA
ZONA NORTE BS.AS.	TREN BSAS
ZONA CORDOBA	TREN CBA
ZONA CARLOTA	TREN DIV CARLOTA
ZONA RESTO PROV CBA	TREN RESTO DE CBA

Para poder determinar el segundo punto, el largo de cada Tren Tipo, se deberá hacer un promedio de la longitud de las formaciones de todos los trenes que hayan sido identificados por zona. Aquí es válido destacar que la formación de cada Tren Tipo será diferente según el período de estacionalidad analizado. Esto se debe a que los tamaños de los operativos así como los compromisos de horarios difieren según la época del año en la que estemos (tener en cuenta que un operativo despachado en el período pico es más improbable que sea acoplado a otro operativo ya que no podrá permanecer en procedencia mucho tiempo a la espera del despacho de un operativo de origen cercano debido a que la mercadería será esperada en destino con una urgencia de consideración). Así, la tabla presentada enseguida detalla el tamaño promedio (es decir, VAG/TREN) definido para cada tipo de tren:

TREN TIPO	ESTACIONALIDAD	VAG/TREN
AGD TTNOA LARGO	PICO	64
AGD TTNOA LARGO	VALLE	69
AGD TTNOA LARGO	POS PICO	
BSAS	PICO	38
BSAS	VALLE	36
BSAS	POS PICO	30
CBA	PICO	32
CBA	VALLE	42
CBA	POS PICO	36
DIV CARLOTA	PICO	30
DIV CARLOTA	VALLE	40
DIV CARLOTA	POS PICO	30
LARGO MINERA	PICO	52
LARGO MINERA	VALLE	52
LARGO MINERA	POS PICO	52
NORTE	PICO	55
NORTE	VALLE	43
NORTE	POS PICO	59
RESTO DE CBA	PICO	48
RESTO DE CBA	VALLE	43
RESTO DE CBA	POS PICO	47

Definida la longitud de cada TT para cada época del año, es momento de determinar la participación de cada tráfico en el tren correspondiente. Para ello simplemente deberá tomarse el tamaño promedio de los vagones de cada tráfico (dado por la variable ya definida VAG/OPE) y hacer el cociente entre esta variable y la recientemente definida VAG/TREN.

- **Toneladas Brutas por tren:** Cuando definimos los grupos de vagones se había hecho mención a las **Taras** de los mismos como datos necesarios en la instancia de definir el total de toneladas que deberían traccionarse por tren. Estas toneladas son las que se definen en esta ocasión y serán las toneladas promedio que compondrán cada **TT**. Su cálculo sigue el siguiente criterio:

$$\text{TON}_{\text{BRUTAS}} = \text{VAG/TREN}_{\text{TIPO}} \cdot (\text{TON/VAG} + \text{TARA}_{\text{VAGON}})$$

Este criterio contiene una simplificación cuyo efecto es minúsculo y es la de suponer que todos los vagones del TT son del mismo tipo lo cual, como hemos visto, sólo será cierto cuando el tren está compuesto por un único operativo o cuando el tren esté acoplado por operativos para los que coincida el grupo de vagones asociado.

Haciendo un resumen de las variables hasta el momento definidas, podemos decir que ya tenemos identificado para cada tráfico las características de su operativo en lo que respecta a la ruta a recorrer, su composición promedio en cuanto a cantidad y tipo de vagones, toneladas transportadas, tren tipo en el que va acoplado, participación en el mismo y finalmente las toneladas brutas que conforman el tren tipo correspondiente al operativo. Todavía restan definir una serie de variables que serán de importancia en el modelo y que se detallan a continuación:

- **Total de vagones a cargar en el período:** Es una variable dependiente del cociente de dos variables ya definidas: el total de toneladas del período (de estacionalidad) y las toneladas por vagón cargadas para cada tráfico.

$$\text{VAGONES A CARGAR/PER} = \frac{\text{TON}_{\text{PER}}}{\text{TON/VAG}}$$

- **Total de toneladas a cargar mensualmente:** Surge directamente de la variable anteriormente definida, a la cual deberá dividírsela por la cantidad de meses que componen el período correspondiente (7 para el VALLE, 3 para el PICO y 2 para el POS PICO).

$$\text{VAGONES A CARGAR/MES} = \frac{\text{VAGONES A CARGAR/PER}}{\text{MES/PER}}$$

- **Total trenes en el período:** Es el resultado de dividir la cantidad de vagones a cargar en el período por la formación (VAG/TREN) del Tren Tipo correspondiente al tráfico en cuestión.

$$\text{TREN/PER} = \frac{\text{VAGONES A CARGAR/PER}}{\text{VAG/TREN}}$$

- **Total trenes en el mes:** Se obtiene de igual forma que la variable anterior difiriendo en que se toman los vagones a cargar por mes en lugar de los del período.

$$\text{TREN/MES} = \frac{\text{VAGONES A CARGAR/MES}}{\text{VAG/TREN}}$$

- **Tren. Km. en el período:** Es el producto directo entre la cantidad de trenes corridos en el período y los km. recorridos (tanto el viaje de vacío como el de cargado).
- **Cantidad de locomotoras por tren:** Para esta variable, de acuerdo a las condiciones operativas actuales, sólo puede admitir dos valores: 1 o 2. Todo dependerá del tonelaje bruto del tren a remolcar y de la capacidad de tracción de cada tipo de locomotora. Por eso es que será importante detenerse a analizar ciertos aspectos que serán de interés en lo que respecta al parque de locomotoras de NCA. En primera medida, presentamos el cuadro de locomotoras disponibles de la empresa con sus características técnicas definidas:

TIPO LOCOMOTORA	TOTAL UNIDADES	AREA FRONTAL [m ²]	TOTAL EJES	CAPACIDAD TRACCION [kg]	PESO [tn]	VELOCIDAD MIN EN REGIMEN	CONSUMO [lt/km]
GAIA 1050 HP	5	12	6	20.262	92	16,4	4,11
GAIA 1350 HP	5	12	6	20.570	94	21,7	4,11
GM - GR 12 W	0	10,7	6	21.120	96	13	4,00
ALCO RSD 16	20	12	6	23.760	108	21	4,50
GM - GT 22 CW	7	11	6	23.702	108	26,4	5,00
GM - GT 22 CW REFORM	15	11	6	32.789	108	26,4	5,00
GM - GR 12 W REFORM	0	10,7	6		96	13	
GM - GT 22 CW-MINERA	4	12	6				

De esta tabla se deben destacar los siguientes aspectos:

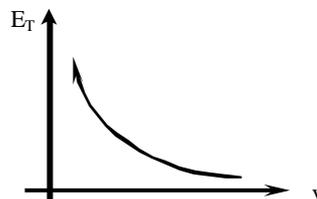
- Las locomotoras GAIA (en sus dos series) son unidades que se destinan solamente a la asistencia y maniobra en playas y estaciones. Esto significa que salvo en raras excepciones son locomotoras que no están disponibles para la tracción de trenes en largas distancias. Solamente se usan para la circulación cuando las mismas son utilizadas en dúplex (acopladas) con locomotoras de otro tipo.
- Los consumos de combustible que allí figuran corresponden a valores teóricos o mejor dicho a valores que figuran en los manuales técnicos de cada tipo y que sólo se alcanzan en condiciones óptimas de uso. El hecho de que todas las unidades tengan más de 30 años de uso hace que el consumo actual de las mismas disten respecto a dichos valores.
- Si bien cuanto mayor sean las unidades tractivas disponibles para la tracción de trenes, menores serán los tiempos de rotación totales (tanto de vagones como de locomotoras) y por lo tanto mayor disponibilidad de ambos recursos. Existe otra alternativa diferente para alcanzar el mismo objetivo sin aumentar el parque de unidades. Esta opción es la de incrementar la capacidad de tracción de las locomotoras a disposición permitiendo el remolque de mayor cantidad de vagones por unidad. Ahora bien, esto no es gratis sino que para lograr este incremento se debe enfrentar a limitaciones en otro aspecto como es la velocidad de régimen. Esto obedece a la relación que existe entre ambas variables, como se aprecia a continuación:

$$Esfuerzo\ tracción = \frac{3,6 \cdot 75 \cdot Potencia}{velocidad} = \frac{270 \cdot P}{v}$$

$$E_T = [kg]$$

$$P = [HP]$$

$$v = [km/h]$$



Pese a esta dificultad, las condiciones en que se opera actualmente hacen que nunca las locomotoras puedan funcionar al máximo de su velocidad de régimen por lo que una reducción de esta variable no sería para nada restrictiva y permitiría incrementar la cantidad de vagones a traccionar lo que generaría altos beneficios. Esta alternativa ya ha comenzado a ser implementada en las locomotoras GT 22 y los resultados han sido satisfactorios permitiendo remolcar trenes en zonas llanas de más de 65

vagones con una sola locomotora. Para diferenciar este grupo de locomotoras, se las definió como un nuevo tipo bajo el nombre de GM-GT 22 REFORMADA.

Con toda esta información conocida debemos determinar la cantidad de locomotoras necesarias por tren. Para ello se recurrió a las personas encargadas de definir las asignaciones de locomotoras, quienes recomendaron considerar como tonelaje bruto límite las 3550 ton. **Esto significa que cuando el tonelaje bruto del tren no supere dicho valor debemos adoptar una única locomotora y serán dos cuando las superemos.**

- **Ton.Km.:** Como su nombre lo indica, surge del producto entre las toneladas del tráfico y los kilómetros recorridos de dicho tráfico (se considera sólo el kilometraje del viaje cargado). Esta variable será de gran importancia ya que será uno de los principales criterios (cost drivers) empleados al momento de distribuir costos, como por ejemplo, aquellos que tengan que ver con los costos de mantenimiento de vías.
- **Vag.Km.:** Similar a la variable anterior y empleada para la misma razón que las Ton.Km., esta variable surge de la multiplicación entre los **vagones a cargar en el período y la distancia** de cada tráfico. Tomará valores nulos en los casos en que los vagones empleados en el tráfico no sea propios (de NCA) sino aportado por el cliente.
- **Rotación de vagones:** Sin dudas que se trata de una de las variables operativas más críticas porque refleja el nivel de eficiencia de cada tráfico. Se refiere al tiempo total que le insume a la empresa realizar todo el ciclo ya descrito, como puede verse cuanto menor sea dicho tiempo, mayor será la disponibilidad de vagones para asignar a otros pedidos. La misma no depende exclusivamente de la eficiencia de NCA, sino que también refleja la eficiencia en la labor del cliente en las puntas, esto es, en la carga como en la descarga de vagones. Por todo esto, deberá ser una de las variables más expuestas al análisis de sensibilidad porque ella definirá en gran medida la contribución de cada tráfico en los ingresos de la empresa. Y para que dicha sensibilidad pueda hacerse lo más detallada posible, se deberá separar el tiempo total de la rotación de cada tráfico en los siguientes tiempos parciales:
 - **Tiempo alistamiento + Formación:** De absoluta responsabilidad de NCA, corresponde al tiempo que se requiere para separar las formaciones de vagones vacíos provenientes de los destinos de descarga y con estos alistar nuevas formaciones que suplirán nuevos pedidos.
 - **Tiempo en Origen:** Se compone del tiempo que transcurre desde el momento en que la formación vacía es colocada en origen para que el cliente inicie su carga hasta el momento en que la formación cargada es remolcada desde el desvío correspondiente y llevada a destino. Para este tiempo la responsabilidad será

principalmente del cliente ya que es quien define el momento en que inicia la carga y es quien regula los tiempos de carga, pero NCA tendrá su cuota de responsabilidad ya que a la empresa ferroviaria deberá imputársele el tiempo que transcurre desde que el cliente confirma el despacho del operativo (esto es, finaliza la carga y el precintado de los vagones dejando a disposición la formación para que sea retirada) hasta que la formación cargada es llevada a destino.

➡ **Tiempo circulación:** Para la mayoría de los casos, corresponde al tiempo de mayor incidencia en el total y también uno de los más expuestos a variación ya que en él influyen la disponibilidad de recursos como lo son el personal de conducción, vías en condiciones de ser transitadas, locomotoras aptas, etc. Cuando nos referimos a circulación incluye la circulación de los cuatro viajes:

- A. Viaje vacío desde el destino anterior hasta la estación de alistamiento
- B. Viaje vacío desde la estación de alistamiento hasta el origen de carga
- C. Viaje cargado desde el origen hasta la estación de espera recepción
- D. Viaje cargado desde la estación de espera recepción hasta el destino

➡ **Tiempo espera recepción:** Corresponde al tiempo en que la formación cargada permanece detenida en las cercanías del destino esperando habilitación para su ingreso a destino. Sin dudas que este tiempo es un tiempo muerto que debería reducirse al mínimo para mejorar la rotación de todos los tráficos y cuya responsabilidad es exclusiva de la instalación que recibe la mercadería.

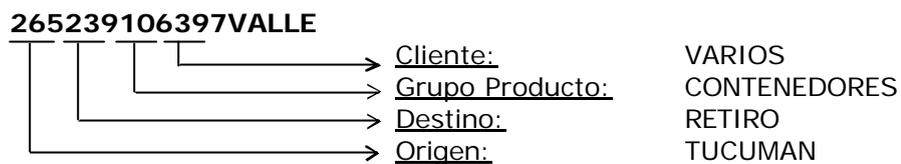
➡ **Tiempo de destino:** Corresponde al tiempo desde que la formación cargada es ingresada para ser descargada hasta que la misma es retirada ya vacía. De este modo, es fácil notar cómo este tiempo depende del cliente principalmente.

La información referida a los tiempos de rotación están disponibles a nivel de operativos individuales: para cada uno de ellos, existe un programa que calcula todos estos tiempos parciales de manera que la información de los mismos es precisa. Ahora bien, como el MO trabaja a nivel tráficos y no a nivel operativos deberíamos obtener un valor medio representativo de dichos tiempos parciales para cada tráfico. Es por ello que para lograr no sólo esto sino también para asegurar que el sistema contemple la alta sensibilidad de este ítem es que se tomó el siguiente criterio:

➡ Para los tráficos en que se hayan corrido una cantidad de operativos menor a 30 se tomarán como los tiempos parciales de

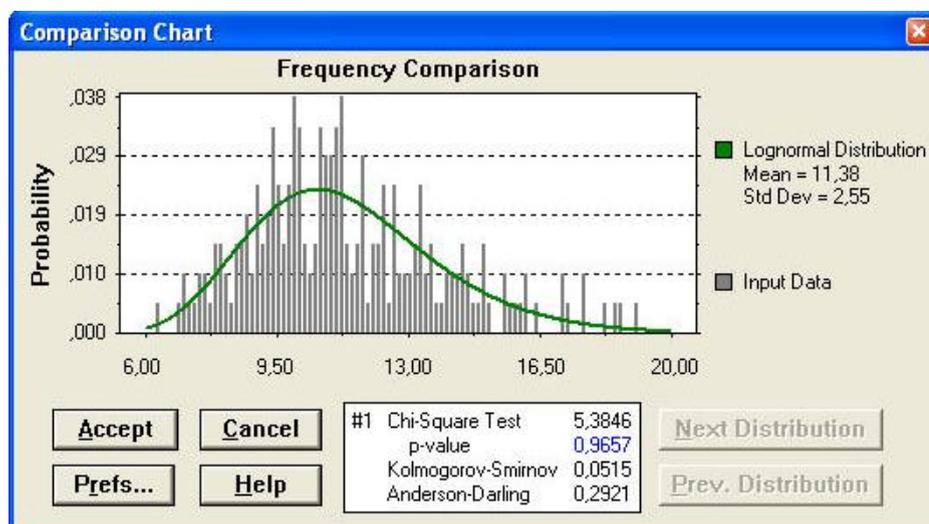
cada tráfico al valor medio de los tiempos parciales de los operativos que compongan dicho tráfico.

- Para el resto de los tráficos se pretenderá encontrar la distribución de probabilidades de la rotación y sus parámetros correspondientes. Para lograr esto, nuevamente es necesario recurrir al software Crystal Ball, pero esta vez, se deberá determinar para cada caso cuál es la distribución que mejor se ajuste a cada rotación de cada tráfico. Para explicar la metodología que se implementó para estos casos, se describirá un caso para que la misma sea mejor comprendida. El tráfico que tomaremos como ejemplo es:



1. Tomamos como valores muestrales los valores de rotación total (en días) del total de operativos que hayan sido corridos para este tráfico.

2. Aplicamos *Crystal Ball* se pretende comparar las distintas distribuciones ofrecidas por el software para ver cual de ellas se adapta mejor a los datos ingresados. De esta prueba surge el siguiente resultado:



En el diagrama puede verse que la distribución que mejor se ajusta a los valores muestrales de la variable es la **distribución Lognormal** de parámetros **11,38** y **2,55** como media (μ_x) y desviación estándar (σ_x) respectivamente. El p valor de **0,96** nos

indica la alta probabilidad de que la distribución elegida sea efectivamente la más apropiada.

3. Conocida la distribución, es tiempo de determinar los valores parciales que utilizaremos como valores representativos de la rotación de este tráfico. Para ello aplicaremos el siguiente método. Se tomará el total de los valores parciales de rotación con que contamos y obtendremos un promedio de cada uno de ellos para luego determinar el % de participación de los mismos en la rotación total. En nuestro caso, esto sería así:

ROTACION DE VAGONES						
TIEMPO ALIS+FOR	TIEMPO EN ORIG	TIEMPO EN CIRCULAC	TIEMPO ESP RECEP	TIEMPO EN DEST	ROTACION TOTAL [hs]	ROTACION TOTAL [días]
0,00	93,89	127,41	0,00	51,88	273,19	11,38
0%	34%	47%	0%	19%	100%	100%

Finalmente, deberemos aplicar el algoritmo correspondiente para obtener valores aleatorios que respondan a la distribución y parámetros hallados. Para el caso de una distribución LOGNORMAL la generación de valores muestrales requiere el mismo algoritmo que se emplea para la generación de valores de distribución normal con una pequeña diferencia. Esto es:

1. Generar 12 NA $r_1, r_2, r_3, \dots, r_{12}$

2. $X = m_y + s_y \cdot \left(\sum_{i=1}^{12} r_i - 6 \right)$ donde $m_y = \ln m_x - \frac{1}{2} \cdot s_y^2$

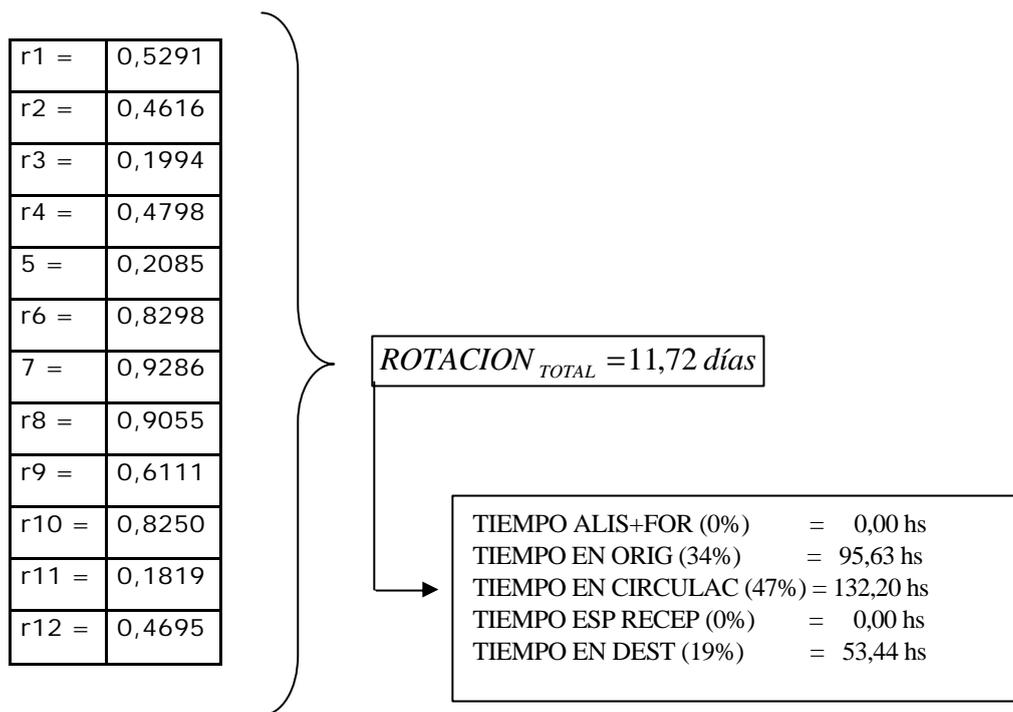
$$s_y^2 = \ln \left[\frac{s_x^2}{m_x^2} + 1 \right]$$

3 Salir

4. Fin

X: Valor aleatorio de la variable aleatoria ROTACION TOTAL con distribución de probabilidades LOGNORMAL.

Así, si los siguientes fueran los 12 números aleatorios que se hayan generado, el valor de rotación total sería:



Un último detalle es: así como se mencionó al momento de analizar las TON/VAG de todos los tráficos, nos encontramos con tráficos que no tuvieron operativos asociados en el último ejercicio. De este modo, si no se considerara este detalle, habría tráficos con rotaciones nulas lo que llevaría a una seria confusión. Para evitar esto, se estudió algún criterio que permitiera estimar una rotación para esta clase de tráficos, abordando a la siguiente conclusión:

- ➡ Si el tráfico fue **"corrido"**, se tomarán las rotaciones reales y se aplicará el criterio detallado en los puntos anteriores
- ➡ Si el tráfico **no tuviera** datos entonces se le asignará la rotación del tráfico de características más similares del modo siguiente:
 - a) Si el tráfico sólo se corrió en un único período de estacionalidad, a la misma combinación **Origen-Destino-Producto-Cliente** pero de los dos restantes períodos se le asigna la rotación de este.
 - b) Si el tráfico no se corrió en el **Pico**, se le asignará la rotación del **Pos Pico**.
 - c) Si el tráfico no se corrió en el **Pos Pico**, se le asignará la rotación del **Pico**.
 - d) Si el tráfico no se corrió en el **Valle**, se le asignará la rotación del **Pos Pico**.
- **Viaje Vagón Mes:** El conocimiento de la rotación de los vagones en cada tráfico permite calcular cuantas "vueltas" rinde cada uno de ellos mensualmente. Esto se consigue simplemente dividiendo la cantidad de días del mes (se toma 30 días para todos los meses) por

la rotación correspondiente. De este modo, se obtiene un variable que será de relevancia al momento de analizar la capacidad (o bien, disponibilidad) del parque de vagones de la empresa.

$$\text{VIAJES VAG/MES} = \frac{30}{\text{ROTACION}_{\text{VAG}}}$$

- **Vagones necesarios por mes:** El nivel de rotación, como se mencionó anteriormente, sin dudas que es un reflejo de la eficiencia operativa de la empresa y será la que determinará la cantidad de vagones que serán necesarios disponer para poder cumplir con la demanda de carga exigida. Es justamente esta variable la que nos determina el parque de vagones necesarios y surge del cociente entre el total de vagones a cargar por mes y la disponibilidad de los mismos (es decir, los viajes vagón por mes).

$$\text{VAGON/MES} = \frac{\text{VAGONES A CARGAR/MES}}{\text{VIAJESVAG/ MES}}$$

- **Rotación Locomotoras:** Como era de esperar, así como en los vagones una de las variables críticas es su rotación, lo mismo ocurre para el caso de las locomotoras. Para el análisis de esta variable nuevamente nos apoyaremos en el cuadro que describe el flujo operativo ya que gran parte de la rotación de la locomotora coincide con la de los vagones. La principal diferencia está en las puntas del circuito (origen y destino de las cargas): puede ocurrir que el tráfico requiera de asistencia de locomotora para facilitar las maniobras en la colocación de los vagones para la carga y/o descarga. En estos casos la rotación de la locomotora no sólo incluirá el tiempo en trayecto sino también el tiempo en que se deja la locomotora a disposición del cliente. Por lo tanto, al hablar de rotación de locomotoras deberemos considerar los siguientes tiempos parciales:
 - ➔ **Tiempo circulación:** Estará formada por la suma de los tiempos de todos los viajes de vacío y de cargado y por ende coincidirá con el **tiempo circulación** de la rotación de los vagones.
 - ➔ **Tiempo en puntas:** Como se indicó recientemente, será nulo en el caso en que el tráfico no requiera de locomotoras para la asistencia en las puntas y será igual a la suma de **tiempo origen** más **tiempo en destino** de la rotación de los vagones en el caso contrario.

Puede notarse que la rotación de locomotoras no tiene tiempos parciales similares a los tiempos de alistamiento y de espera de recepción como en el caso de los vagones. También se deja en claro que el hecho de que la rotación de las locomotoras esté referenciada directamente en la rotación de los vagones, en ella influirá directamente todos los criterios que se hayan aplicado para el cálculo de las rotaciones de los vagones.

Una última observación a destacar es que la rotación total de las locomotoras (suma de los dos tiempos parciales anteriormente descritos) será afectada por un coeficiente de alistamiento y mantenimiento que incrementa dicho total para contemplar los tiempos muertos de las mismas, estas son las horas en que las unidades tractivas son sometidas a revisión, alistamiento de combustible, lubricantes y demás entre cada viaje que ellas realicen. Dicho coeficiente es un valor empírico y es el que normalmente se toma al estudiar las disponibilidades de locomotoras. También será diferente según la estacionalidad de la que se trate ya que los planes de revisión y mantenimiento (y por ende su internación en los talleres) difieren a lo largo del año en función de la necesidad de contar con las unidades disponibles para cumplir con las demandas existentes.

A continuación y de la misma manera que se realizó luego de haber definido la rotación de vagones, las próximas variables serán el símil de las definidas para calcular la capacidad del parque de vagones pero en este caso para el caso de las locomotoras.

- **Viajes locomotoras mes:** De igual forma que para vagones, es el cociente entre la cantidad de días del mes (se toma 30 días para todos los meses) y la rotación correspondiente.

$$\text{VIAJES LOC/MES} = \frac{30}{\text{ROTACION}_{\text{LOC}}}$$

- **Cantidad de locomotoras necesarias por mes:** Para su cálculo deberemos realizar la división entre el total de locomotoras necesarias para correr los trenes del mes y la disponibilidad de las mismas, esto es:

$$\text{LOC/MES} = \frac{\text{TREN/MES} \cdot \text{LOC/TREN}}{\text{VIAJESLOC/MES}}$$

Tener en cuenta que sólo se toman las LOC/TREN de aquellos tráficos cuya locomotora es PROPIA de NCA.

- **LOC.KM:** Surge de la multiplicación de dos variables ya calculadas:

$$\text{LOC.KM} = \text{LOC/TREN} \cdot \text{KM}_{\text{VIAJEVAC} + \text{VIAJECARG}}$$

Hasta aquí se han descrito un conjunto de variables relacionadas a dos de los recursos operativos fundamentales: **Vagones** y **Locomotoras**. Sin embargo resta uno que, como se demostrará luego, es de gran

importancia. Este es el **Personal de conducción** y a él estarán referidas las siguientes variables:

- **Personal por tren:** Lo que se pretende determinar es la cantidad de personal que insume la corrida de un operativo de un tráfico. Para ello, se plantearon dos alternativas de cálculo, aunque previo a detallarlas, será mejor mencionar particularidades operativas en lo referente al uso de personal de conducción que nos permitirán entender de manera más concreta las alternativas mencionadas:
 - ➡ En ningún caso existirá la monoconducción, esto es, la posibilidad de que el mismo personal que inició el viaje (de vacío o de cargado) sea el mismo que lo finalice. Por el contrario, el personal se ajustará a su jornada de trabajo de 9 horas con opción a 2 más en caso en que la empresa requiriere extender la disponibilidad de sus servicios. Esto implica, que cuando la jornada del personal se agote, si estos están a cargo de la corrida de un tren, deberán ser reemplazados por personal nuevo.
 - ➡ Para asegurar contar con personal de recambio para trenes que vayan circulando, en la red se distribuyen una serie de **Bases de conducción** donde se dispone de dicho personal. Incluso es allí donde permanecerá el personal que haya finalizado su jornada y que provenga de otra.
 - ➡ En el párrafo anterior se ha hecho mención al personal de conducción en plural. Esto se debe que todo tren que circule deberá realizarse con 2 personas a su cargo sin exclusión. Uno de ellos oficiará de **Conductor**, el restante de **Jefe de Tren**.
 - ➡ En lo que respecta a la duración de la jornada del personal de conducción, se debe decir que se computa como horario de tomada del servicio desde el momento en que son llamados para cubrir un servicio, quedando incluido el tiempo en que el personal acude al encuentro del tren que le correspondiere. Este tiempo no es menor ya que en algunos casos puede llegar hasta un 20 % de su jornada.
 - ➡ Ya se ha hecho mención a la duración de la jornada del personal, ahora bien, en lo que respecta a la disponibilidad de los mismos para ser llamados, los mismos gozarán de 12 horas de descanso mínimo obligatorio (16 cuando se encuentren en una base a la que no pertenezcan) luego de concluida su jornada. El régimen de trabajo se hace en ciclos de 5 días seguidos de trabajo y dos de descanso.
 - ➡ Por último, se debe destacar que los conductores no sólo pueden ser llamados para correr trenes sino también pueden ser convocados para trabajar en maniobras en playas o estaciones, realizar colocaciones en puntos de carga y/o descarga y lo principal para nuestro análisis, asistir la carga y/o descarga de un operativo.

Con todos estos detalles comprendidos, se puede avanzar con las alternativas de cálculo mencionadas:

La primera opción que se planteó fue definir una **cantidad fija** de personal para cada tráfico de acuerdo a la opinión de los expertos en el tema, al no contar con ningún indicador que brindará con mejor precisión este dato.

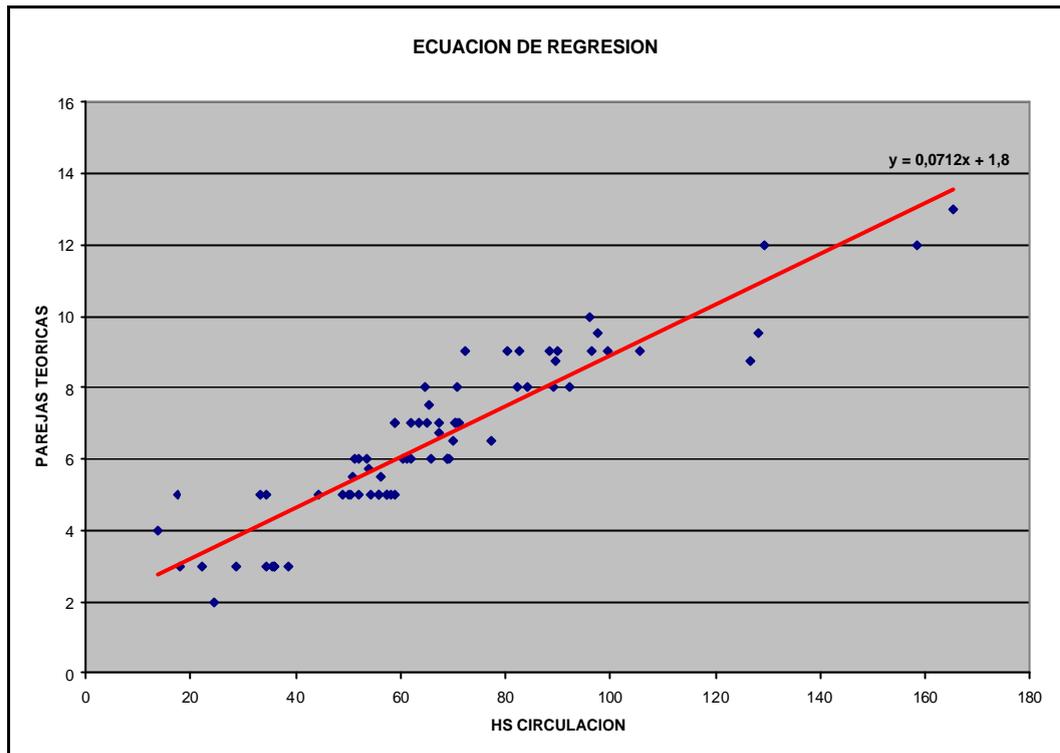
La segunda posibilidad era la de encontrar algún modo que permitiera asociar una cantidad de personal por tráfico pero que no sea fija sino que dependa de la eficiencia del tráfico, es decir, del tiempo que demanda la corrida de un tráfico. Con esto lo que se intenta lograr es dotar de sensibilidad a esta variable para que la misma pueda estar expuesta a variaciones cuando se alteren otras variables. En definitiva, esta es la alternativa que mejor se ajusta al diseño del SIPLARE que se quiere alcanzar, por ello es que se la escoge como la más apropiada.

Definida la elección, se debe buscar una forma que permita dotar de variabilidad al parámetro en estudio y así es que se decidió vincular la misma a los tiempos de circulación (vacío + cargado) del tráfico. Esta vinculación implica encontrar una fórmula que relacione la **cantidad de personal** (variable dependiente, y) y los **tiempos de circulación** (variable independiente, x) y que nos permita predecir el personal de conducción necesario de acuerdo a los tiempos de circulación asumidos. Así es que se acude al análisis de regresión simple para hallar la ecuación en cuestión lo que supone que una única variable independiente será la que defina una variable dependiente mediante una función lineal. Esta suposición de linealidad en la relación de las variables se basa en que cuanto mayor sean los tiempos de viajes, mayor será la necesidad de personal para mover el tren. Para confirmar esta hipótesis, en primera medida deberá trazarse un gráfico de dispersión donde cada punto represente las coordenadas (x , y) de una pareja de datos.

Ahora bien, debemos tener identificados cuáles serán las parejas de datos que emplearemos para realizar el diagrama. Es allí donde acudiremos a los datos históricos:

- a) Para representar el tiempo de viaje tomaremos una muestra de 69 observaciones de los tiempos parciales de circulación de las rotaciones de los tráficos.
- b) Para representar la cantidad de parejas necesarias para la corrida completa del tren adoptaremos la cantidad de personal teórica que insume la corrida de los tráficos de la muestra seleccionada, información suministrada por expertos en el tema.

Con esta información, el diagrama de dispersión correspondiente es:



En el se distingue una relación creciente entre las variables por lo que se está en condiciones de encontrar la mejor recta de predicción. El criterio que se emplea es hallar la recta (en definitiva, su pendiente y la ordenada al origen) que minimice el total de los cuadrados de los errores de predicción (método de los mínimos cuadrados). Aplicando la metodología descrita se obtiene:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pendiente} = 0,07 \\ \text{Ordenada al origen} = 1,80 \end{array} \right\} \boxed{y = 0,07 \cdot x + 1,80}$$

Donde:

y= cantidad de parejas de conductores
x= total tiempos de viaje [hs.]

