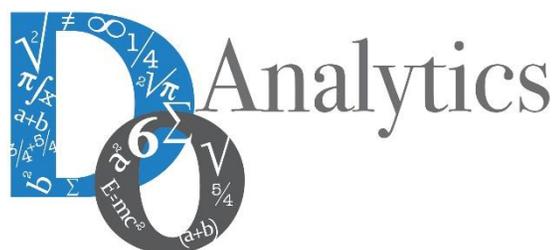


IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES PARA RUTEO URBANO



MANUAL DEL TUTORIAL (DOCUMENTO DE TRABAJO)

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD INTELECTUAL DE DO ANALYTICS LLC. Y SE ENTREGA CON EL ENTENDIMIENTO DE QUE SE UTILIZARÁ EXCLUSIVAMENTE EN LA EVALUACIÓN Y USO DEL PRODUCTO OPTeX MATHEMATICAL MODELING SYSTEM, Y SE MANTENDRÁ EN FORMA CONFIDENCIAL, PROTEGIÉNDOLO CONTRA INSPECCIÓN DE TERCERAS PERSONAS NO AUTORIZADAS EXPLÍCITAMENTE POR DO ANALYTICS LLC.



Noviembre 2015

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

AL LEER ESTE DOCUMENTO EL LECTOR RECONOCE QUE EL MISMO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL PROPIEDAD INTELECTUAL DE DO ANALYTICS LLC Y ACEPTA QUE LO MANTENDRÁ EN FORMA CONFIDENCIAL, GUARDÁNDOLO CONTRA INSPECCIÓN DE TERCERAS PERSONAS Y DE ORGANIZACIONES NO AUTORIZADAS EXPLÍCITAMENTE POR DO ANALYTICS.

EL LECTOR RECONOCE QUE LA METODOLOGÍA DE DESARROLLAR MODELOS DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA BASADOS EN LA CONFIGURACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y SU POSTERIOR PROCESAMIENTO ES PROPIA Y ORIGINAL DEL PRODUCTO OPTeX MATHEMATICAL MODELING SYSTEM (OPTeX), QUE LA MISMA FUE DESARROLLADA INICIALMENTE POR DECISIONWARE LTDA. Y QUE ACTUALMENTE ES PROPIEDAD DE DO ANALYTICS LLC.

EL LECTOR ACEPTA QUE ÉL SABE QUE LEER Y/O ESTUDIAR (O FACILITAR QUE ALGUIEN LEA O ESTUDIE) ESTE DOCUMENTO CON LA INTENCIÓN DE COPIAR / CAMBIAR / MEJORAR / SIMPLIFICAR / DESINTEGRAR / INTEGRAR / ESPIAR (O CUALQUIER OTRA ACTIVIDAD SIMILAR)

- i) LA METODOLOGÍA IMPLÍCITA EN OPTeX,
- ii) LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE OPTeX,
- iii) LOS PROGRAMAS DE COMPUTADOR GENERADOS POR OPTeX, Y/O
- iv) LAS INTERFACES DE ACCESO ASOCIADAS A LOS PROGRAMAS QUE INTEGRAN OPTeX

CORRESPONDE A UNA VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL DE DO ANALYTICS Y ENTIENDE QUE DOA PODRÁ TOMAR LAS ACCIONES LEGALES PERTINENTES PARA PROTEGER SUS DERECHOS.

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO NO PODRÁ SER REVELADA A TERCEROS Y NO DEBERÁ SER COPIADA DIGITALMENTE NI FOTOCOPIADA, NI USADA NI REVELADA, EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, PARA NINGÚN OTRO PROPÓSITO DISTINTO AL USO INTERNO.

ESTA RESTRICCIÓN NO LIMITA EL DERECHO DEL LECTOR PARA UTILIZAR LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE INFORME, QUE SEA DE DOMINIO PÚBLICO O SI ES OBTENIDA DE OTRAS FUENTES SIN RESTRICCIONES.

TODA LA INFORMACIÓN DEL TERCERO A LA QUE DO ANALYTICS TENGA ACCESO COMO RESULTADO DE ESTE PROCESO DE DIFUSIÓN DE LOS SERVICIOS Y DE LOS PRODUCTOS QUE OFRECE DO ANALYTICS SERÁ MANTENIDA EN FORMA ESTRICTAMENTE CONFIDENCIAL POR DO ANALYTICS Y POR LOS PROFESIONALES DE DO ANALYTICS QUE SE VINCULEN AL PROCESO.

LA FORMULACIÓN ALGEBRAICA PRESENTADA EN ESTE DOCUMENTO Y EN EL SOFTWARE QUE CONTIENE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS EN OPTeX SOLO PUEDE SER UTILIZADA CON PROPÓSITOS ACADÉMICOS Y DE APRENDIZAJE EXCLUSIVAMENTE DE OPTeX; SI SE DESEA UTILIZAR LA FORMULACIÓN ALGEBRAICA Y/O LOS PROGRAMAS DE COMPUTADOR CON PROPÓSITOS COMERCIALES SE DEBE ADQUIRIR UNA LICENCIA FORMAL DEL SOFTWARE. PARA UTILIZAR ESTE MATERIAL COMO PARTE DE UN PROCESO LIBRE SE DEBE TENER UNA AUTORIZACIÓN ESCRITA Y FIRMADA POR DO ANALYTICS.

DO ANALYTICS MANTIENEN LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO Y PODRÁ SOLICITAR SU DEVOLUCIÓN Y/O SU DESTRUCCIÓN EN CUALQUIER MOMENTO.



Para facilitar la comprensión de la forma de uso de **OPTEX Mathematical Modeling System, DO ANALYTICS (DOA)** ha seleccionado el problema de ruteo de vehículos (**VRP**), el cual hace parte de los servicios prestados por el sistema **OPCHAIN-TSO (Transport Systems Optimization)** desarrollado por **DecisionWare International Corp. (DW, Business Partner de DOA)**. A continuación se presenta de manera detallada el proceso de modelaje y de montaje del software de la aplicación **VRPDSS** con base en el cual se construye el Sistema de Soporte de Decisiones **VRPDSS**.

La formulación algebraica presentada en este documento y en el software que contiene la implementación de los modelos matemáticos en **OPTEX** solo puede ser utilizada con propósitos académicos y de aprendizaje de **OPTEX**; si se desea utilizar la formulación algebraica y/o los programas de computador con propósitos comerciales se debe adquirir una licencia formal del software a **DecisionWare International Corp.**

La organización del **TUTORIAL** está dividida en dos partes:

1. La implementación, desde cero, paso a paso, de un problema de optimización tipo **VRP**, cuya formulación matemática se asume ya está realizada. Esta implementación se realiza en **EXCEL** y se importa manualmente a **OPTEX** hasta llegar a generar programas **GAMS, C** y **OPL**. Esta parte se presenta en el documento **Manual Tutorial OPTEX Implementación Modelo VRP**.
2. La presentación de la aplicación **VRP**, que contienen una variedad de problemas de optimización que son una variación del **VRP**. Esta parte corresponde al cuerpo del presente documento.

SUGERENCIA:

Si el lector no está familiarizado con **OPTEX** se sugiere descargue de las siguientes **URLs** una presentación general y un descriptivo de **OPTEX**.

- <http://www.doanalytics.net/Documents/OPTEX-Presentation.pdf>
- <http://www.doanalytics.net/Documents/OPTEX-Mathematical-Modeling-System-Descriptivo.pdf>

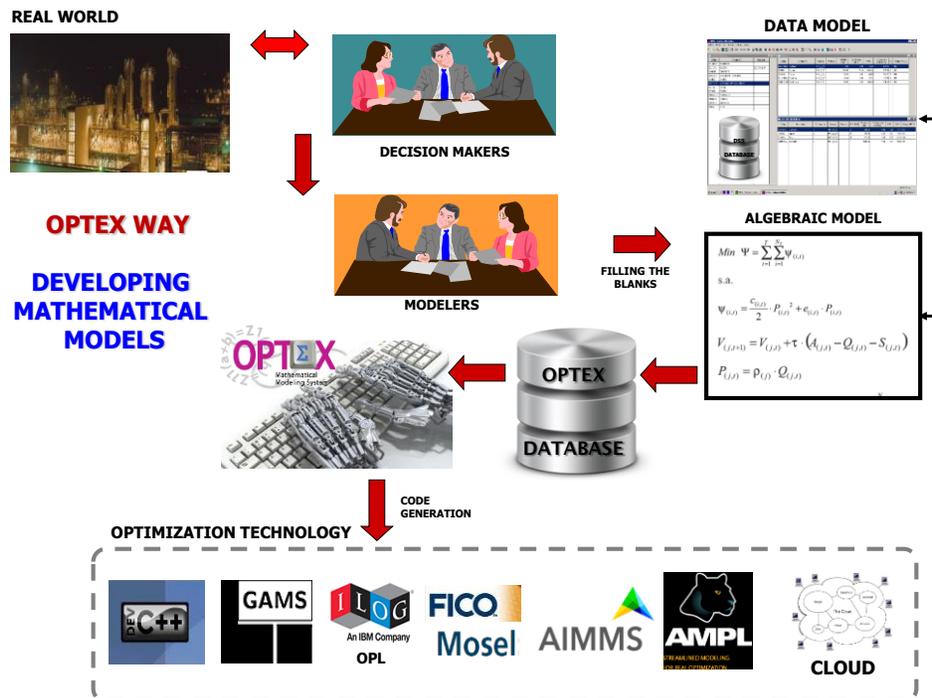
1. OPTEX MATHEMATICAL MODELING SYSTEM

1.1. OPTEX MATHEMATICAL MODELING SYSTEM

OPTEX Mathematical Modeling System es una herramienta computacional rápida, orientada al diseño, la implantación, la puesta en marcha y el mantenimiento de un **SSD (Sistema de Soporte de Decisiones)**, concebidos como la unión de modelos matemáticos de optimización con sistemas de información (modelos de datos) siguiendo los lineamientos modernos de Programación Orientada a Objetos (**Object Oriented Programming**), evitando el consumo intensivo de recursos de programación de computadores en el desarrollo y en el mantenimiento de soluciones computacionales basadas en los conceptos de programación matemática.

Basado en una filosofía de desarrollo concurrente, en tiempo real, **OPTEX** permite reducir las labores de programación al mínimo; a partir de la formulación de los modelos matemáticos, y de su vinculación con el modelo de datos, **OPTEX** genera en línea el "**front-end**" para el usuario final, sin realizar labores de programación de códigos computacionales o labores complicadas de encadenamiento de ejecutables. Lo anterior se traduce en la disponibilidad inmediata de las adiciones y/o de los cambios realizados, y por ende en ahorro de tiempo, el cual puede ser utilizado más eficazmente en el modelaje matemático de los procesos y en el diseño de la interfaz de los **SSDs** con otras herramientas informáticas de la organización usuaria, como pueden ser los **ERPs**, los **GISs**, ...

OPTEX se concibe como una meta-herramienta que permite con un solo ejecutable desarrollar "todos" los modelos matemáticos que se requieran y en las plataformas informáticas que se requieran (**C, GAMS, IBM ILOG OPL, ...**), integrándolos automáticamente al sistema de información de apoyo.



OPTeX soporta todas las actividades requeridas para implementar en sistemas reales soluciones basadas en múltiples modelos matemáticos integrados en un **SSD**. El proceso a seguir para cada modelo matemático se puede resumir en los siguientes pasos:

- Modelamiento matemático, cuyo producto es un modelo algebraico conceptual;
- Modelamiento de los datos, cuyo producto es el modelo de datos de un sistema de información;
- Implementación automática del sistema de información;
- Generación de modelos numérico de un escenario para el sistema real, el cual es el resultado de la interpretación de los datos del sistema de información utilizando el modelo algebraico;
- Solución del problema numérico por medio de algoritmos especializados de acuerdo con el formato del problema;
- Almacenamiento de la solución en el sistema de información; y
- Consulta y direccionamiento de los resultados del modelo.

Los modelos matemáticos se integran en un solo ambiente alrededor de un solo modelo de datos del sistema real que se está optimizando, lo que conlleva un cambio con respecto al ambiente tradicional de desarrollo de **SSDs** al vincularlos directamente a los modelos de datos de un sistema real.

Los módulos de procesamiento permiten que **OPTeX** funcione como un sistema integral que ofrece al usuario una gama de posibilidades que garantizan eficacia y flexibilidad al enfrentar el proceso de implementación de un **SSD**. Los módulos de procesamiento son:

MÓDULOS DE PROCESAMIENTO DE OPTeX
<p style="text-align: center;">OPTeX-GUI - INTERFAZ VISUAL DEL USUARIO (Visual User Interface)</p> <p>Por medio de OPTeX-VUI los usuarios acceden a todos los componentes del sistema de información de OPTeX y de la aplicación desarrollada; de esta forma permite: i) formular los modelos matemáticos y todas sus componentes; ii) diseñar e implementar la interfaz de usuario de la aplicación, y iii) preparar, validar y consultar los datos para la ejecución de los módulos relacionados con la solución de los modelos matemáticos. Para manejar con propiedad esta interfaz se recomienda al lector consultar el Manual de Usuario de OPTeX-GUI.</p>
<p style="text-align: center;">OPTeX-EXE – PROCESADOR DE LA BASE DE DATOS</p> <p>Por medio de OPTeX-EXE los usuarios acceden a todos los componentes del sistema de información de OPTeX de forma tal de resolver los problemas matemáticos que han formulado, y/o generar los códigos computacionales requeridos para implementar el SSD en la</p>

MÓDULOS DE PROCESAMIENTO DE OPTeX
plataforma seleccionada por el usuario: C, GAMS, IBM OPL, ... Para manejar con propiedad esta interfaz se recomienda al lector consultar el Manual de Usuario de OPTeX .
OPTeX-EXCEL-MMS – INTERFAZ DE OPTeX DESDE EXCEL Por medio de OPTeX-EXCEL-MMS los usuarios pueden utilizar EXCEL como medio para desarrollar modelos matemáticos haciendo uso de todos los servicios que proporciona OPTeX . Para manejar con propiedad esta interfaz se recomienda al lector consultar el Manual de Usuario de OPTeX-EXCEL-MMS .
OPTeX-WEB – INTERFAZ DE OPTeX DESDE LA WEB Por medio de OPTeX-WEB los usuarios EXCEL pueden enviar modelos matemáticos OPTeX para ser procesados por el servidor OPTeX-SERVER de DO ANALYTICS .
OPTeX-EXCEL-GUI – INTERFAZ GRÁFICA DE OPTeX EN EXCEL Por medio de OPTeX-EXCEL-GUI los usuarios OPTeX pueden utilizar EXCEL como medio consultar las tablas de entrada (OPTeX-EXCEL-GUI-IN) y de salida (OPTeX-EXCEL-GUI-OUT); para los resultados la interfaz ofrece generación "automática" de tablas y gráficas dinámicas. Para manejar con propiedad esta interfaz se recomienda al lector consultar el Manual de Usuario de OPTeX-EXCEL-GUI .

1.2. DOCUMENTOS DE SOPORTE

A continuación, se describe los documentos oficiales que sirven de soporte a los usuarios **OPTeX**, estos se dividen en documentos tipo manual (**.docx**) y tipo presentación de slides (**.pptx**), todos impresos en formato **PDF**.

Estos documentos están disponibles en dos fuentes:

- Archivo empaquetado que se baja durante el proceso de instalación de **OPTeX**,
- Documentos almacenados individualmente en el servidor web www.doanalytics.net

Estos últimos siempre corresponden a la última versión de **OPTeX** y del documento. Los archivos para descargar se presentan en las siguientes tablas, cada archivo está asociado a un hipervínculo que permite bajar la última versión del documento del sitio web de www.doanalytics.net.