Se había hecho mención a encontrar la recta que mejor se ajuste a los pares de datos, para lo cual es importante medir los **errores de predicción**, es decir, las desviaciones de los valores pronosticados de los valores reales. Por lo tanto, una vez hallada la recta en cuestión, se debe medir cuan bien predice los valores reales. Es aquí donde comienza a participar el concepto de correlación (y su coeficiente asociado): La correlación medirá el grado de relación lineal entre ambas variables (x e y). Mientras más fuerte sea dicha relación, mejor es la predicción de y (parejas de conducción) a partir de x (hs de circulación). El coeficiente de correlación (r_{yx}) deberá interpretarse del siguiente modo:

$r_{yx} > 0$ = Implica que **y** tiende a incrementarse a medida que **x** lo hace

$r_{yx} < 0$ = Implica que **y** tiende a disminuir a medida que **x** lo hace

$r_{yx} = 0$ = No hay relación entre las variaciones de las variables

Los conceptos de correlación y predicción están íntimamente relacionados. La reducción proporcional del error para la regresión se llama **coeficiente de determinación**. Se trata de la reducción proporcional del error y se lo debe interpretar rutinariamente como el cuadrado del coeficiente de correlación

r^2_{yx} \longrightarrow Coeficiente de determinación

Su interpretación sería del siguiente modo: si tenemos una correlación de 0,84, como ocurre en nuestro caso, indica una reducción del 84 % en el error cuadrático de predicción (se tiene casi un 16 % de error en la predicción).

Con todo este análisis concluido se debe retornar al principio de nuestro inconveniente que era el de identificar el personal necesario para cada tráfico. Para determinarlo se utiliza el tiempo de circulación de cada tráfico y se estima, mediante la ecuación lineal recientemente hallada, la cantidad de parejas necesarias para correr un operativo del tráfico en cuestión. Finalmente se deberá adicionar el personal necesario para la asistencia a la carga y/o descarga si el tráfico lo requiriera (dato también relevado a partir de consultas a las personas con conocimiento pertinente en el tema) para obtener el total de personal requerido para cada tráfico.

III-3) Modelo de Costos

Al hacer mención al análisis de costo nos referimos al estudio de los componentes de la estructura de costos del transporte ferroviario de cargas. Esto mismo consiste en identificar la totalidad de los costos involucrados y luego establecer los criterios de asignación que aseguren la correcta distribución de ellos entre todos los tráficos corridos en el ejercicio 05/06.

La mejor alternativa para la identificación de los costos es definir **Módulos de Costos** que, en general, estarán vinculados cada uno de ellos a una gerencia específica de la empresa, con lo cual se asegura que cada una de las áreas aporte información de calidad. En el esquema del SIPLARE, se aprecian diferentes grupos de costos, representantes de los **Módulos** definidos. Cada uno de ellos se distribuirá en cada tráfico de acuerdo a los valores de las variables físicas (cost driver) definidas en el MO, para terminar por constituir el **Modelo de Costos** buscado. A partir de esta breve descripción, es momento de analizar en detalles cada uno de ellos.

1) Costos Locomotoras

Agrupar los costos vinculados al uso de las unidades tractivas, destacándose 5 rubros principales. En todos ellos se obtendrá un costo genérico para cada tráfico, útil cuando no sea de interés conocer que tipo de locomotora se asigna a cada tráfico, pero a su vez también se calculará un costo propio para cada tipo de locomotora que será empleado cuando se asocie a cada tráfico un tipo de locomotora en particular. Es válido recordar que para aquellos tráficos que no requieran la utilización de locomotoras pertenecientes al parque de NCA, este costo será nulo.

Los rubros considerados son:

A. Combustible

Para determinar dicho costo debemos ante todo conocer los litros consumidos por cada tipo de locomotora y la distancia recorrida por cada una de ellas para así obtener el consumo promedio por kilómetro (lt/km). Esta información es la que se detalla en la tabla contigua:

TIPO LOCOMOTORA	CONSUMO [lt]	DISTANCIA [km]	lt/km
ALCO RSD 16	7.365.321	1.636.738	4,50
GM - GT 22 CW	6.547.932	1.309.586	5,00
GM - GR 12 W	6.051.438	1.512.859	4,00
GAIA 1050 HP	811.551	197.384	4,11
GAIA 1350 HP			
		Promedio	4,51

Datos ejercicio 2005-2006

Por otro lado se debe determinar el costo del litro de combustible. Para ello, teniendo en cuenta las variaciones a la que estuvo expuesto este recurso durante el último tiempo, ha sido necesario tomar en consideración el valor promedio que fue asumiendo mes a mes dicho costo durante todo el ejercicio 2005/2006. Ahora bien, como el objetivo es contar con costos estándares lo más actualizados al momento del uso del SIPLARE, no correspondía tomar un promedio directo de los 12 meses sino que se debió realizar un promedio sesgado en el que se diera mayor importancia al costo registrado en los últimos meses del ejercicio ya que los valores actuales son más próximos a los propios de esos meses mucho más que a los de fines del 2005.

Con esta información (los litros por kilómetro y el costo por litro) ya estaríamos en condiciones de calcular el costo de combustible de cada tráfico. La distribución de este costo requerirá conocer la distancia de la ruta asociada al tráfico y la cantidad de locomotoras que se necesitan cada vez que se mueve un tren que lleve un operativo de este tráfico. Al respecto se deberán hacer dos observaciones importantes:

- Como en el cálculo de los litros por kilómetro se tienen en cuenta no sólo los litros consumidos al recorrer x distancia sino también los consumidos en las maniobras en orígenes y destinos, se deberá

adicionar a la distancia definida de cada tráfico un valor que represente la distancia recorrida durante dichas maniobras en ambas puntas del circuito. Esta distancia es difícil de determinar por lo que se recurre a valores históricos y empíricos, estableciéndose para todos los casos una distancia adicional de 30 km.

- ➡ Una de las ventajas de acoplar dos locomotoras para remolcar un tren no sólo radica en la mayor capacidad de tracción sino también en una economía en el consumo de combustible ya que de hecho, el consumo del tándem no debe considerarse como la suma del consumo de cada locomotora por separado sino que se trata de un consumo menor. De este modo, cuando el tren en cuestión requiera de dos locomotoras, para el cálculo del consumo de combustible se considerará como si el tren estuviera compuesto por *1,6 locomotoras*.

Con todo esto definido, estamos en condiciones de detallar la fórmula para el cálculo de combustible por tráfico. Esta será:

$$COSTO_{COM} = [1 + (LOC/TREN - 1) \cdot 0,6] \cdot (DISTANCIA_{VACIO+CARGO} + 30) \cdot \frac{Lt}{km} \cdot \frac{\$}{lt} \cdot PARTICIPAC$$

Donde:

- El término $[1 + (LOC/TREN - 1) \cdot 0,6]$ define la cantidad de locomotoras que se considerarán para el cálculo del costo de combustible. Si $LOC/TREN = 1$ el término resultará igual a 1 y si $LOC/TREN = 2$ entonces será igual a 1,60 (0,60 es el adicional para el caso de 2 locomotoras).
- $DISTANCIA_{VACIO+CARGADO}$ representa la longitud total del viaje de ida más el de vuelta del tráfico en cuestión.
- 30 son los kilómetros correspondientes al adicional por maniobra.
- $\frac{Lt}{KM}$ hace referencia al consumo de combustible por locomotora.
- $\frac{\$}{Lt}$ es el costo unitario del gas oil.
- No se debe dejar de mencionar el concepto de **'Participación'**, ya que como fue mencionado anteriormente, el operativo del tráfico en cuestión puede ir acoplado con operativos de otros tráficos constituyendo un único tren y por lo tanto el costo del combustible de dicho tren debe ser prorrateado entre los operativos que lo conforman de acuerdo a la proporción de vagones que lo componen.

La fórmula anterior es válida cuando no es de interés conocer con qué locomotora es corrido el tráfico analizado. Si esto fuera requerido, debería aplicarse una fórmula similar a la anterior pero en la que se tenga en cuenta el consumo de combustible del tipo de locomotora

elegido, esto significaría emplear el término $\frac{Lt}{KM}$ correspondiente al tipo de locomotora en cuestión.

B. Lubricantes

En este rubro se incluyen todos los demás fluidos que son necesarios para el correcto funcionamiento de las unidades tractivas. Su importancia no es de la magnitud del combustible y prueba de ello es que comparando el consumo de combustible respecto al consumo de lubricantes, se aprecia una relación de casi el 3%. Y será justamente esta relación la que se empleará para determinar el costo de lubricantes, del siguiente modo:

$$COSTO_{LUBRICANTES} = RELACION_{LUBRICANTES/COMBUSTIBLE} \cdot COSTO_{COMBUSTIBLE} = 0,03 \cdot COSTO_{COMBUSTIBLE}$$

C. Mantenimiento Locomotoras

Corresponderán a todos los costos vinculados a las reparaciones e intervenciones menores exigidas por las máquinas. Para determinar este costo se debe recurrir a las proyecciones de costos correspondientes al programa presupuestario de la empresa para este rubro durante el ejercicio 05/06, pues es la información más certera que se tiene de este ítem.

En el plan presupuestario se detalla, en primera medida la **cantidad de unidades que se proyectan ser intervenidas** por ejercicio, contabilizándose desde el ejercicio en estudio hasta el ejercicio 2021-2022 (último ejercicio dentro de los años de concesión establecidos).

De cada intervención también se define el **lugar de la misma**, es decir, si se hará en talleres externos o se utilizarán los talleres propios situados en Villa Diego, y el **costo** de cada una de ellas. En relación a los tipos de intervenciones a efectuar, el plan detalla por tipo de locomotora cuáles serán las que les correspondan a cada tipo, lo que facilitará disponer de un costo de mantenimiento diferencial por tipo de locomotora. Entre ellas se destacan:

- ◆ Intervenciones Pesadas
- ◆ Cambio Relación Piñón Corona
- ◆ Incorporación de PLC (Control Lógico Programable)
- ◆ Intervención en bogues

A su vez, están contempladas reparaciones que son difíciles de estratificar por tipo de locomotora por su carácter de imprevisibles como lo son:

- ◆ Intervenciones literales y eventuales
- ◆ Alistamiento

A este conjunto de reparaciones se le deberán adicionar los costos de los repuestos (generales) y las intervenciones que requieran las locomotoras GAIA empleadas, como ya fue mencionada, en su mayoría para tareas de maniobra y colocación. Esto permite que los costos que deberían ser imputados exclusivamente a las GAIA sean distribuidos en partes iguales entre el resto de las locomotoras. Respecto a los repuestos, los mismos serán fraccionados en importados y nacionales, división que será útil al momento de analizar sensibilidades en cuanto a variaciones de precio.

Finalmente, se deben adicionar los últimos ítems que no pueden dejar de ser considerados más allá de que tampoco sean posibles de ser asociados a un determinado tipo de locomotora, como lo son:

- Sueldos del Personal
- Otros costos no detallados
- Lubricantes empleados
- Alquiler de equipos especiales
- Trabajos específicos de terceros
- Leasing de autoelevadores

Con todos los ítems identificados, no hay más que obtener un valor promedio que represente el costo que implicarán las reparaciones a lo largo de todos los ejercicios futuros considerados. Dicho costo promedio será tanto individual por tipo de locomotora, como general cuando no requiera hacerse distinción de tipo.

Sólo resta la asignación a los tráficos, para lo cual utilizaremos como variable de asignación las **loc.km**. Esto exige ante todo conocer las loc.km del ejercicio 05/06 ya sean totales como por tipo, de modo de obtener un costo de mantenimiento unitario (dado en **\$/loc.km**) y así cuando se impute el costo mantenimiento de locomotoras a un tráfico se aplique, según corresponda, cualquiera de las siguientes fórmulas:

✓ **Para un tráfico con locomotora genérica:**

$$COSTO_{MANTLOC} = COSTOMANT_{UNITAR} \cdot (LOC.KM_{OPER}) \cdot PARTICIP = \frac{\$_{PRESUPGENER}}{LOC.KM_{05/06}} \cdot LOC.KM_{OPER} \cdot PARTICIP$$

✓ **Para un tráfico con un tipo de locomotora específica:**

$$COSTO_{MANTLOC} = COSTOMANT_{UNITAR_i} \cdot (LOC.KM_{OPER}) \cdot PARTICIP = \frac{\$_{PRESUP_i}}{LOC.KM_{05/06_i}} \cdot LOC.KM_{OPER} \cdot PARTICIP$$

Donde:

i = Representa un tipo de locomotora

OBSERVACION: Notar nuevamente que en ambas fórmulas ya se contempla con el término PARTICIPACION la posibilidad de que el operativo del tráfico en cuestión vaya acoplado con otro/s operativo/s constituyendo un único tren y que por lo tanto se deba distribuir el costo según la cantidad de vagones que compongan la formación del tren.

D. Alquiler especial Locomotora

Este rubro se activa cuando la empresa decida la contratación de locomotoras para correr trenes exclusivos (locomotoras que pertenecen a otras empresas concesionarias). Así, sólo aquellos tráficos que hagan uso de dichas unidades tractivas serán a los que se les impute el costo de este alquiler. En cuanto a la distribución de dicho costo, se tomará como tasa de prorateo la variable **LOC.KM** de cada tráfico.

En el caso que se requiera analizar la asignación de una máquina en alquiler a un tráfico puntual (o sea, activar este costo) deberemos asignarle el costo correspondiente. Para ello debemos definir un costo por locomotora que se ingresa en el mismo menú en las celdas mostradas a continuación. Dicho costo está dado en pesos por locomotora que en definitiva será el valor que admita este rubro (salvo la excepción que el tráfico requiera de dos locomotoras para su tracción y ambas sean alquiladas, en cuyo caso el costo por locomotora deberemos duplicarlo).

INGRESO DE DATOS CIRCUNSTANCIALES	
ALQUIL. VAG ESPECIAL (\$/Vag)	
ALQUIL. LOCO ESPECIAL (\$/Loc)	50

E. Alquiler Programado de Locomotoras

De acuerdo a la demanda de carga que deba afrontar la empresa durante un período determinado (en general, el pico), es posible que se dictamine la necesidad de alquilar locomotoras si las disponibles resultaran insuficientes. Ante esta alternativa, deberá preverse un costo de alquiler que deberá prorratearse entre todos los tráficos de acuerdo al uso que cada tráfico exige a una locomotora. Este uso está representado por la variable definida en el MO: **viaje locomotora mes** (esta variable da idea de la cantidad de locomotoras que el tráfico requiere para su corrida y la cantidad de veces que son demandas en el mes). Así, la fórmula empleada para este rubro será:

$$\text{COSTO}_{\text{ALQ}_{\text{ESP}}} = \frac{\text{COSTO}_{\text{ALQ}}}{\text{VIAJE LOCOMOTORAMES}} \cdot \text{PARTICIPACION} = \frac{\$/\text{LOC}}{30/\text{ROT}_{\text{LOC}}} \cdot \text{PARTICIPACION}$$

Debe quedar en claro que en este caso y a diferencia de lo expuesto al hablar de los alquileres especiales, la locomotora recibida se incorpora provisoriamente a la flota de NCA y por ende está disponible para traccionar cualquier tren, de modo que todos los tráficos tienen la misma probabilidad de ser corridos por alguna de estas máquinas y por lo tanto el costo de este alquiler se distribuirá en todos los tráficos en la proporción que corresponda.

2) Costos Vagones

Engloba los costos vinculados al uso del material rodante útil para contener la carga, cubriendo 3 rubros principales. En la determinación de los mismos será necesario conocer qué tipo de vagón requiere cada tráfico ya que habrá diferencias de costo entre grupo de vagones principalmente en lo que respecta al costo de mantenimiento de los mismos. Los rubros considerados son:

A. Mantenimiento de Vagones

Al igual que para el caso del mantenimiento de las locomotoras, el costo correspondiente a este ítem estará basado en el presupuesto estipulado por la gerencia de Mecánica. El plan de reparaciones de vagones contempla diferentes tipos de reparaciones por lo que exige definir para cada una de ellas la cantidad de unidades a ser intervenidas y el costo promedio de cada reparación. Esto mismo es lo que está definido en el presupuesto con un horizonte de proyección que se extiende hasta el último ejercicio de la concesión. Los tipos de reparaciones considerados son las siguientes:

- Reparaciones tipo A
- Reparaciones tipo B
- Reparaciones Bogues – Pares montados

Como simple aclaración, vale decir que la diferencia principal entre las reparaciones A y B yace en la intensidad de las mismas. Así, las tipo A son reparaciones menores tendientes a dejar en buen estado un número limitado de órganos y elementos de la estructura de un vagón (bastidor, revestimientos, etc.). En cambio, las tipo B refuerzan las tareas de la reparación tipo A buscando reducir el desgaste surgido por el envejecimiento natural del vehículo y su uso intensivo.

En lo que respecta al costo de cada reparación en el presupuesto se detalla el costo de los repuestos requeridos, personal necesario y demás elementos de apoyo tales como alquiler de equipos, trabajos en talleres de terceros, uso de lubricantes, etc. Un hecho es importante destacar en lo que se refiere a los repuestos de las intervenciones: dado que el 60%

de ellos, aproximadamente, se trata de elementos traídos desde el exterior, su cotización estará altamente expuesta a variaciones en el valor del dólar respecto al peso argentino. Es por ello que será importante hacer una categorización que discrimine repuestos nacionales de repuestos importados para facilitar posteriores análisis de sensibilidad en cuanto a la incidencia de las variaciones en el precio de dólar sobre los costos de las reparaciones.

Con todo esto, se cuenta con un detalle pormenorizado del costo de reparaciones para cada ejercicio hasta la finalización de la concesión, que deberá ser promediado para obtener un costo promedio por ejercicio y será justamente dicho valor que el que deberemos distribuir entre el total de tráficos. Sólo resta definir qué criterio emplear para la asignación correcta de este costo en todos los tráficos y allí es que se decide emplear la variable que mejor identifique la exigencia a la que cada vagón se expone al ser asignado a un tráfico en particular. Y cuando de exigencia se habla, se incluye las cargas que debe soportar el vagón y la distancia que debe recorrer con dicha carga. Es por ello que resulta la variable **TON.KM** la que mejor se ajusta a este criterio de prorrateo. Finalmente, el cálculo de dicho costo estará definido por la siguiente fórmula:

$$COSTO_{MANTVAG} = COSTO_{MANTUNITAR} \cdot (TON.KM_{OPER}) = \frac{\$_{PRESUP_{GENER}}}{TON.KM_{05/06}} \cdot TON.KM_{OPER}$$

B. Alquiler programado de vagones

De la misma manera que ocurre con el parque de locomotoras, el total de vagones de NCA puede verse incrementado temporalmente gracias al ingreso de nuevas unidades tras acuerdo comercial entre NCA y otra compañía concesionaria. Los acuerdos, en general, significan la transferencia de un conjunto de vagones que en forma temporal incrementarán la capacidad de carga de la empresa. En lo que si difiere respecto a las locomotoras es que el hecho de conocer el tipo de vagón del que se trata, permitirá que el costo involucrado sea asignado exclusivamente a aquellos tráficos que requieran el tipo de vagón en cuestión. Si nos referimos a lo sucedido en el ejercicio 2005/2006, las transferencias hechas efectivas correspondieron a vagones **Tolvas y Cubiertos**.

Para realizar las imputaciones se debe conocer el costo unitario del alquiler de cada unidad de ellos (\$/vagón), valor que diferirá según el período de estacionalidad en que se haga el préstamo. Multiplicando el total de unidades alquiladas por este costo unitario se tiene el costo total de incrementar en X unidades el parque de un determinado tipo de vagón para un período de estacionalidad determinado. Así, sólo resta distribuir este costo entre los tráficos que emplean el tipo de vagón en cuestión, utilizando como elemento de prorrateo las TON por ser ellas las que nos dan mayor certeza de qué tráficos fueron los que más uso hicieron de las nuevas unidades alquiladas. En definitiva, al costo total por tipo de vagón y estacionalidad se lo divide por el total de toneladas transportadas en cada tipo de vagón y en la estacionalidad

correspondiente obteniendo un costo unitario (\$/ton). Luego para los tráficos a los que les corresponda este costo deberá adicionarle este rubro multiplicando el costo unitario definido anteriormente por las toneladas del tráfico en cuestión. Como ejemplo de aplicación se detalla el análisis realizado al parque de vagones **Tolvas**:

	COD. MES	ESTACIONAL	TIPO VAGON:		TOLVA
			Vag	\$/Vag	\$Total
Septiembre	9	VALLE	35	800	28.000
Octubre	10	VALLE	35	1.000	35.000
Noviembre	11	VALLE	35	1.000	35.000
Diciembre	12	VALLE	35	1.000	35.000
Enero	1	VALLE	35	1.000	35.000
Febrero	2	VALLE	35	1.000	35.000
Marzo	3	VALLE	35	1.000	35.000
Abril	4	PICO	35	3.100	108.500
Mayo	5	PICO	35	3.100	108.500
Junio	6	PICO	35	3.100	108.500
Julio	7	POS PICO	35	3.100	108.500
Agosto	8	POS PICO	35	2.200	77.000
		TOTALES	420		\$ 749.000
TIPO VAGON-ESTAC	TON	\$	\$ / Ton		
TOLVA POS PICO	147.260,59	185.500	1,26		
TOLVA PICO	164.426,48	325.500	1,98		
TOLVA VALLE	443.477,85	238.000	0,54		

$$COSTO_{ALQ_{PROGR}} = COSTO_{UNIT_{TIPOVAGON-ESTACIONAL}} \cdot TON_{OPE} = \frac{\$}{TON_{TIPOVAGON-ESTACIONAL}} \cdot TON_{OPE}$$

C. Alquiler especial vagones

Su diferencia respecto al ítem anterior es que se tratan de alquileres específicos para cumplir determinado tráfico. De este modo su asociación a un tráfico determinado es directa. La fórmula a aplicar es la que sigue:

$$COSTO_{ALQ_{ESP}} = \frac{COSTO_{UNIT} \cdot VAG/OPE}{VIAJE VAGON MES} = \frac{\$/VAG \cdot VAG/OPE}{30/ROTAC_{VAG}}$$

3) Costo Infraestructura

Se entiende como **Infraestructura** a la Gerencia de NCA responsable del mantenimiento de **vías, desvíos y playas** a lo largo de toda la red ferroviaria. Por ende, los costos de este rubro se refieren a todo lo relacionado con el mantenimiento de la infraestructura mencionada. Dado los montos de dinero en inversiones que este ítem implican, debemos clasificar los costos en dos grandes grupos:

A. Mantenimiento Rutinario

Comprende a todas las obras que aseguren el mantenimiento en condiciones operativas de las vías y playas a disposición. Este conjunto

de obras demandarán una serie de desembolsos que serán prorrateados entre los tráficos pero que no exigirán que se adicione un costo por las amortizaciones correspondientes. Para conocer dichas inversiones se debe recurrir al plan quinquenal elaborado por la gerencia a cargo de la gestión de la infraestructura de la compañía. En el mismo se detallan el conjunto de obras a realizar asociándola al ramal que afectará. Esto último, sin dudas, es de vital importancia ya que dicha asociación será la que permitirá determinar a qué tráficos le afecta determinada obra y por ende qué porcentaje del costo de la misma deberá solventar cada tráfico. Simplemente a fin de poder identificar posteriormente que costos pueden ser considerado directos de un tráfico y cuales indirectos, se ha decidido identificar dos subgrupos dentro de esta categoría:

- a) **Costos Directos de Infraestructura:** Incluye la suma de los costos fijos (excepto los sueldos de los operarios de las cuadrillas de mantenimiento) y los costos debido a las obras de arte.
- b) **Costos Indirectos Asignables de Infraestructura:** Se trata de la suma de los sueldos de los operarios de las cuadrillas y el costo de las obras (que comprenden los materiales de la empresa y de los contratistas y la mano de obra de los contratistas).

Para ambos subgrupos el plan quinquenal, como su nombre lo indica, detalla el presupuesto de las obras para un período de cinco años, por lo que para nuestros cálculos, se deberán tomar el promedio de los cinco periodos.

Imputación de costos

El costo de mantenimiento rutinario será distribuido entre los tráficos siguiendo el siguiente criterio:

- 1º) Como se tiene perfectamente identificado a qué ramal se le destina parte del presupuesto de Infraestructura para poder cumplir con el plan quinquenal de obras, se puede conocer con absoluta certeza el costo de mantenimiento de vía que le corresponde a cada tramo de vía definido en el sistema
- 2º) Nuevamente como la base de prorrateo será las **TON.KM** (pues es la que dan indicio del grado en que cada tráfico exige a la vía en términos de distancia recorrida y toneladas pasantes). Se deberá obtener un costo unitario por tramo (\$/TONKM) para lo cual se debe calcular para cada uno de ellos el total de toneladas pasantes durante el ejercicio 05/06 a lo largo de su extensión (dada en km). Así, el costo por tramo estará dado por:

$$COSTO_{TRAMO_{DIRECTO}} = \frac{COSTO_{MANT_{DIRECTO}}}{TON_{05/06_{PASANTES}} \cdot KM_{TRAMO}} = \$/TON.KM$$

$$COSTO_{TRAMO_{INDIRECTO}} = \frac{COSTO_{MANT_{INDIRECTO}}}{TON_{05/06_{PASANTES}} \cdot KM_{TRAMO}} = \$/TON.KM$$

3º) Como se ha hecho mención anteriormente, el plan de obras de infraestructura comprende un horizonte de cinco años y en él están detalladas las obras puntuales que afectarán a tramos, y por ende, a tráficos específicos durante los próximos cinco años. Finalizado dicho período, se deberá definir un nuevo plan que seguramente afectará a nuevos tráficos. Así, aplicando el criterio de imputación hasta ahora descrito, estaríamos castigando a aquellos tráficos que durante los próximos cinco años sean afectados por estas obras y de manera contraria con el resto de los tráficos. Es por ello que para suavizar la imputación de estos costos, se ha decidido establecer un criterio de ponderación que lo que pretende justamente es distribuir de forma más equitativa el costo de las obras, asignando parte de dicho costo a tráficos que no estén afectados por dichas obras y disminuyendo la imputación en los tráficos que circunstancialmente fueran beneficiados por el plan quinquenal vigente.

El criterio de ponderación al que hacemos mención exige los siguientes cálculos:

a) Obtener un costo unitario promedio para el total de los tramos

$$COSTO_{PROM_{DIR}} = \frac{\Sigma COSTO_{TRAMO_{DIR}}}{\Sigma TRAMOS} \qquad COSTO_{PROM_{INDIR}} = \frac{\Sigma COSTO_{TRAMO_{INDIR}}}{\Sigma TRAMOS}$$

b) Finalmente alcanzar el costo ponderado por tramo

$$COSTOPOND_{TRAMO_{DIR}} = \frac{COSTO_{TRAMO_{DIR}} \cdot 5 + COSTO_{PROM_{DIR}} \cdot 11}{5 + 11} = \$/TON \cdot KM$$

$$COSTOPOND_{TRAMO_{INDIR}} = \frac{COSTO_{TRAMO_{INDIR}} \cdot 5 + COSTO_{PROM_{INDIR}} \cdot 11}{5 + 11} = \$/TON \cdot KM$$

Donde:

5 = son los años de duración del plan de obras de la Gerencia de Infraestructura

11 = son los años que restan de concesión finalizado el plan quinquenal vigente.

4º) Con todo esto definido, ya se está en condiciones de calcular el costo de infraestructura que le corresponde a cada tráfico. Para ello, se deberá tomar la ruta que le corresponde al tráfico y multiplicar los costos de los tramos que la constituyen por la distancia recorrida dentro de cada tramos (para la mayoría de los tráficos resultará que la distancia recorrida dentro de cada tramo corresponde al largo definido para cada uno de los mismos).

$$COSTO_{MANT_{RUTINARIO}} = \sum [(COSTO_{POND_{TRAMO_{DIREC}}} + COSTO_{POND_{TRAMO_{INDIREC}}}) \cdot KM_{TRAMO}] = \$/TON$$

Para facilitar su entendimiento dedicaremos las próximas líneas a realizar un ejemplo de cálculo:

ORIGEN: Cevil Pozo
DESTINO: T.6
CLIENTE: Aceitera Gral. Deheza
PRODUCTO: Granos
ESTACIONALIDAD: Pico
ruta: 6068
TON/OPE: 3.110

TRAMOS	KM EXTENSION	KM RECORRIDO	TON PASANTES	TON.KM	[\$/ton.km]	[\$/ton]	[\$/ton.km]	[\$/ton]
					COSTO POND DIRECT	COSTO POND INDIRECT		
109	166	166	784.194	130.176.207	0,0051	0,85	0,0127	2,11
108	335.7	335.7	784.194	263.253.933	0,0029	0,97	0,0048	1,61
107	221.6	221.6	784.194	173.777.395	0,0038	0,84	0,0061	1,35
106	16.5	16.5	784.194	12.939.201	0,0038	0,06	0,0061	0,10
105	77.9	77.9	784.194	61.088.714	0,0038	0,30	0,0061	0,47
111	12,4	12,4	784.194	9.724.006	0,0041	0,05	0,0118	0,15
						3,07		5,79

$$COSTO_{MANT_{RUTINARIO}} = 3.110 \text{ ton} \cdot (3,07 + 5,79) \$/\text{ton} = \$27.554,6$$

B. Inversiones Extraordinarias.

Comprenden el conjunto de obras que tienen como objetivo principal, la construcción, ampliación o mejoramiento absoluto de un gran tramo de vía y cuyo efecto y beneficios exceden altamente los años de duración de la concesión (en definitiva, la amortización absoluta de estas obras superan la duración de la concesión). Este condicionamiento junto con la intervención del gobierno en la financiación de estas hipotéticas inversiones hace que NCA no tenga presente inversiones de estas envergaduras. Sin embargo, se cree útil contemplar la posibilidad de que NCA afronte este tipo de obras (al menos en el marco de una evaluación

de proyectos de inversión) por lo que serán consideradas y las mismas revestirán el mismo criterio con el que fueron tratados los costos directos de mantenimiento rutinario adicionándosele un valor que contemple la amortización de estas inversiones. En definitiva:

$$COSTO_{TRAMO_INVERS} = \frac{COSTO_{INVERSIONES}}{TON_{PASANTES} \cdot KM_{TRAMO}} = \$/TON \cdot KM$$

Donde:

$TON_{PASANTES}$ son las toneladas que se estiman pasarán por el tramo en cuestión durante el período que se considere como plazo de amortización de la obra.

A este costo, como dijimos anteriormente, deberá adicionarse el costo de la amortización para lo cual se debe identificar cuál de los criterios de amortización es el más apto para estos casos. Teniendo en cuenta que obras de esta naturaleza tienen una vida útil en años mucho mayor que los años que restan a la finalización de la gestión de NCA y que sería beneficioso para el gobierno que la concesionaria emprenda obras de estas características, se cree que una alternativa interesante sería la de aplicar un método de amortización en el que la distribución sea de tal forma que los primeros años de amortización sean bajos y sean mayores en los últimos (sería similar al *método de la suma fija de dígitos* pero aplicado de forma contraria). De esta manera, si X fuera el costo total a amortizar, n los años de vida útil de la obra y N la suma de los dígitos de los años de vida útil (es decir, si $n=6$ resultaría $N=1+2+3+4+5+6=21$), entonces el criterio a aplicar sería:

$$1^{\circ} \text{ AÑO: } AMORTIZACION_1 = \frac{1}{21} \cdot x \quad [\$]$$

$$2^{\circ} \text{ AÑO: } AMORTIZACION_2 = \frac{2}{21} \cdot x \quad [\$]$$

⋮

$$6^{\circ} \text{ AÑO: } AMORTIZACION_6 = \frac{6}{21} \cdot x \quad [\$]$$

Así, de haber una obra de estas características, en el primer año deberemos prorratar el monto denominado **Amortización**, entre todos los tráficos que se ven involucrados en dicho proyecto utilizando el mismo criterio de distribución que el empleado para las obras del mantenimiento rutinario.

Finalmente el costo de infraestructura será:

$$COSTO_{INFRAESTRUCTURA} = COSTO_{MANTENIMIENTO_{RUTINARIO}} + COSTO_{AMORTIZACION_i}$$

Donde:

i es el año de vida útil

4) Costos Tráficos

Este rubro encuadra a todos aquellos costos que tengan que ver directamente con la corrida de un tren, agrupándolos en tres grandes grupos, a saber:

A. Costos Conducción

Se trata del costo de la mano de obra responsable de la conducción del tren, es decir, del personal de conducción. Para determinar este costo se debe resaltar nuevamente ciertos conceptos respecto al modo operativo en el que los conductores intervienen en los tráficos:

- A lo largo de la red de NCA se hallan distribuidas un conjunto de bases de personal a las cuales deben pertenecer cada personal de conducción (un conductor pertenece a una única base).
- Cuando una pareja de personal es convocada para correr un tren (se recuerda que la cantidad exigida para mover un tren es de dos personas, sin exclusión alguna), es posible que la misma finalice su jornada de trabajo en una estación donde se encuentra una base a la cual no pertenece. En estos casos, es allí donde gozará de su descanso obligatorio (según el último convenio colectivo vigente, dicho descanso será más extenso de lo habitual por realizarse en otra base). Finalizado su descanso, la pareja estará en condiciones de ser nuevamente convocada, esta vez, para mover un tren que se dirija hacia la base de la cual son miembros. Aquellos conductores que estén expuestos a esta clase de trabajo (esto es, gozar de su descanso fuera de su base de residencia) les será asignados los viáticos correspondientes.
- Cuando se requiera personal para asistir en las maniobras en playas y en puntos de carga y descarga, se dará prioridad a convocar a personal de la base más cercana ya que ello significará menores gastos de movilidad y viáticos. De modo que puede verse que el costo que le insume a la empresa la jornada de una persona que está corriendo un tren será diferente (mayor) que la de una persona que insume toda su jornada realizando maniobras. Por todo esto es que en el MO se identificó la cantidad de personal que cada tráfico requiere tanto para la corrida como para la maniobra en las puntas.
- Al plantel total de conductores les cabe el beneficio de la vestimenta de trabajo junto con los elementos de seguridad, lo cual deberá ser

considerado al momento de establecer el costo de la jornada de trabajo de conducción.