ARCHIVOS A DESCARGAR
OPTeX-MMS: Instalación inicial
OPTeX-EXE: Actualización de los ejecutables
OPTeX-VRP: Actualización del tutorial VRPDSS

MANUALES DE SOPORTE
OPTeX Descriptivo General
OPTeX Instalación
OPTeX GUI-Usuario
OPTeX GUI-Administrador
OPTeX Usuario
OPTeX Administrador
OPTeX Administrador Validación de Datos
OPTeX Conectividad en Red
OPTeX Conectividad Tecnologías de Optimización
OPTeX Documentos RTF
OPTeX EXCEL-GUI Usuario
OPTeX EXCEL-MMS Usuario
OPTeX Lenguaje Algebraico
OPTeX Modelamiento del Sistema de Información SIDI
OPTeX Modelo de Datos SIMM
OPTeX Server Administrador
OPTeX Tutorial Implementación Modelo VRP
OPTeX Tutorial Implementación Sistema de Soporte de Decisiones VRP

PRESENTACIONES SLIDES
Presentación General OPTeX
Encadena con todas las presentaciones temáticas.

2. EL PROBLEMA DE RUTEO EN ZONAS URBANAS

El problema de ruteo de vehículos en zonas urbanas corresponde a modelo de programación mixta-lineal, que, a pesar de ser común, no es de fácil solución, ya que está relacionado con problemas combinatorios. Por dicha razón es necesario dividir el problema en varias facetas cada una de las cuales puede enfrentarse individualmente utilizando modelos de programación mixta-lineal de menor dimensión. En muchos casos obtener una solución factible, no óptima, ya es de gran utilidad.

Para el modelaje matemático del sistema de distribución se define a continuación la terminología utilizada en su descripción.

- **Vehículo:** Medio de transporte a utilizar para prestar los servicios el cual tiene una capacidad expresada en términos de peso (kg) y Volumen (m³) y unos costos fijos y variables asociados con el uso del vehículo.
- **Nodo:** Punto en el plano geo-referenciado que representa a la bodega, destinatarios, y clientes, estos deben ser visitado por un vehículo para prestar un servicio de carga/descarga de mercancías los cual tienen asociadas las siguientes características:
 - Cantidad de mercancía (demanda) de diferentes tipos para ser entregada o recogida.
 - Horarios de recepción o de entrega de mercancía.
 - Tiempos promedios requeridos para la carga o descarga de la mercancía.
 - Restricciones de movilidad de vehículos a los clientes por normas urbanas o por sitios de descarga en los clientes
- **Tramo vial:** Arco de la malla vial que puede ser utilizado por un vehículo cuando se está moviendo entre dos nodos.
- **Camino:** Conjunto de tramos viales que unen dos nodos.
- **Ruta:** Secuencia de nodos que debe visitar un vehículo para prestar los servicios.
- **Zona:** Agrupación de conjunto de nodos cuyas demandas de servicios debe ser atendida por un mismo conjunto de vehículos asignados a la zona.

2.1. EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Un sistema de información permite manejar un conjunto de entidades/objetos. Un modelo matemático requiere de un sistema de información, que define las entidades que hacen parte del modelo matemático, en el ambiente algebraico estas entidades se asocian a los índices (sub-índices) con las que se identifican los elementos del modelo matemático. En lo que sigue se pone entre paréntesis **()** el índice vinculado a la entidad/objeto que se describe.

El modelaje matemático representa el flujo de mercancía entre los nodos **(c)** del sistema de distribución: bodega (operador logístico) y destinatarios.

Los pedidos **(w)** de los destinatarios **(c)** activan el sistema de distribución, son estos los que determinan las rutas y la asignación de recursos del sistema. El operador logístico maneja una variedad de mercancías de diferentes clientes que son almacenadas en la bodega **(c)** contenidas en cajas **(b)** y que tienen asociado un peso y un volumen. Para la distribución y transporte de mercancía, el operador logístico cuenta con una flota heterogénea de vehículos **(v)**, propia y de terceros, que tienen asociados una capacidad de carga en peso y en volumen.

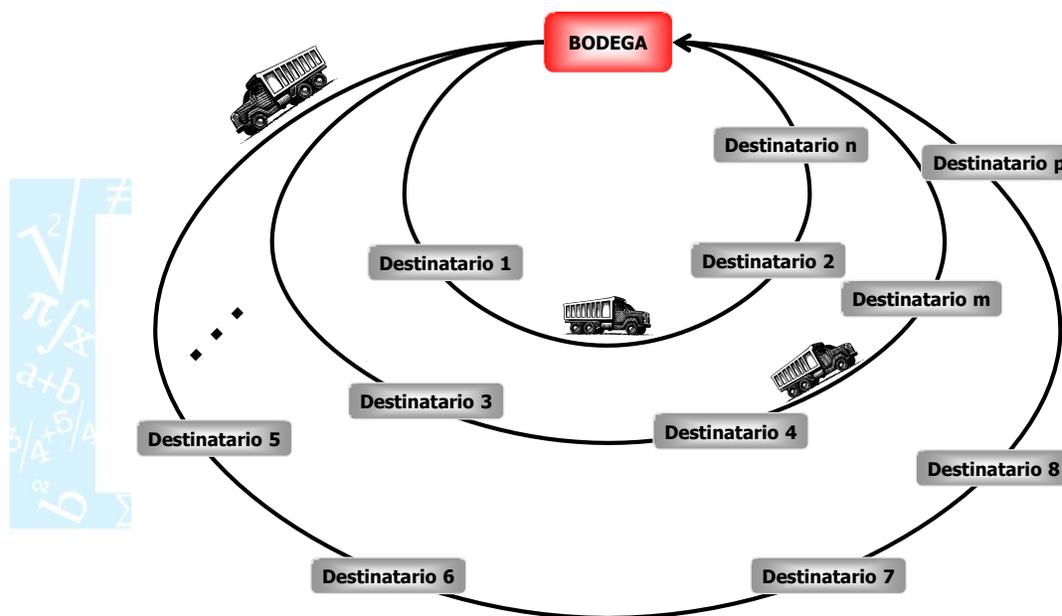
Los vehículos **(v)** realizan una actividad principal que es la **DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍA**, esta actividad consiste en entregar la mercancía de los clientes que está en la bodega **(c)** del operador logístico a los destinatarios **(c)** que mantienen relaciones comerciales con los clientes a los que el operador logístico le presta servicios. La flota de vehículos **(v)** del operador logístico tiene restricciones de tránsito, lo que impide que ciertos vehículos **(v)** puedan ir a ciertos destinatarios **(c)**.

FLUJO DE MERCANCÍA ENTRE NODOS



La siguiente gráfica presenta el flujo de mercancía entre los nodos (**c**), que es transportada en los vehículos (**v**) propios del operador logístico y de terceros contratados.

CADENA DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN



Los clientes (**c**) tienen horarios de recepción o entrega de mercancía (ventanas de tiempo) los horarios están determinados por días de la semana (**d**).

Si se está analizando un caso real, es posible que sea "imposible" resolver el problema de manera exacta por medio de un modelo de programación matemática en un tiempo aceptable. Para enfrentar este problema se puede incluir el concepto de zona (**z**) de forma tal de asociar los clientes y las rutas a zonas, lo que implica disminuir la complejidad del problema. Las zonas pueden ser de tipo "administrativo" o sea generadas con base en criterios propios del tomador de decisiones, o pueden ser el resultado del procesamiento de datos por medio de un modelo matemático que genere como resultado un proceso de "zonificación" óptimo. Ese problema no se considera en este tutorial. Dado que la planificación de rutas se da por zonas, el problema **VRP** se debe vincular a la zona para cada día de la semana, lo que implica que el problema **VRP** se puede expresar como **VRP(z,d)**.

Como resultado de la anterior conceptualización debe generar los índices que se requieren en los modelos matemáticos identificar las entidades u objetos que se van a manejar; adicionalmente, para cada entidad se requerirá una **tabla maestra** para almacenar los códigos y los atributos asociados a cada entidad física que haga parte del sistema. La siguiente tabla presenta un resumen de los índices utilizados involucrados.

ÍNDICES				
ÍNDICE	ENTIDAD OBJETO	DESCRIPCIÓN	TABLA MAESTRA	CAMPO RELACIONAL
b	Cajas	Recipiente en el que se protege, almacena y transporta la mercancía	CAJAS	COD_CAJ
c	Nodo	Punto espacial que debe ser visitado por un vehículo para prestar un servicio de carga y/o descarga de mercancías	NODOS	COD_NOD
d	Día	Día de la semana en la que se va realizar el despacho de los pedidos	DIAS	COD_DIA
v	Vehículo	Equipo de transporte a utilizar para prestar los servicios de transporte	VEHICULOS	COD_VEH
w	Pedido	Encargo de mercancía que realizan los clientes y deben ser despachados y transportados	PEDIDOS	COD_PED
z	Zona	Zonas en que se divide el espacio, a ellas se asocian los clientes. Cada zona implica un problema VRP independiente.	ZONAS	COD_ZON

Como regla general cada vez que se incluya una entidad, u objeto, al sistema de modelamiento matemático se debe adicionar un índice a la tabla de índices.

2.2. MODELAMIENTO DEL PROBLEMA

Al menos, cuatro modelos pueden llegar a requerirse para enfrentar el problema de zonificación vía modelos matemáticos:

AZR-ZON - ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE CLIENTES A ZONAS OPERATIVAS: orientado a apoyar el proceso de zonificación. No se considera en este tutorial.

AZR-REC - ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS A ZONAS OPERATIVAS: El objetivo de este modelo es la asignación a nivel "zonal" de recursos teniendo en cuenta una demanda estimada de servicios en una región integrada por múltiples zonas operativas. Se considera una zona operativa como la agrupación espacial de puntos de demanda final que se deben atender con un conjunto común de vehículos. El objetivo del modelo será la asignación agregada de vehículos de forma tal de obtener la asignación óptima de los recursos en las zonas operativas. Este modelo es necesario para poder atacar de manera independiente el problema de optimización de operaciones en cada zona operativa, tratando de mantener la optimalidad global de la operación en todo el sistema a nivel regional. Una versión de este modelo se incluye en el **VRPDSS** pero no se analiza en este tutorial.

VRP: OPTIMIZACIÓN DE ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS Y DESTINOS: orientado a apoyar la programación operativa diaria del despacho de vehículos. Este modelo opera permanentemente a nivel de una zona operativa, cumpliendo dos funciones: i) garantizar la factibilidad de la operación; y ii) minimizar los costos directos de la programación en ejecución. Los anteriores objetivos se cumplen de manera jerárquica, ya que se considera como prioritario el cumplimiento a tiempo de los compromisos adquiridos. Este tipo de modelo puede operar con base en ciclos, de forma tal que simultáneamente monitorea la operación y optimiza el costo asociado; para ello intercambiará permanentemente información con un sistema de interfaz en tiempo real con la posición de los vehículos, y con los ajustes los estimados de los tiempos/costos de viaje. El resultado será la programación detallada de las actividades para cada vehículo. El problema real debe respetar al menos tres tipos de restricciones: capacidad de carga y capacidad volumétrica de los vehículos y ventanas de tiempo para la atención del servicio en los destinos. Alrededor de un problema **VRP** pueden existir múltiples variaciones que dependen de las restricciones que se consideren incluyan y de la forma como se manejen esas restricciones (blandas o duras). La siguiente tabla presenta los modelos que se consideran en el sistema **VRPDSS** cuya clasificación se establece con base a las restricciones que considera

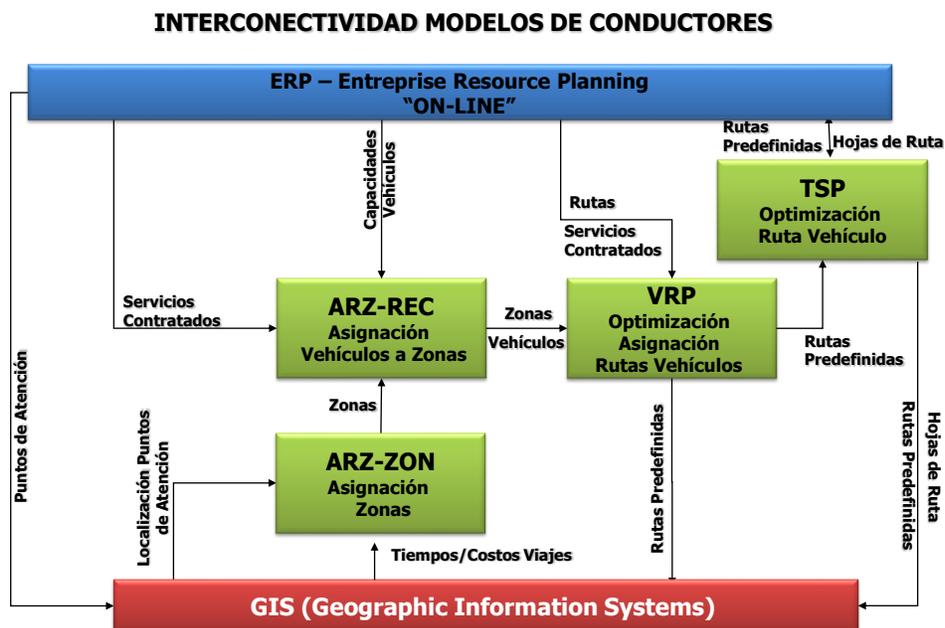
- **Básicas:** se incluyen en todos los modelos y pertenecen a la formulación del problema **VRP**.
- **Tiempo Total:** orientadas a establecer el tiempo total que dura la operación.
- **Ventanas de Tiempo:** tienen en cuenta el horario de atención que se han establecido con los clientes. Estas restricciones pueden tomarse en dos formas:
 - **Duras:** no se permite violar estas restricciones.
 - **Blandas:** Se permite su violación y se establece en la función objetivo un costo (penalización) asociado a su violación
- **Peso + Volumen:** garantizan que la carga del vehículo cumpla con las capacidades del vehículo en peso y en volumen.

- **Calculo Tiempo:** Permiten calcular el tiempo de los eventos que ocurren en el sistema.

MODELOS MÓDULO OPCHAIN-TSO-VRP					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIEMPO TOTAL	VENTANA DE TIEMPO	PESO + VOLUMEN	CALCULO TIEMPO
VRP	Ruteo Vehículos (VRP)				
VRP2C	Ruteo Vehículos (VRP) - Peso + Volumen			X	
VRPSTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)		B		X
VRPSTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)+Peso+Volumen		B	X	X
VRPT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempos				X
VRPTC	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total + Peso + Volumen	X			X
VRPTT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total	X			X
VRPTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPSTW)		D		X
VRPTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo (VRPTW) + Peso + Volumen		D	X	X

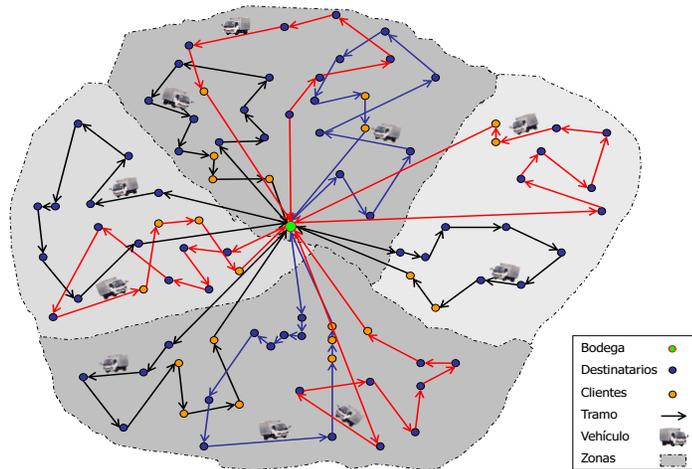
TSP: OPTIMIZACIÓN DE LA RUTA DE UN VEHÍCULO: orientado a optimizar la programación operativa diaria del despacho de vehículos. Este modelo opera permanentemente a nivel de un vehículo que ya tiene asignado el conjunto de destinos que debe atender, y corresponde al conocido problema de agente viajero (**T**Travel **S**alesman **P**roblem, **TSP**) incluyendo restricciones de ventanas de tiempo; el **TSP** se requiere dado que es posible, y bastante frecuente, que los modelos anteriores no hayan conseguido la solución óptima al problema **VRP** el cual implica problemas embebidos **TSP** para cada vehículo que hace parte del **VRP**. De esta forma se trata de optimizar la ruta del vehículo (secuencia de destinos) una vez se ha asignado los destinos que se deben atender, ya que la ruta propuesta por el problema **VRP** puede ser sub-óptima.