- ▶ Por último, como ya fuera mencionado en su momento, muchas veces ocurre que el personal que releva a la pareja que está corriendo un tren deba ir a la intersección del tren para hacer el relevo correspondiente, para lo cual se emplean remises para movilizar tanto al personal que acude al tren como al personal que va en el tren y que deberá ser llevado a la base de personal más cercana. Esto implica que al costo de conducción se le deberá adicionar el costo de movilidad del personal.

Con toda esta información conocida, es momento de determinar este costo para cada tráfico. Para ello, los pasos a realizar son:

- 1°) Determinar el costo de la jornada: Se establecerán dos costos, uno para la jornada del personal de maniobras y otro para el de conducción propiamente dicha. Teniendo en cuenta el sueldo básico vigente según convenio en curso, las cargas sociales afrontadas por la empresa, vacaciones y rubros como movilidad y viáticos, resulta:

$$COSTO_{JORNADA_{CONDUC}} = \$ 335,68$$

$$COSTO_{JORNADA_{MANIOB}} = \$ 190,52$$

- 2°) En el modelo operativo se estableció que en promedio, a cada jornada laboral de conducción le correspondían dos horas extras, por ende debe determinarse este costo adicional, el cual será, según registros de lo acontecido en el ejercicio 05/06:

$$COSTO_{E_{50\%}} = 22,31 \$/h \qquad COSTO_{E_{100\%}} = 29,75 \$/h$$

Donde según ejercicio 05/06 la distribución del total de horas extras es la siguiente: $E_{50\%} = 97\%$ $E_{100\%} = 3\%$

- 3°) Cálculo del costo de conducción para un operativo de un tráfico:

$$COSTO_{JORN_{NORMAL}} = (PAREJ_{DA} + PAREJ_{JUEL}) \cdot 2 \cdot COSTO_{JORN_{CONDUC}} + PERSON_{MANIOBR} \cdot COSTO_{JORN_{MANIOB}}$$

$$COSTO_{JORNADA_{EXTRA}} = Hs_{EXTRAS} \cdot (E_{50\%} \cdot COSTO_{E_{50\%}} + E_{100\%} \cdot COSTO_{E_{100\%}})$$

$$COSTO_{CONDUC} = COSTO_{JORNADA_{NORMAL}} + COSTO_{JORNADA_{EXTRA}}$$

B. Costos Peaje

Existen determinados tráficos cuya corrida no es exclusiva por ramales pertenecientes a la red concesionada a NCA y en dicho sectores la concesionaria correspondiente exige el pago de un peaje por el uso de sus vías. De acuerdo a las corridas de los tráficos realizados durante el ejercicio en estudio, se pueden identificar tres tipos de peajes diferentes cada uno de ellos correspondientes a una empresa concesionaria diferente. El tratamiento de ellos es lo que se detalle seguidamente:

- **PEAJE TBA:** Se trata sin dudas del peaje de mayor incidencia porque es al que más tráficos afecta. Le corresponde a todos aquellos tráficos que deban circular por el ramal **Zarate-Retiro** concesionado actualmente a la empresa de pasajeros TBA (Trenes Buenos Aires). El método que TBA emplea para el cobro de este peaje es el siguiente: En primera medida, establece la limitación de que los trenes que circulen por el ramal en cuestión no deben exceder los 40 vagones. Luego a cada uno de ellos le corresponde un costo de peaje dado en pesos por kilómetros recorridos en el ramal de su concesión y que será diferente si se trate de un tren que circule en horarios diurnos o nocturnos. Esta tarifa diferencial según el momento del día en que ingresa el tren obliga a tener que conocer en que horario normalmente cada tráfico circula por el sector. Esto es totalmente aleatorio por lo tanto para definir un costo apropiado deberemos hacer un mix entre la tarifa nocturna y la diaria de acuerdo a la proporción de trenes que han ingresado en cada franja horaria. Así, teniendo en cuenta que durante el ejercicio 05/06 el 59% de los trenes que circularon por el sector lo hicieron de día, resulta entonces:

$$COSTO_{PEAJE_{TBA}} = KM_{RED_{TBA}} \cdot [0,59 \cdot COSTO_{DIURNO} + (1 - 0,59) \cdot COSTO_{NOCTURNO}]$$

- **PEAJE ALL:** Corresponde al peaje que afecta a los tráficos que deban circular por ramales de la empresa de cargas ALL (América Latina Logística). En este caso los ramales en cuestión son los que unen VENADO TUERTO – EMPALME VILLA CONSTITUCION y WHEELWRIGHT – ROSARIO. El criterio de aplicación por parte de ALL es similar al aplicado por TBA, difiriendo en que entre ambas empresas (NCA y ALL) existe un convenio de deducción del 30% del costo por kilómetro. También existe una tarifa única, sin hacer diferencia en el momento del día en que el tren circule por vías de ALL y no existe limitación en cuanto a cantidad de vagones por tren. Así, se tiene:

$$COSTO_{PEAJE_{ALL}} = KM_{RED_{ALL}} \cdot \%_{DEDUCCION} \cdot COSTO_{KILOMETRO}$$

- **PEAJE AGP:** Es el último peaje considerado y a diferencia de los dos anteriores no se debe a la circulación propiamente dicha sino que se

paga por el ingreso de una formación al puerto de Buenos Aires. La administración General del Puerto (AGP) ha establecido un costo unitario por vagón, por lo que:

$$COSTO_{PEAJE_{AGP}} = \frac{VAG}{OPE} \cdot COSTO_{VAGON}$$

Finalmente, se llega a:

$$COSTO_{PEAJE} = (COSTO_{PEAJE_{TBA}} + COSTO_{PEAJE_{ALL}}) \cdot PARTICIP + COSTO_{PEAJE_{AGP}}$$

C. Costos seguridad en tren

Es el costo que se genera cuando el tren requiere de seguridad propia en alguna/s parte/s de su recorrido. La seguridad de la que se hace mención se refiere a personal de seguridad que acompaña al tren durante la zona que corresponda a fin de evitar la apertura de vagones o el cierre manual de frenos de los vagones. Para su cálculo se cuenta con el costo horario y el total de horas de custodia de trenes en trayecto. El costo total deberá ser distribuido entre el total de trenes pero dado que los mayores gastos de seguridad se generan en los accesos a Rosario (por los asentamientos apostados a los costados de las vías donde se hacen constante las aperturas y violaciones de vagones), a los trenes pasantes por Rosario les corresponde una mayor cuota de asignación del gasto total de seguridad. Es por esto que se define contar con dos tasas de costo de seguridad (dadas en \$): una para los trenes pasantes por Rosario y otra para los que no lo hacen. Para los primeros, la tasa será el doble de la correspondiente al segundo, de modo de asegurar que:

$$\sum_i \text{trenes}_{pasante_i} \cdot \text{tasa}_{pasante} + \sum_i \text{trenes}_{no\ pasante_i} \cdot \text{tasa}_{no\ pasante} = \text{costo total seguridad}$$

OBSERVACION: La identificación de si un tren es pasante o no se determina a partir de conocer para cada tráfico porque ruta circulan sus operativos (y por ende los trenes en donde los mismos van acoplados).

La imputación a cada tráfico finalmente se logra aplicando la tasa de costo correspondiente y multiplicándola por la participación con la que el operativo del tráfico participa del tren en cuestión.

5) Otros Costos

El último grupo de costos que componen la estructura de costos del transporte ferroviario hace referencia a gastos varios, todos ellos imputables directamente a cada tráfico corrido:

A. Multimodal

Sin dudas es el rubro que mejor distingue la modalidad ferroviaria de la época actual respecto a la época de Ferrocarriles Argentinos (FA), pues incluye todas las actividades que hacen a la transferencia de cargas desde y hacia otra modalidad de transporte en las puntas del circuito. La característica principal de este ítem al momento de introducirlo en el modelo es su complejidad para unificar criterios de cálculo. Esto se debe a que el valor final de este costo depende de varias cuestiones entre las que se distinguen:

- Producto a transportar
- Lugar de transferencia de cargas
- Estacionalidad
- Tipo de operación logística requerida

Por todo esto es que para cada tráfico se debe analizar las particularidades del caso y definir el costo que le corresponde. A fin de brindar detalles del modo de cálculo de este rubro, se describirán generalidades del módulo diferenciando en primera medida dos grandes grupos según el producto al que se hace referencia:

a. Contenedores. Se obtendrá un costo expresado en pesos por tipo de contenedor distinguiéndose dos tipos, el contenedor de 20 pies (1 TEU) o el contenedor de 40 pies (2 TEUS). Para llegar a este costo se consideran:

- Flete carretero para acercar la carga consolidada a la estación ferroviaria (origen del tráfico) que en este caso serán las playas de **Ferreyra, Las Perdices, Alejandro Roca, Tucumán, Sunchales, Rafaela, Tucumán y Retiro.**
- Circuitos cortos de camiones que acercan el contenedor desde el punto de transferencia ferroviaria a los puertos. Normalmente a este movimiento se lo conoce como **"calesita"**.
- Costos de trámites aduaneros, activamiento, y coordinación logística, tanto en origen como en destino.
- Costos inherentes al material necesario en las playas para efectuar los movimientos (grúas, conteneras y equipos semejantes).
- Costos del servicio de Supervisión, Administración y Coordinación con NCA.

Los dos últimos puntos, a diferencia de los tres primeros donde en cada operativo los gastos serán directamente proporcionales al total de contenedores transportados, son costos de erogación mensual, con lo cual el costo aplicable a cada contenedor estará en función de la cantidad de contenedores movidos por mes en la estación de la que se trate y del período del año al que se haga mención. Esto hace que fuera necesario diseñar tablas de frecuencia mensual para cada

estación para obtener los valores a adicionar al costo total de multimodal.

En definitiva, se llega al siguiente método de cálculo para cada tráfico:

$$COSTO_{MULTIMODAL_{CONTENED_{t,i}}} = COSTO_{ORIGEN_{t,i}} + COSTO_{DESTINO_{t,i}}$$

Donde:

t puede asumir los valores "20 pies" o "40 pies"

i puede asumir los valores "VALLE", "PICO", "POS PICO"

A su vez:

$$COSTO_{ORIGEN_{t,i}} = COSTO_{FLETE_{ORIG_{t,i}}} + COSTO_{OTROS_{ORIG_{t,i}}} + COSTO_{MENSUAL_{t,i}}$$

Donde:

$COSTO_{OTROS_{ORIG_{t,i}}}$ Son otros costos en origen erogados por contenedor

$COSTO_{MENSUAL_{t,i}}$ Son otros costos en origen pero de erogación mensual con lo cual este se calcula del siguiente modo:

$$COSTO_{MENSUAL_{t,i}} = \frac{\sum \text{Costos mensuales en origen}}{\text{n}^\circ \text{ mensual de contenedores t en temporada i}}$$

A su vez:

$$COSTO_{DEST_{t,i}} = COSTO_{FLETE_{DEST_{t,i}}} + COSTO_{OTROS_{DEST_{t,i}}} + COSTO_{MENSUAL_{t,i}}$$

Donde:

$COSTO_{OTROS_{DEST_{t,i}}}$ Son otros costos en destino erogados por contenedor

$COSTO_{MENSUAL_{t,i}}$ Son otros costos en destino pero de erogación mensual con lo cual este se calcula del siguiente modo:

$$COSTO_{MENSUAL_{t,i}} = \frac{\sum \text{Costos mensuales en destino}}{\text{n}^\circ \text{ mensual de contenedores t en temporada i}}$$

Vale aclarar que en todos los casos, puede haber porciones de la fórmula con valor nulo, por ejemplo, cuando la operatoria logística y

multimodal en origen es efectuada a cargo del propio cliente (aquí $COSTO_{OTROS\ ORIG_t} = 0$).

b. Productos no contenedorizados. Para esta clase de productos, con costos de operación multimodal, se hacen las siguientes consideraciones:

Este costo será calculado para tráficos que requieran operatorias especiales, efectuadas por propios o terceros, en tareas como trasbordos, estibados, servicio de descarga, coordinación logística, etc. Esto afectará a los tráficos con productos tales como: azúcar, cemento, piedra, frutas Cítricas, productos palletizados, bobinas de acero, etc. -

Se consideró el costo multimodal como la suma simple de los costos de origen más los de destino, todos ellos expresados en pesos por tonelada. Al igual que sucede con ciertos costos para productos contenedorizados, en varios casos como el de la fruta cítrica, para llegar al costo simple por tonelada, se debieron hacer conversiones de unidades, pues los gastos suelen hacerse por diferentes criterios (viajes de camión, días-grúa, horas hombre, costo por pallet, etc.).

En resumen, podría decirse que los costos de multimodal para estos tráficos serían la suma de los costos de los diferentes ítems enunciados en el último punto, es decir:

$$COSTO\ MULTIMODAL_{NO\ CONTENED} = \sum_i COSTO_i$$

Donde:

$$COSTO_i = \frac{costo_{unitario_i} \cdot unidades_i}{TONELADAS}$$

Donde a su vez:

$COSTO_i$ Es el costo por tonelada del i-ésimo ítem.

$costo_{unitario_i}$ Es el valor unitario de este ítem (ejemplo: 10 \$/hora hombre)

$unidades_i$ Son la cantidad de unidades requeridas para resolver un operativo

Se debe tener en cuenta que el costo de multimodal está expresado en pesos por tonelada, de manera que para finalmente imputársela a cada tráfico se deberá **multiplicar por el total de toneladas de cada operativo.**

B. Ingresos Brutos

Se trata de un porcentaje de la facturación (ingreso) total del operativo en cuestión. La alícuota depende de dos aspectos:

- **Producto:** Existen dos valores diferentes según se trate de **Granos** o de **Otros productos**.
- **Origen de la carga:** Se refiere a la provincia desde donde proviene la mercadería transportada, no siendo necesario que esta coincida con el origen ferroviario del tráfico.

A continuación una tabla con los valores correspondientes:

CODIGO	PROVINCIA - ORIGEN TRAFICO	% DE LA FACTURACION	
		TPTE. GRANOS	TPTE. OTROS
1	BUENOS AIRES	1,50	1,50
2	CAPITAL FEDERAL	3,00	3,00
4	CORDOBA	2,50	3,50
5	JUJUY	2,50	2,50
6	SALTA	3,00	3,00
7	SAN LUIS	3,50	3,50
8	SANTA FE	3,50	3,50
9	SANTIAGO DEL ESTERO	3,50	3,50
10	TUCUMAN	2,50	2,50
3	CATAMARCA	3,00	3,00

$$COSTO_{INGBRUTO_{PROV, PROD}} = ALICUOTA_{PROV, PROD} \cdot INGRESO$$

Donde:

INGRESO esta dado en \$

C. Canon

Es un porcentaje de la facturación que NCA, en carácter de empresa concesionaria, debe otorgar al Gobierno Nacional según lo estipulado en el contrato de concesión. Este porcentaje actualmente representa el 3% de lo facturado, es decir:

$$COSTO_{CANON} = 3\% \cdot INGRESO$$

Donde:

INGRESO está dado en \$

6) Costos Generales

Incluimos dentro de esta categoría a todos los gastos generales que se conciben por el solo hecho de la actividad de NCA pero que no dependen exclusivamente de la realización de un determinado tráfico. En definitiva, estamos hablando de costos indirectos cuya presencia no obedece directamente a la corrida de un determinado tren. Más allá de esta dificultad de asociación de estos costos a los tráficos, si nos tomamos el trabajo de analizar puntualmente el origen de cada uno de ellos podemos encontrar, en alguno de ellos un nexo con determinados tráficos, lo que no significa que los mismos dejen de ser costos indirectos sino simplemente que podemos atribuirselos a la existencia de un conjunto de tráficos y por ende lograr una imputación de ellos más justa. Dicho esto, entonces estaban en condiciones de definir dos grupos para estos costos generales:

- **Costos Generales Asignables**
- **Costos Generales No Asignables**

A. Costos Asignables

Como fue mencionado recientemente, si bien se tratan de costos indirectos, el hecho de que podamos identificar el lugar físico donde se originan nos permite efectuar la asignación del caso. Así podemos considerarlos como gastos que surgen ante la necesidad de operar un determinado sector o ramal y por ende sólo deberemos imputárselos a aquellos tráficos que circulen por dichos sectores. Para su identificación, se los puede categorizar en cuatro grandes rubros, uno de ellos ya analizado como lo son los costos indirectos asignables correspondientes a Infraestructura. Los tres restantes son los que se desarrollan a continuación:

- a. Costos Seguridad en Tierra.** Es el costo inherente a la seguridad apostada en playas, estaciones y otros puntos de la red (exceptuando la seguridad del tren, ya calculada en los costos directos). Simplemente se obtiene de asociar el costo del servicio (terciarizado) de cada agencia de seguridad al ramal que le corresponda. Luego, el valor obtenido para el ramal será distribuido entre el total de tráficos que circulen por dicho sector utilizando como variable de prorratio las ton.km de los tráficos.

$$COSTO_{SEG TIERRA} = \sum_i \left(COSTO_{SEG TIERRA_i} / TON .KM_i \right) \cdot TON .KM_{OPE}$$

Así, para un tráfico t que circule por los tramos 1, 15, y 18 el costo de seguridad en cada tramo deberá ser dividido por las ton.km pasantes por él; luego se suman y se multiplican por las ton.km del operativo del tráfico t obteniendo de este modo la cuota del costo de seguridad en tierra que le corresponde a dicho tráfico.

b. Costo Personal de Operaciones. Hace referencia al costo del personal de operaciones que realiza tareas de asistencia en los distintos ramales, destacándose entre ellas:

- Tareas de señalamiento
- Tareas en playas y estaciones
- Tareas de coordinación de tráficos

De esta manera se incluyen los sueldos de todo el personal dedicado a estas actividades. Nuevamente, el hecho de que todos ellos tengan definido un lugar de trabajo específico dentro de la red hace que se pueda identificar con facilidad a qué tráficos asisten, por lo que el método de cálculo, presentado a continuación, es similar el utilizado para obtener el costo de seguridad en tierra:

$$COSTO_{PER OPER} = \sum_i (PERSONAL_{OPER_i} \cdot SUELDO / TON . KM_i) \cdot TON . KM_{OPE}$$

Nuevamente para el total de tramos por los que pasa el tráfico t se suma el costo unitario (expresado en \$ por tn.km) y se lo multiplica por las ton.km de un operativo del tráfico t.

c. Costo desmalezamiento. Una de las actividades necesarias que exige el correcto funcionamiento operativo es la tarea de desmalezamiento de vías, playas, pasos a nivel y desvíos. Para ello, durante todo el año corre a lo largo de los 5000 kilómetros de vía el llamado tren herbicida compuesto por un par de vagones cisternas con rociadores. Este tren, como es de suponer, implica un costo (costo del producto químico, combustible consumido por la locomotora, personal de conducción afectado) que debe ser distribuido entre el total de tráficos teniendo en cuenta los ramales por los que circuló y la frecuencia de paso por cada uno de ellos. De nuevo, utilizando las toneladas kilómetros pasantes por cada ramal, se procede a la distribución de este costo tal como fueran prorrateados los demás costos asignables:

$$COSTO_{DESMALEZAM} = \sum_i (COSTO_{DEMALEZA_i} / TON . KM_i) \cdot TON . KM_{OPE}$$

Definidos los tres costos que componen los costos generales asignables resulta que para cualquier operativo de un tráfico se tiene:

$$COSTO_{INDIR_{ASIGNAB}} = COSTO_{SEGTIERRA} + COSTO_{PER OPER} + COSTO_{DESMALEZAM}$$

B. Costos no Asignables

El segundo conjunto de costos generales estará integrado por todos aquellos ítems no considerados hasta el momento (ya sea por su

carácter de indirectos o por no tener ninguna forma de asignarlos a los tráficos) y que no guardan ninguna relación con la corrida de los trenes. En concreto se trata de los rubros detallados seguidamente:

- ◆ Sueldos y Créditos Fiscales sobre sueldos del personal Fuera de Convenio.
- ◆ Siniestros y Responsabilidad Civil.
- ◆ Seguros y recupero de siniestros.
- ◆ Alquiler de equipos, movilidad, gastos de oficina, mantenimiento y reparación de inmuebles, servicios públicos, repuestos y materiales, trabajos de terceros, talleres e instalaciones (excepto los ya incluidos en Mantenimiento de Infraestructura y Mecánica).
- ◆ Trabajos de Terceros en Señalamiento y Comunicaciones.
- ◆ Combustibles y Lubricantes (de todos los vehículos excluyendo locomotoras).
- ◆ Seguridad y Vigilancia (apostada en sectores no afectados por la corrida de trenes – ej.: seguridad en las oficinas administrativas).
- ◆ Descarrilamientos (después de deducir los gastos directos ya considerados en Infraestructura y mantenimiento del material rodante).
- ◆ Honorarios (en su totalidad).
- ◆ Sistemas informáticos.
- ◆ Publicidad, Promociones y Gastos de Representación.
- ◆ Mermas en las cargas (costos que debe asumir NCA por la pérdida o robo de mercadería en tránsito).
- ◆ Dedución por recupero de costos en distintos rubros.

La suma de los costos de estos rubros deberá ser asignado adecuadamente al total de los tráficos corridos para lo cual, esta vez, tomaremos como variable de distribución otra variable que da indicios de la incidencia relativa de cada tráfico en los costos totales de la compañía como lo es los **Vag.Km**. Así, se tiene:

$$COSTO_{INDIR_{NO\ ASIGNAB}} = \left(COSTO_{TOTAL_{INDIR\ NO\ ASIGNAB}} / \sum_i VAG.KM_i \right) \cdot VAG.KM_{OPE}$$

Donde:

i es cada uno de los tráficos corridos en el ejercicio 2005/2006.

Con todo esto se está en condiciones de definir el costo de cada operativo de cada tráfico el cual será la suma de:

$$COSTO_{TOT_{OPE}} = COSTO_{LOC} + COSTO_{VAG} + COSTO_{INFRA} + COSTO_{TRAF} + COSTO_{OTRO} + COSTO_{GENER}$$

Donde:

- $COSTO_{LOCOMOTOR} = COSTO_{COMBUSTIBLE} + COSTO_{LUBRICANTES} + COSTO_{MANTLOC} + COSTO_{ALQPROGR} + COSTO_{ALQESP}$
- $COSTO_{VAGONES} = COSTO_{MANTVAG} + COSTO_{ALQPROGR} + COSTO_{ALQESP}$
- $COSTO_{INFRAESTR} = COSTO_{MANTRUT} + COSTO_{TRAMO INVERS}$
- $COSTO_{TRAFICO} = COSTO_{CONDUCT} + COSTO_{PEAJE} + COSTO_{SEG ENTREN}$
- $COSTO_{OTROS DIR} = COSTO_{MULTIMODAL} + COSTO_{INGR BRUTO PROV, PROD} + COSTO_{CANON}$
- $COSTO_{INDIREC} = COSTO_{INDIR NO ASIGNAB} + COSTO_{INDIR ASIGNABL}$

El último punto a analizar en este capítulo está relacionado a la identificación de cuáles de todos los costos analizados deben ser vistos como costos directos y cuales de ellos considerados como indirectos. Para lograr tal categorización ante todo debemos dejar en claro cual es nuestro objeto del costo, que en nuestro caso, tal como venimos trabajando, no se discute que es cada uno de los tráficos atendidos por la empresa. **De este modo, se considerará para un tráfico cualquiera como costos directos aquellos que de no correrse el tráfico no existirían. Por el contrario, los indirectos serán los gastos que se generan por el solo hecho del servicio de transporte que NCA ofrece al mercado pero que no dependen exclusivamente de la realización o no de un determinado tráfico.** La clasificación se presenta en la próxima tabla y su utilización será analizada debidamente en los próximos capítulos.

	CATEGORIZACION DE COSTOS		
	DIRECT	INDIRECTO	
		ASIGNABLE	NO ASIGNABLE
LOCOMOTORAS			
COMBUSTIBLE			
LUBRICANTES			
MANTENIMIENTO			
ALQUILER PROGRM			
ALQUILER ESPECIAL			
VAGONES			
MANTENIMIENTO			
ALQUILER PROGRM			
ALQUILER ESPECIAL			
INFRAESTRUCTURA			
MANTENIMIENTO			
TRAFICO			
CONDUCTORES			
PEAJE			
SEGURIDAD EN TREN			
OTROS COSTOS			
MULTIMODAL			
INGRESOS BRUTOS			
CANO			
GENERALES			
ASIGNABLE			
NO ASIGNABLES			

Capitulo IV

Haciendo un breve resumen de los aspectos analizados hasta el momento, se debe decir que primeramente se detalló el nivel de información requerido para construir la base del **SIPLARE**, es decir, el

llamado **Modelo Operativo**. Seguidamente se estudió cada módulo que compone el Modelo de Costos y que en definitiva constituye la estructura de costo de cada tráfico. Con la información analizada hasta este punto, el SIPLARE ya está en condiciones de ir brindando output y por ende sería lógico empezar a analizarlos. Aún más, con el fin de irnos familiarizando con el formato y/o diseño de las salidas, se irá haciendo una descripción paralela, tanto de los outputs que vayan lográndose como de su disposición dentro del sistema.

Diseño del SIPLARE

El diseño del **SIPLARE** ha sido pensado en diversos módulos. El hecho de que ellos compartan información (la mayoría de ellos utilizan los datos que componen el MO) hace que sean interdependientes entre si, tal cual se irá observando a medida que avancemos en el análisis.

En definitiva, el **SIPLARE** contará con un total de 5 módulos a los cuales se podrá acceder desde el menú principal presentado a continuación. Brevemente los módulos en cuestión son los que se detallan seguidamente, a los cuales se les anexa una pequeña descripción, para luego si analizar en profundidad su composición.



IV-1) Módulo análisis por Tráfico

Se trata del módulo principal del **SIPLARE** y del cual se obtiene el costo de un operativo tipo para la totalidad de tráficos presentes en el ejercicio 2005-2006. Ahora bien, lo fundamental del mismo, es el enriquecimiento que se le ha proporcionado a las salidas del mismo, como es la posibilidad de analizar las alternativas de costos para cada tráfico que surgen del juego de sensibilidades que el diseño facilita sobre las principales variables operativas. **Aún más, también podrá conocerse para cada tráfico la combinación óptima de recursos que minimice el costo**, permitiendo de este modo satisfacer uno de los objetivos planteados.

Las raíces del SIPLARE yacen en el módulo en cuestión, por lo que lo podemos considerar como el módulo madre del sistema. De hecho, originalmente el sistema había sido pensado para determinar

exclusivamente los costos de los tráficos, para lo cual este módulo hubiera sido más que suficiente. Sin embargo, como ya se ha comentado, la necesidad de abarcar otras cuestiones obligaron a ampliar el concepto original del sistema y por dicha razón es que se fueron incorporaron nuevos módulos e incluso se agregaron nuevos outputs a este mismo. Es justamente su diseño y las salidas que el mismo genera, los elementos que se abordarán en los próximos párrafos. Para facilitar su entendimiento, se desplegarán una serie de gráficas del menú en tratamiento, con datos correspondientes a un tráfico que hará las veces de ejemplo.

El menú **Análisis por tráfico** está compuesto de una gran cantidad de celdas muchas de ellas habilitadas para el ingreso o selección de datos y otras que brindan las salidas del módulo. Como el título lo indica, todas las salidas que se brinden, estarán referenciadas a un tráfico en particular, por lo que como primera medida se deberá elegir que tráfico se desea estudiar. Se debe recordar que un tráfico está definido por las cinco variables, **CLIENTE-ORIGEN-DESTINO-PRODUCTO-MES**, las cuales deberán ser escogidas de las listas de opción apropiadas. Son las celdas en verde ubicadas en el extremo izquierdo superior las destinadas para tal fin, como se muestra en la gráfica siguiente. Antes de continuar es importante detenerse en algunos aspectos a tener en cuenta:

- Para la variable **Producto**, existen dos combos de selección: el primero de ellos para la elección del **GRUPO DE PRODUCTO** y el restante, a la derecha del anterior, para optar por un producto. El primero de ellos será obligatorio para determinar el costo del tráfico que se requiera (recordemos que en el MO sólo se especifica el GRUPO DE PRODUCTO y no así el PRODUCTO), mientras que el segundo será opcional, y sólo útil al momento de analizar los esfuerzos de tracción intervinientes en la corrida de un tren de este tráfico o cuando se desee estudiar la asignación óptima de recursos ya que, de hecho, la identificación del producto nos permitirá conocer el peso específico del mismo (dado en kg/m^3), variable crítica al momento de determinar la cantidad de vagones a asignar para el transporte de una cierta cantidad de toneladas.
- El tipo de estacionalidad en juego se desprende directamente de seleccionar el mes que corresponda de acuerdo a la categorización realizada.
- La selección de la provincia origen de la carga, si bien no es condicionante para definir un tráfico, será necesaria para determinar las erogaciones por ingresos brutos. Tener en consideración que como origen de carga no debe considerarse el punto dentro de la red donde se carga el producto a un tren, sino que es el punto desde donde proviene la mercadería. Es el caso por ejemplo del azúcar, que si bien es cargada principalmente en Tucumán, la misma llega en camión proveniente desde Jujuy y por ende, esta última es la que debe ser considerada como tal.

En el caso presentado, el tráfico escogido es el siguiente:

CLIENTE: Aceitera General Deheza S.A.
ORIGEN: Corralito
DESTINO: T.6
PRODUCTO: Granos - Soja
MES: Abril
PROVINCIA: Córdoba

Efectuada la elección de las cinco o seis variables mencionadas, se deberá accionar el botón **CALCULAR** para que actualice todos los cálculos y brinde información del tráfico a estudiar. En caso de que se haya elegido un tráfico inexistente producto de una combinación errónea de las variables inputs, aparecerá la siguiente leyenda de alerta:



La elección de un tráfico a partir de la selección de las variables antes mencionadas permitirá el cálculo de los costos correspondientes a dicho tráfico. Obviamente, estos costos estarán basados en las características operativas del tráfico según fueron definidas en el MO. Son estas especificaciones las que se muestran por debajo de las variables inputs y entre ellas se destacan:

- ◆ Vagones por Operativo
- ◆ Capacidad de carga por vagón
- ◆ Toneladas por Operativo
- ◆ Composición del tren (VAG/TREN)
- ◆ Cantidad de locomotoras por tren
- ◆ Distancia del origen al destino
- ◆ Rotación del vagón
- ◆ Rotación de la locomotora
- ◆ Ruta

DATOS OPERATIVOS	
VAG/OP	30
TON/VAG	50
TONELADAS/OPERAT	1.497
VAG/TREN	88
LOC/TREN	1
INSTANCIA POR DEFECTO (km)	419
ROTACION VAG (dias)	7,81
ROTACION LOC (dias)	3,53
ROTA POR DEFECTO	6200

Algunos aspectos a destacar antes de continuar con el análisis hacen referencia por un lado al botón **DETALLE** y el segundo a la descripción que figura también a la derecha pero esta vez del valor **ROTACION LOC**. El primero permite ver los tiempos parciales que componen la rotación total presentada en este conjunto de datos operativos, con una pantalla de este tipo:

ROTACION VAGONES					
TIEMPO ALI-FOR [hs]	TIEMPO EN ORIGEN [hs]	TIEMPO CIRCULACION [hs]	TIEMPO ESP RECEPC [hs]	TIEMPO EN DESTINO [hs]	TIEMPO TOTAL [dias]
8,00	53,95	64,67	21,17	14,76	7,81

Respecto a la **ASISTENCIA** que figura como descripción dentro del conjunto de datos, hace mención a si el tráfico requiere la asistencia de la locomotora para la carga y/o descarga y que obviamente, afectará el tiempo total de la rotación de la locomotora.

El esquema que detalla los datos operativos, corresponde a las características particulares del tráfico que estamos utilizando como ejemplo para la explicación de este módulo. Un operativo tipo de este tráfico estará compuesto de 30 vagones con una carga promedio de 50 toneladas por vagón. El mismo se acopla con vagones de operativos de otros tráficos para constituir un tren compuesto por un total de 48 vagones traccionados por una sola máquina y recorriendo una distancia de 419 kilómetros (419 de ida y 419 de vuelta) si se emplea la ruta 6208 (une los tramos: **CORRALITO – RIO III – TANCACHA – D. VELEZ – V. MARIA – C. DE GOMEZ – C.8 – C.7 – S.LORENZO – T.6**). La rotación es de **7,61** para los vagones y **3,53** para la locomotora.

Definidas las cuestiones operativas del tráfico, es momento de analizar las salidas de este módulo, en particular las que hacen referencia a los costos que a NCA le insume la corrida de un operativo de este tráfico. Pero antes de detenernos a analizar las salidas proporcionadas por los cálculos de costos debemos aludir al planteo que se presentó al llegar a este punto del diseño: con la información organizada de este modo estábamos en condiciones de determinar los costos estándares de un operativo tipo del tráfico que deseáramos. Sin embargo, los resultados que estaríamos obteniendo no brindarían de hecho uno de los principales objetivos que se planteaba al momento de idear este tipo de sistema de planificación como era la posibilidad de definir los recursos que nosotros quisiéramos para cada tráfico y determinar sus costos correspondientes. Efectivamente, como puede apreciarse hasta el momento, las posibilidades de elegir las características operativas de cada tráfico son nulas (simplemente, la elección de un tráfico trae por defecto los datos operativos característicos del tráfico en estudio), para lo cual llegó el momento de **incluir enérgicamente esta alternativa de selección que transformará al sistema para pasar a ser de un simple elemento calculador de costos (y por ende de tarifas) a una herramienta de planificación global y asignación de recursos a los tráficos**. A partir de esto fue necesario ante todo comenzar a definir cuales serían las variables que el usuario podría definir a gusto y que afectarían directamente los costos intervinientes. Así es que de las mismas se escogen:

A. Ruta

Todas las rutas que se definieron como recorridos posibles de ser realizados por algún tráfico están compuestas por un conjunto de tramos. Del total de ellas, habrá varias capaces de unir el origen y el destino del tráfico en estudio y por ende deberán ser exhibidas para que el usuario defina la ruta que desee. Entre los efectos que generaría una

modificación de la ruta asociada a un tráfico se destacan por un lado alteraciones en los esfuerzos resistentes que se le presentan al tren durante su trayecto (tema que se analizará en detalle cuando se estudie el módulo de ESFUERZOS) y por otro en los siguientes rubros de costos:

- a. **Mantenimiento Locomotoras y vagones.** Puesto que el prorrateo de los costos de este ítem se hace en función de la variable **Ton.Km.**, variaciones en la distancia recorrida repercutirán directamente en esta distribución de costos.
- b. **Mantenimiento de Infraestructura:** Es el rubro más sensible a esta variación ya que de acuerdo al recorrido que haga, el tráfico deberá absorber (en la proporción que corresponda) los costos de las obras y mantenimiento que se realicen en el trayecto a transitar.
- c. **Peajes:** Similar a los costos de infraestructura, en el sentido en que si se escoge una ruta que implique el tránsito por sectores de otro concesionario, el tráfico deberá pagar el peaje correspondiente.
- d. **Seguridad en Tren:** La variación que afecta a este costo dependerá si la nueva ruta implica ingresar o no a la zona de Rosario, ya que de hacerlo, deberá pagar el costo correspondiente a la circulación del tren con personal de seguridad apostado en el mismo.
- e. **Indirectos asignables:** Rubro compuesto por los ítems: indirectos asignables de infraestructura, seguridad en tierra, personal de operaciones y desmalezamiento, todos ellos se los prorratea en función de las TON.KM, por lo que se verán afectados directamente por la elección de ruta que se efectúe.
- f. **Indirectos no asignables:** Por el mismo motivo que el rubro anterior pero en este caso utilizando como variable de prorrateo los VAG.KM, también estará expuesto a las elecciones en juego.