La siguiente gráfica presenta la inter-conectividad de los problemas; el problema total que se debe resolver corresponde a la programación de los vehículos para atender todos los pedidos desde un centro de distribución central (bodega).



Finalmente si los problemas **VRP(z)** no alcanzan a resolverse hasta el conseguir la solución óptima, es posible mejorar la solución/ruta para cada vehículo resolviendo un problema **TSP(v)** para cada vehículo **v**. Los resultados que se pueden obtener se presentan en la siguiente figura.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN



En el presente tutorial se han implementado los módulos **ARZ**, **VRP** y **TSP**. A continuación, se presenta todo el proceso seguido para la formulación matemática de los problemas relacionados con la función **VRP** y su implementación en **OPTeX**.

3. ACCESO A OPTeX-GUI

El acceso a **OPTeX-GUI** se controla por medio de un sistema de seguridad con base en la definición de usuarios, palabras clave y menús de acceso. Para acceder al sistema el usuario debe conocer su nombre de usuario y la palabra clave asignada, la que puede cambiar cuando considere conveniente.



SUGERENCIA:

Si el lector no está familiarizado con **OPTeX-GUI** se sugiere descargue una presentación específica sobre dicho tema de la siguiente **URL**.

- <http://doanalytics.net/Documents/OPTeX-GUI.pdf>

3.1. MENÚ DE LA VENTANA ANFITRIÓN PRINCIPAL

La ventana anfitrión principal corresponde al punto de entrada de los usuarios a **OPTEX-GUI** y su función principal es el manejo de los menús de navegación. Esta ventana tiene su propio menú de comandos en el cual se ofrecen servicios complementarios.



MENÚ DE LA VENTANA ANFITRIÓN PRINCIPAL



La siguiente tabla presenta los servicios asociados a cada icono de la barra de herramientas:

ICONO	DESCRIPCIÓN	ICONO	DESCRIPCIÓN
	Abrir Tabla xBASE		Explorar Modelo Datos - Interfaz GUI
	Abrir Tabla vía ODBC		Generación Estructuras OPTEX-GUI
	Abrir Documento OLE		Importar Sistema Información Modelos Matemáticos (SIMM)
	Vista con Íconos Grandes		Chequeo Estructura Sistema Soporte de Decisiones (SSD)
	Vista con Íconos Pequeños		Generar Documento Formulación (RTF)
	Vista con Lista Agregada		Exportar Sistema Información Modelos Matemáticos (SIMM a EXCEL)
	Vista con Reporte Detallado		Explorar Área Modelos Matemáticos
	Optimizar		Cascada
	Importar Tablas Sistema Información Industrial (SIDI)		Mosaico
	Generar Tablas Dependientes SIDI		Índice del Sistema de Ayuda
	Chequear Integridad SIDI		Ayuda por Contenido
	Explorar Área de Datos		Manuales OPTEX en PDF
	Exportar Tablas SQL a DBF		Manuales Aplicación en PDF
	Explorar Tablas		
	Generar Documento Modelo de Datos (RTF)		

Los anteriores servicios se describen con detalle en el **Manual de Administrador de OPTEX-GUI**.

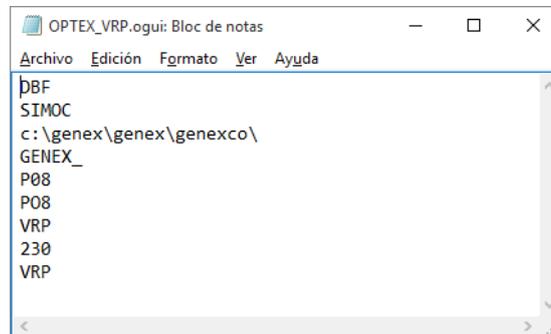
3.2. PERSONALIZACIÓN DE LA VENTANA DE LOGIN

Para personalizar el acceso a **OPTEX-GUI** el administrador debe configurar el archivo **GENEX.INI** el cual corresponde a un archivo texto sin formato que debe residir en el directorio **\BIN**.

La estructura del archivo **OPTEX-GUI.INI** es la siguiente (por orden de líneas):

1. Tipo de servidor: **DBF** (para **dBASE**) o **SQL** (Para servidores tipo **SQL**)
2. **DSN**: **ODBC** Data Source Name (para servidores tipo **SQL**).
3. Directorio Ubicación Base Datos **OPTEX-GUI** (para aplicaciones tipo **DBF**).
4. Prefijo Base Datos **OPTEX-GUI** (para aplicaciones tipo **SQL**).
5. Usuario de Acceso vía **ODBC** (para aplicaciones tipo **SQL**)
6. Clave de Acceso vía **ODBC** (para aplicaciones tipo **SQL**)
7. Usuario **OPTEX-GUI**
8. Posición Control, parámetro que ajusta la posición de las ventanas de manejo de tablas cuando se visualizan en vista tipo **FORMA**.
9. Clave **BMP (EEEE)**, indica el archivo tipo **BMP** que se utilizará para la ventana de acceso a **OPTEX-GUI** el cual se debe nombrar **OPTEX_EEEE.bmp**; este archivo debe producirse a partir de **MS-PowerPoint**, con slide en forma rectangular salvando la imagen como **.bmp**. El archivo **.pptx** que da origen a la personalización utilizada en el presente tutorial está incluido en la carpeta **\BIN**.

Alternativamente se puede configurar un archivo de control similar a **GENEX.INI** con cualquier nombre nemotécnico y con extensión **.ogui**, la cual se debe vincular a **OPTeX_GraphicsUsersInterface.EXE**, para acceder a aplicaciones específicas. En el directorio **BIN** se encuentra el archivo **VRP.ogui** y el archivo **.ppt** utilizado para generar el archivo **.bmp** utilizado en la ventana de login al **VRP**.



SUGERENCIA:

- Abra y revise el archivo **gene.ini** y el archivo **vrp.ogui**.
- Cree una personalización nueva para la aplicación **VRP** y vincúlela a su sistema como **vrp2.ogui**.
- Abra **OPTeX-GUI** vía **vrp2.ogui**

3.3. LOGIN A OPTeX-GUI

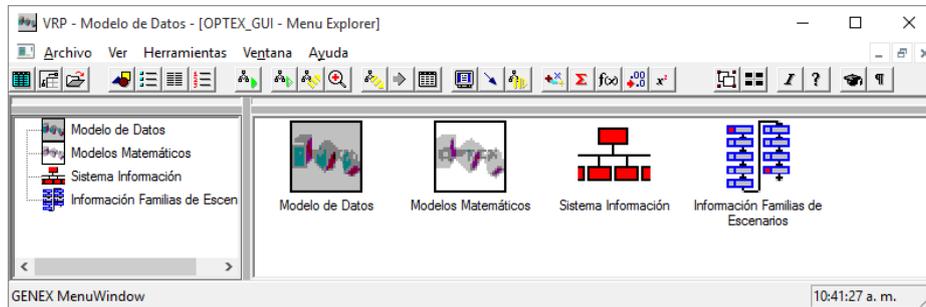
Para acceder a la aplicación el usuario puede hacerlo por medio de la pantalla de login a **OPTeX** la cual para el caso del archivo **VRP.ogui** debe lucir como se presenta a continuación.