B. Rotación vagones.

Siendo el tiempo de circulación uno de los grandes componentes en la rotación total, es lógico pensar que si el usuario tiene la opción de modificar la distancia recorrida a partir de elegir la ruta que desee, también deberá tener la opción de definir la rotación que crea conveniente. Así es que se le dará la posibilidad de definir la rotación total de los vagones a partir de establecer los tiempos parciales de circulación, permanencia en origen y permanencia en destino.

En lo referente a las consecuencias que producen variaciones en este aspecto, se destacan por un lado los **costos de conducción** (recordemos que la cantidad de personal requerido se obtiene a partir de conocer el total de horas de circulación demandadas) pero principalmente en el **margen por vagón** que el tráfico brinda (una de las variables decisivas que Comercial utiliza para evaluar la conveniencia de destinar una cantidad de vagones a un tráfico en lugar de asignárselos a otro).

C. Rotación Locomotoras.

La misma, como ya se indicó en su momento, depende de la rotación de vagones, por lo tanto, el valor de rotación alternativa de los vagones que se establezca será decisivo para el valor que adquiera la rotación alternativa de locomotoras. Ahora bien, para el cálculo de la rotación en cuestión no basta con conocer la rotación de los vagones sino que requiere a su vez que se defina si la locomotora deberá o no asistir la carga y/o descarga. Por lo tanto el usuario tendrá la alternativa de seleccionar si el tráfico requiere la asistencia en cuestión y al mismo momento la cantidad de personal solicitado para tal efecto, de modo también dejar determinado el total de personal requerido para el cumplimiento del tráfico.

Respecto a su incidencia en los outputs en juego, su efecto es similar al de las rotaciones de vagones, ya que perturba el **costo de conducción** pues si el tráfico exige la asistencia de la locomotora, requerirá de personal para efectuar dicha tarea. Y de igual forma, será un elemento decisivo cuando al tráfico se lo mida por el margen que el mismo deja en término del uso de locomotoras exigido.

D. Tipo y cantidad de Locomotoras.

Sin dudas se trata de una de las variables decisivas principalmente porque hasta el momento, nunca se hizo mención a qué tipo de locomotora era asignada a qué tráfico. De hecho, aquellos rubros de costos que requerían conocer qué tipo de locomotora era la empleada se solucionaban tomando valores promedios (por ejemplo, para el costo de combustible se toma como consumo por locomotora el valor promedio de los consumos de los diferentes tipos de locomotoras). El impedimento en la vinculación de una locomotora (o dos) a un tráfico es simplemente la no existencia de un criterio lógico de asignación de tipos de locomotoras para cada tráfico. A su vez, dado que dicha asignación no es concluyente al momento de determinar la conveniencia o no de la realización de un tráfico y porque a su vez esta asignación se realiza en el instante de efectuar dicho tráfico y en función de la disponibilidad de locomotoras del momento, la no identificación del tipo de locomotora no tiene efecto alguno si los outputs generados sólo sirven para evaluar costos estándares o el establecimiento de tarifas. Sin embargo, si las salidas generadas se utilizan para analizar la conveniencia o no de establecer asignaciones que minimicen los costos operativos que se deben afrontar a diario al instante de mover trenes, entonces dejar en claro qué tipo de locomotora utilizar sí pasa a ser relevante y necesario.

Finalmente, como hemos mencionado con el resto de las variables, veamos como influye la elección del tipo de unidad tractiva en los outputs del **SIPLARE**: los elementos expuestos a variaciones serán por un lado la capacidad de remolque del tren en el que vaya acoplado el tráfico en cuestión (tema que será abordado en el momento de analizar el módulo de ESFUERZOS), como así también en los costos existentes, en particular en los siguientes rubros:

- a. **Combustible y Lubricantes.** Como ya hemos hecho mención en su momento, dicho costo depende tanto del costo del litro del gas oil como del consumo (sin olvidarnos también de la distancia a recorrer). Es este último ítem el que se ve afectado por la elección que se haga en cuanto a la cantidad de locomotoras a cabeza de tren necesarias y al tipo de máquina a emplear (cada locomotora posee un nivel de consumo propio). En lo que respecta al lubricante, como este se calcula como una proporción del costo de combustible, indirectamente se verá afectado por la selección de locomotoras que se efectúe.
- b. **Mantenimiento de Locomotoras.** Puesto que cada locomotora requiere un mantenimiento particular (con los repuestos propios del tipo de máquina que se trate), el costo de mantenimiento dependerá de los tipos de locomotoras que se seleccionen.

E. Composición de Tren.

Se trata de una de las variables más difícil de establecer con certeza para cada tráfico debido a la diversidad de valores que puede asumir, por lo que resulta imprescindible poder contar con la posibilidad de modificar dicho valor y analizar su repercusión en los costos finales. Su importancia es vital ya que sin dudas que puede ser decisiva al momento de catalogar a un tráfico como rentable o no. Esto se basa en el hecho de que esta variable define cuánto del total de costos asociados a la corrida de un tren le corresponde al tráfico en estudio, ya que como hemos mencionado anteriormente, muchos de los costos de la corrida de un tren deben ser prorrateados entre los tráficos que van acoplados a dicho tren según la composición de vagones de cada uno de ellos. De aquí se explica la importancia de evaluar los costos que implicaría por ejemplo, deber mover un tren compuesto por vagones exclusivos de un tráfico en particular, en vez de poder acoplarlos a algún operativo de otro tráfico y así poder distribuir proporcionalmente los costos entre ambos tráficos.

F. Distribución del tren por grupo de vagón.

La variación en el total de vagones que conforman un tren no nos daría libertad absoluta para efectuar análisis de sensibilidad acordes, si a esa variable no le agregamos la posibilidad de elegir qué tipo de vagones serán los que compondrán el tren en cuestión. Obviamente, la sensibilidad en este aspecto estará limitada a que el tren deberá contar con al menos el total de vagones del grupo de vagones del operativo del tráfico en estudio (vale recordar que al hablar de tren nos referimos al acople de más de un operativo de tráficos diferentes, excepto los casos de tráficos exclusivos donde cada uno de ellos viaja solo). De esta manera, diferentes distribuciones de grupo de vagones nos brindarán diferentes pesos de los trenes lo que será fundamental al momento de establecer los recursos necesarios (locomotora y ruta) para asegurar la corrida del tren como también afectará el prorrateo de aquellos costos

que se asignan a los tráficos de acuerdo a la participación que el mismo tiene dentro del tren en el que circule (porcentaje de vagones del tráfico en la formación total del tren).

G. Composición del Operativo

De la misma manera que se brinda la posibilidad de modificar la composición del tren, lo mismo se pretende con la correspondiente al operativo (cantidad de vagones que lo componen). En este aspecto, la sensibilidad se profundizará aún más cuando definamos la posibilidad de elegir no sólo la cantidad de vagones que compondrán un operativo tipo del tráfico de análisis, sino también cuando se introduzca sensibilidad en la variable a continuación detallada. El efecto principal de esta variable es modificar los rubros de costos que utilicen la variable **Vag.Km** como elemento de prorrateo y también afectará los esfuerzos resistentes a vencer.

H. Distribución de vagones del operativo

Con esto se refiere a la posibilidad de definir en detalle el total de vagones del operativo por tipo de vagón. Obviamente, los tipos de vagones aptos para ser elegidos deberán corresponder al **grupo de vagones** definido para el operativo en estudio (vale recordar que el **grupo de vagón** queda definido de acuerdo al valor asumido por la variable **grupo de producto**, y como esta última es exclusiva de cada tráfico, entonces el grupo de vagón resulta una variable fija para cada tráfico). Lo que se pretende con esto, es poder jugar con las capacidades de carga que diferencian a los diferentes tipos de vagones y poder así determinar la capacidad máxima de carga por operativo.

I. Toneladas por operativo.

La sensibilidad en esta variable es consecuencia lógica de contar con la opción de jugar con alteraciones en la composición de un operativo tanto en cantidad como en tipo de vagones. Su incidencia no sólo afectará los costos del operativo (recordemos que muchos de los módulos de costos se prorratean en función de las toneladas) sino también en la asignación de recursos para la corrida del tren.

J. Toneladas del Tren

Al igual que con los operativos, al tren también podrá variársele el total de toneladas transportado siempre respetando como mínimo el tonelaje del operativo en estudio.

IV-2) Módulo de Sensibilidad

Las diez variables recientemente mencionadas han sido las seleccionadas para establecer los análisis de sensibilidad que enriquezcan los outputs del SIPLARE. Ahora bien, en cuanto al diseño

del módulo correspondiente, puesto que todas estas **sensibilidades** se efectúan para evaluar los efectos en los costos y esfuerzos del tráfico en estudio, se decidió considerarlo como un submódulo dentro del módulo **Análisis por Trafico** ya que es en este módulo donde se despliegan todas estas salidas. Así es que en la misma pantalla del módulo en estudio pero en líneas inferiores se diseña el **submódulo de sensibilidad** con el siguiente estilo:

- a. Las primeras celdas en celeste que se visualizan son las que se destinan a analizar las alternativas de variación en lo que respecta a la **ruta a recorrer** junto con la **rotación** que implicará movilizar un tráfico por la ruta que se seleccione. Respecto a las rutas, se desplegarán hasta un máximo de 7 rutas aptas para ser seleccionadas, cada una de ellas, representando diferentes opciones que unen el origen con el destino del tráfico en cuestión.

Del total de ellas habrá una que será identificada con otro color para indicar que es la ruta que se le asignó a este tráfico en el MO. Para conocer un detalle pormenorizado del recorrido de las mismas, bastará con hacer click sobre alguna de ellas y allí se mostrará los tramos que la componen con su correspondiente distancia. Siguiendo con el ejemplo presentado, si clickeamos sobre la RUTA N° 2, aparecerá la pantalla con el detalle de los tramos de la ruta de interés, como se muestra en los gráficos siguientes.

The screenshot shows a software interface for route selection and calculation. It is divided into several sections:

- RUTAS POSIBLES:** A table with columns for 'MANUAL' and 'OPTIMO'. It lists three routes:

RUTA	MANUAL	OPTIMO
RUTA ALTERNATIVA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RUTA DEFINITIVA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- ROTACION ALTERN. YAG [dias]:** A table showing circulation and origin/destination data:

CIRCULACION [dias]	90
ORIGEN [dias]	15
DESTINO [dias]	20
TOTAL	5,21
- ASISTENCIA:** Radio buttons for 'CARGA' (selected) and 'DESCARGA'.
- ROTACION ALTERN. LOC [dias]:** A table showing a total of 4,38.
- TOTAL PERSONAL NEC. PARA ASISTENCIA:** A field for entering the required personnel.
- CALCULAR:** A star-shaped button to perform the calculation.

To the right, a detailed view of 'RUTA N° 2' is shown, listing various locations and their associated personnel requirements:

TRAMO	TOTAL NEC.
CORRALITO/BOBO	21,6
BOBO/TEHUACANA	24,8
Tehuacan/Atlix	38
Atlix/Atlix	43,2
Atlix/Motilon	89,6
Motilon/Tehuacan	50
Tehuacan/Atlix	25,7
Atlix/Atlix	43,9
Atlix/Atlix	47,8
Atlix/Atlix	13,7
Atlix/Atlix	20,5
Atlix/Atlix	28,4

Conocidas todas las rutas posibles a transitar, es momento de seleccionar aquella que sea de interés. Para ello, al lado del nombre de cada ruta, aparecen dos columnas con casillas de selección para cada una de ellas. Es la columna de la izquierda, bajo el título **Manual**, la que debe ser utilizada para realizar las selecciones del caso (la de la derecha será empleada para otro fin, y por ende, será explicada en su momento). Dos aspectos son importantes destacar respecto a la elección de las rutas:

- ➡ El **SIPLARE** exige que se elija una **sola** ruta por tráfico.
- ➡ En caso en que ninguna de las rutas mostradas sea escogida, tomará como ruta válida la que se haya definido en el MO.

Cuando la elección se haga efectiva, simplemente deberá accionar el botón **CALCULAR** (en forma de estrella), de modo el **SIPLARE** brinde los outputs acorde a la selección efectuada.

Un detalle no menor a tener en consideración es la posibilidad de modificar definitivamente la ruta definida en el MODELO OPERATIVO. Es para tal fin que a la izquierda del cuadro se presentan dos botones de selección: se elegirá la opción **Ruta Alternativa** cuando la ruta que haya sido seleccionada sea para evaluar un trayecto ocasional o esporádico. En cambio la opción **Ruta definitiva** será empleada cuando se decida considerar la ruta en cuestión como la más apropiada para el tráfico, modificando de este modo la ruta que se había definido en el MO para dicho tráfico.

El estudio de un tráfico con la elección de una ruta alternativa a la definida en el MO implica, con altas probabilidades, la necesidad de modificar los tiempos de circulación ya sea por variaciones en las longitudes a transitar, cambios en las velocidades máximas permitidas o alteraciones en los niveles de congestión del nuevo trayecto. Así es que se debe permitir modificar los niveles de rotación tanto de los vagones como de las locomotoras. Para tal efecto, a la derecha de la selección de rutas se dispone de celdas para que el usuario introduzca la rotación deseada para lo cual deberá definir los tiempos de los principales componentes de las rotaciones:

- ➡ Horas de circulación (ida y vuelta).
- ➡ Horas de permanencia en origen (desde que arriban los vagones vacíos hasta que los mismos son retirados cargados).
- ➡ Horas de permanencia en destino (desde que arriban los vagones cargados hasta que los mismos son retirados vacíos).

Como se ve, no sólo se permite variar los niveles de rotación por modificaciones en los tiempos de circulación sino también en las puntas del circuito como consecuencias de motivos que lo ameriten. A su vez, como ya fuera mencionado, en el caso de la rotación de la locomotora, se permitirá indicar la necesidad de contar o no con la asistencia de la misma en la carga y/o descarga y de serlo necesario, la cantidad de personal para tal fin (útil al momento de evaluar los efectos en los costos de conducción). Recordemos que la rotación de la locomotora está compuesta por la suma de los tiempos de circulación más, en el caso en que la máquina deba cumplir tareas de asistencia, los tiempos en origen y destino.

b. El 2° gran componente de variación que se muestra por debajo del conjunto de rutas corresponde a las **diferentes combinaciones de locomotoras posibles de ser elegidas**. En este caso, al igual que para las rutas, existen dos columnas a la derecha de la descripción de cada una de ellas, siendo la primera de ellas (bajo el título **Manual**) la que se empleará para efectuar

LOCOMOTORAS POSIBLES	MANUAL	ÓPTIMO
ALCO RSD 16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GAIA 1050 HP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GAIA 1350 HP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GM - GR 12 W	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GM - GR 12 W REFORM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GM - GT 22 CW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GM - GT 22 CW REFORM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALCO RSD 16 + ALCO RSD 16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GAIA 1050 + GAIA 1050	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GAIA 1350 + GAIA 1350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GR 12 W + GR 12 W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GR 12 REFOR + GR 12 REFOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GT 22 CW + GT 22 CW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GT 22 REFOR +GT 22 REFOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

la selección correspondiente. En cuanto a la selección propiamente dicha, el listado de locomotoras que allí figuran incluye a los siete tipos de locomotoras en forma individual y siete opciones adicionales, cada una de ellas corresponde al acople de dos locomotoras del mismo tipo. Con esta disposición, se podrá efectuar múltiples selección, como puede apreciarse en el caso siguiente donde se decide utilizar como elemento de remolque el acople de una locomotora ALCO RSD junto a un GM-GR 12.

- c. Por último, aparece el tercer elemento de alteración como lo es lo relacionado a la composición del tren, haciendo referencia a la **cantidad de vagones** que lo componen, al **tipo** de los mismos y al **tonelaje transportado**. Obviamente, parte de esta composición corresponderá al operativo del tráfico que se analiza y por ende deberá ser parte de este conjunto de variables expuestas a sensibilidades. La pantalla se diseña del modo presentado a continuación, donde aparecerán en gris las cuatro variables aptas para ser modificadas por el valor que desee el usuario. Ahora bien, dos cuestiones deben destacarse, como lo son las **restricciones en el ingreso de valores** y las **alternativas de selección presentadas** según corresponda. En lo que se refiere a las restricciones, estas afectan al valor que admita la variable **Vagón/Operativo** ya que la misma deberá variar entre 0 y la cantidad de vagones que se definan como los integrantes del tren (es decir, la variable **Vagón/Tren**) (es ilógico pensar que si el tren está definido por 60 vagones el operativo sea de más de 60 vagones). Mientras que si analizamos las alternativas de selección veremos que más allá de que el usuario pueda ingresar el valor que desee, el **SIPLARE** ofrece en cada caso, las siguientes opciones por defecto:

- ➡ Para las variables Vagón/Tren, Tonelada/Tren, Vagón/Operativo sugiere la composición del tren tipo en el que va acoplado el tráfico de estudio (de acuerdo a lo establecido en el MO). Para ello se deberá tildar la celda de opción correspondiente que se dispone a la derecha de cada variable.
- ➡ Para el caso de las Toneladas/Operativo no sólo sugiere las utilizadas en el MO sino también las toneladas máximas que podrían ser transportadas teniendo en cuenta una serie de cuestiones que serán explicadas seguidamente.

		VALORES SUGERIDOS		VALORES SUGERIDOS DEL MODELO	
TONELADAS NETAS POR OPERATIVO	<input type="text" value="3.204"/>	<input type="checkbox"/>	TON MAX	VAGONES/TREN A ADOPTAR	<input type="checkbox"/>
VAGONES OPERATIVO A ADOPTAR	<input type="text" value="61"/>	<input type="checkbox"/>	MODELO	TON BRUTA/TREN A ADOPTAR	<input checked="" type="checkbox"/>

Al principio se comentó que el **SIPLARE** nos ofrecía la posibilidad de realizar todos los cálculos tomando como base las toneladas máximas posibles de ser transportadas para un operativo. Ahora bien, para poder

determinar este valor debemos conocer en detalle las siguientes cuestiones:

- En primera medida determinar el total de vagones que conformarán el operativo, valor que hemos hecho mención recién, y puede ser el que establezca el MO.
- Sabemos que existen dos cuestiones que limitan la cantidad de toneladas posibles a transportar: una de ellas es la capacidad cúbica de los vagones y la segunda las limitaciones en cuanto a toneladas/eje que establezca la ruta por donde el operativo deberá circular. Esta última queda identificada desde el momento en que se define la ruta de tránsito del tráfico, mientras que para la primera deberíamos conocer qué vagones serán los que conformarán nuestro operativo. Para lograr este último objetivo, el **SIPLARE** despliega una lista de vagones (identificados por su **código de tráfico** y descripción) todos ellos integrantes del grupo de vagón asociado al tráfico. En el ejemplo que estamos presentando, al ser el **granero** el grupo de vagón definido para el tráfico, los vagones que pueden ser elegidos son los que se muestran a continuación:

DISTRIBUCION DE VAGONES DEL OPERATIVO			DISTRIB GENERICA <input checked="" type="checkbox"/>	DISTRIB PARTICULAR <input type="checkbox"/>	CAPACID [m ³ /vag]
CT	17G	USO MULTIPLE	0		63
CT	77	GG (ACA)	1		85,4
CT	70	TOLVA CEMENTERA	2		51
CT	75	GG REDONDO CHICO	6		77
CT	75	GG CUADRADO	3		77
CT	75	GG REDONDO GRANDE	2		77
CT	75A	CT37 REFORMADOS	2		60
CT	75R	GG "TIPO ROCA"	1		64,4
CT	76	GGL SERIE 1	5		75
CT	76	GGL SERIE 2	4		75
CT	76	GGL SERIE 3	4		75
CAPACIDAD TOTAL DE CARGA [m ³] =					2.193

En la misma se puede apreciar que a la derecha de las descripciones se detallan tres columnas. Las dos primeras de ellas se utilizan para definir la cantidad de vagones de cada tipo que conformarán el total de vagones del operativo, diferenciándose entre sí ya que en la primera columna, la **distribución genérica**, es el propio **SIPLARE** quien define la distribución de vagones por tipo (obviamente, respetando el total de vagones establecido para el operativo) mientras que en la segunda, la **distribución particular**, es el usuario quien debe definir la cantidad de vagones por tipo. La distribución genérica definida por el **SIPLARE** respeta la misma distribución que presenta el total de vagones de cada código de tráfico dentro del total de vagones del grupo en cuestión (por ejemplo, si el parque de GRANEROS fuera de 1000 vagones, 40% de los cuales correspondieran al tipo de vagón CT 75, entonces si el operativo estuviera conformado por 30 vagones GRANERO, 12 de ellos deberían ser CT 75). En cuanto a la tercera columna, en ella simplemente se indica la capacidad cúbica de cada tipo de vagón.

De este modo, conocida la limitante por toneladas por eje admitida por la ruta y seleccionados los vagones a emplear, las toneladas máximas quedarán determinadas siguiendo el siguiente criterio:

$$ton_{max} = \min \left(\sum \text{vagones} \cdot \lim_{\text{eje}} \frac{\text{ton}}{\text{eje}} \cdot 4 - \sum \text{tara}; \text{peso}_{\text{especific}} \cdot \sum_i (\text{capac}_i \cdot \text{totalvag}_i) \right)$$

Donde:

i = tipo (código) de vagón a seleccionar

El **límite de toneladas por eje** hace referencia a la carga bruta por vagón que puede soportar la vía por la que circule el tren. Obviamente, dependiendo de las condiciones del suelo, tipo de riel y fijaciones, habrá diferentes limitantes a lo largo de cada ruta. Para este cálculo, se tomará el valor mínimo de todos los límites que existan en la ruta considerada.

El **4** de la fórmula, hace referencia a la cantidad de ejes que poseen todos los vagones.

Una última cuestión a abordar respecto a los valores que puede admitir la variable **Tonelada/Operativo** es la posibilidad que se le ofrece al usuario para que el mismo pueda asignarle el valor que desee. Para ello se le ofrece la posibilidad de realizar el cálculo auxiliar al

TIPO DE VAGON	DESCRIPCION	CANTIDAD	CAPACIDAD DE CARGA [kg/vag]
77G	USD MULTIPLE		
77	GG (ACA)		
70	TOLVA CEMENTERA		
75	GG REDONDO CHICO	30	52,53
75	GG CUADRADO		
75	GG REDONDO GRANDE		
75A	CT37 REFORMADOS		
75B	GG "TIPO ROCK"		
76	GG1 SERIE 1		
76	GG1 SERIE 2	31	47,76
76	GG1 SERIE 3		

TONELADAS NETAS ✓

TOTAL VAGONES DEL OPERATIVO ↕

TOTAL VAGONES DEL TREN ↕

→

que se accede presionando el botón celeste que se dispone en la celda de la variable en cuestión. Allí, como muestra la figura, se despliega todos los códigos de vagones pertenecientes al grupo de vagón en cuestión para que en cada uno de ellos se defina la cantidad de los mismos a emplear y las toneladas netas promedio que cada código de vagón puede soportar. Así accionando el botón en forma de tilde se calculan las toneladas del operativo y si se está conforme con dicho resultado se puede utilizar dicho valor como las tonelada/Operativo para lo cual se deberá accionar el botón en celeste **Actualizar Modelo**. A su vez en la misma pantalla de cálculo auxiliar se puede definir la cantidad de vagones que conformarán tanto el operativo como el tren involucrado.

Por último pero no menos importante, es destacar el origen del valor sugerido para la variable **Tonelada/Tren**. Si uno debiera pensar en qué elementos serían necesarios conocer para poder determinarla, habría que mencionar:

➡ **La cantidad de vagones que componen el tren**, la cual queda definida en la celda destinada a tal fin, ya sea según el valor deseado por el usuario o bien usando el sugerido por el MO.

➡ **La composición del tren.** Con esto nos referimos a conocer qué vagones son los que integran el tren para así conocer sus taras y capacidades promedio de carga. De hecho, hasta aquí sólo conocemos parcialmente dicha información porque ya tenemos identificados cuales serán los vagones que componen el operativo en estudio pero resta determinar el resto de los vagones del tren.

		VALORES SUGERIDOS		
COMPOSICION DEL TREN	ALTERNATIVA	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3
	<input type="checkbox"/> PORCENTUAL <input type="checkbox"/> NUMERICO <input checked="" type="checkbox"/> LIMPIEZA			
TANQUE		0%		
CUBIERTO		0%		
GRANERO		87%		
PORTABOBINA		0%		
PC		11%		
BORDE ALTO		0%		
TOLVA		2%		
		100%		

Para lograrlo el sistema actúa de manera similar al resto de las variables de estudio, en este sentido: brinda la posibilidad de que sea el usuario el que elija la composición que desee, o bien adoptar la composición que el sistema le posibilite. A la derecha del listado de vagones que componen el operativo analizado, se halla la tabla presentada a la derecha. La primera columna dispuesta a la derecha de los grupos de vagones es la destinada para que el usuario detalle la cantidad de vagones por grupo de vagón, siempre respetando el total de vagones definido para el tren. Dicha composición se la denomina como la **composición alternativa** y el usuario podrá definirla en término absolutos o en porcentaje, para lo cual deberá tildar la elección correspondiente previa a su definición. Mientras que las tres restantes corresponden a las opciones sugeridas por el **SIPLARE** y que surgen de analizar las composiciones más comunes correspondientes al tren en el que va acoplado el operativo del caso. En nuestro ejemplo, se observa que se escogió la opción 1, indicando que del total de vagones del tren, el 87% serán graneros (de los cuales 30 vagones son los que conforman nuestro operativo en estudio), 11% PC y el 2% tolvas. Definida entonces la composición deseada, luego se recurre a determinar el peso total del tren para lo cual se debe considerar la suma de las taras de los vagones elegidos junto a las toneladas que los mismos transportan. El cálculo de las taras se logra multiplicando la tara promedio de cada grupo de vagón escogido por la cantidad de los mismos y para las toneladas se toma el promedio de toneladas que cada grupo de vagón ha transportado en el tren en estudio de acuerdo a lo establecido en el MO.

A fin de facilitar su entendimiento a continuación se realiza un ejemplo de cálculo para el que se considera un tren compuesto por 48 vagones 30 de los cuales son los del operativo en estudio y respetando la composición definida anteriormente.

Tengamos en consideración que los 30 vagones del operativo son del grupo Graneros y que los mismos representan el 63 % del tren, porcentaje menor al que indica la opción de composición elegida (según ella, el 87 % de la formación eran Graneros). Esto debe interpretarse como que el tren se compondrá de 42 vagones Graneros, 30 de los cuales corresponden a los nuestro operativo y de los cuales se conoce en detalle qué códigos de vagón son por lo que ni siquiera exige trabajar con taras promedios sino las exactas correspondientes a cada código. En cambio, para los 12 vagones Graneros restantes, al desconocerse por qué códigos estarán compuesto se toma una tara promedio de 24,17 ton y una capacidad promedio de carga de 43,83 ton. Mismo criterio se realiza para los 5 vagones PC y para el vagón tolva.

CANT Y GRUPO		TOTAL TARA	TOTAL TONELADAS
30 GRANEROS			1.497
	0	17G	0
	1	77	21
	2	70	43
	6	75	143
	3	75	72
	2	75	57
	2	75A	33
	1	75R	25
	5	76	106
	4	76	92
	4	76	99
12 GRANEROS		280	526
5 PC		82	162
1 TOLVA		26	59
		1.088	2.244
		TON BRUTA/TREN 3.332	

Como resumen de lo hasta ahora explicado en el módulo de **Análisis por Tráfico**, hemos comentado que es en él donde se despliegan las principales salidas relacionadas a los **costos por tráfico** (que serán mencionadas seguidamente), los cuales dependerán de los recursos que se le asignen al tráfico en análisis. Así, el módulo permite el análisis de un tráfico puntual a partir de definir las seis variables que lo identifican, brindándonos las características operativas del mismo pero incluyendo la posibilidad de modificar las mismas a partir de realizar las sensibilidades del caso dentro del submódulo correspondientes. De esta manera, sea que se utilicen los datos del MO o bien los definidos por el usuario, ya se estaría en condiciones de calcular los costos intervinientes y es en este tema donde nos detendremos a realizar el análisis consecuente. Lo primero que debemos indicar es la ubicación de las variables de salida referida a los costos. Ellas se encuentran encolumnadas a la derecha del conjunto de datos operativos tal cual se presentan en la gráfica siguiente. Pero es fundamental dejar en claro lo siguiente: si se observa en la parte superior de dicho gráfico, se verá que en color anaranjado se disponen tres opciones mutuamente excluyentes, a saber:

- ➡ **MODELO OPERATIVO:** Si esta alternativa es la elegida, todos los costos que allí se presentan toman como base de cálculo los **datos operativos definidos para el tráfico en el MO**, independientemente de las sensibilidades que se hubieran efectuado en las variables operativas ya mencionadas.
- ➡ **OPTIMO:** Será la selección escogida cuando se decida calcular los costos del tráfico cuando a éste se le asignan los recursos óptimos para su corrida. Este tema será abordado más adelante, cuando se analice el módulo **Análisis de Esfuerzos**.

- **MANUAL:** Es la elección que calculará los costos del tráfico teniendo en cuenta los **valores adoptados por las variables operativas según las haya definido el usuario** y sin tener en consideración lo establecido en el MO. En efecto, si se observa la gráfica siguiente, en ella los costos que se describen corresponden a esta alternativa.

COSTOS POR OPERATIVO			AJUSTE COSTOS				
			DIRECTOS	INDIRECT. ASIGN.	INDIRECT. NO ASIGN.	%	INCL.
1 LOCOMOTORAS							
1.1	COMBUSTIBLE	\$ 2.571	\$ 2.571			1	11,7%
1.2	LIBRICANTES	\$ 71	\$ 71			1	0,3%
1.3	MANTENIMIENTO	\$ 1.477		\$ 1.477		7	6,7%
1.4	ALQUIL. PROGRAM.	\$ 0	\$ 0			1	0,0%
1.5	ALQUILER ESPECIAL	\$ 3	\$ 3			1	0,0%
	SUB TOTAL	\$ 4.122,27					
2 VAGONES							
2.1	MANTENIMIENTO	\$ 1.939		\$ 1.939		1	8,8%
2.2	ALQUIL. PROGRAM.	\$ 0	\$ 0			1	0,0%
2.3	ALQUILER ESPECIAL	\$ 0	\$ 0			1	0,0%
	SUB TOTAL	\$ 1.939,49					
3 INFRAESTRUCTURA							
3.1	MANTENIMIENTO	\$ 4.289		\$ 4.289		1	19,5%
	SUB TOTAL	\$ 4.289,56					
4 TRAFICO							
4.1	CONDUCTORES	\$ 0	\$ 0			1	0,0%
4.2	PEAJES	\$ 0	\$ 0			1	0,0%
4.3	SEGURIDAD EN TREN	\$ 583	\$ 583			1	2,7%
	SUB TOTAL	\$ 583,04					
5 OTROS COSTOS							
5.1	MULTIMODAL	\$ 0	\$ 0			1	0,0%
5.2	INGRESOS BRUTOS	\$ 2.480	\$ 2.480			1	11,2%
5.3	CANON	\$ 2.126	\$ 2.126			1	9,7%
	SUB TOTAL	\$ 4.605,61					
SUM TOTAL							
6 GENERALES							
6.1	ASIGNABLES	\$ 3.968		\$ 3.968		1	18,0%
6.2	NO ASIGNABLES	\$ 2.490			\$ 2.490	1	11,3%
	SUB TOTAL	\$ 6.458					
TOTAL COSTOS			\$ 21.997				
			\$ 7.834	\$ 11.673	\$ 2.490	7,30235683	100,0%
			36%	53%	11%		

Respecto a la disposición de los costos, se respeta el agrupamiento de acuerdo a lo establecido en el **Análisis de costos**, y a su vez, se los clasifica, a la derecha de los mismos, según se traten de costos **directos, indirectos asignables, o bien indirectos no asignables**. Al final de dichas columnas se totalizan los mismos y se indican su

porcentaje en el total de los costos. Según lo muestra el esquema anterior, en las condiciones establecidas, el costo total para un operativo tipo del tráfico en cuestión es de **\$21.997**, de los cuales **\$7.834** se tratan de costos directos (36% del total), **\$11.673** costos indirectos asignables (53% del total) y **\$2.400** indirectos no asignables (11% del total).

Entre los aspectos que debemos resaltar, uno de ellos es la posibilidad de descartar alguno de los costos considerados. Para ello, simplemente se deberá destildar el casillero correspondiente y de esta manera dicho costo no será imputado al tráfico que se analiza (no significa que el gasto correspondiente sea nulo, sino que se decide no imputárselo como costo al tráfico en análisis). Otro hecho destacable es la posibilidad de conocer la incidencia que cada uno de los costos parciales representa en el total de costos del tráfico y es ese porcentaje el que se detalla en la columna en verde. En nuestro caso, por ejemplo, el costo de combustible es del orden del 11,7 %. Finalmente, en la misma gráfica se puede observar que para cada costo parcial existe una barra incrementadora utilizada para que el usuario pueda analizar como puede afectar el incremento porcentual de alguno de los ítems de costos en el total.

Recientemente se mencionó la posibilidad de realizar ajustes en cada uno de los costos parciales. Sin embargo, dichos ajustes son globales y no responden a ninguna variación específica que afecte al costo ajustado. Es por ello que para ser más específico en cuanto a dejar evidencias de la real causa de variación en alguno de los costos en juego, se amplía estas sensibilidades económicas según corresponda. Para tal efecto, se diseñaron botones (en celeste) a la izquierda de cada costo que permitirán avanzar a nuevas pantallas donde se realiza la sensibilidad correspondiente y que seguidamente son explicados en detalle:

Avance sensibilidad económica combustible

La página de avance correspondiente permitirá variar los tres elementos fundamentales en el cálculo del costo de este ítem (dos de ellos son datos técnicos, el restante, económico). El primero de ellos se trata del consumo establecido



	ORIGINAL	NUEVO VALOR
CONSUMO POR LOCOMOTORA (litro/km)		
GM - GR 12 W	4.00	
ALCO RSD 16	4.50	
GM - GT 22 CW	5.00	
GAUA 1950 HP	4.11	
GAUA 1950 HP	4.11	
GM - GR 12 W REFORM	4.00	
GM - GT 22 CW REFORM	5.00	

KM: DE MANIOBRA

	ORIGINAL	NUEVO VALOR	%
PRECIO DEL COMBUSTIBLE (\$/M)	5	1.02	11.7

ANÁLISIS POR TRAFICO

para cada una de las locomotoras en cuestión, para lo cual, como se presenta en la gráfica siguiente, se presentan los valores actualmente utilizados y al lado de ellos la posibilidad de definir un consumo nuevo. El diseño está pensado de modo tal que si se define un nuevo valor de consumo para algunas de las unidades, independientemente del valor original que se haya definido, todos los nuevos cálculos que se realicen tomarán al nuevo valor como dato correcto del consumo. El segundo

elemento técnico a variar es la suposición de la cantidad de kilómetros promedio que una locomotora efectúa realizando maniobras en las puntas del circuito (origen y destino). En este caso, simplemente si se desea modificar el valor, se lo reemplaza en la celda correspondiente.

Por último el elemento que más nos interesa en este momento es el valor económico sensible en este costo, como lo es el costo del litro de combustible. Para ello, de manera similar al consumo por locomotora, se muestra el valor actual con el que se calculan los costos y además una celda para indicar el nuevo valor. Pero en este caso, el nuevo valor no es ingresado manualmente sino a partir de definir el valor porcentual que la variación representa en el valor actual. Dicho porcentaje se determina seleccionándolo de la barra de desplazamiento. Luego deberá dejarse establecido si la variación establecida se trata de un incremento o decremento. En nuestro ejemplo, se definió un decremento del 18%, lo que representa un costo unitario del litro de combustible de \$/lt 1,02. La variación que se deje sentada en este ítem será la que se visualizará en el menú principal en la barra de desplazamiento del costo de combustible. Sin embargo, esto no deshabilita la posibilidad de establecer los desplazamientos que nosotros deseemos en la barra de desplazamiento correspondiente a este costo en el menú principal, independientemente del valor nuevo que haya adquirido el costo del litro de combustible.

Avance sensibilidad económica Mantenimiento de Locomotoras.

Sobre este rubro, existen dos cuestiones económicas que inciden directamente sobre el costo final del mismo. Por un lado tenemos el costo de los repuestos, los cuales deberán a su vez ser tratados de modo diferencial de acuerdo a su procedencia, esto es, se traten de **repuestos nacionales**, o bien **repuestos importados** (estos últimos afectados directamente por la relación peso-dólar). Para este caso, el método de sensibilidad es similar a los antes presentados, donde uno establece la variación porcentual y al mismo tiempo define si se trata de un incremento o decremento. Y por otro, el costo de la mano de obra dependiente de la Gerencia Mecánica y afectada al taller de Locomotoras y trabajos afines. En este elemento se incluye a la mano de obra directa, perteneciente al sindicato de la **Unión Ferroviaria** (UF) y al personal de los talleres externos, dejando de lado al personal fuera de convenio de la Gerencia ya que al mismo se lo considera dentro de los costos indirectos asignables. En ambos casos (repuestos y mano de obra), se evaluó qué porcentaje representa cada uno de estos ítems en el total de los costos presupuestados para el mantenimiento de locomotoras, de modo de conocer el efecto final que representa una variación específica en alguno de ellos. Así, por ejemplo, un incremento del 16% en el costo de la mano de obra del personal nucleado en la UF representa un aumento del 2,3% en el costo total del mantenimiento de locomotoras, puesto que este elemento representa el 14% de la composición total de dicho costo. En lo que se refiere al costo del personal, vale destacar que toda variación que se establezca se la considera como un **incremento** del valor original, hecho fundamentado

en las continuas renegociaciones y actualizaciones de los sueldos básicos a los que se ven obligadas negociar anualmente las empresas y sindicatos como modo de compensación por el incremento de la inflación de la Moneda Nacional. Por último, vale mencionar que en este caso la barra de desplazamiento en el menú principal también estará ligada a las variaciones que se hayan hecho en los costos de repuestos y mano de obra, aunque dado que la variación en el costo total no es la suma directa de las variaciones en los repuestos y en la mano de obra, sino que será la suma ponderada por la participación de ellos en el total de los costos, será necesario actualizar dicho cálculo, y para ello es la existencia del botón de opción correspondiente. Obviamente, la barra de desplazamiento también podrá ser modificada manualmente sin necesidad de especificar cómo varía el costo de los repuestos o el de la mano de obra.

MECANICA - REPUESTOS LOCOMOTORAS

Item	Value (%)	Up Arrow	Down Arrow
NACIONALES	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
IMPORTADOS	9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ACTUALIZACION BARRA DESPLAZAMIENTO COSTO MANT. LOCOMOTORAS

COSTO MANO DE OBRA

Item	Value (%)	Up Arrow	Down Arrow
CONVENIO - UNION FERROVIARIA	16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TALLERES EXTERNOS	25	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Avance sensibilidad económica mantenimiento de vagones

Tiene exactamente el mismo criterio de análisis que la sensibilidad para el mantenimiento de locomotoras, contando con dos aspectos para estudiar como lo son los repuestos (nacionales e importados) para vagones y el costo de mano de obra (el personal bajo el sindicato UF que trabaja en los talleres de vagones y el de los talleres externos). Idénticamente, habrá dos barras de desplazamiento una para cada tipo de repuesto a fin de efectuar las variaciones que se deseen. Y para el caso del costo de la mano de obra, se utilizarán las mismas celdas sobre las que se trabajan en la sensibilidad de costo de la mano de obra en el mantenimiento de locomotoras. Esto significa, que las sensibilidades que se hagan en el costo de la mano de obra afectarán a ambos costo de mantenimiento (vagones y locomotoras) con resultados dispares ya que dependerá del valor que represente el costo de la mano de obra en el total de cada uno de ellos. En este caso, también la barra de desplazamiento correspondiente, en el menú principal, se actualiza del mismo modo que para el mantenimiento de locomotoras.

MECANICA - REPUESTOS VAGONES

Item	Value (%)	Up Arrow	Down Arrow
NACIONALES	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IMPORTADOS	17	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ACTUALIZACION BARRA DESPLAZAMIENTO COSTO MANT. VAGONES

COSTO MANO DE OBRA

Item	Value (%)	Up Arrow	Down Arrow
CONVENIO - UNION FERROVIARIA	16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TALLERES EXTERNOS	25	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

➡ Avance sensibilidad económica Mantenimiento Infraestructura.

La sensibilidad de este costo está relacionada a la posibilidad de incluir nuevas inversiones a las ya previstas y contempladas. Estas mismas, obviamente, se tratan de obras en tramos de la ruta definida para el tráfico en estudio. Para ello, la pantalla de sensibilidad correspondiente presentará una grilla con todos los tramos que componen la ruta en cuestión, de modo que el usuario agregue los montos de las inversiones en el tramo que corresponda. Este valor se sumará al ya asignado al tramo y luego será prorrateado entre todos los tráficos que recorran dicho sector. En nuestro ejemplo, se observa la adición de \$ 1.000.000 en el tramo **C. de Gómez – V. María** que se agregan a los \$2.613.264,24 ya previstos, modificando la tasa de distribución de 0,0036 \$/ton.km a 0,00502 \$/ton.km en el sector. Indiscutiblemente, esta esfuerzo monetario que se agrega a los ya definidos busca generar mejoras operativas que dinamicen la circulación de trenes por el sector. Así es que no nos podemos quedar con la simple adición de dinero al monto a invertir sino que también debemos indicar la mejora operativa que se pretende alcanzar.

Dos de ellas repercutirán directamente en el diseño y salidas del **SIPLARE** y lo son las alteraciones en las velocidades máximas de circulación y en la capacidad de carga del sector (medido en toneladas brutas transportadas por eje). Así es que en la misma pantalla y al lado de la inversión ingresada se debe definir estas dos nuevas variables expuestas a modificación (demás está decir que de no alterarse las mismas, los cálculos seguirán efectuándose con los valores originales de velocidad máxima y límite de toneladas por eje).

RUTA SELECCIONADA		ANÁLISIS POR TRAFICO						
6208		COD TRAMO	TRAMO	INVERSION ADICIONAL (\$)	ACTUAL LIM TNEJE	NUEVO LIM TNEJE	ACTUAL RESTRIC VEL	NUEVA RESTRIC VEL
CALCULAR		104	S LORENZO-ROSARIO (C.7)		20		20	
		111	T.6-S LORENZO		20		40	
		116	C.8-C.DE GOMEZ		20		30	
		117	C.DE GOMEZ-V.MARIA	1.000.000	20	21	30	40
		133	RIO III-CORRALITO		19		20	
		134	TANCACHA,RIO II		19		20	
		135	D.VELEZ-TANCACHA		20		20	
		136	V.MARIA-D.VELEZ		20		40	
		175	C.7-C.8		20		50	
					19		20	

➡ Avance sensibilidad económica Conductores

Nuevamente en este punto la sensibilidad afecta a elementos operativos y económicos. Entre los primeros se destacan la modificación de la duración de la jornada laboral, así como también la cantidad de horas extras promedio por jornada por conductor. Para ambas, en la pantalla de sensibilidades se disponen las celdas con los valores actuales utilizados para los cálculos correspondientes, de modo que ante alguna variación de cualquier de las dos variables, simplemente deberá actualizarse dicho número. Mientras que en el aspecto económico se incluye el costo de la mano de obra directa (específicamente, el

suelo básico del personal), es decir, del personal de conducción, todos ellos agrupados dentro del sindicato La Fraternidad. La sensibilidad de esta variable se hace de la misma forma que se hizo con el resto de las sensibilidades de los costos de la mano de obra, para lo cual se dispone de la barra de desplazamiento correspondiente y de los botones de elección del tipo de variación (suba o baja). Es importante resaltar que el costo de conducción está afectado directamente no sólo por el valor que se establezca como sueldo básico para el personal, por ello es que no podemos pensar en que si se incrementa el sueldo del personal en un x porcentaje, el costo de conducción sufrirá un incremento en el mismo porcentaje. La existencia de deducciones de cargas sociales principalmente, hace que el porcentaje final de incremento del costo de la mano de obra sea un poco menor, valor que se podrá conocer si se actualiza la barra de desplazamiento correspondiente a este costo y que, al igual que para los casos anteriores, también podrá ser modificada libremente.

	ORIGINAL	NUEVO VALOR
SUELDO BASICO CONDUCTORES	\$ 2.279,00	\$ 2.279,00

DURACION JORNADA LABORAL [hrs]

HORAS EXTRAS POR JORNADA POR CONDUCTOR [hrs]

ACTUALIZACION BARRA DESPLAZAMIENTO COSTO CONDUCCION

Avance sensibilidad económica Peajes

En este caso, la pantalla diseñada para tal motivo tiene como principal y único objetivo el de poder modificar los costos impuestos para cada uno de los tres peajes intervinientes. Por caso, para el peaje metropolitano, se permite modificar el costo por kilómetro tanto para horarios diurnos como nocturnos y también la relación de cantidad de peajes diurnos respecto a los nocturnos (recordemos que se hace muy difícil poder predecir para cada tráfico que requiera pasar por estos tramos de vía en qué momento del día se efectúan, por lo tanto se concluye cobrar un costo de peaje que sea un mix entre la tarifa diurna y nocturna). En lo que respecta al peaje en ramales de ALL, se posibilita la modificación del valor neto del peaje (también en pesos por kilómetros) y el porcentaje de deducción que existe según el convenio NCA-ALL. Por último, para el peaje establecido por AGP, es el valor en pesos por vagón el posible de ser rectificado.

Avance sensibilidad económica Canon

El último ítem que resta mencionar es el valor que actualmente el Gobierno Nacional le exige a NCA como reintegro del total de sus ingresos. Dicho valor es del 3% pero se puede modificar el mismo, existiendo un campo exclusivo donde registrar el nuevo valor que se desee emplear.

OBSERVACIONES: sensibilidad de **costo de la mano de obra**

Antes de finalizar con las sensibilidades de las variables económicas presentes en el modelo, debemos detenernos en una de las más críticas y expuestas a alteraciones anuales en los últimos tiempos como lo es el costo del personal de NCA. Como ya hemos comentado, hay cuatro categorías de personal que debemos diferenciar:

- ◆ Personal bajo convenio – La Fraternidad (LF)
- ◆ Personal bajo convenio – Unión Ferroviaria (UF)
- ◆ Personal Talleres Externos
- ◆ Personal fuera de convenio

El **primer grupo** corresponde al personal a cargo de la conducción de todos los trenes y su sensibilidad ya fue analizada cuando se hizo mención a la sensibilidad de los conductores. Respecto al **segundo grupo** es donde debemos detenernos con mayor atención ya que su efecto es más extensivo. Hasta el momento se lo incluyó cuando se analizó la sensibilidad de los costos de mantenimiento tanto de locomotoras como de vagones lo cual es correcto pero insuficiente. De hecho, hasta ahí, se contempló al personal que trabaja en los talleres de vagones y locomotoras pero resta contemplar dentro del personal agrupado en la UF al personal que trabaja en las playas y estaciones, a aquellos a cargo de la asistencia de trenes (ej.: personal de barreras y pasos a nivel) como así también al personal de obras y vías (estos últimos dependientes de la Gcia. Infraestructura). Todos los costos que implica este conjunto de mano de obra fue asignado a los rubros de gastos indirectos (asignables y no asignables) y por ende cuando se establezcan sensibilidades que afecten al personal de la UF no sólo deberá modificar los costos de mantenimiento de locomotoras y vagones sino también los gastos indirectos (obviamente, en la proporción que los costos de personal representen en el total de los gastos indirectos). Respecto al **tercer grupo**, el personal de los talleres externos, el mismo afecta exclusivamente a los costos de mantenimiento de locomotoras y vagones por lo tanto ya lo hemos contemplado en su totalidad. Resta el **último grupo** que concentra a todo el personal administrativo y que se encuentra contemplado dentro de los gastos indirectos no asignables y por ende, cuando se modifique su valor, deberá afectar a este rubro de costos en la proporción en que los costos del personal fuera de convenio interviene en los indirectos no asignables.

El último punto que se debe analizar en este módulo, y en lo que se refiere a las salidas económicas que brinda el **SIPLARE**, se trata de los ingresos que genera la realización del tráfico analizado, junto con los márgenes que el mismo otorga y que, en definitiva, serán los que señalarán la conveniencia de dedicar esfuerzos operativos en el cumplimiento de dicho tráfico en lugar de otro. El cálculo de los ingresos implica el conocimiento de la tarifa que se le cobrará al cliente de este tráfico, la cual, estará dada en pesos por toneladas (\$/ton), por lo tanto los ingresos serán:

$$\text{Ingresos} = \text{Tarifa} \cdot \text{Toneladas} \quad [\text{Ingresos}] = \left[\frac{\$}{\text{ton}} \cdot \text{ton} \right] = [\text{ton}]$$

Respecto a los márgenes que se considerarán, destacamos tres tipos diferentes, los cuales se muestran a continuación, en donde se indica su modo de cálculo, su significado y finalmente como los mismos se presentan en el módulo **Análisis por Tráfico**:

A. MARGEN BRUTO (MBr)

- Cálculo: $MBr = \text{Ingresos} - \text{Costos Directos}$
- Significancia: Permite determinar si los ingresos generados para cumplir este tráfico son los suficientes como para cubrir los costos directos involucrados en la corrida del tráfico, es decir, aquellos costos que surgen por la necesidad de realizar este tráfico. Si el margen es positivo, los costos están cubiertos.

B. MARGEN NETO ASIGNABLE (MNasig)

- Cálculo: $MNasig = MBr - \text{Costos Indirectos Asignables}$
- Significancia: Con este indicador, se pretende analizar si los ingresos del tráfico, no sólo cubren los costos directos sino también aquellos que son indirectos pero fácilmente asignables al tráfico en estudio. Si el margen es positivo, los costos están cubiertos.

C. MARGEN NETO NO ASIGNABLE (MNnoasig)

- Cálculo: $MNnoasig = MNasig - \text{Costos Indirectos No Asignables}$
- Significancia: Finalmente, este es el margen que realmente nos permite ver si el ingreso es suficiente para cubrir la totalidad de los costos en juego. Si el margen es positivo, los costos están cubiertos.

La importancia de trabajar con tres tipos distintos de márgenes yace en que muchas veces la evaluación de la factibilidad de realizar un tráfico no se limita a analizar si los ingresos son suficientes para compensar el total de los costos del tráfico, ya que muchas veces uno puede asumir el riesgo de efectuar un tráfico más allá de que por las características del mismo, sus ingresos sólo permitan cubrir los costos directos, pues habrá otros tráficos cuya realización aseguren la cobertura del total de gastos indirectos que asume la empresa.

Tanto el ingreso como los tres márgenes mencionados se calculan, en el **SIPLARE**, a cinco niveles diferentes, a saber:

1. OPERATIVOS

$\text{Ingresos} = \text{Tarifa} \cdot \text{Toneladas}$
--

$MBr = \text{Ingresos} - \text{Costos Directos}$
--

$$MNasig = MBr - \text{Costos Indirectos Asignables}$$

$$MNnoasig = MNasig - \text{Costos Indirectos No Asignables}$$

2. TONELADAS

$$MBr = (\text{Ingresos} - \text{Costos Directos}) / \text{Toneladas}$$

$$MNasig = (MBr - \text{Costos Indirectos Asignables}) / \text{Toneladas}$$

$$MNnoasig = (MNasig - \text{Costos Indirectos No Asignables}) / \text{Toneladas}$$

3. VAGON

$$\text{Ingresos} / \text{vagón} = (\text{Tarifa} \cdot \text{Toneladas}) / (\text{vagones} / \text{operativo})$$

$$MBr / \text{vagón} = (\text{Ingresos} - \text{Costos Directos}) / (\text{vagones} / \text{operativo})$$

$$MNasig / \text{vagón} = (MBr - \text{Costos Indirectos Asignables}) / (\text{vagones} / \text{operativo})$$

$$MNnoasig / \text{vagón} = (MNasig - \text{Costos Indirectos No Asignables}) / (\text{vagones} / \text{operativo})$$

4. VAGON MES

$$\text{Ingresos} = (\text{Ingresos} / \text{vagón}) \cdot \left(\frac{\text{días} / \text{mes}}{\text{rotación}_{\text{vag}}}} \right)$$

$$MBr = (MBr / \text{vagón}) \cdot \left(\frac{\text{días} / \text{mes}}{\text{rotación}_{\text{vag}}}} \right)$$

$$MNasig = (MNasig / \text{vagón}) \cdot \left(\frac{\text{días} / \text{mes}}{\text{rotación}_{\text{vag}}}} \right)$$

$$MNnoasig = (MNnoasig / \text{vagón}) \cdot \left(\frac{\text{días} / \text{mes}}{\text{rotación}_{\text{vag}}}} \right)$$

5. LOCOMOTORA MES.

$$\text{Ingresos} = (\text{Tarifa} \cdot \text{Toneladas}) / \text{loc} \cdot \left(\frac{\text{días} / \text{mes}}{\text{rotación}_{\text{loc}}}} \right)$$

$$MBr = (\text{Ingresos} - \text{Costos Directos}) / \text{loc} \cdot \left(\frac{\text{días} / \text{mes}}{\text{rotación}_{\text{loc}}}} \right)$$

$$MNasig = (MBr - \text{Costos Indirectos Asignables}) / \text{loc} \cdot \left(\frac{\text{días} / \text{mes}}{\text{rotación}_{\text{loc}}}} \right)$$

$$MNnoasig = (MNasig - \text{Costos Indirectos No Asignables}) / \text{loc} \cdot \left(\frac{\text{días} / \text{mes}}{\text{rotación}_{\text{loc}}}} \right)$$

Nótese que esta disposición se puede apreciar a la derecha de donde se disponen las barras de sensibilidad de los costos parciales. También es

necesario resaltar que cuando las celdas de los márgenes del tráfico están en verde, hablamos de márgenes positivos, mientras que para márgenes negativos, las celdas se desplegarán en color rojo.

Antes de continuar, es fundamental destacar la importancia del indicador **márgen/vagón mes** (en todas sus modalidades) porque mide realmente el esfuerzo que operativamente implica realizar un tráfico determinado. Esto se ve en el hecho de que a los valores económicos analizados se los interacciona con la rotación de los vagones, que como ya fuera mencionado, es la variable operativa que mide la eficiencia de la operación. Así si tomamos dos tráficos **A** y **B** los cuales nos generan iguales márgenes pero el **A** otorga márgenes por vagón mes superiores significa que es mucho más rentable asignar vagones a este tráfico que al **B**, pues en el primero los vagones nos generan la misma rentabilidad en menor tiempo, disponiendo de los mismos con mayor rapidez para asignar a nuevos tráficos.

CON MODIFICACION NIVEL DE ROTACIONES

	\$/OPERATIVO	\$/TON	\$/VAGON	\$/VAGON MES	\$/LOC MES
INGRESO	37.435	25,00	1.248	7.427	265.251
MARGEN BRUTO	26.171	17,48	872	5.192	185.437
MARGEN NETO ASIG	19.040	12,72	635	3.777	134.910
MARGEN NETO NO ASIG	16.693	11,15	556	3.312	118.283
TARIFA MINIMA BRUTA	7,52 \$/TONELADA				
TARIFA MINIMA NETA	13,85 \$/TONELADA				
COSTO ESTADIA VAGONES	892,95	MODIFICAR CONDICIONES			
COSTO ESTADIA LOCOMOTORAS	31480,49				
MARGEN BRUTO (CONSIDERANDO COSTO ESTADIA)	-6.203	-4,14	-207	-1.231	-43.952
MARGEN NETO ASIG (CONSIDERANDO COSTO ESTADIA)	-13.334	-8,90	-444	-2.645	-94.479
MARGEN NETO NO ASIG (CONSIDERANDO COSTO ESTADIA)	-15.680	-10,47	-523	-3.111	-111.106
TARIFA MINIMA BRUTA (CONSIDERANDO COSTO ESTADIA)	33,29 \$/TONELADA				
TARIFA MINIMA NETA (CONSIDERANDO COSTO ESTADIA)	49,82 \$/TONELADA				

ROTACIONES SEGUN ANALISIS DE RECURSOS			NIVEL DE ROTACION [días]	
← MENOR ROTACIONES	VALOR HISTORICO	NUOVO VALOR	ANTES	DESPUES
DISPONIBILIDAD DE VIA	88,86%	88,86%	8,81	7,33
DISPONIBILIDAD DE LOCOMOTORAS	83,43%	90,43%		
DISPONIBILIDAD DE CONDUCTORES	304	349		
NIVEL DE DEMANDA	224.101	224.101		
DISTANCIA MEDIA	541	541	-16,80%	

El mismo análisis reviste para el indicador **márgen/loc mes** pero en este caso tomando como recurso de análisis, las unidades tractivas. **De modo que en este punto del análisis es donde se aprecia la real dimensión que simboliza la rotación de los recursos móviles y la importancia que representa para la Gerencia Operaciones vincular los costos de un tráfico con las dificultades que el mismo implica.** Por ello no debemos dejar de aprovechar la oportunidad de evaluar cómo varían los márgenes otorgados por cada tráfico de acuerdo a variaciones en los niveles de rotación.

Así es que aquí se efectúa la vinculación de dos de los módulos del SIPLARE: al **análisis de tráfico** le incorporamos los niveles de rotación que surgen como salida del módulo **análisis de recursos**, que será explicado en detalle más adelante pero que, resumidamente, determina los niveles de rotación por grupo de tráfico (el criterio de agrupamiento es el tipo de producto del tráfico) en función de la combinación de una serie de variables de incidencia directa. Dichas variables son las que se presentan en las celdas inferiores (en celeste), en las que se puede ver los valores que asumen según datos históricos, para el mes del análisis y el valor de rotación que se obtiene en efecto. En nuestro caso, basándonos en los valores históricos de las cinco variables en juego, el nivel de rotación promedio de los tráfico de **granos** debería ser de 8,81 días. Ahora bien, si modificamos alguna de esas variables (para lo cual se debe ir al módulo **análisis de recursos** accionando la flecha en verde), en nuestro ejemplo, incrementando la disponibilidad de locomotoras y de conductores, la rotación promedio debería descender a 7,33 días. El efecto de estos cambios, producen una reducción del 16,8 % del tiempo, lo cual, si se lo traslada a los niveles de rotación establecidos en el tráfico en estudio, modificaría los márgenes que el mismo entrega generando nuevos valores que pueden calcularse accionando el botón de elección que se encuentra por encima de las celdas cabeceras de los cálculos de márgenes.

De la misma manera que a partir de fijar una tarifa y conocidos los costos en consideración se pueden calcular los márgenes otorgados, también se puede determinar cuál debería ser tarifa mínima suficiente para cubrir los costos directos como también la mínima para cubrir la totalidad de los costos. Son estas dos tarifas las que se presentan luego de mostrar todos los cálculos de márgenes y su cálculo es del siguiente modo:

$$\text{Tarifa Mínima Neta} = \frac{\text{Costos Totales}}{\text{Toneladas / operativo}}$$

$$\text{Tarifa Mínima Bruta} = \frac{\text{Costos Directos}}{\text{Toneladas / operativo}}$$

Por último, puede notarse una serie de outputs adicionales referida a los márgenes pero en los cuales se agrega un nuevo ítem de costo como lo es el costo de oportunidad de los recursos móviles, también llamado **costo de estadía**. Este costo tiene por objeto castigar a aquellos tráfico que por sus propias características exigen disponer de los vagones un tiempo por demás de lo convenido en origen y/o destino, afectando, obviamente, la disponibilidad de los materiales rodantes de la empresa. El costo de oportunidad será el producto entre una tasa fija (por vagón) dada en pesos por hora (\$/h) y una cantidad de horas que supera a las establecidas de permanencia en alguna de las puntas del circuito. Obviamente, habrá dos tasas de distribución, una para los vagones y otra para las locomotoras. Para determinar la **tasa de**

vagones se tomó el total de los ingresos percibidos por NCA en el ejercicio 2005-2006 estratificados por grupo de vagón y se lo dividió por el total de horas del ejercicio y por la cantidad de carguíos efectuados. Sin embargo, como el costo horario de un elemento móvil no tiene el mismo valor para cualquier época del año (basta ver en los meses de PICO, plena cosecha de la soja mediante, los inconvenientes que genera no poder satisfacer nuevos tráficos por tener vagones afectados a tráficos donde permanecen un tiempo excesivo ya sea cargando y/o descargando), se debe distribuir dichos ingresos por estacionalidad y dividirlos por la cantidad de horas correspondientes a cada período (y por la cantidad de carguíos de la etapa) para así obtener una tasa fija por grupo de vagón y por estacionalidad. Para el cálculo de la **tasa de locomotoras** se procede de un modo diferente ya que se desconoce la vinculación **locomotoras-ingresos**, es decir, no se puede determinar que el ingreso por la realización de un determinado tráfico fue gracias a la tracción de un determinado tipo de locomotora. Por otra parte, como ya lo hemos explicado, para los cálculos en el modo MO, sólo se sabe la cantidad de locomotoras requeridas pero no así el tipo empleado, por lo tanto deberemos calcular dos tipos de tasas de locomotoras, una genérica para estos casos y otra por tipo de locomotora para cuando se desee calcular los costos de un tráfico conocida la locomotora que traccionará el mismo. Para la **tasa de locomotora genérica** se toma el total de los ingresos del ejercicio y se los agrupa por estacionalidad. Cada uno de ellos es dividido por la cantidad de horas del período y por la cantidad de locomotoras que conformaron el parque de unidades del ejercicio, obteniéndose finalmente la tasa genérica por período. Para la **tasa de locomotoras por tipo**, el total de ingresos de cada período se lo distribuye entre cada tipo de acuerdo a la participación que cada uno de los grupos de máquina tuvieron en el ejercicio (medido en kilómetros recorridos). Luego se hace la división por la cantidad de horas del período y para cada caso por la cantidad de locomotoras del grupo, alcanzando así una tasa por locomotora y por estacionalidad.

Definida la tasa, luego se debe calcular la cantidad de horas que se le imputará al cliente por no disponer de los vagones en tiempo y forma. Para ello se debe establecer el tiempo de permanencia máximo que se le permitirá contar con vagones y locomotora en las puntas del circuito. Ello mismo se puede fijar accionando el botón **Modificar consideraciones** en donde aparecerá una tabla como la que sigue:

TIEMPO MAXIMO DE PERMANENCIA EN ORIGEN [hs]		
	VAGONES	LOCOMOTORA
ORIGEN	24	24
DESTINO	20	20
RECEPCION	10	

Allí se ingresará, para los vagones las horas máximas de permanencia en origen y en destino, junto con las horas de espera de recepción en destino. Las mismas horas serán las que se deberán asentar para las locomotoras salvo las correspondientes a las de espera recepción ya que sólo los vagones permanecen inutilizables durante dicho período (las máquinas se aprovechan para realizar otros viajes o maniobras en playas). Con ello, todo tiempo que exceda dichos valores (recordemos que los tiempos de permanencia en origen y destino por tráfico quedan

definidos en la rotación de ellos) será considerado para el cálculo de los costos de estadía.

Del análisis efectuado de este último costo, se desprende que el mismo se trata de un **costo directo**, de modo que de esa forma debe ser considerado al momento de calcular nuevamente los márgenes dejados por la realización del tráfico.

IV-3) Módulo evaluación de Esfuerzos

El módulo que comenzaremos a describir en este momento tiene una alta vinculación con el último módulo estudiado, de hecho, como su nombre lo indica, evalúa los esfuerzos a los que se deberá enfrentar el tren durante su corrida. Ahora bien, al hablar del tren implica definir cuál de todos los trenes que corren en la red de NCA será el foco de estudio y allí es que consideraremos el tren que remolque algún operativo del tráfico que se analice en el módulo **Análisis por tráfico**.

El objetivo principal de este módulo es poder determinar, en función de la identificación exacta de los esfuerzos intervinientes, cuáles deben ser los recursos óptimos necesarios para asegurar la correcta corrida de un tren. La opción óptima será alcanzada cuando se encuentre del total de combinaciones posibles de recursos, aquella que satisfaga todas las restricciones técnicas y operativas y que a su vez sea la que menor costo represente para la empresa. Como se percibe, estamos frente a un problema de **programación lineal** con un criterio lineal a optimizar (una ecuación de costos a minimizar) sujeto a un conjunto de restricciones lineales del tipo ecuaciones o inecuaciones. Es decir:

Min:

$$z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \left\{ \begin{array}{l} = \\ = \\ = \end{array} \right\} b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Donde:

Los coeficientes c_j , a_{ij} , y b_i son números reales y las variables reales x_j son las **variables de decisión**. El criterio lineal a optimizar se llama **función objetivo**.

Así es que de aquí en adelante, nos avocaremos a identificar cuales serán las limitaciones que actuarán como restricciones y cuál es el criterio a optimizar.

En primera medida y como ya fue anticipado, la optimización estará dada en encontrar los recursos que minimicen el costo del tráfico a afrontar, por ende esa función objetivo no es más que la ecuación de costos con la que hemos trabajado largamente durante todo el estudio.

$$COSTO_{TOTALOPE} = COSTO_{LOCOMOTOR} + COSTO_{VAGONES} + COSTO_{INFRAESTR} + COSTO_{TRAFICO} + COSTO_{OTROS DIR} + COSTO_{INDIREC}$$

Obviamente, de los seis elementos que la componen, muchos de ellos no dependen de los recursos que se elijan para realizar el tráfico y por lo tanto no son necesarios incluirlos como parte de la función objetivo. Así es que lo indicado sería, como primer punto, establecer qué componentes de la ecuación de costos utilizar para la optimización, pero antes de ello sería mejor aún tener en claro qué elementos serán las variables de decisión para que de esta forma surjan por decantación cuáles son los elementos de la ecuación de costo que si o si deben formar parte de la función objetivo.

Cuando se establece un acuerdo comercial para la ejecución de un tráfico, el contrato en cuestión establece ciertas pautas no sólo comerciales (ejemplo, tarifa) sino también operativas como lo son el tipo de vagón a emplear, la cantidad del mismo (y en función de ello, si el operativo podrá venir acoplado a otros o viajará solo), tiempo máximo de carga y demás. A partir de ese momento, es la **Gcia. De Operaciones** quien tiene a su cargo la decisión de definir qué poder tractivo emplear para correr el tren (**tipo y cantidad de locomotoras**) como así también la **ruta a emplear** para unir el origen y el destino del tráfico. **Son estas tres las variables de decisión que intervendrán y el desafío estará en encontrar la combinación óptima de las mismas que minimice el costo de la ejecución del tráfico en cuestión.** Ahora bien, como ya hemos anticipado, la combinación debe garantizar no sólo el mínimo costo sino que también deberá satisfacer una serie de restricciones operativas y que serán analizadas en detalle a continuación

A. Restricción N° 1: Cantidad de Locomotoras

Por una cuestión técnica la cantidad de unidades tractivas a cabeza de tren no pueden ser más de 2. En lo que se refiere al tipo de locomotora

a acoplar en dúplex, no existe ningún impedimento técnico que impida acoplar locomotoras de distinto tipo.