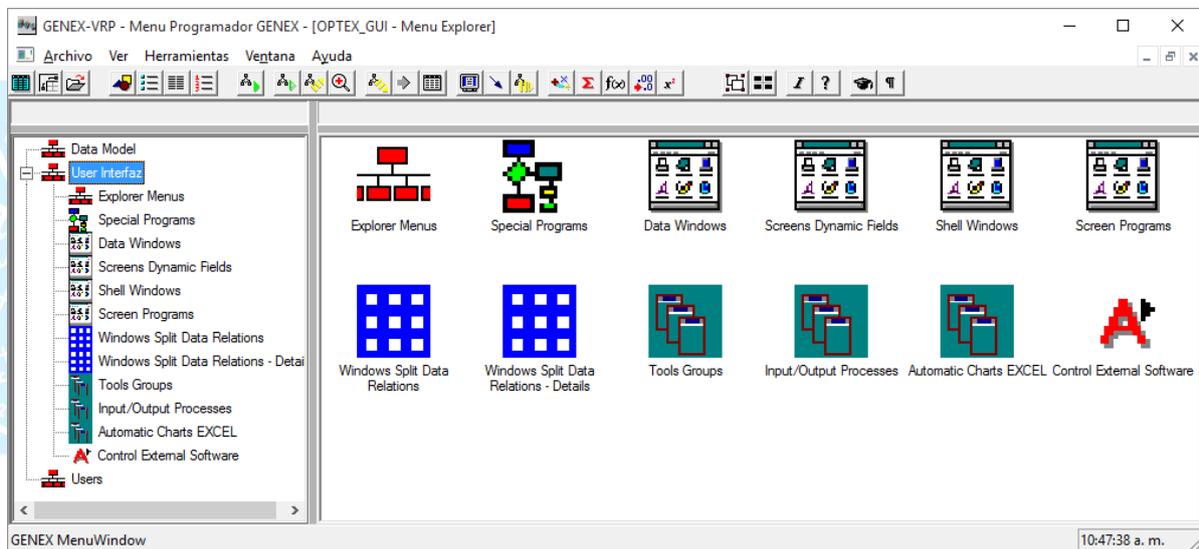
Como resultado el usuario tendrá acceso a una ventana de navegación de la interfaz de la aplicación **VRP** a partir de la cual se tendrá acceso a las cuatro áreas de trabajo de la aplicación **VRP**, a las cuales se accede por medio del clic sobre el icono correspondiente:

- **Modelo de Datos:** área en la que se configura el modelo de datos y las características de la interfaz de usuario de la aplicación **VRP**.
- **Modelos Matemáticos:** área en la que se configuran los modelos matemáticos de la aplicación
- **Sistema de Información:** área en la que se controla el acceso a las tablas que almacenan las bases de datos que **no** dependen de los escenarios correspondientes a los casos de estudio de **VRP**.

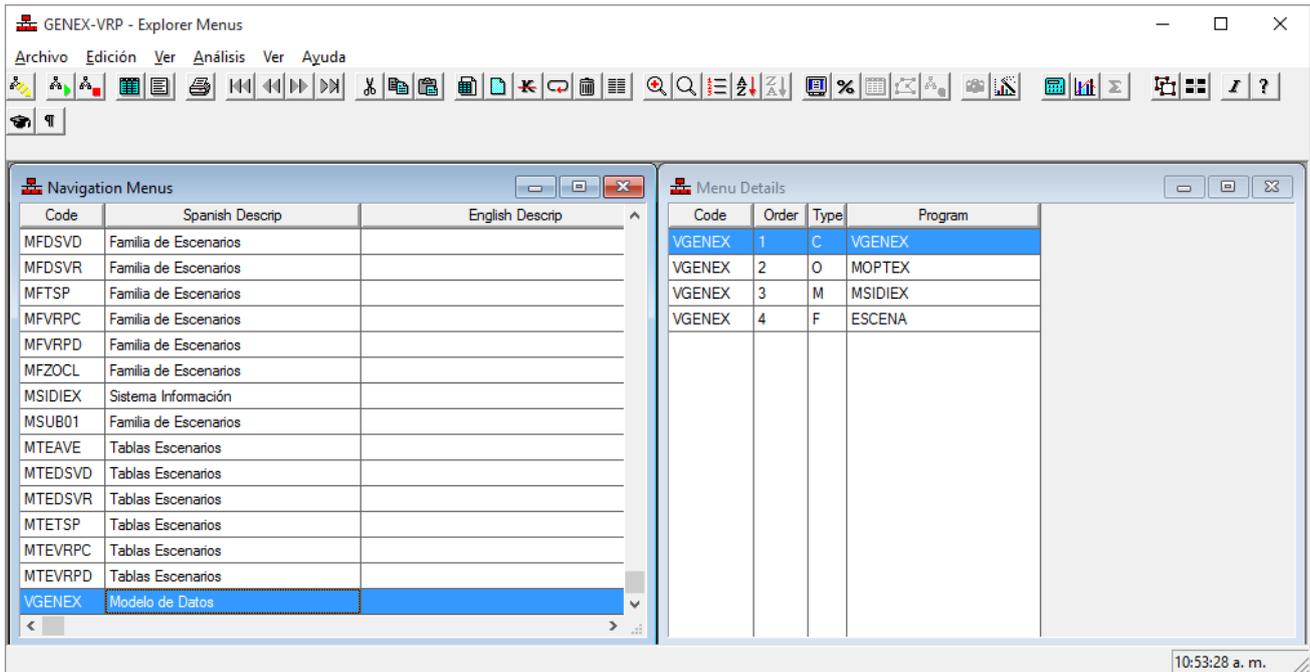
- **Sistema de Información de Escenarios:** área en la que se controla el acceso a las tablas que almacenan las bases de datos que dependen de los escenarios correspondientes a los casos de estudio de **VRP**.



Para configurar el menú de acceso de la aplicación se debe acceder al menú del **Modelo de Datos**, posteriormente al menú de la **Interfaz de Usuario** y de allí acceder a la tabla referenciada por **Menus de Exploración**.



La parametrización del menú de acceso **VGENEX** implica la definición de las opciones que aparecerán en el explorador **OPTeX**.

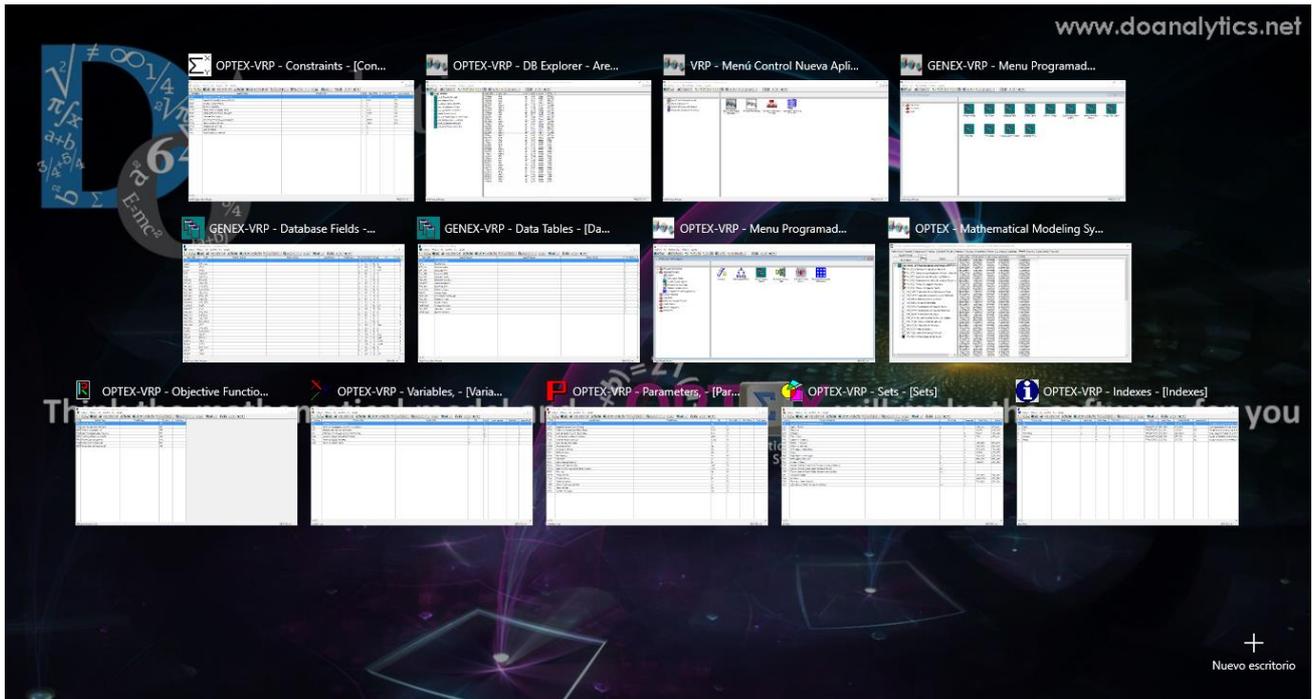


SUGERENCIA:

- Cree un nuevo menú de usuario
- Vincule dicho menú a un nuevo usuario.
- Abra la aplicación con el nuevo usuario.

3.4. MULTI-THREADED

OPTeX-GUI es una aplicación multiproceso (**multi-threaded**), lo que permite tener varias ventanas abiertas simultáneamente, esto para la comodidad del usuario y la compatibilidad con sistemas operativos y las pantallas modernas. Cada vez que el usuario abre una ventana contendora (**shell window**) se abre un proceso nuevo lo que permitiendo la exploración simultánea de múltiples tablas y áreas del sistema de información.



En **OPTeX-GUI** se manejan los siguientes tipos de ventanas contenedoras:

- **Tablas de Datos:** está asociada a una tabla del sistema de información y puede contener múltiples ventanas de datos. Una ventana de datos está vinculada a una tabla específica del sistema de información. La lógica de manejo se basa en un esquema de relación de tablas con base en una jerarquía establecida a partir de la tabla principal asociada a una tabla específica, la mayoría de los casos una tabla maestra; a partir de dicha tabla se pueden explorar las relaciones con otras tablas, cada una de dichas tablas permite explorar nuevas tablas y así sucesivamente.

The screenshot displays the OPBA - Plantas Procesadoras application window with several data tables:

- Plantas Procesadoras:**

Planta Procesos	Descripción	Corta
BQTC	Cervecería Barquisimeto	Cerv. Barquisimeto
CAGC	Cervecería Cagua	Cerv. Cagua
CBLC	Cervecería Ciudad Bolívar	Cerv. Bolívar
CGYC	Cervecería Ciudad Guayana	Cerv. Guayana
LTQC	Cervecería Los Teques	Cerv. Teques
MARC	Cervecería Maracaibo	Cerv. Maracaibo
PLCC	Cervecería Puerto La Cruz	Cerv. Puerto
VLCC	Cervecería Valencia	Cerv. Valencia
- Productos x Planta Procesadora:**

Planta Procesos	Producto	Horas-Hombre Hrs/H	Costo Unitario \$/Hl	HtIs H
BQTC	CDRA	0.002158	0.00	
BQTC	CLIG	0.001089	0.00	
BQTC	CPIL	0.004581	0.00	
- Planta Procesadora - Horas Disponibles:**

Planta Procesos	Fecha	Días Ordinarios Días	Días Extras Días
BQTC	01/01/2010	5.88	0.52
BQTC	01/02/2010	5.75	0.52
BQTC	01/03/2010	6.50	0.66
BQTC	01/04/2010	5.38	0.66
BQTC	01/05/2010	5.50	0.54
BQTC	01/06/2010	5.75	0.67
- Plantas Procesadora - Costo Recursos:**

Planta Procesos	Recurso	Fecha	Costo U/PV BsF/Unl
BQTC	HTL	01/01/2010	15000.00
- Recursos x Producto x Planta Procesadora:**

Planta Procesos	Producto	Recurso	Fecha	Recursos Elab. Unid/Hl
BQTC	CDRA	HTL	01/01/2010	1.00
BQTC	CLIG	HTL	01/01/2010	1.00
BQTC	CPIL	HTL	01/01/2010	1.00
- Plantas Procesadora - Condición Inicial:**

Planta Procesos	Producto	Inventario DECx1	PCC t=2 HtIs	PCC t=1 HtIs
BQTC	CDRA	10.000	135.96	90.64
BQTC	CLIG	2000.000	1620.36	1080.24
BQTC	CPIL	110.000	1035.63	690.42
- Fábricas:**

Fábrica	Descripción	Corta
BQT	Fábrica de Barquisimeto	Fábrica Barquisimeto

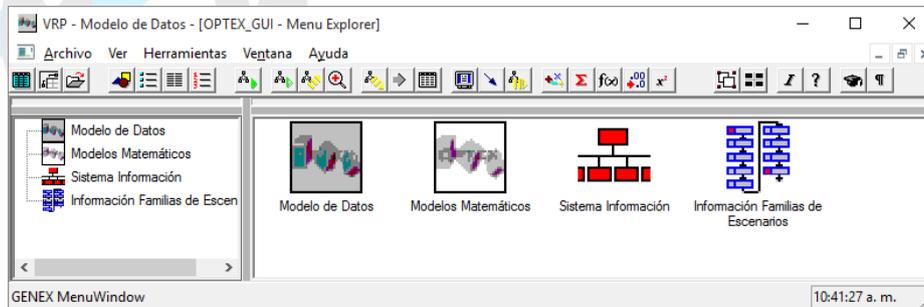
- **Áreas de Datos:** OPTeX permite explorar áreas de datos, un directorio o, un TABLESPACE vinculado a un ODBC. La exploración permite acceder a todas las tablas del área bajo exploración y si es el caso permite editar cualquier tabla. La exploración de los resultados de un modelo es un caso especial, en el que el usuario no puede editar las tablas.

COD_LIN	DES_LIN	DCE_LIN	COD_ENV	CEX	COR	HEX	HOR	CINV
L1-7000	60/10 VR	L1-7000	7000	0	0	0.00	0.00	0.000
L2-7000	120 VR	L2-7000	7000	0	0	0.00	0.00	0.000
L3-7000	BIDONES	L3-7000	7000	0	0	0.00	0.00	0.000
L4-7000	LINEA 144 COMBI	L4-7000	7000	0	0	0.00	0.00	0.000
L5-7000	LINEA BAG IN BOX - SAN L...	L5-7000	7000	0	0	0.00	0.00	0.000
L6-7000	ZEGLA 90/72	L6-7000	7000	0	0	0.00	0.00	0.000
L1-1020	HK-60	L1-1020	1020	0	0	0.00	0.00	0.000
L2-1020	KH5-96	L2-1020	1020	0	0	0.00	0.00	0.000
L3-1020	KRONES-140 VR	L3-1020	1020	0	0	0.00	0.00	0.000
L4-1020	KRONES-160 VR	L4-1020	1020	0	0	0.00	0.00	0.000
L5-1020	SEN-72	L5-1020	1020	0	0	0.00	0.00	0.000
L6-1020	SIDEL 120	L6-1020	1020	0	0	0.00	0.00	0.000
L1-7010	52 PET (MS)	L1-7010	7010	0	0	0.00	0.00	0.000
L2-7010	60 PET (SS)	L2-7010	7010	0	0	0.00	0.00	0.000
L1-6300	C- 40 PET	L1-6300	6300	0	0	0.00	0.00	0.000
L2-6300	C- 40 VR	L2-6300	6300	0	0	0.00	0.00	0.000
L1-1000	LINEA BAG IN BOX - JARAB...	L1-1000	1000	0	0	0.00	0.00	0.000
L2-1000	N-120	L2-1000	1000	0	0	0.00	0.00	0.000
L3-1000	N-132	L3-1000	1000	0	0	0.00	0.00	0.000
L4-1000	N-50	L4-1000	1000	0	0	0.00	0.00	0.000
L5-1000	N-60	L5-1000	1000	0	0	0.00	0.00	0.000
L6-1000	SIDEL 88 PET	L6-1000	1000	0	0	0.00	0.00	0.000
L1-5040	BIDONES 20 LTS	L1-5040	5040	0	0	0.00	0.00	0.000
L2-5040	Kronos 140	L2-5040	5040	0	0	0.00	0.00	0.000
L3-5040	Kronos 160	L3-5040	5040	0	0	0.00	0.00	0.000
L4-5040	SIDEL 120	L4-5040	5040	0	0	0.00	0.00	0.000
L5-5040	SIDEL 128-1	L5-5040	5040	0	0	0.00	0.00	0.000
L6-5040	SIDEL 128-2	L6-5040	5040	0	0	0.00	0.00	0.000
L1-2000	A1	L1-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L2-2000	A3 FLEX	L2-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L3-2000	A3-SQUARE	L3-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L4-2000	BIDONES 20 LTS	L4-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L5-2000	BIDONES 7 LTS	L5-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L6-2000	HF	L6-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L7-2000	LINEA 90 AGUAS	L7-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L8-2000	LINEA BAG IN BOX - SAN L...	L8-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L9-2000	M-40	L9-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000
L10-2000	TBA-22	L10-2000	2000	0	0	0.00	0.00	0.000