B. Restricción N° 2: Resistencia al movimiento

En la restricción anterior hacíamos mención a la elección de la cantidad de locomotoras a emplear para la corrida de un tren. Esta elección debe asegurar la normal circulación del tren en su recorrido, principalmente en aquellos puntos del recorrido que sean más desfavorables, como pueden serlo zonas de curvas y rampas y durante el viaje de vuelta del tren (con los vagones cargados). Por lo tanto, partiendo de conocer el tonelaje bruto del tren (pues para el tráfico en estudio ya se tiene certeza de la cantidad de vagones del mismo, el peso bruto por vagón y si el operativo va solo o acoplado a otros tráficos para constituir un único tren) debemos verificar que la capacidad tractiva puesta al tren sea suficiente para superar las zonas críticas del trazado. Aquí es donde se observa que la elección será operativamente correcta si el esfuerzo de tracción de la/s locomotora/s es suficiente para vencer los esfuerzos resistentes a los que se deberá enfrentar el tren durante su recorrido, es decir, se deberá verificar que:

$$\text{ESFUERZOS}_{\text{RESISTENTES}} < \text{ESFUERZOS}_{\text{TRACCION}}$$

Analicemos en detalle, entonces, cuáles son las resistencias que se oponen a la circulación de un tren y que representarán los esfuerzos resistentes:

a. Esfuerzos Resistentes

Las resistencias a la tracción son de naturaleza muy variada, aún cuando, desde un principio, aparecen como función del peso y la velocidad del elemento móvil. En general podemos asociarlas a dos causas primordiales:

- **Internas:** que dependen de las características constructivas de los vehículos (locomotoras y vagones) y de las vías.
- **Externas:** que dependen del trazado y perfil de la vía y de las condiciones de la atmósfera en que se mueve el tren.

La suma total forma lo que se denomina **resistencia global al movimiento** cuyos componentes podemos clasificarlos en tres partes:

- **Resistencia al avance:** Comprende todas las resistencias ligadas directa e inseparablemente al movimiento del vehículo, constituyendo una fuerza retardadora al movimiento del tren en recta y horizontal. Son estas: **resistencias a la rodadura** y **resistencias del aire**. Las primeras de ellas se refieren a los rozamientos en los cojinetes, rozamientos entre rueda y riel, resistencia debida a la

forma de la rueda, resistencias debidas a los choques e irregularidades de la vía, pérdidas de energía en los aparatos de tracción, es decir, el conjunto de resistencias que se conocen como **resistencias mecánicas**. En cuanto a la **resistencia del aire**, hace mención a las originadas por el rozamiento del aire durante la marcha y a la presión de la masa de aire desplazada por el movimiento del tren.

La resistencia propia del vehículo se expresa por una ecuación de la forma:

$$R_{avance} = a + b \cdot V + c \cdot V^2$$

Es decir, una ecuación compuesta por un término **a** constante e independiente de la velocidad, que representa los efectos de rodadura (fricción entre las ruedas y los rieles) y las resistencias en los rodamientos, con un segundo término dependiente de la velocidad y donde el coeficiente **b** expresa la fricción interna, como ser entre paragolpes, los balanceos debido al montaje elástico del centro de boguie y la fricción entre las pestañas y el riel. Por último, el tercer término es el factor de resistencia al aire cuyo valor depende del diseño del vehículo.

Finalmente, si se divide a esta resistencia por el peso del tren se obtiene la resistencia específica:

$$r_a = a + b \cdot V + c \cdot V^2$$
$$[r_a] = \left[\frac{kg}{ton} \right]$$

Como se comentó recientemente, existen diversas fórmulas que se ajustan al modelo de ecuación presentado. Para nuestro estudio, las que mejor se ajustan son las **fórmulas de Davies** expresadas en kg/ton:

- **Para locomotoras:**

$$r_{a_{LOC}} = 0,65 + \frac{13,15}{p} + 0,00932 \cdot V + 0,00456 \cdot \frac{A \cdot V^2}{p \cdot n}$$

$$[r_{a_{LOC}}] = \left[\frac{kg}{ton} \right]$$

- **Para vagones:**

$$r_{a_{VAG}} = 0,65 + \frac{13,15}{p} + 0,01398 \cdot V + 0,0009428 \cdot \frac{A \cdot V^2}{p \cdot n}$$

$$[r_{a_{VAG}}] = \left[\frac{kg}{ton} \right]$$

Donde:

p = Peso por eje del vehículo (locomotora o vagón) [ton]

n = Número de ejes del vehículo (locomotora o vagón)

A = Área de la sección frontal del vehículo (locomotora o vagón) [m²]

V = Velocidad [km/h]

Así resulta:

$$R_{avance} = r_{a_{LOC}} \cdot P_{LOC} + r_{a_{VAG}} \cdot P_{tren}$$

Donde:

P_{tren} es la suma del peso bruto de cada vagón componente del tren

- ➡ **Resistencias Locales:** Se llaman así a las resistencias producidas ya sea por los efectos de los gradientes que existen en un trazado como por los esfuerzos que se producen en las curvas. Por lo tanto estas son propias del perfil planialtimétrico de la vía. Recordemos que se tratan de las resistencias que dependen del perfil de la vía, por ende serán la suma de:

$$R_{locales} = R_{gradiente} + R_{curvatura}$$

- **Resistencia por Gradiente:** Sea un vehículo que circula sobre una rampa de inclinación **i = tg q** como se aprecia en la figura. El peso total **G** del mismo se descompone en dos fuerzas, una paralela

La misma observación indicada en el caso de la resistencia por gradiente es apropiada para el cálculo de ésta resistencia: sólo será útil en el punto más crítico del trazado, que en este caso, corresponderá al sector de vía de menor radio de curvatura.

- **Resistencia de Inercia:** Se tratan de las resistencias que se producen por el cambio de velocidad del movimiento, sea que se trate de una aceleración o de un frenado y que no sólo comprenden al movimiento de traslación del tren, sino también a las partes con movimientos giratorios.

Las resistencias mencionadas hasta ahora se han deducido considerando la velocidad constante del tren. Pero cuando la velocidad es variable, deben considerarse las fuerzas de inercia, nacidas de la aceleración o desaceleración de las masas en movimiento variado. Estas fuerzas funcionarán como fuerzas resistentes cuando la velocidad es creciente y como fuerzas motrices cuando la velocidad es decreciente. Para asimilar las fuerzas de inercia a una resistencia al movimiento, las expresamos así:

$$R_{inercia} = \frac{P}{g} \cdot \frac{dV}{dt}$$

Donde:

$P =$	peso del tren	$[P] = [\text{ton}]$
$g =$	aceleración de la gravedad	$[g] = [\text{m/s}^2]$
$V =$	velocidad	$[V] = [\text{m/s}]$
$t =$	tiempo	$[t] = [\text{s}]$
$\frac{dV}{dt} =$	Aceleración del vehículo	

Si P se expresara en **toneladas** y la aceleración del vehículo en **cm/s²**, resulta:

$$R_{inercia} = \frac{1000 \cdot P}{g} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{1000 \cdot P}{981 \text{ cm/s}^2} \cdot \frac{dV}{dt} \approx P \cdot a \quad [R_{inercia}] = [kg]$$

Donde el valor de aceleración (a) de un tren carguero se toma de 2 a 3 cm/s², por lo que la expresión final que utilizaremos será:

$$R_{inercia} = 2,5 \cdot P \quad [R_{inercia}] = [kg]$$

Como hemos comentado anteriormente, la resistencia de inercia se hace presente al momento de producirse un cambio en la velocidad de la masa en movimiento. Ahora bien, en el punto crítico del trayecto podemos suponer que el tren no requiere modificar su velocidad y por ende no es necesario considerar estas resistencias para calcular el máximo esfuerzo resistente a vencer.

Finalmente, y teniendo en cuenta el último comentario realizado, estamos en condiciones de calcular los esfuerzos resistentes, que estarán dados por:

$$ESFUERZOS_{RESISTENTE} = R_{avance} + R_{locales} = R_{avance} + R_{gradiente} + R_{curvatura}$$

$$ESFUERZOS_{RESISTENTE} = (r_{a_{LOC}} \cdot P_{LOC} + r_{a_{VAG}} \cdot P_{tren}) + [(P_{LOC} + P_{tren}) \cdot i] + \left(500 \cdot \frac{b}{R} \cdot P_{LOC} \right)$$

b. Esfuerzos Tracción

El motor de tracción ideal, sea cual fuere su fuente energética, es aquel cuya curva, en un diagrama **Fuerza de tracción** vs. **Velocidad**, sea una hipérbola respondiendo a la ecuación:

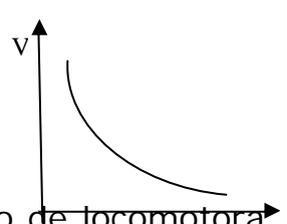
$$F_{LOC} = \frac{N}{V}$$

Donde:

$$[F] = [kg]$$

$$[V] = [m/s]$$

$$[N] = [HP]$$

Dicha curva es propia de cada tipo de locomotora  nuestro caso, y es proporcionada por el fabricante. En definitiva, a nuestro nivel de análisis simplemente nos será suficiente conocer el esfuerzo de tracción de cada tipo de locomotora para la velocidad de régimen de la misma, esfuerzo que dependerá de cuestiones constructivas tales como:

- ◆ Número y dimensiones de los cilindros
- ◆ Diámetro de las ruedas motrices
- ◆ Presión media del vapor
- ◆ Carrera de los pistones

Ahora bien, los especialistas suelen recomendar que para estudios de tracción el esfuerzo de tracción considerado sea afectado por un coeficiente menor a 1 que represente las pérdidas por transmisión propias de la máquina. Así es que para nuestro caso resultará:

$$ESFUERZO_{TRACCION} = 0,80 \cdot F_{LOC}$$

La fuerza de la que hacemos mención es la fuerza en la llanta. La fuerza en el gancho de la locomotora será la diferencia entre la fuerza de la llanta y las fuerzas resistentes ya analizadas y sólo se garantizará el movimiento en la medida que esta fuerza en el gancho sea positiva.

C. Restricción N° 3: Velocidad de circulación

La tercera y última limitación hace referencia a la velocidad a la que deberá circular el tren y aquí la cuestión estará dada en comparar la velocidad máxima permitida por la ruta y la velocidad mínima de régimen de la locomotora elegida. Por el lado de la velocidad de la ruta, la misma dependerá de las condiciones de vía. En nuestro estudio, será interesante conocer para cada ruta considerada, la velocidad máxima permitida que será la mínima velocidad máxima de cada tramo constituyente de cada ruta, esto es:

$$RUTA_i = \sum_{j=1}^n tramo_j \Rightarrow Velocidad Max_{RUTA_i} = \min(Velocidad Max_{TRAMO_j})$$

La determinación de la velocidad máxima por tramo se obtiene a partir de relevar las definidas por la Gcia. Infraestructura y verificando, a su vez, la existencia de alguna restricción temporal en cada uno de ellos ya sea por el estado de obra del sector o por el motivo que así lo exija.

En lo que se refiere a la velocidad de la locomotora, al igual que para el caso del esfuerzo de tracción, el fabricante es el que define una velocidad mínima de régimen, por debajo de la cual la máquina, de mantenerse en este nivel, estará sobre exigida lo que, como se presupone, no es mecánicamente correcto, es por ello que las condiciones de circulación deben asegurar que en todo el trayecto, el tren circule a una velocidad que está por encima de la velocidad de régimen.

Concretamente, la tercera restricción admitirá la siguiente forma:

$$Velocidad Max_{RUTA} \geq Velocidad Minima Régimen_{LOC}$$

Hasta aquí hemos analizado las restricciones del programa lineal diseñado para optimizar los recursos de asignación a un tráfico. De las dos últimas restricciones se desprenden que las mismas dependerán de tres variables críticas:

- ▶ Cantidad de locomotoras
- ▶ Tipo de locomotora
- ▶ Ruta seleccionada

A partir de esto y sabiendo que las restricciones del programa deberán ser ecuaciones o inecuaciones lineales definiremos cada una de las variables x_j como una combinación de ruta y locomotora, de modo tal que cada variable x_j admitirá sólo dos valores:

$$x_j \begin{cases} = 1 & \text{si es la combinación locomotora-ruta elegida para el tráfico} \\ = 0 & \text{si no es la combinación locomotora-ruta elegida para el tráfico} \end{cases}$$

Así, por ejemplo, la variable X_1 puede significar la combinación de la ruta 6560 y la locomotora ALCO. Sin embargo, lo primero que uno puede llegar a objetar en esta definición es cómo distinguir cuando el tráfico requiere más de una locomotora. Concretamente, cómo diferenciar en un tráfico t circulando por la ruta **6560** la alternativa de usar una sola locomotora **ALCO** respecto a la de usar dos locomotoras **ALCO**. Esto implica que se debe diseñar de modo que cada variable x_j identifique ruta y combinación de locomotoras posible. Así por ejemplo, puede resultar que:

- X_1 represente la ruta **6560** en combinación con una locomotora ALCO
- X_2 represente la ruta **6560** en combinación con dos locomotoras ALCO

De esta manera, definiendo correctamente cada variable, la primera restricción referida a la cantidad máxima de locomotoras posibles de acoplar deja de tener sentido su inclusión en el problema, ya que, de hecho, de identificando la variable x_j que toma valor igual a 1 sabremos si el tráfico requiere de una o dos locomotoras.

D. Restricción N° 4: Combinaciones mutuamente excluyentes

La decisión de que cada variable de decisión x_j resulte una combinación de las variables locomotora y ruta, hace que el problema se reduzca a la selección de una entre el total de las alternativas. Para ello, al programa debemos exigirle entonces que:

$$\sum_{j=1}^n x_j = 1$$

Donde:

n dependerá del tráfico que se analice

En definitiva, cada variable x_j se compondrá de una o dos locomotoras más una de las rutas posibles para el tráfico que se analice. Así, a partir de contar con un máximo de siete rutas alternativas por tráfico más

siete tipos de locomotoras diferentes (que combinadas entre si resultan 32 variantes posibles), el total **máximo** de variables de decisión por tráfico será 224 ($n_{\text{máx}} = 7 \cdot 32 = 224$). Obviamente, no todos los tráficos tendrán siete rutas alternativas por las que circular, por lo tanto, para esos casos el total de variables x_j será menor.

El conocimiento de las variables de decisión en juego en nuestro programa de asignación facilita la definición de la **función objetivo** como lo habíamos anticipado al inicio de este análisis. De hecho, de la expresión definida como tal, debemos analizar qué términos de la misma realmente varían de acuerdo al tipo de recurso asignado al tráfico. Sabiendo que las variables de decisión definen **cantidad** y **tipo de locomotoras** así como también **ruta** escogida, entonces la función objetivo deberá estar constituida por:

- **$COSTO_{LOCOMOTORA}$ (C_{LOC}):** Donde recordemos que se incluye el **costo de combustible** que dependerá tanto de la distancia recorrida como del consumo por tipo de locomotora y el **costo de mantenimiento de locomotoras** ya que éste utiliza como tasa de distribución el valor **loc.km** el cual depende tanto de la cantidad de locomotoras como de la distancia recorrida.
- **$COSTO_{VAGONES}$ (C_{VAG}):** Del mismo nos interesa el **costo de mantenimiento de vagones** el cual emplea como tasa de distribución las **ton.km** dependiente, por obviedad, del recorrido elegido.
- **$COSTO_{INFRAESTRUCTURA}$ (C_{INF}):** Sin dudas que el definir la ruta por la que circulará el operativo permite conocer qué obras son las que afectarán al tráfico en cuestión y por ende cuál es la parte del costo de las mismas que le corresponderá ser imputado a este.
- **$COSTO_{CONDUCCION}$ (C_{COND}):** Integrante del módulo **$COSTO_{TRAFICO}$** , haciendo memoria sobre la metodología de cálculo de este ítem debemos recordar que para el mismo necesitamos conocer el tiempo de circulación del tráfico el cual está relacionado con el kilometraje del recorrido desarrollado y así queda afectado directamente por la decisión que se tome.
- **$COSTO_{PEAJE}$ (C_{PEA}):** También integrante del módulo **$COSTO_{TRAFICO}$** , las alternativas de rutas pueden incluir rutas con trayectos que pertenezcan a otros ferrocarriles y por ende corresponda pagar el peaje que el concesionario correspondiente imponga. Cuando esto suceda este costo dejará de ser nulo y admitirá un valor que deberá ser un factor de consideración en la decisión final.
- **$COSTO_{SEGURIDAD EN TREN}$ (C_{SEGtr}):** Para el último componente del módulo **$COSTO_{TRAFICO}$** , de modo similar al caso anterior, habrá rutas que obliguen al tráfico tener que circular por la zona del gran Rosario donde todo tren que circule va acompañado de seguridad privada montada sobre el mismo. En tales casos, este costo dejará de ser nulo y afectará el costo total de la asignación que se escoja.
- **$COSTO_{INDIREC ASIGNAB}$ (C_{INDas}):** Dicho costo tiene como componentes el costo del personal de operaciones, el costo de la seguridad en tierra y el costo del desmalezamiento. Todos ellos dependen exclusivamente de la ruta elegida por lo tanto son decisivos al

momento de definir la combinación óptima de recursos justificando su inclusión en la función objetivo a minimizar.

- ➡ **COSTO_{NO ASIGNABL} (C_{NOasig}):** Corresponden al último ítem de costo a incorporar ya que los gastos no asignables se distribuyen entre el total de los tráficos en función de las **ton.km**, tasa dependiente de la ruta seleccionada.

Finalmente, definidas todas las restricciones junto con la función objetivo, no queda más que presentar el diseño final que adopta el programa lineal en cuestión:

$$\min z = \sum_{j=1}^n x_j \cdot (C_{LOC_j} + C_{VAG_j} + C_{INF_j} + C_{COND_j} + C_{PEA_j} + C_{SEG_j} + C_{INDas_j} + C_{NOasig_j})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n x_j \cdot ESFUERZO_{RESIST_j} \leq \sum_{j=1}^n x_j \cdot ESFUERZO_{TRACC_j} \\ \sum_{j=1}^n x_j \cdot VELruta_{MAX_j} \leq \sum_{j=1}^n x_j \cdot VELmin_{REG_j} \\ \sum_{j=1}^n x_j = 1 \\ x_j \text{ binarias} \end{array} \right.$$

Donde:

n dependerá de cada tráfico y corresponderá al total de combinaciones ruta-locomotoras que el tráfico permita

Presentación en el módulo

En el momento de analizar la sensibilidad que el diseño del SIPLARE permitía de las variables operativas, se hizo mención, entre otras cosas, la posibilidad de elegir manualmente tanto la ruta como la/s locomotora/s posibles de asignar al tráfico en estudio. Por entonces, se presentaron las siguientes figuras en las que se podía visualizar el sector del módulo **Análisis de Tráfico** al que hacía referencia la explicación del caso. Ahora bien, prestando mayor atención en las mismas puede notarse que tanto para las rutas como para las locomotoras existen dos columnas a la derecha de sus títulos. La primera de ellas, bajo el nombre **MANUAL**, es la que dispone de casillas de elección (una por cada ruta) para que el usuario pueda elegir la ruta que desea asignar al tráfico independientemente de la que se haya definido en el **MO**. Sin embargo, nos es de interés en este momento hacer el comentario referido a la segunda columna, titulada **OPTIMO**. Justamente, en ella se indicará cual de las rutas posibles es la que brinda los menores costos. Por ejemplo, en la figura en estudio se puede apreciar que la ruta óptima corresponde a la **6208**.

RUTAS POSIBLES		MANUAL	OPTIMO
RUTA ALTERNATIVA <input checked="" type="checkbox"/>	RUTA N° 1	6208 <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	RUTA N° 2	6209 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	RUTA N° 3	6210 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RUTA DEFINITIVA <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LOCOMOTORAS POSIBLES		MANUAL	OPTIMO
	ALCO RSD 16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	GAIA 1050 HP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GAIA 1350 HP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GM - GR 12 W	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	GM - GR 12 W REFORM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GM - GT 22 CW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GM - GT 22 CW REFORM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ALCO RSD 16 + ALCO RSD 16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GAIA 1050 + GAIA 1050	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GAIA 1350 + GAIA 1350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GR 12 W + GR 12 W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GR 12 REFOR + GR 12 REFOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GT 22 CW + GT 22 CW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GT 22 REFOR +GT 22 REFOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

De la misma manera que con las rutas, la elección de la locomotora se indicará en la segunda columna que se despliega a la derecha de las mismas, según se puede observar en la figura correspondiente. En la misma, se cita el ejemplo de un tráfico para el cual la combinación óptima de locomotoras es una ALCO RSD 16 y una GM GR 12.

Es importante resaltar que la búsqueda de los recursos óptimos para el tráfico que se desee analizar no sólo considera los valores que las variables operativas asumieron en el MO sino también toda modificación que las mismas hayan sufrido durante el análisis de sensibilidad proporcionado por el usuario.

Un último detalle en lo que respecta a la búsqueda de la asignación óptima de recursos es el conocimiento del costo (mínimo) asociado a dicha combinación de recursos. Para ello, debemos retomar a la figura donde se presentaban los costos parciales del operativo en estudio. En la misma se puede distinguir en la esquina superior derecha y en color naranja tres celdas de opción:

- **MODELO OPERATIVO**
- **OPTIMO**
- **MANUAL**

Las tres alternativas nos ofrecen los costos parciales y totales por operativo para el tráfico en cuestión pero la diferencia radica en las variables operativas consideradas: si se elige el **MO**, entonces, todos los cálculos de costos serán obtenidos de acuerdo a los valores que las variables operativas en juego asumieron en el modelo. Para la opción **ÓPTIMO**, considera los costos teniendo en cuenta la ruta y locomotora óptima, es decir la combinación de recursos que minimiza el costo total. Por último, la opción restante brinda los costos considerando los cambios que el usuario pueda haber realizado a alguna de las variables operativas durante su análisis de sensibilidad.

Obviamente, lo primero que uno desearía analizar a partir de disponer de estas tres alternativas de costos es la comparación entre ellas. En efecto, al final de la columna de costos se dispone de un botón con el nombre **COMPARATIVO DE COSTOS**. El mismo nos vincula a una pantalla auxiliar donde se disponen los costos parciales y sus tres formas de cálculo posibles para que uno pueda efectuar los cotejos que

deseo. Más aún, también se ofrece una matriz de doble entrada que calcula la diferencia porcentual en el costo total entre las diferentes alternativas. Para ejemplificar su uso, en la siguiente figura se puede apreciar el caso de un tráfico para el cual el costo óptimo es de \$ **33.722** muy por debajo de los casi \$ **37.000** correspondiente al cálculo según el **MODELO OPERATIVO** (lo que da una diferencia porcentual de 9,7 %) y por debajo también de la alternativa **MANUAL** (\$ 34.713, con una diferencia del 2,94%).

COSTOS POR OPERATIVO	MODELO	MANUAL	OPTIMO
1 LOCOMOTORAS			
1.1 COMBUSTIBLE	3.465,13	2.891,40	2.818,74
1.2 LUBRICANTES	100,92	84,21	82,10
1.3 MANTENIMIENTO	1.732,23	1.032,36	1.895,84
1.4 ALQUIL. PROGRAM.	0,00	0,00	0,00
1.5 ALQUILER ESPECIAL	6,33	4,93	4,93
2 VAGONES			
2.1 MANTENIMIENTO	3.456,53	3.456,53	3.456,53
2.2 ALQUIL. PROGRAM.	795,35	795,35	795,35
2.3 ALQUILER ESPECIAL	0,00	0,00	0,00
3 INFRAESTRUCTURA			
3.1 MANTENIMIENTO	8.808,27	8.808,27	8.410,44
4 TRAFICO			
4.1 CONDUCTORES	5.670,15	4.744,41	3.492,05
4.2 PEAJES	0,00	0,00	0,00
4.3 SEGURIDAD EN TREN	390,38	326,64	326,64
5 OTROS COSTOS			
5.1 MULTIMODAL	0,00	0,00	0,00
5.2 INGRESOS BRUTOS	1.244,90	1.244,90	1.244,90
5.3 CANON	1.067,06	1.067,06	1.067,06
SUB TOTAL	26.737,25	24.456,07	23.594,58
6 GENERALES			
6.1 ASIGNABLES	5.440,75	5.440,75	4.829,07
6.2 NO ASIGNABLES	4.816,15	4.816,15	5.298,50
SUB TOTAL	10.256,89	10.256,89	10.127,57
TOTAL COSTOS	36.994	34.713	33.722

	MODELO	MANUAL	OPTIMO
MODELO		6,17%	8,84%
MANUAL	-8,57%		2,85%
OPTIMO	-9,70%	-2,94%	

Observaciones:

- Si nos detenemos a pensar, debemos destacar que la alternativa MO para el cálculo de costos se asemeja más a un cálculo promedio en comparación con las dos restantes. Esto se evidencia al recordar que ciertas variables operativas toman valores promedios, tal es el caso de la locomotora utilizada. En efecto, al momento de calcular el costo de combustible el hecho de desconocer con qué locomotora se efectúa el transporte, se tomó el consumo promedio de todas las máquinas para realizar el cálculo. Así puede ocurrir que en algún caso suceda que comparando los costos se descubra que el costo según el MO sea menor que el costo según el OPTIMO. Lo primero que uno llegaría a pensar ante estas situaciones es la presencia de algún error de cálculo, sin embargo, es allí donde deberemos recordar el criterio de cálculo que reviste el MO.
- Relacionado a lo anterior, también puede suceder que la alternativa MANUAL (la cual deja de ser un cálculo promedio, pues exige la definición precisa de todas las variables operativas, entre ellas, la/s locomotora/s a emplear) brinde un costo menor al correspondiente a la opción OPTIMO. Sin embargo, en este caso estaremos considerando como alternativa MANUAL una elección que técnicamente no es posible de ser realizada por no cumplir algunas de las restricciones definidas en el programa manual: o bien la

velocidad de régimen es mayor a la máxima permitida o la/s locomotora/s seleccionada/s no posee/n la capacidad de tracción suficiente para remolcar el tonelaje bruto del tren en cuestión.

- c) Una última apreciación a mencionar es que cada vez que se efectúe una consulta para un tráfico nuevo, el cálculo de costo por defecto será según el MO. No obstante, si bien en el menú principal no se visualizarán los costos de la alternativa óptima, simplemente avanzando a la pantalla auxiliar antes indicada se podrá acceder a los mismos.

IV-4) Módulo Programación

Al momento del estudio del diseño del SIPLARE surge la necesidad de incorporar un concepto tan importante como lo es la **PROGRAMACION** de la producción a cubrir durante un determinado período. En el caso de una empresa de transporte de estas características la producción se mide en toneladas a transportar desde diferentes nodos de la red. La programación en cuestión está a cargo de la **Gcia. Comercial** quien define para un período mensual (o quincenal) las toneladas a transportar a lo largo de la red dándosela a conocer a la **Gcia. de operaciones**. Es responsabilidad de esta última analizar la misma y establecer la disponibilidad de recursos que deberá contar para hacer frente a la demanda proyectada como así también el nivel de eficiencia medido en término de las rotaciones de cada tráfico. Es por ello que a continuación detallamos como evaluar estos recursos en el menú de PROGRAMACION correspondiente.

A. Programación Detallada

En primera medida, en el menú se dispone de una sección destinada exclusivamente a la carga del programa de cargas establecido por la **Gcia. Comercial**. El diseño está pensado de modo tal que el usuario pueda cargar las toneladas programadas por origen. A fin de establecer un cierto orden en la presentación de la programación, las toneladas se agrupan por grupos de producto, de modo que en cada uno de ellos se despliegan una serie de cuadros de selección para justamente elegir aquellos orígenes con toneladas programadas. Obviamente, ante todo se deberá seleccionar en la parte superior de la pantalla tanto el mes al que hace referencia la programación como el tipo de programación realizada (se admite la carga de programación por quincena o mensual).

El siguiente gráfico presenta el diseño del menú de PROGRAMACION donde se puede observar el caso correspondiente a la programación de las toneladas de los orígenes de carga de **granos**. Allí se expone un ejemplo de una programación mensual del mes de agosto con 19 orígenes de carga diferentes entre los que se puede ver A. Ledesma (4.500 ton), Arrecifes (4.500 ton), Carlota (4.300 ton), etc.

MES: AGOSTO PROGRAMACION MES: EL PROGRAMA DE RESUMIDA
 EL CALCULO DE ROTACION - USUARIO

ORIGEN - GRANOS	TONELADAS	ROTACION HIST	ROTACION ALT	TIPO VAG	TON/VAG	C.DNT. VAG	CANT. LOC
ALEDES	4.500	13,34	8,83	GRANERO	48,8	26	0
ANFONSO	4.500	5,08	4,98	GRANERO	53,0	14	0
CARLOTA	4.300	8,35	7,80	GRANERO	48,8	22	1
CERES	20.000	10,84	8,34	GRANERO	53,0	110	3
OLIVA	6.100	11,85	7,97	GRANERO	56,7	28	0
OPORO	120.000	10,53	8,52	GRANERO	54,6	604	10
COMUNITO	4.500	6,78	7,46	GRANERO	60,0	22	0
DIGALD	30.000	11,54	8,08	GRANERO	53,2	147	1
FRMAT	1.800	5,50	8,25	GRANERO	61,8	6	0
CABRERA	6.000	12,81	8,12	GRANERO	62,5	34	1
DEFEZA	1.500	9,40	11,89	GRANERO	53,1	11	0
POTAFINGHAM	4.000	8,04	7,80	GRANERO	60,6	20	0
HERNANDO	5.000	9,72	8,22	GRANERO	50,1	26	0
LEONES	4.500	8,51	7,70	GRANERO	54,2	21	0
PERGAMINO	1.500	7,05	8,83	GRANERO	52,3	6	0
MANFREDI	4.500	6,80	7,80	GRANERO	60,4	22	0
MINAZ	4.200	6,26	5,78	GRANERO	38,2	22	0
RID M	61.000	6,07	8,00	GRANERO	48,8	242	8
ROMAS	7.800	9,72	8,29	GRANERO	45,7	36	1
	9.000			GRANERO			

DEMANDA
 MENU ROTACIONES
 VOLVIMIENTOS DE INICIO
 TONELADAS TOTALES: 312.500 10.081 00/08

Para cada uno de ellos simplemente se deberá cargar el tonelaje correspondiente, pues el resto de valores asociados a cada origen se obtienen automáticamente del siguiente modo:

- **Rotación Histórica:** Hace referencia al tiempo total del ciclo de rotación de todo vagón que sea enciclado en este tráfico. Dicho valor corresponde a la rotación histórica de los tráficos del grupo de producto en cuestión para el origen seleccionado y para la estacionalidad en juego (de acuerdo al mes de programación establecido). Por ejemplo para el origen Carlota la rotación histórica para el mes de agosto es de 8,35 días.
- **Rotación Alternativa:** Posiblemente para la combinación Origen-Grupo de producto-Estacionalidad no exista una rotación histórica porque nunca se haya dado dicho tráfico, o bien si bien puede existir un valor, el mismo no es el que se desea utilizar. Para estos casos es que existe la opción de que el usuario defina una rotación alternativa que será tenida en cuenta para el cálculo de las demás variables en juego, independientemente de que exista una rotación histórica. Ahí puede verse que, si bien Carlota tiene una rotación histórica de 8,35 días, para esta programación se considera una rotación de 7,8 días.

Observaciones:

Como bien se definió en su momento, la rotación corresponde a un tráfico y el mismo debe tener definido no sólo un origen sino también un destino ya que la variable distancia es de relevancia al momento de definir la rotación. Sin embargo al momento de realizar la programación, la rotación se la independiza del destino por dos

motivos. El primero de ellos es que en ciertos casos sólo se conoce la demanda desde los orígenes pero no así el destino que tendrá la mercadería a transportar. Y el segundo y principal es que en general los tráficos definidos por origen tienen los mismos destinos registrados en ejercicios anteriores. De todos modos, en caso que haya algún tráfico para el que se sepa que la distancia entre el origen y el destino será diferente de la histórica, se recomienda que el propio usuario defina la rotación correspondiente.

- **Tipo de Vagón:** Este dato viene por defecto y está asociado como ya se sabe al grupo de producto en estudio. Así es que para el caso de los orígenes de **Granos** el vagón asignado debe ser del tipo **Granero**.
- **Ton/Vag:** De la misma manera que para la rotación, para cada combinación Origen - Grupo de producto - Estacionalidad se trae la carga histórica por vagón (que no es igual a la capacidad máxima del vagón), que en el caso por ejemplo de Carlota, la misma es de 48,6 toneladas por vagón.
- **Cantidad de vagones:** Lo que se busca determinar con esta variable es la cantidad de vagones que deberían enciclarse para cada tráfico para cumplir con el programa establecido teniendo en cuenta el promedio de carga por vagón y la rotación del mismo. Su cálculo es del siguiente modo:

$$CantVag = \frac{TonProgr}{CantViajes \cdot \frac{ton}{vag}} = \frac{TonProgr}{DiasPer / Rotación \cdot \frac{ton}{vag}}$$

- **Cantidad de Locomotoras:** Así como se determinó la cantidad de vagones, también es necesario definir el total de unidades tractivas requeridas por origen para lo cual se emplea la fórmula:

$$CantLoc = \frac{Loc}{Tren} \cdot \frac{TonPr ogr}{\frac{ton}{vag} \cdot \frac{vag}{Tren}} \cdot \frac{RotaciónLo c}{DíasPer}$$

Finalmente, a la derecha de todos los cálculos descritos, existe un campo totalizador donde se detalla el total de toneladas a cumplir para el grupo de producto del que se trate, al igual que las toneladas diarias correspondientes. En el caso de los Granos, la programación por origen arrojó un total de 312.500 toneladas programadas para todo el mes de agosto, lo que representa un total de 10.081 toneladas diarias.

B. Programación resumida

El desglose de toda la programación por origen para cada grupo de producto (junto con los cálculos de recursos correspondientes) permite conocer el programa de toneladas completo del período en cuestión. Ahora bien, a modo resumen al final de la programación desagregada por origen se despliega un cuadro resumen de las toneladas programadas (para el período y por día) de cada uno de los grupos de producto.

RESUMEN PROGRAMACION POR GRUPO DE PRODUCTO

GRUPO	TONELADAS	TONERA
GRANOS	312.900	19.081
SUBPRODUCTOS	161.180	5.197
FERTILIZANTE	0	0
ACEITES	30.960	987
SEPIENTINA FINA	7.200	222
METALURGICOS	33.300	1.874
PIEDRA	28.500	952
MERMALES	88.000	2.228
COMBUSTIBLE	2.400	77
AZUCAR SOMBAG	21.500	694
AZUCAR ORANEL	5.000	161
FRUTA	12.000	397
CEMENTO	8.300	293
CONTENEDORES	56.450	1.866
BOMBAS	22.000	710
	771.150	24.876

REQUERIMIENTO DE VAGONES

TIPO DE VAGON	CAPACIDAD ACTUAL	CAPACIDAD DISPONIBLE
GRANERO	2.300	1.931
TABALE	300	300
CONTENEDOR	480	396
PC	380	426,66
PORTABOMBA	10	63
BOMBA ALTO	180	181
YOLCA	500	395

REQUERIMIENTO DE LOCOMOTORAS:

REQUERIMIENTO DE PERSONAL:

c. Calculo de Recursos

En la misma pantalla donde se resume el total de toneladas programadas, se detalla el cálculo de recursos que demandaría cumplir con un programa de esas características. Al hablar de recursos se hace referencia al total de vagones, locomotoras y personal de conducción implicados. En el caso de los vagones, los requerimientos de los mismos se desagrega por tipo de vagón incluyendo el total disponible de cada uno de ellos. De esta manera, se consigue comparar si la cantidad de vagones exigidas para cumplir el programa establecido es acorde a la capacidad actual. En el ejemplo presentado podemos notar que para satisfacer el programa de cargas se requieren 1.931 vagones Graneros lo cual es posible pues el parque de NCA cuenta con un total de 2.300. En cambio, la necesidad de vagones PC (portacontenedores) se eleva a 426,66 vagones por encima del parque actual, por ende, nos daría indicio de la dificultad de alcanzar el programa bajo las circunstancias establecida. El análisis no debe detenerse allí sino que ante situaciones similares al caso de los PC, se deberán tomar alguna de estas decisiones:

- Ajustar el programa de toneladas de aquellos tráficos que requieran el uso de vagones PC de modo tal que la cantidad de vagones solicitadas sea menor o igual al parque disponible.
- Modificar algunas de las condiciones establecidas, en particular, la rotación de vagones de los tráficos afectados. Disminuyendo el valor de las mismas estaremos indicando que los vagones estarán en menor tiempo en condiciones de ser cargados nuevamente por lo que la cantidad de vagones necesaria para transportar las toneladas programadas será menor. Modificar la segunda condición en juego, las toneladas por vagón, no es recomendable porque el efecto de su

variación en el total de vagones requeridos es insignificante si se lo compara con el efecto que sí producen variaciones en los niveles de rotación.

- Si se desea cumplir de todas maneras el programa de transporte detallado, entonces deberá recurrirse al alquiler de aquellos vagones cuya cantidad disponible sea menor a la exigida por el programa (en el ejemplo presentado, deberían alquilarse vagones PC).

Las alternativas de decisión descritas recientemente también tienen su correlato al analizar la cantidad de locomotoras exigidas por el programa en juego. En este caso la comparación deberá hacerse no contra la flota total de locomotoras de NCA sino teniendo en cuenta la disponibilidad de las mismas. Nuevamente, disminuyendo la rotación de los vagones de los tráficos participantes en el programa, permitirá reducir el total de locomotoras necesarias ya que menores rotaciones de vagones implican implícitamente suponer menores tiempos de circulación (de los vagones y por ende, de las locomotoras). Finalmente, la última alternativa, de no poder modificar los niveles de rotación establecidos, será alquilar unidades tractivas que eleven, de este modo, la disponibilidad del parque de locomotoras de NCA.

Por último, para el caso del cálculo del personal de conducción necesario para la corrida de los tráficos previstos, se utiliza la siguiente fórmula:

$$PERSONAL_t = \frac{Personal/tren \cdot CantTrenes}{16,3} \Rightarrow PERSONAL_{total} = \sum_t PERSONAL_t$$

Donde:

t es cada tráfico

$$Personal/tren = [(TiempoCirculac \cdot 0,07 + 1,80) + PersonalManiobra_t] \cdot 2$$

Donde 0,07 y 1,80 son los coeficientes correspondientes a la ecuación de regresión determinada al momento de definir la cantidad de parejas de conductores requeridas por cada tráfico.

$$CantTrenes = \frac{CantCarguíos}{Formación} = \frac{Ton/ton/vag}{vag/tren}$$

16,3 son la cantidad de veces que una persona es llamada en el mes para tomar servicio.

IV-5) Módulo Análisis de Recursos

La estructura organizativa de este tipo de empresas de servicio logístico hace que **la labor de la Gerencia de Operaciones dependa de modo excluyente de la disponibilidad de recursos** que la demás gerencias le brindan. Ahora bien, si se quiere ser aún más preciso, la eficiencia operativa de la empresa se sostiene en los cimientos de tres grandes pilares:

- La disponibilidad de Recursos que las Gerencias de Apoyo (Mecánica e Infraestructura, principalmente y Comercial en forma indirecta) ofrecen a la Gerencia de Operaciones.
- La eficiencia en la operación de los clientes en las puntas del circuito, esto es en la carga en los orígenes y en las descargas en los destinos.
- La administración y programación de recursos a disposición por parte de la Gerencia de Operaciones.

Por otra parte, como ya fue mencionado anteriormente, si se buscase el indicador que mejor mida la eficiencia operativa, sin duda alguna, que **la Rotación** por tráfico es el indicador buscado. De hecho, inconvenientes en alguno de los puntos antes mencionados generan repercusiones directas en este indicador, como se puede observar a continuación:

- Sucesivas clausuras de ramales o restricciones de velocidad por problemas de vía desencadenan mayores tiempos de circulación y por ende mayores rotaciones por tráfico.
- Un alto porcentaje de fallas de locomotoras generan mayores tiempos de circulación si la locomotora falla durante servicio o bien mayores tiempos en puntas del circuito por baja disponibilidad de locomotoras para la tracción de trenes.
- De igual modo que con las locomotoras, un alto porcentaje de vagones con fallas mecánicas (ya sea relacionadas al movimiento de los mismos o bien que pongan en peligro la mercadería contenida en ellos, por fisuras, compuertas con cierres ineficientes, etc.) implicaría elevados tiempos de alistamiento y formación y su correlato en la rotación total.
- Demoras excesivas en la carga en origen afectan directamente los tiempos de permanencia a la carga o ineficiencias en el cierre y precintado de compuertas de descarga y boquillas de carga pueden producir detenciones en el trayecto para asegurar posibles mermas de mercadería, o bien inconvenientes en los puertos de descarga por discordancia entre las toneladas declaradas en la carta de porte y lo realmente descargado.
- Demoras excesivas en la solicitud de ingreso de trenes por falta de espacio en las terminales de descarga que repercuten en trenes cargados detenidos esperando recepción en cercanías a las puntas de descarga (en este caso, Operaciones depende de negociaciones de

Comercial para el desvío de los trenes a destinos con capacidad de recepcionar la mercadería).

- Demoras en la descarga que afectan el tiempo de descarga de vagones como así también tiempos de alistamiento de nuevos operativos.

Todo lo antes mencionado permite suponer que si la Gerencia de Operaciones estuviese en condiciones de estimar las rotaciones por tráfico para un período determinado (en general, se trata de períodos mensuales), podría estimarse la capacidad de carga (medida en toneladas) capaz de transportar en dicho período (sería el símil a la capacidad productiva de una empresa manufacturera).

En definitiva, se llega a la conclusión de la necesidad de contar dentro de esta herramienta de planificación con un elemento que permita predecir las rotaciones de los tráficos en función de la disponibilidad de recursos existentes. Para alcanzar tal fin, se debe recurrir al método estadístico de mayor uso para realizar predicciones como lo es el **análisis de regresión**. En este análisis, los datos históricos de las variables en juego se utilizan para desarrollar y evaluar una ecuación de predicción. La variable que está prediciendo con la ecuación es la **variable dependiente**. Las variables que se utilicen para hacer la predicción serán las **variables independientes**.

Para que la predicción tenga sentido se deben buscar variables independientes que tengan cierta conexión con la variable dependiente a estimar. Si la predicción de la variable dependiente es suficiente a partir de conocer el comportamiento de una única variable independiente, se trata de un análisis de **regresión lineal**. Sin embargo, y como se verá en el presente estudio, si se requieren de muchas variables independientes (predictores) para explicar la variación de una variable dependiente, entonces se debe recurrir a la **regresión múltiple**.

La primera etapa en la regresión múltiple consiste en especificar un modelo matemático, es decir, la forma que tendrá la ecuación de predicción. La alternativa más sencilla es el denominado **modelo de primer orden**, donde a cada predictor se lo multiplica por un coeficiente y se los suman junto a un término independiente para obtener de esta manera la variable dependiente a estimar. Simbólicamente, se trata de la siguiente ecuación:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_k \cdot x_k + e$$

Donde:

Y es la variable dependiente que se quiere predecir.

x_i son los predictores o variables independientes.

e es el término de error (de hecho, toda predicción tendrá un margen de error por más mínimo que este fuera)

β_i son los coeficientes correspondientes a cada predictor.

β₀ es el término independiente.

Como puede apreciarse, en el modelo de primer orden cada predictor se encuentra por sí mismo, sin transformaciones matemáticas tales como términos cuadráticos o logarítmicos ni combinaciones entre ellos. Esto implica basarse en las siguientes hipótesis:

- **Y** cambia a una tasa constante ante cambios en x_i , en oposición a un crecimiento que siga una razón decreciente o un crecimiento hasta alcanzar un máximo seguido de una disminución.
- Se supone que no existen interacciones entre los predictores.

En definitiva, el modelo de primer orden puede tomárselo como un buen punto de partida que puede derivar en posteriores desarrollos de modelos de regresión más complejos que una simple ecuación multilínea. Analizando su aplicación puntual en nuestro caso, lo que se pretende determinar es encontrar para cada conjunto de tráficos una ecuación de regresión para predecir la variable crítica de Operaciones, es decir, la **Rotación** (variable dependiente de la regresión).

La determinación de la ecuación implicará la utilización de datos históricos de esta última variable y de los predictores que se identifiquen. Para ello, definida la variable a estimar, la próxima etapa consiste en determinar cuáles serán las variables independientes que intervendrán. La experiencia y los efectos (alistados en la página anterior) que ciertos inconvenientes generan en las rotaciones nos permiten establecer los siguientes elementos como los predictores a emplear:

A. Disponibilidad de vía. Definida anteriormente como uno de los recursos indispensables para el correcto funcionamiento de la actividad ferroviaria, está claro que el estado en que se encuentre la misma atentará favorablemente o no a la eficiencia en la circulación de trenes a lo largo de la red, es decir a la rotación de los tráficos. Hechos tales como la clausura de ramales por las circunstancias que lo ameriten (descarrilos, reparaciones, piquetes, agua en vía, etc.) o restricciones en la velocidad de circulación harán disminuir la disponibilidad de vía y por ende deberá encontrarse el método o indicador que nos permita medir esta disponibilidad. Así es que resulta el concepto de **disponibilidad de vía**, que no es más que la relación entre el total de días en que las vías estuvieron en condiciones normales de circulación y los días en que no lo fueron. Ahora bien, uno puede ser aún más específico y determinar un valor de disponibilidad de vía por tráfico, para lo cual deberán identificarse para cada tráfico porqué ramales circulan los mismos. Así se tiene:

$$\text{Para el tráfico } k: \quad DISP_{VIA_k} = \frac{(n \cdot dias_{mes}) - \sum_{j=1}^n dias \text{ clausurado } s_{ramal j}}{n \cdot dias_{mes}}$$

Donde:

j son los ramales por los que circula el tráfico K , siendo n el total de ramales por donde transitan dichos tráficos.

B. Disponibilidad de Locomotoras. Sin duda alguna se trata del recurso más crítico de la situación actual del sistema ferroviario argentino y prueba de ello es la alta sensibilidad que este recurso genera en la rotación de los tráficos. De hecho, la escasez de este medio puede afectar en la gran mayoría de las etapas de la rotación de un tráfico, a saber:

- Mayores tiempos de espera de remolque de vacío en los puntos de descarga.
- Mayores tiempos en el alistamiento y formación de trenes.
- Mayores tiempos de circulación por la baja confiabilidad de las mismas (es decir, roturas de locomotoras en la línea).
- Mayores tiempos de espera tracción de trenes en los orígenes de carga.

De igual forma que lo realizado para la vía, debe pensarse en un indicador para medir la disponibilidad de las unidades tractivas. La raíz de este indicador coincidirá en el hecho de medir la relación entre los recursos realmente usados versus los recursos totales. Sin embargo, para este caso debe analizarse una serie de condiciones que hacen particular a este indicador y que son presentadas a continuación:

1. Diversidad en el parque de locomotoras: Como ya fue mencionado en su momento, NCA cuenta con tres tipos diferentes de unidades tractivas aptas para la circulación y tracción de trenes. Más allá de los aspectos técnicos que las diferencien, para nuestro análisis es de relevancia considerar la capacidad de remolque (medida en toneladas) de las mismas. Es por ello que al medir el total de locomotoras que conforman el parque no deberemos hacerlo como la suma de locomotoras de cada tipo sino como la suma de la capacidad de remolque de todas ellas.

2. Inversiones en la ampliación de la capacidad de tracción: La explicación de este concepto permitirá justificar aún más la conclusión arribada en la particularidad anteriormente detallada. Se comentó recientemente la criticidad que representan las locomotoras, debiendo asociar este inconveniente a la dificultad que implica ampliar el parque de las mismas (inversiones por encima del millón de dólares por unidad comprada usada). Ante esto, en los últimos años surgió la idea alternativa de ampliar la capacidad de remolque de NCA pero no a expensas de incorporar mayor cantidad de unidades sino ampliando la capacidad tractiva de las unidades actuales, sino como ya fue explicado, a partir de un cambio en la relación piñón-corona. De esta manera, aquellas locomotoras que hayan sido reformadas (todas ellas son del tipo GM GT 22) deberán contabilizarse con un determinado poder tractivo antes del cambio de la relación piñón-corona (para las GT 22, la capacidad original era de 3.100 ton) y con otra capacidad luego del cambio (se alcanza las 4.500 ton luego del cambio).

3. Fallas y Reparaciones: Así como para la disponibilidad de vía se consideraban los días en que los ramales estuvieron daurados, para las locomotoras se tomarán los días en que las locomotoras permanecieron en los talleres siendo intervenidas o los días en que las mismas fallaron a cabeza de tren y que debieron ser reemplazadas.

Con todo esto, se está en condiciones de determinar la disponibilidad mensual del parque de locomotoras de NCA, siguiendo el siguiente cálculo:

$$DISP_{LOC} = \frac{m \cdot \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^n capacidad_{ij} - \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^n (capacidad_{ij} \cdot \text{días no disponib}_{ij})}{m \cdot \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^n capacidad_{ij}}$$

Donde:

m son la cantidad de días del mes

i los tipos de locomotoras (ALCO – GM GR 12 – GM GT 22)

n el total de unidades por tipo

Observaciones:

El hecho de que, a diferencia de los vagones, ningún tráfico tenga asignada una determinada locomotora, la disponibilidad de locomotoras afectará por igual forma a todos los tráficos, de manera que si para un determinado mes dicha disponibilidad alcanza las 62 unidades, todos los tráficos tendrán asociada una disponibilidad de locomotoras de esa magnitud. La excepción se registra para dos tráficos en particular:

- Tráfico de Minerales: Esta salvedad ya fue comentada anteriormente y se trata del único tráfico que corre con locomotora exclusivamente aportada por el mismo cliente, de modo que podemos decir que la disponibilidad de locomotoras no afecta de ningún modo a la rotación de este tráfico y por ende no será tenida en cuenta como una variable independiente en el modelo de regresión correspondiente.
- Tráfico de Bobinas: Las exigencias contractuales para este tráfico establecen disponer de una locomotora exclusiva para la corrida de este tipo de tráfico y por lo tanto, tampoco será tenida en cuenta al momento de hallar la ecuación de regresión para estimar la rotación del tráfico.

C. Disponibilidad de vagones. El tercer recurso del cual hace uso la Gerencia de Operaciones es el parque de vagones de la empresa y que de acuerdo al criterio de asignación de los mismos a los tráficos afectará la rotación correspondiente. Como ya hemos visto, el total de vagones puede ser categorizados en diversos grupos de vagones, cada uno de los cuales puede ser utilizado para cargar uno o más grupo de productos. De acuerdo a los criterios de prioridad establecido por la Gerencia de Comercial, la Gerencia de Operaciones decide el enciclamiento de determinada cantidad de vagones en cada tráfico por un tiempo

determinado. De este modo, aquellos tráficos con mayor demanda (que en definitiva, es el principal criterio de priorización) son los que requieren mayor cantidad de vagones y a los cuales se los suplirá con mayor probabilidad en menor tiempo, optimizando de este modo, las demoras por **alistamiento y formación** dentro del ciclo de rotación. En definitiva, la disponibilidad de vagones para cada tráfico resulta:

$$DISP_{VAG_k} = cant\ vagones_i$$

Donde:

k es el tráfico del que se desea saber la disponibilidad de vagones
i es el grupo de vagones que le corresponde al tráfico **k**

Es importante tener en consideración que existen tráficos que requieren de vagones exclusivos para el mismo o que se abastecen de vagones que no forman parte del parque de vagones bajo la concesión de NCA. En estos casos, resulta que la cantidad de vagones asignados no afectan la rotación del tráfico, por lo tanto no será incluida dentro de las variables independientes de la ecuación de regresión buscada.

D. Disponibilidad de Tripulación. El último recurso que resta mencionar y considerar como variable independiente es el personal de conducción. Su análisis reviste similar análisis al empleado al estudiar la disponibilidad de locomotoras, por la semejanza en los siguientes dos puntos:

- No basta con definir como disponibilidad de personal a la cantidad de personas en condiciones de desempeñar normalmente su labor ya que dejaríamos de lado un aspecto que últimamente ha cobrado una relevancia considerable y es la duración de la jornada laboral junto con las horas extras permitidas. Durante los últimos tiempos, las continuas paritarias y negociaciones entre sindicatos y el Ministerio de Trabajo han llevado a sucesivas modificaciones (incluso al diseño de nuevos Convenios Colectivos de Trabajo) tendientes, entre otras medidas, a la reducción de la jornada laboral estableciéndose actualmente en 9 horas con posibilidades de extensión a 11 en caso que el empleado decida aceptar realizar horas extras. En definitiva, la disponibilidad de tripulación deberá ser vista desde el punto de vista de la cantidad de horas trabajadas por el total del plantel permanente de conductores para un determinado período (en general, nos referimos a períodos mensuales).
- Dada la dificultad que implica poder determinar la disponibilidad del personal por tráfico (de hacerlo, se debería determinar la disponibilidad de personal por base de conducción y luego establecer para cada tráfico de qué base de personal se sirve para la corrida de sus trenes) se toma la disponibilidad total (en horas) para un determinado período, de modo que establecida la misma, será única para todos los tráficos sin excepción.

Observaciones:

Para determinar la disponibilidad de tripulación para períodos (mensuales) pasados simplemente se debe recurrir al detalle de horas trabajadas por cada conductor, sin embargo para determinar la cantidad de horas teóricas para un período puede utilizarse la siguiente forma:

$$DISP_{TRIP} = cant\ conductor\ \cdot (jornada + hs_{extras}) \cdot ciclo$$

Donde:

Ciclo = Se refiere a la cantidad de veces promedio en que una persona es llamada a cubrir servicios en un determinado período (es aquí donde se contempla ausencias, licencias, descansos obligados, etc.).

E. Demanda. La quinta variable que introduciremos para determinar la ecuación pretendida corresponde a la demanda del período expresada en términos de toneladas a transportar. La razón de su incorporación yace en el hecho de que es la variable que adiciona el comportamiento del cliente tanto en la carga como en la descarga de vagones. Los mayores valores de la misma corresponden en los meses PICO del producto correspondiente (ej.: para el caso de la soja, los meses de ABRIL-MAYO-JUNIO son los de más altos valores). Son en estos meses donde los tiempos en las puntas, en teoría, se optimizan por las urgencias de los clientes, tanto para despachar sus productos desde los orígenes como para descargar los vagones en destino y así disponer lo más pronto posible de vagones vacíos para retornar a los orígenes y volver a cargar la mercadería. Por lo tanto, se tiene:

$$DEMANDA_k = toneladas\ transportadas_k$$

F. Distancia Media. Por último presentamos la sexta variable en juego y que como puede apreciarse afectará los tiempos de circulación tanto vacío como cargado. La distancia media será exclusiva de cada grupo de producto y surge como el promedio de las distancias de los diferentes pares origen-destino ponderado por la cantidad de vagones que recorrieron cada par a lo largo de cada mes. Para aquellos tráficos compuestos por un único par origen-destino, la distancia media permanecerá constante para cualquier tren corrido, de modo que en estos casos la rotación no dependerá de esta variable por lo que no será considerada dentro de las variables independientes que definen la rotación.

Definidas las variables independientes que actuarán en nuestro modelo, es momento de obtener la ecuación de regresión para cada grupo de producto detallada anteriormente. La misma tendrá el siguiente formato:

$$Rotación_k = b_{0_k} + b_{1_k} \cdot x_{1_k} + b_{2_k} \cdot x_{2_k} + b_{3_k} \cdot x_{3_k} + b_{4_k} \cdot x_{4_k} + b_{5_k} \cdot x_{5_k} + b_{6_k} \cdot x_{6_k}$$

Para k: 1...19

Donde:

b_{i_k} Son los coeficientes que deberán ser determinados para cada ecuación

$$x_1 = DISP_{VIA}$$

$$x_4 = DISP_{TRIP}$$

$$x_2 = DISP_{LOC}$$

$$x_5 = DEMANDA$$

$$x_3 = DISP_{VAG}$$

$$x_6 = DISTANCIA$$

k = 1	GRANOS	k = 11	CLINKER
k = 2	ACEITES	k = 12	CLINKER-FR
k = 3	SUBPRODUCTOS	k = 13	ESCORIA
k = 4	AZUCAR BOLSAS	k = 14	SERPENTINITA FINA
k = 5	AZUCAR GRANEL	k = 15	SERPENTINITA
k = 6	CEMENTO	k = 16	FRUTA
k = 7	CEMENTO-FR	k = 17	MINERALES
k = 8	PIEDRA	k = 18	FERTILIZANTE
k = 9	COMBUSTIBLE	k = 19	CONTENEDORES
k = 10	BOBINAS		

Para determinar los coeficientes β_i se acude a la utilización del software MINITAB quien nos ayudará a predecir la ecuación que mejor prediga la rotación del grupo de producto correspondiente. Para tal efecto, se acumulan, para cada grupo de producto los datos históricos de las variables x_i y la rotación histórica (en horas) asociada, cargándose todo el conjunto de datos en el MINITAB. Ejecutando la opción de "regresión multilínea" nos brindará los coeficientes β_i alcanzando la solución buscada. A modo de ejemplo, a continuación presentamos el total de los datos utilizados para el caso particular de los Granos y los coeficientes correspondientes:

$$b_{0_{GRANOS}} = 729,90$$

$$b_{1_{GRANOS}} = 0,1466$$

$$b_{2_{GRANOS}} = -0,0020417$$

$$b_{3_{GRANOS}} = -0,04792$$

$$b_{4_{GRANOS}} = -0,06845$$

$$b_{5_{GRANOS}} = -0,0003098$$

$$b_{6_{GRANOS}} = 0,04997$$

PER	GRANOS	GRANOS	GRANOS	GRANOS	GRANOS	GRANOS	GRANOS	GRANOS
	Disponib. Via	Disponib. Loc	Disponib. Vag	Disponib. Tripulac	Demanda	Distancia Media	Rotacion Real	Rotacion Estimada
feb-05	88	167543,00	1966	47639	222824	505	217,49	214,24
mar-05	76	165965,00	1992	57730	208129	306	228,34	191,20
abr-05	72	168580,00	1949	63007	236235	492	193,63	196,31
may-05	6	178799,00	2000	67733	276016	587	171,51	174,13
jun-05	12	175063,00	2067	65242	254662	581	185,40	192,24
jul-05	24	179570,00	1935	63991	205907	577	209,15	213,00
ago-05	44	179336,00	1892	66442	193469	493	195,80	208,92
sep-05	12	179360,00	1969	68433	235837	552	185,71	196,56
oct-05	62	176073,00	1730	62511	171552	479	209,32	231,26
nov-05	65	179324,00	1708	58891	142612	420	311,77	238,49
dic-05	60	181256,00	1493	55937	120376	496	258,17	262,75
ene-06	66	177325,00	1911	54988	215484	548	194,79	201,80
feb-06	84	180760,00	1887	56901	167573	451	188,25	208,01
mar-06	87	179852,00	1617	47943	109830	386	245,65	240,42
abr-06	91	173504,00	1817	60993	191754	507	193,55	215,33
may-06	8	178495,00	2176	64946	283553	628	177,30	177,10
jun-06	25	169662,00	1926	70310	229607	626	211,70	213,83
jul-06	5	162379,00	1966	67659	226263	594	205,99	225,51
ago-06	13	164040,00	2138	35308	299568	567	195,45	214,47
sep-06	11	167983,00	2073	65451	279959	535	184,55	190,87
oct-06	42	173647,40	1953	60384	216074	522	232,13	219,14
nov-06	78	159544,70	1966	57971	219955	505	239,67	238,28
dic-06	71	162674,05	2085	50998	211722	486	238,03	243,00
ene-07	110	175926,00	2048	51761	230147	570	233,97	201,08
feb-07	75	175934,00	2076	45143	195335	634	225,97	233,61
mar-07	186	171817,63	1643	49923	127301	348	312,00	235,93
abr-07	164	182188,16	1937	56497	171104	448	194,93	208,24

Finalmente, se presentan las 19 ecuaciones halladas que serán empleadas para determinar rotaciones teóricas para cualquier tráfico dentro de los 19 grupos de productos definidos:

$$\text{Rotación}_{\text{GRANOS}} = 729,9 + 0,147 \cdot x_1 - 0,0020 \cdot x_2 - 0,048 \cdot x_3 - 0,068 \cdot x_4 - 0,00031 \cdot x_5 + 0,0499 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{ACEITES}} = 216,2 + 0,796 \cdot x_1 - 0,00038 \cdot x_2 - 0,1 \cdot x_3 + 0,0039 \cdot x_4 - 0,0015 \cdot x_5 + 0,335 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{SUBPRO}} = -32,97 + 0,168 \cdot x_1 - 0,000007 \cdot x_2 + 0,068 \cdot x_3 + 0,031 \cdot x_4 - 0,0002 \cdot x_5 + 0,287 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{AZUCARBLS}} = -37,7 - 0,048 \cdot x_1 - 0,0011 \cdot x_2 - 0,003 \cdot x_3 + 0,0478 \cdot x_4 - 0,00128 \cdot x_5 + 0,669 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{AZUCARGRANEL}} = 918,6 + 2,85 \cdot x_1 - 0,0018 \cdot x_2 + 1,225 \cdot x_3 - 0,456 \cdot x_4 - 0,0116 \cdot x_5$$

$$\text{Rotación}_{\text{CEMENTO}} = 448,3 + 3,24 \cdot x_1 - 0,00062 \cdot x_2 + 2,74 \cdot x_3 - 0,054 \cdot x_4 - 0,047 \cdot x_5 + 0,022 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{CEMENTO-FR}} = 177,7 + 0,30 \cdot x_1 - 0,00066 \cdot x_2 + 0,137 \cdot x_3 - 0,069 \cdot x_4 - 0,00155 \cdot x_5 + 0,192 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{PIEDRA}} = 414,1 + 1,542 \cdot x_1 - 0,000033 \cdot x_2 + 0,608 \cdot x_3 + 0,0099 \cdot x_4 - 0,0041 \cdot x_5 - 0,571 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{COMBUSTIBLE}} = -373 + 6,51 \cdot x_1 + 0,0055 \cdot x_2 - 1,98 \cdot x_3 - 0,0046 \cdot x_4 - 0,0341 \cdot x_5$$

$$\text{Rotación}_{\text{BOBINAS}} = 95 + 0,22 \cdot x_1 + 0,000071 \cdot x_2 - 0,0052 \cdot x_4 - 0,00137 \cdot x_5$$

$$\text{Rotación}_{\text{CLINKER}} = 584 + 0,091 \cdot x_1 - 0,00125 \cdot x_2 + 0,591 \cdot x_3 - 0,0566 \cdot x_4 - 0,004 \cdot x_5 - 0,194 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{CLINKER-FR}} = -20,2 + 0,754 \cdot x_1 + 0,00085 \cdot x_2 - 0,0644 \cdot x_4 - 0,0024 \cdot x_5$$

$$\text{Rotación}_{\text{ESCORIA}} = -414,7 + 10,13 \cdot x_1 + 0,00122 \cdot x_2 - 0,135 \cdot x_3 - 0,141 \cdot x_4 - 0,00303 \cdot x_5 + 2,94 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{SERPFINA}} = 564,7 - 0,874 \cdot x_1 - 0,00025 \cdot x_2 + 2,2124 \cdot x_3 - 0,369 \cdot x_4 - 0,0188 \cdot x_5$$

$$\text{Rotación}_{\text{SERPGRUESA}} = 420,1 + 0,854 \cdot x_1 - 0,00051 \cdot x_2 - 0,011 \cdot x_3 - 0,023 \cdot x_4 - 0,0201 \cdot x_5$$

$$\text{Rotación}_{\text{FRUTA}} = 1.530 + 1,178 \cdot x_1 + 0,00184 \cdot x_2 + 0,285 \cdot x_3 - 0,073 \cdot x_4 - 0,0075 \cdot x_5 - 1,38 \cdot x_6$$

$$\text{Rotación}_{\text{MINERALES}} = 223,9 + 0,358 \cdot x_1 - 0,0058 \cdot x_4 - 0,00172 \cdot x_5$$

$$\text{Rotación}_{\text{FERTILIZANTE}} = -285,2 + 1,69 \cdot x_1 + 0,0026 \cdot x_2 - 0,04 \cdot x_3 + 0,138 \cdot x_4 - 0,011 \cdot x_5$$

$$\text{Rotación}_{\text{CONTENEDOR}} = 558.8 - 0,53 \cdot x_1 - 0,00002 \cdot x_2 - 0,458 \cdot x_3 + 0,067 \cdot x_4 - 0,00379 \cdot x_5 - 0,014 \cdot x_6$$

Definidas todas las ecuaciones para la determinación de las rotaciones de los grupos de productos, el cálculo de las rotaciones correspondientes se conseguirá simplemente a partir de la asignación de valores a las variables x_i . Más aún, el diseño del menú **Análisis de recursos** permitirá realizar análisis de sensibilidad en lo que se refiere a analizar cuánto varía la rotación de un determinado grupo de producto cuando se produce una variación D en alguna de las variables x_i . Justamente la gráfica expuesta por debajo se trata de la pantalla del menú en cuestión, donde puede observarse que seleccionando un mes cualquiera, nos trae, para cada grupo de producto, la disponibilidad histórica para dicho mes de cada uno de las seis variables en juego (celdas en verde) que definen la rotación, es decir:

- VIA
- VAGONES
- DEMANDA
- DISTANCIA MEDIA
- LOCOMOTORA
- PERSONAL

La combinación de los valores adoptados por las seis variables expuestas permite predecir las rotaciones del total de los grupos de productos definidos, las cuales se indican en la primera columna celeste sobre el margen derecho de la pantalla. La segunda columna celeste ubicada a la derecha de la anterior bajo el título D calcula las rotaciones de todos los grupos pero considerando las variaciones que el usuario halla definido en su análisis de sensibilidad. Esto permite poder analizar el efecto de la variación de una o más variables sobre la rotación total.

Para ayudar la interpretación y lectura de esta pantalla, a continuación analizamos en detalle la información proporcionada para el caso de los **Granos**:

Seleccionando el mes de agosto la disponibilidad histórica de los recursos operativos son los siguientes:

$DISP_{\text{VIA}} = 97,03\%$ = Una disponibilidad de vía del 97,03% significa que del total de ramales por los que circulan tráficos de Granos (25 en total) durante el total de días del mes (31) hubieron 23 clausuras que afectaron la circulación de trenes de este tipo.

$DISP_{\text{VAG}} = 1.437$ = Del total de vagones GG del parque de vagones de NCA, 1.437 de ellos son asignados de manera exclusiva para la carga de este producto durante el mes de agosto.

$DEMANDA = 312.500 \text{ ton}$ = Se define un total de 312.500 toneladas de Granos a ser transportadas en el mes.

$DISTANCIA_{MEDI A} = 600 \text{ km}$ = Se trata de la distancia promedio de los tráficos que transportan Granos. Tener en consideración que dicho promedio se encuentra ponderado por la cantidad de vagones cargados por origen de modo tal que las distancias de aquellos orígenes donde se produzcan las mayores cargas sean las más influyentes al momento de determinar la distancia media.

$DISP_{LOC} = 83\%$ = Significa que se cuenta con un 83 % de la capacidad tractiva apta para traccionar el total de trenes a correr en el período.

$DISP_{PERSONAL} = 382$ = El plantel de conductores disponible para el mes es de 382 personas distribuidas en el total de las bases de la red.

Con estos valores y empleando la ecuación de regresión correspondiente a los Granos se obtiene la rotación de los mismos que para este caso resulta igual a **6,45 días (celda en celeste)**.

Análisis de sensibilidad

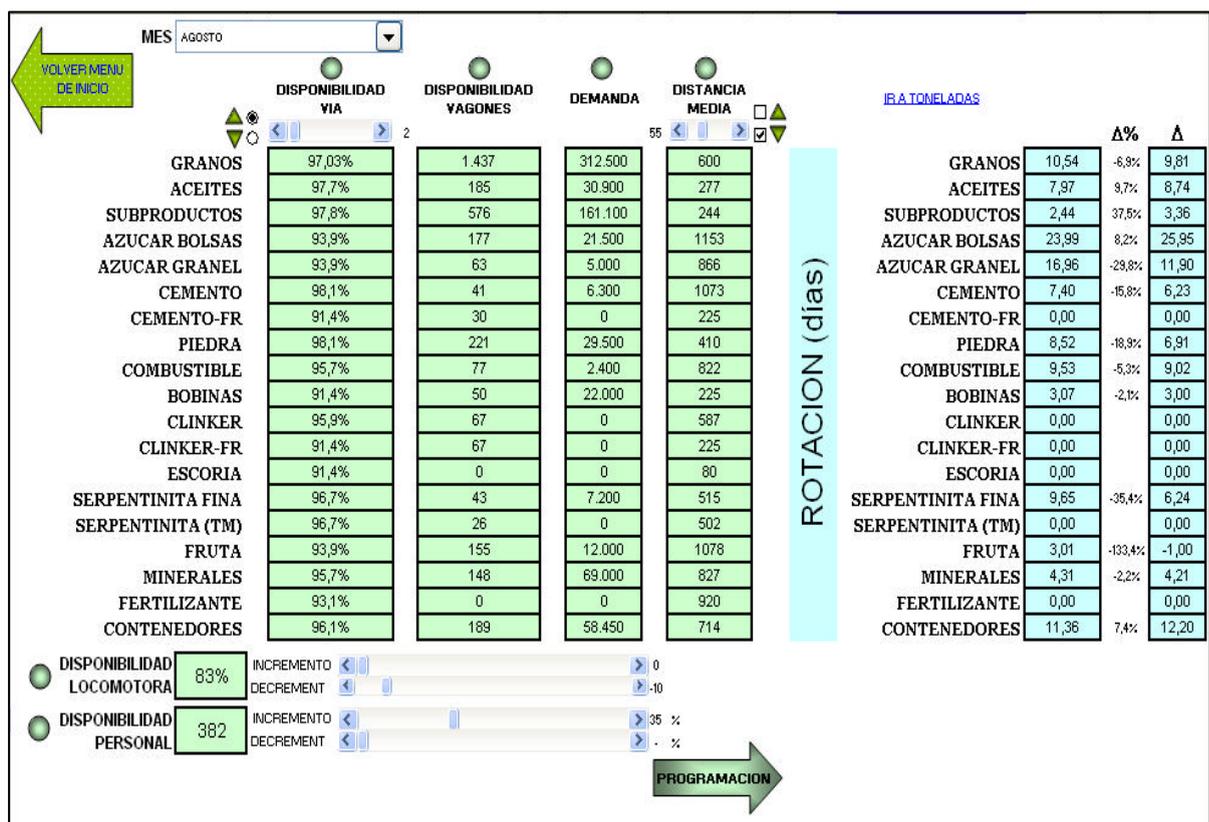
Mencionamos anteriormente las bondades que tenía este diseño de pantalla en el sentido de poder analizar los efectos que variaciones simples o combinadas en las variables independientes producían en las rotaciones presentadas. Así es que seguidamente se detalla cómo se logra jugar con estas variaciones según la variable independiente que se trate:

► Disponibilidad de vía.

Para esta variable aparece una barra de desplazamiento que permite realizar variaciones en el porcentaje de disponibilidad. La variación está dada en puntos porcentuales, lo que significa que si para una disponibilidad del 97,03% (como es la de granos) variamos 2 puntos, estamos llevando la disponibilidad a 99,03% o 95,03% según se elija incremento o decremento. Los puntos de opción indicados a la izquierda de dicha barra son justamente los que permiten elegir si la variación cargada en la barra de desplazamiento corresponde a un decremento o a un incremento en el porcentaje. Es importante resaltar que la variación en la disponibilidad de vía aplicada de este modo afecta a todos los grupos de producto por igual, ya que lo que se pretende con este análisis es identificar cómo afectan a todos los tráficos variaciones globales en la disponibilidad de vía. Esto significa que si se quiere analizar variaciones en la disponibilidad de vía para un grupo de producto en particular se deberá realizar un análisis más minucioso, lo que implica avanzar a la pantalla exclusiva de **disponibilidad de vía**, a la cual se accede presionando el botón dispuesto por encima del título DISPONIBILIDAD VIA (el gráfico presentado al final del párrafo es el que corresponde a esta pantalla). En ella se listan el total de ramales que

integran la red a cargo de la concesión y para cada uno de ellos el porcentaje de disponibilidad histórica en el mes, surgido del cociente entre el total de días del mes y la cantidad de ellos en los que el ramal estuvo clausurado. Esta cantidad de clausuras puede referirse a la histórica del mes (de hecho, es el valor que se toma por defecto) o bien a una cantidad de días alternativa definida por el usuario quien, en este caso, simplemente deberá ingresarla en el ramal que desee. De hecho, si observamos el gráfico, podrá apreciarse que para el ramal ZARATE-ROSARIO, si bien históricamente para el mes de agosto permanece sólo un día clausurado (lo que representa una disponibilidad del 97% del ramal) en este caso fue ingresada la alternativa de 4 días de clausura (disminuyendo la disponibilidad a un 87%) empleándose esta cantidad para determinar la disponibilidad por grupo de producto. Cabe destacar que esta variación en la cantidad de días clausurados afectará la disponibilidad de vía de aquellos tráficos que utilizan este ramal, de modo que, conociendo los ramales por donde circula cada tráfico uno está en condiciones de variar la disponibilidad de vía de cada uno de ellos

Pantalla de Análisis de Recursos



Pantalla disponibilidad de vía

MES	8			TOTAL DE DIAS CLAUSURADOS	
DISPONIBILIDAD VIA	RAMALES	% DISPONIB	HISTORICO	ALTERNATIVA	
ZARATE-ROSARIO		87%	1	4	
TBA - Ascendente		97%	1		
TBA - Descendente		90%	3		
INGRESO PTO. S.NICOLAS		95%	2		
CERANA		99%	0		
SUNCHALES		97%	1		
SANTA FE		67%	10		
HERRERA		91%	3		
TUCUMAN		96%	1		
C.POZO-TUC		99%	0		
CDA.GOMEZ - Ascendente		98%	1		
CDA.GOMEZ - Descendente		100%	0		
VILLA MARIA - Ascendente		98%	1		
VILLA MARIA - Descendente		100%	0		
DEHEZA		98%	1		
DEHEZA - RIO IV		100%	0		
RIO IV - ELENA		0%	31		
ELENA - RIO III		97%	1		
RIO III - D.V.S.		99%	0		
RIO III - CORRALITO		99%	0		
CORDOBA		99%	0		
FERREYRA		99%	0		
PEREZ		97%	1		
CHABAS		97%	1		
CRUZ ALTA		97%	1		
C.DE BUSTOS		96%	1		
CARLOTA		97%	1		
CINTRA		95%	2		
SAN JORGE		97%	1		
LAS YARILLAS		98%	1		
PILAR		98%	1		
LAS JUNTURAS		99%	0		
PERGAMINO-PEYRANO		99%	0		
PERGAMINO-ROJAS		95%	2		
PERGAMINO-MELINCUE		99%	0		
PERGAMINO-ARRECIFES		99%	0		

■ Disponibilidad de vagones.

Para este caso, la sensibilidad se hace efectiva avanzando a la pantalla exclusiva de disponibilidad de vagones a la que se ingresa accionando el botón dispuesto por encima del título DISPONIBILIDAD VAGONES. En la misma se detalla para cada grupo de producto el total de vagones asignados según el histórico del mes seleccionado. Sin embargo, el usuario está en condiciones de modificar dicho valor como se puede observar en la gráfica contigua. Allí puede apreciarse la existencia de una columna adicional a la derecha de la de

MES	8			TOTAL DE VAGONES POR TRAFICO	
DISPONIBILIDAD DE VAGONES POR TRAFICO	HISTORICO	%	ALTERNATIVA	<input checked="" type="checkbox"/>	VAGONES SEGUN PROGRAMACION
GRANOS	2.015	-29%	1.437		
ACEITES	235	-21%	185		
SUBPRODUCTOS	1.559	-63%	576		
AZUCAR BOLSAS	300	-41%	177		
AZUCAR GRANEL	120	-47%	63		
CEMENTO	57	-28%	41		
CEMENTO-FR	66	-54%	30		
PIEDRA	168	32%	221		
COMBUSTIBLE	63	24%	77		
BOBINAS	68	-27%	50		
CLINKER	229	-71%	67		
CLINKER-FR	13	412%	67		
ESCORIA	41	-100%	0		
SERPENTINITA FINA	60	-28%	43		
SERPENTINITA (TM)	46	-43%	26		
FRUTA	222	-30%	155		
MINERALES	181	-18%	148		
FERTILIZANTE	15	-100%	0		
CONTENEDORES	403	-53%	189		

datos históricos donde el usuario podrá ingresar la cantidad de vagones que decida para cada grupo de producto. Esto significa que si, por ejemplo, el valor histórico para el grupo de producto SUBPRODUCTOS es de 1.559 vagones pero el usuario desea realizar el análisis ingresando una cantidad diferente, lo podrá ingresar en la columna ALTERNATIVA. La diferencia porcentual entre el valor ingresado por el usuario y el valor histórico es el valor que se muestra entre medio de las columnas HISTORICO y ALTERNATIVA. Por último, y para establecer una asociación con el menú PROGRAMACION, el usuario dispondrá como alternativa adicional asignar la cantidad de vagones requerida para cumplir el programa de toneladas establecido. Para ello simplemente deberá tildar la casilla correspondiente ubicada a la derecha del título ALTERNATIVA.

➡ Demanda.

El análisis de sensibilidad para esta variable es similar al de la variable anterior como puede observarse en el diseño de la pantalla exclusiva de DEMANDA. En ella, nuevamente se disponen dos columnas, una con la demanda histórica del mes para cada grupo de producto y la otra para que el usuario ingrese el valor que desee. En esta última columna también se tiene la opción de seleccionar las toneladas definidas en el menú PROGRAMACION lo cual se consigue tildando la casilla PROGRAMA DE TONELADAS.

		MES 8			
DEMANDA		HISTORICO		ALTERNATIVA	<input checked="" type="checkbox"/> PROGRAMA DE TONELADAS
GRANOS	246.519	27%	312.500		
ACEITES	45.203	-32%	30.900		
SUBPRODUCTOS	230.554	-30%	161.100		
AZUCAR BOLSAS	20.995	2%	21.500		
AZUCAR GRANEL	9.070	-45%	5.000		
CEMENTO	0		6.300		
CEMENTO-FR	3.607	-100%	0		
PIEDRA	23.350	26%	29.500		
COMBUSTIBLE	4.144	-42%	2.400		
BOBINAS	31.329	-30%	22.000		
CLINKER	38.361	-100%	0		
CLINKER-FR	1.151	-100%	0		
ESCORIA	3.073	-100%	0		
SERPENTINITA FINA	5.491	31%	7.200		
SERPENTINITA (TM)	3.658	-100%	0		
FRUTA	12.992	-8%	12.000		
MINERALES	61.000	13%	69.000		
FERTILIZANTE	750	-100%	0		
CONTENEDORES	55.173	6%	58.450		




➡ Distancia Media.

La sensibilidad de esta variable se efectúa de manera similar a la variable disponibilidad de vía. De hecho, si se observa en la pantalla principal, debajo del título DEMANDA MEDIA se dispone de la barra de desplazamiento para efectuar variaciones unitarias en la distancia de todos los tráficos. Así, si para el mes de agosto en el grupo de producto Granos la distancia histórica es de 600 Km., pero en la barra de desplazamiento indicamos 55 según sea la elección que se escoja se

		MES 8			
DISTANCIA MEDIA		HISTORICO		ALTERNATIVA	<input checked="" type="checkbox"/> PROGRAMA DE TONELADAS
GRANOS	530		573		
ACEITES	231		322		
SUBPRODUCTOS	253		323		
AZUCAR BOLSAS	1.022		1.090		
AZUCAR GRANEL	841		896		
CEMENTO	581		590		
CEMENTO-FR	311		225		
PIEDRA	420		418		
COMBUSTIBLE	822		822		
BOBINAS	225		225		
CLINKER	718		554		
CLINKER-FR	113		0		
ESCORIA	80				
SERPENTINITA FINA	515		515		
SERPENTINITA (TM)	502		502		
FRUTA	1.078		1.087		
MINERALES	893		827		
FERTILIZANTE	468				
CONTENEDORES	747		690		



estará tomando 655 km. o 545 km. (de igual manera, la elección de si la variación es positiva o negativa se hace efectiva seleccionando alguno de las casillas de opción ubicadas a la derecha de la barra de desplazamiento). Nuevamente, si la sensibilidad se quiere estudiar específicamente para un determinado grupo de producto, habrá que avanzar hacia la pantalla exclusiva de DISTANCIA MEDIA donde a la derecha de la columna de distancia media histórica está la columna donde se puede ingresar la distancia alternativa que se desee. También debemos remarcar que se puede seleccionar como alternativa diferente a los datos históricos la distancia media que surja del menú PROGRAMACION (se debe recordar que en el menú PROGRAMACION uno realiza la programación desagregada por origen lo que nos permite conocer aproximadamente la distancia a recorrer). Para lograrlo, simplemente se debe tildar la casilla correspondiente.

► Disponibilidad Locomotoras.

Lo primero que se debe recordar es que el porcentaje de disponibilidad se refiere a la relación entre las capacidades tractivas real versus la total del parque, ya que comparar simplemente la cantidad de locomotoras real versus

LOCOMOTORA	CANTIDAD	CAPAC. TRACCION	PROMEDIO MENSUAL	DISPONIBILIDAD	
				<input checked="" type="checkbox"/> ULTIMO MES	<input type="checkbox"/> ALTERNATIVA
ALCO RSD 16	38	2.800	82%		
GM GR 12 W	27	2.500	86%		
GM GT 22 CW	17,5	3.100	82%		
GM GT 22 CW REFORM	0	4.500	0%		
TOTAL	74,5	171.557,48	84%		
		CAPAC. DE TRACCION MAX:	205.750,00		

← MEJORACIONES

la total sería insuficiente por la diversidad del parque en cuanto al poder tractivo. Antes de analizar específicamente la sensibilidad de esta variable, la cual se efectúa directamente desde la pantalla principal, es importante detenernos en el origen del porcentaje de disponibilidad que aparece en la pantalla principal. El mismo proviene de tres alternativas diferentes, todas ellas elegibles por el usuario desde la pantalla exclusiva de DISPONIBILIDAD DE LOCOMOTORAS (la misma se presenta al final del párrafo). En ella, se pueden realizar las siguientes variantes:

- Modificar la cantidad de locomotoras por tipo que allí figuran.
- Agregar nuevos tipos de locomotoras para lo cual se deberá ingresar además de la cantidad de las mismas, la capacidad de tracción de ellas.
- Modificar el porcentaje de disponibilidad. Aquí las alternativas son el empleo de la disponibilidad histórica para el mes seleccionado, el del último mes (es de interés cuando se quiere estudiar el análisis de los recursos en las condiciones actuales de la empresa) o la libre opción del usuario en la definición de la disponibilidad a emplear. Para los dos primeros casos, la cantidad de locomotoras corresponderá a la opción escogida, mientras que para la última, las cantidades serán de acuerdo a lo que defina el usuario.

Habiendo dejado en claro las alternativas en cuanto al porcentaje de disponibilidad, estamos en condiciones de analizar las posibilidades de

sensibilidad ofrecidas por el sistema para esta variable. Para tal efecto, en la pantalla principal y sobre la derecha del porcentaje en cuestión se sitúan dos barras de desplazamiento, una para indicar los incrementos, la restante para los decrementos. En ambas las variaciones son en puntos porcentuales, de modo que si por ejemplo para agosto la disponibilidad histórica es del 83%, si marcamos en la barra de decrementos 10 estaremos considerando una disponibilidad del 73% y su efecto en las rotaciones será visto en la columna de incrementos (segunda columna en celeste).

► Disponibilidad de Personal.

Al igual que en el caso de la variable anterior, previamente a estudiar la sensibilidad correspondiente procederemos a identificar algunas cuestiones de interés, las cuales se detallan en la pantalla exclusiva de DISPONIBILIDAD DE PERSONAL (mostrada a continuación). En primer lugar se debe dejar en claro que, si bien en la pantalla principal la variable asociada a la DISPONIBILIDAD DE PERSONAL es la cantidad de conductores que conforman el plantel de NCA, la variable que se tiene en cuenta para determinar la rotación es el total de horas de conducción disponible ya que esta depende de otras variables, a saber:

- **Jornada Laboral**
- **Horas extras promedio por jornadas**
- **Ciclo:** Corresponde al promedio de veces que cada conductor es llamado por mes para correr un tren.
- **Total de conductores** (ya mencionado)

La asignación de valores a estas variables será lo que nos permitirá determinar la cantidad de horas de conducción disponibles y así poder estimar las rotaciones. Para ello, se tiene dos variantes para la asignación:

- Emplear los datos históricos correspondientes al mes elegido
- Ingresar datos a elección del usuario (en la columna bajo el título ALTERNATIVA).

De las cuatro variables en juego el análisis de sensibilidad se aplica a la del TOTAL DE CONDUCTORES por ser esta la más expuesta a variaciones. Para tal fin es que se fijaron dos barras de desplazamiento para indicar el incremento o decremento según sea el caso. En estas barras se pueden analizar variaciones de tipo porcentual sobre el total de conductores establecidos. Esto implica que si se define un plantel de 382 personas pero se lleva la barra de desplazamiento de incremento hasta el 35%,

	EJERCICIO	ALTERNATIVA
TOTAL PERSONAL	258	350
JORNADA LABORAL	9	10
HS EXTRAS PROM	2	2
CICLO	16	16
HS TOTALES	67.200	

← MES ROTACIONES

estaremos analizando la sensibilidad en las rotaciones cuando el plantel asciende hasta 516 personas.

A modo de síntesis de lo detallado en este módulo del SIPLARE, podemos indicar como objetivo principal de la misma el poder contar con una herramienta científica que permita a la Gerencia de Operaciones **estimar su eficiencia operativa**, medida en términos de la Rotación de los tráficos y de acuerdo al escenario que se plantee. Dicho escenario surge de la combinación de las seis variables descriptas, es decir, **vía, vagones, demanda, distancia media, locomotoras y personal**. La posibilidad de asignar diferentes valores a estas variables a través del análisis de sensibilidad permite crear diferentes escenarios posibles y por ende eficiencias operativas alternativas.

Todo este análisis nos permite incluso, avanzar un paso más y es el de determinar las toneladas reales capaces de transportar que en definitiva es la variable que junto a la distancia media constituyen los indicadores más genuinos por los cuales se evalúan y comparan sistemas ferroviarios. Para ello será necesario aplicar, para cada grupo de producto definido, la siguiente fórmula:

$$Ton_i = \frac{CantVag_i \cdot ton/vag_i}{CantViaje_i} = \frac{CantVag_i \cdot ton/vag_i}{DiasMes / Rotacion_i}$$

Donde:

i = Representa cada grupo de producto definido, estos son: GRANOS – ACEITES – SUBPRODUCTOS – AZUCAR BOLSAS – AZUCAR GRANEL – CEMENTO – CEMENTO-FR – PIEDRA – COMBUSTIBLE – BOBINAS – CLINKER – CLINKER-FR – ESCORIA – SERPENTINITA FINA – SERPENTINITA (TM) – FRUTA – MINERALES - FERTILIZANTE – CONTENEDORES.

CantVag = Se refiere a la cantidad de vagones programados para cubrir el tráfico. Para este cálculo la cantidad de cada grupo se obtiene a partir de la necesaria según la programación por grupo efectuada en la sección correspondiente del SIPLARE.

Ton/vag = corresponde a la capacidad de carga del vagón asignado a cada grupo de producto. El valor se obtiene a través del promedio ponderado de las ton/vag histórica de cada origen programado (la ponderación se hace teniendo en cuenta el tonelaje programado desde cada origen).

El tonelaje en cuestión se presenta en la misma pantalla principal del menú accionando el vínculo "IR A TONELADAS". Ahí mismo se mostrará la siguiente pantalla:

		R A TONELADAS		VOLVER A ANALISIS DE RECURSOS		
ROTACION (dias)		A%	Δ	TONELADAS	TONELADAS	
	GRANOS	8,30	-0,3%	8,28	381.764	382.726
	ACEITES	8,18	0,0%	8,18	29.919	29.933
	SUBPRODUCTOS	3,38	0,0%	3,38	277.343	277.349
	AZUCAR BOLSAS	21,08	-0,1%	21,06	13.346	13.353
	AZUCAR GRANEL	14,70	-0,1%	14,68	6.314	6.321
	CEMENTO	6,30	-0,1%	6,29	7.710	7.717
	CEMENTO-FR	0,00		0,00	0	0
	PIEDRA	8,31	0,0%	8,31	34.574	34.575
	COMBUSTIBLE	15,35	0,4%	15,40	6.246	6.224
BOBINAS	3,11	0,0%	3,11	22.180	22.175	
CLINKER	0,00		0,00	0	0	
CLINKER-FR	0,00		0,00	0	0	
ESCORIA	0,00		0,00	0	0	
SERPENTINITA FINA	9,50	0,0%	9,50	7.330	7.332	
SERPENTINITA (TM)	0,00		0,00	0	0	
FRUTA	4,28	0,4%	4,30	31.474	31.337	
MINERALES	4,31	0,0%	4,31	60.590	60.590	
FERTILIZANTE	0,00		0,00	0	0	
CONTENEDORES	11,42	0,0%	11,42	17.436	17.436	
				696.226	697.069	

Obsérvese que en ella figuran dos columnas con el cálculo de las toneladas. La primera de ellas basa su cálculo en las rotaciones definidas en la primera columna de las rotaciones mientras que la segunda tiene en cuenta los valores de rotaciones obtenido a partir de las variaciones efectuadas en las variables independientes conocidas.

Conclusión

Tal como fue definido en las hipótesis, el presente trabajo tiene como principal objetivo conocer la **alternativa óptima posible para cada uno de los tráficos activos, y a través de ella, establecer la distancia con la realidad (desvíos).**

Como hemos presentado, cada consulta efectuada al SIPLARE (Excel) nos permite conocer:

- La alternativa optima para cada tráfico.-
- Establecer desvíos y sus consecuentes acciones correctivas.-
- Conocer el costo estándar unitario (por tonelada) para cada tráfico, es decir, el punto de quiebre sobre el cual se construirán tarifas de mercado competitivas.-
- Anticipar las consecuencias que provocaran en dichos costos unitarios variaciones en los componentes de la estructura de costos sujetos a análisis (sensibilización).-

Ahora bien, todos estos **“output”** que genera el Programa desarrollado son el resultado de complejas codificaciones que el SIPLARE hace de los **“input”**. Es decir, la veracidad de las bondades del SIPLARE queda sujeta a la confiabilidad y certeza de la información de la que se nutre, es decir, del **Modelo Operativo.-**

Validación del Modelo Operativo

Como se mencionó en un principio, el motivo fundamental por el que fueron definidas para cada tráfico el total variables descritas recientemente fue contar con un modelo que represente la realidad operativa de la empresa de acuerdo a lo acontecido en el último ejercicio contable. Ahora bien, para asegurarse que el modelo refleje la realidad, se deberán realizar una serie de validaciones que, de ser correctas, darán certeza de que los valores asumidos por cada variable para cada tráfico son los apropiados, los que nos permitirá estar en condiciones de calcular y asignar el total de costos de la empresa a todos los tráficos.

Las validaciones básicamente consistirán, más allá de evaluar la correcta distribución de ciertos datos entre los tráficos, en verificar que el total de recursos requeridos por el modelo para movilizar el total de toneladas coincidan con el total de recursos que dispuso la empresa para efectivamente realizar su operatoria.

El listado que se despliega debajo corresponde a las validaciones en cuestión:

- **Total de toneladas:** El total de toneladas efectivamente transportadas e informadas por la CNRT (Comisión Nacional

Reguladora del Transporte) es de 9.120.149,62, valor que coincide con la suma de toneladas distribuidas entre el total de tráficos.

- **Total de Vagones Cargados:** De la misma manera que con las toneladas, el total de 216.820 vagones cargados (es obvio que un vagón puede ser cargado más de una vez) según el modelo coincide con el total real.
- **Distancia media:** Sin dudas que esta variable, nunca antes mencionada, tiene una alta relación con la rotación promedio de todos los tráficos, ya que, como es de suponerse, una de las causas por las que las rotaciones pueden ser superiores a los valores normales históricos yace en que las distancias a cubrir son más amplias. Y es este fenómeno es lo que está observándose en los últimos tiempos como parte del proceso de mayores cargas provenientes del norte del país. Del modelo se desprende un valor promedio por estacionalidad de 460 km cuando datos oficiales dan cifras promedios de 463 km para todo el ejercicio. Esta diferencia de poca significancia es indicador de que el MO se ajusta a la realidad en lo que a distancia media se refiere.
- **Total de VAG.KM:** Según el modelo, dicha variable alcanza el valor de 184.838.261 similar al real de 185.259.777
- **Parque dinámico de vagones:** Se trata del total de vagones disponibles para ser utilizados para el transporte de cargas. Surge de la suma por estacionalidad y para cada tipo de vagón, de los **vagones necesarios por mes**. Un correcto valor de este total significa :
 - ➡ Asignación de cada tipo de vagón para cada tráfico
 - ➡ Distribución de probabilidades para la variable **TN/VAG**
 - ➡ Rotaciones de vagones para cada tráfico

A continuación se muestra la tabla con los valores correspondientes a cada tipo de vagón. Es importante hacer la aclaración que el hecho de que para este cálculo aparezcan valores aleatorios de variables con distribución de probabilidades (como lo son las rotaciones y las TN/VAG), hace que los valores hallados puedan tener cierto margen de variación cada vez que se obtienen nuevas muestras de las variables en cuestión.

TIPO DE VAGON	ESTACIONALIDAD	TOTAL DE VAGONES
GRANERO	PICO	2.190
GRANERO	POS PICO	2.160
GRANERO	VALLE	1.943
CUBIERTO	PICO	358

CUBIERTO	POS PICO	460
CUBIERTO	VALLE	302
TOLVA	PICO	303
TOLVA	POS PICO	387
TOLVA	VALLE	319
TANQUE	PICO	310
TANQUE	POS PICO	244
TANQUE	VALLE	319
PC	PICO	377
PC	POS PICO	383
PC	VALLE	394
PORTABOBINA	PICO	58
PORTABOBINA	POS PICO	66
PORTABOBINA	VALLE	55
BORDE ALTO	PICO	184
BORDE ALTO	POS PICO	182
BORDE ALTO	VALLE	192

Realizando la comparación del caso, efectivamente, la cantidad de vagones utilizados por mes según el MODELO se corresponde con los realmente usados.

- **Disponibilidad de Locomotoras:** Hace referencia al total de locomotoras aptas para el servicio. Al igual que para los vagones, se obtendrá el total por estacionalidad pero no se contempla por tipo de locomotora ya que no se cuenta con información sobre el modo en que cada tipo de locomotora fue asignado a cada tráfico (de hecho, no existe una relación tan directa como para establecer que determinado tráfico requiere de determinado tipo de locomotora, pues en general, la asignación de una locomotora a un operativo tiene que ver principalmente con la disponibilidad de las mismas). Valores acordes a los datos oficiales nos indican haber establecido correctamente:

- ➡ Cantidad de trenes por tráfico
- ➡ Asignación de cantidad de locomotoras por tren
- ➡ Rotación de locomotoras por tráfico

Los totales correspondientes a esta variable son los presentados a continuación y efectivamente se corresponden con el parque dinámico real:

DISPONIB LOCOM.	
PICO	61
POS PICO	64
VALLE	48

- **Plantel de Conductores:** De la misma manera que se efectuó para las locomotoras y los vagones, se debe constatar que la asignación de los conductores por tráfico de un total de conductores necesarios que sea conforme al plantel disponible en cada período de estacionalidad definido. Nuevamente, de obtenerse valores

semejantes a la realidad, estaría indicando haber definido adecuadamente:

- Cantidad de parejas por tráfico (tanto para la circulación como para asistencia)
- Relación cantidad de parejas vs. Tiempo de circulación
- Total de horas extras promedio por persona por jornada

La tabla siguiente muestra los valores arrojados por el modelo para este caso, valores que se asemejan al plantel de conductores de NCA:

TOTAL DE CONDUCTORES	
PICO	337
POS PICO	336
VALLE	312

Con la validación del plantel de conductores se concluye con la validación del MO, es decir, queda demostrada que la base de dato de la que se nutre el SIPLARE representa la realidad operativa de la empresa piloto, y por lo tanto la información generada es confiable para la toma de decisiones, cumpliendo de esta forma con el objetivo principal.-

Propuesta

Como hemos energéticamente demostrado, el sistema aquí desarrollado propone:

- Ser de gran utilidad cuando se aplique sobre empresas que hayan alcanzado el nivel de pleno empleo, y donde la única salida alternativa a grandes inversiones sea la búsqueda de una eficiente explotación de sus recursos disponibles.
- Analizar alternativas operativas en la asignación de recursos a fin de poder planificar la disponibilidad de los mismos y su distribución entre los diferentes tráficos.
- Conocer el Punto de Equilibrio de cada uno de los tráficos ferroviarios actuales y potenciales.
- Conocer/seleccionar la alternativa óptima, considerando la "mejor" aquella que acuse la mayor rentabilidad.
- Definir Tarifas Competitivas asegurando una rentabilidad deseada.
- Evaluar las repercusiones en términos de costos que generarían hipotéticas inversiones en los recursos ferroviarios disponibles, esto es, vías, material rodante, mano de obra directa.
- La aplicación de Mecanismos de Sensibilización que permitan estimar los efectos que tendrán variaciones en los componentes de la estructura de costos sobre el Costo Total.
- Mayor velocidad en la respuesta a consultas comerciales.
- Servir como herramienta de medición del desempeño de la empresa.
- Servir como herramienta para detectar donde se producen los desvíos/errores.

Para el desarrollo del SIPLARE se creó un **Comité de trabajo** liderado por la Gcia. Comercial y la Gcia. de Operaciones, con la colaboración de la Gcia. de Administración (sistemas y Administración). La realización del presente proyecto corresponde a las tareas por las cuales cada uno de los integrantes del comité fue contratado.

Si se hubiera optado por la tercerización del desarrollo de un programa de estas características, hubiera significado para NCA un alto costo de programación. Según cotizaciones recibidas, la realización del SIPLARE por cuenta propia, significa un ahorro de:

- \$ 50.000/\$ 70.000 en el desarrollo del programa ajustado a las necesidades específicas de NCA.
- \$ 7.000 por mes (6 meses mínimos) de mantenimiento y puesta a punto.

El sistema aquí desarrollado será presentado al Directorio de nuestra empresa piloto, una vez que culminemos con éxito la etapa de **prueba y puesta a punto** (marzo/abril 2009). A dicha presentación oficial le seguirá la correspondiente registración.-

Bibliografía

- GIMENEZ, Carlos María – *Costos para Empresarios* – Edit. Macchi – 1° edición – 1995 - Buenos Aires, Argentina.
- HILDEBRAND, David K.; OTT, R. Lyman – *Estadística Aplicada a la administración y a la economía* – Edit. Addison Wesley Iberoamericana – 1° Reimpresión – 1998 – México DF, México.
- MANKIWI, N. Gregory – *Principios de Economía* – Edit. Mc Graw-hill 3° Edición – 2004 – Madrid, España.
- NASTRI, Emilio A. – *Mecánica de la Tracción* - Edit. UBA – 2° edición – 1980 – Buenos Aires, Argentina.
- RAYBURN, Gayle L. – *Contabilidad y Administración de costos* - Edit. Mc Graw-hill - 6° edición – 1999 – México DF, México.
- SANCHEZ, Claudio – *Guía de funciones de EXCEL, Vol. 1*– MP Ediciones – 1999 - Buenos Aires, Argentina.
 - *Proyectos con Macros en EXCEL* – PC Forum Ediciones – 1999 – Buenos Aires, Argentina.
- VÁZQUEZ, Juan Carlos - *Costos (Economía de la producción en general)* - Edit. Aguilar - 2° edición – 1992 – Buenos Aires, Argentina.

Trabajos de Investigación y Publicaciones Oficiales

- Anuario 2007 – *En el 150° aniversario de los Ferrocarriles Argentinos* - FERROCAMARA - 2007 – Buenos Aires, Argentina.
- Quintero, Eric Moreno – *Comparación de tres métodos de costeo de servicio de transporte de carga ferroviario* – *Publicación técnica n° 120* de la Secretaría de Comunicación y Transporte de México (Instituto Mexicano del Transporte)- 1999 - San Fandila, Querétaro, Arteaga, México.
- Min. de Obras y Servicios Públicos. Subsecretaría de Transporte - *Tabla de remolque para trenes de carga traccionados por locomotoras Diesel-Eléctrica* – 2004 – Buenos Aires, Argentina-

Publicaciones por Internet

- **Evolución de la Industria Nacional Argentina**
<http://www.monografias.com/trabajos14/industarg/industarg.shtml?monosearch#INTRO>
- **Ferrocarriles Argentinos**
<http://www.monografias.com/trabajos54/ferrocarriles-argentinos/ferrocarriles-argentinos.shtml?monosearch#intro>

- **Siglo y medio de ferrocarriles en Argentina**
<http://www.monografias.com/trabajos51/ferrocarriles-argentina/ferrocarriles-argentina.shtml?monosearch>
- **Macroeconomía: Teoría del Crecimiento y el desarrollo económico**
<http://www.monografias.com/trabajos32/teoria-crecimiento/teoria-crecimiento.shtml?monosearch>

Paginas de Internet

- **La privatización y regulación de los ferrocarriles Argentinos.**
http://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/num_anteriores/Vol.X_No.I_1ersem/FR_Vol.X_No.I_1sem.pdf

Palabras Claves

SIPLARE = Sistema de Planificación para la asignación de Recursos, en este caso aplicable al sistema Ferroviario Argentino de Cargas.

Modelo Operativo (MO) = Base de datos de la que se nutre el SIPLARE (en este caso ejercicio 2005/2006).

Operativo = Se denomina como tal al conjunto de vagones que representa un pedido a satisfacer.

Tráfico = Movimientos de carga con igual **CLIENTE-ORIGEN-DESTINO-PRODUCTO-MES**.-

Glosario

Rail form A = fórmula para determinación de costos del servicio ferroviario de carga elaborada por la Interstate Commerce Commission (ICC) en 1943.-

Uniform Rail Costing System (URCS) = Sistema de costeo ferroviario uniforme

Activity Based Costing (ABC) = método de costeo, el cual establece que los productos no son los causantes del costo, sino las actividades requeridas para producirlos. Este método tiene como objetivo resolver el problema de la asignación de los costos indirectos de fabricación en la industria manufacturera.

TRCP = TEM/RECAP Control Program desarrollado por la American Association of Railroads (AAR). Es un Simulador de corrida de trenes, el cual está compuesto por dos módulos: el módulo **Train Energy Model (TEM)** (simula el comportamiento físico de un tren), y el módulo **Rail Energy Cost Analysis Package (RECAP)** que es el programa de cálculo de costos asociados a la corrida del tren.

TM COST = modelo de costos, también desarrollado por la AAR para estimar los costos de mantenimiento de vía para un servicio específico de tren.