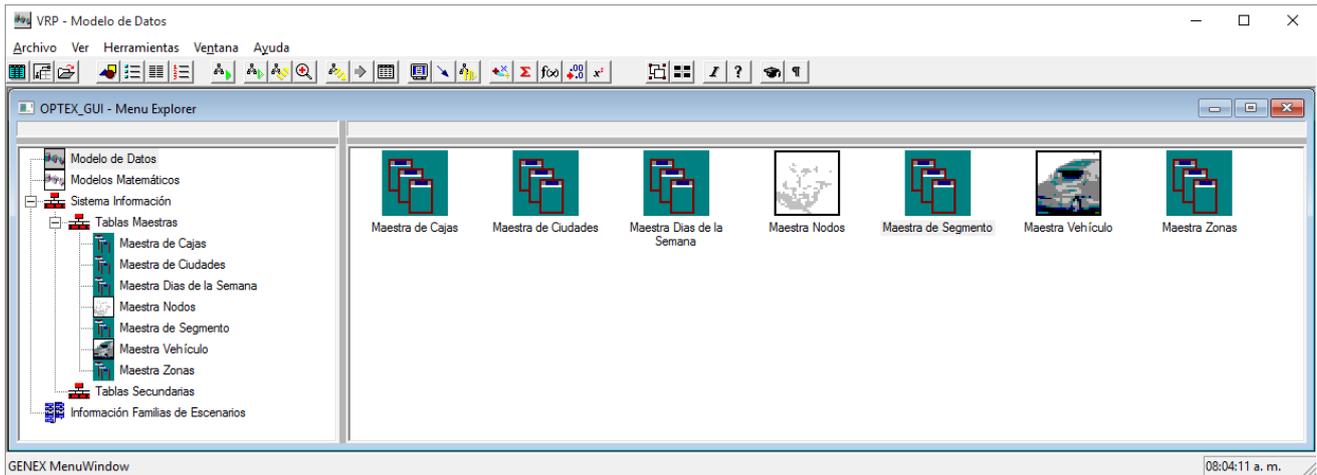
▪ **Menús de Exploración:** Es el medio de navegar dentro de los servicios de **OPTeX**; se deben considerar tres casos de exploración, los cuales dependen del área de **OPTeX** en la que esté operando el usuario:

○ **SIDI:** permite:

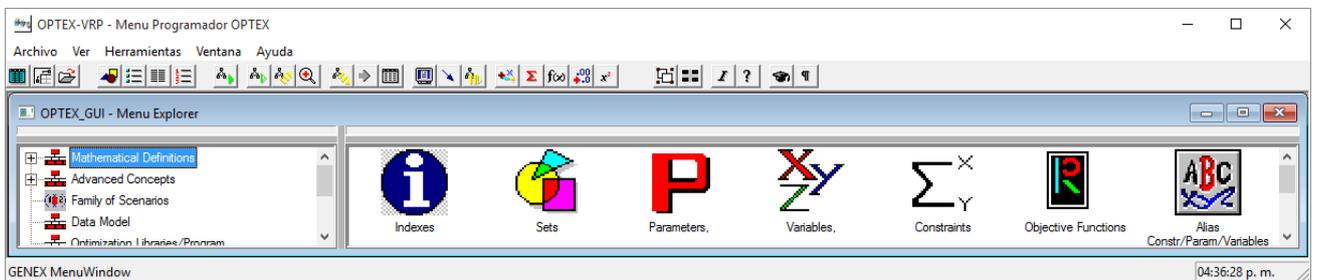
i) acceder a las otras ventanas de los menús de exploración; es el punto de entrada del usuario a **OPTeX-GUI**.



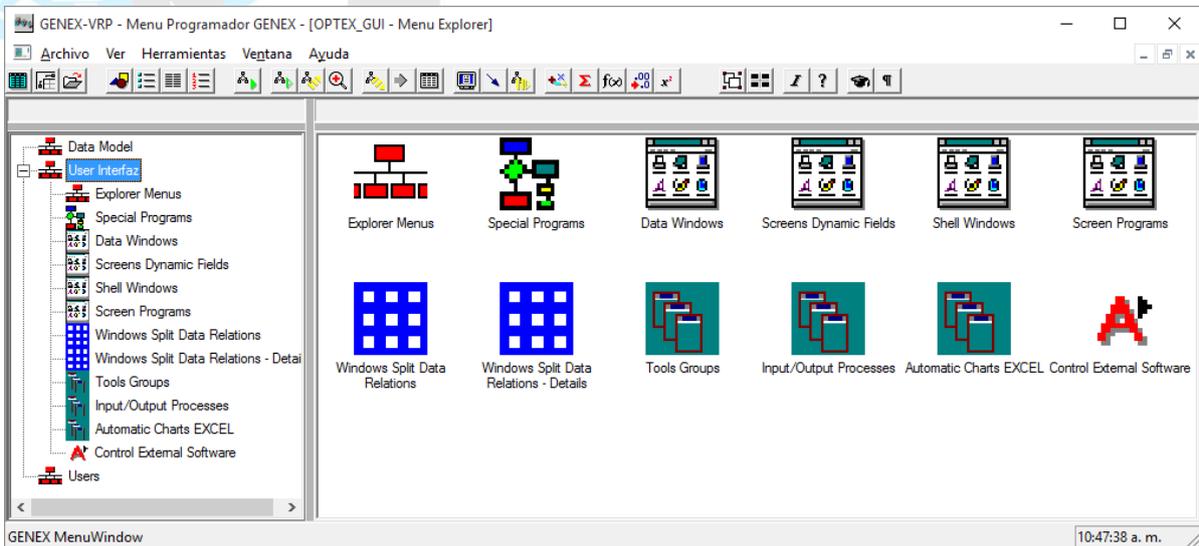
ii) explorar el área de datos industriales



- **SIMM – Modelos Matemáticos:** permite explorar todas las tablas asociadas a la formulación de los modelos matemáticos. Se activa desde la opción **Modelos Matemáticos**



- **SIMM – Modelo de Datos:** permite explorar todas las tablas asociadas al diseño y la implementación del modelo de datos y de la interfaz **GUI** del usuario final.



Para información detallada sobre el manejo de **OPTeX_GUI** se sugiere al lector consultar el **Manual de Usuario de OPTeX-GUI**.

SUGERENCIA:

- Explore **OPTeX-GUI** y ubique el acceso a las cuatro áreas de datos de la aplicación:
 - Modelo de Datos

- Modelos Matemáticos
- Sistema Industrial Permanente
- Sistema Industrial de Escenarios.
- Abra todas las tablas y familiarícese con su contenido.
- Al abrir una tabla siempre utilice la opción de abrir tablas relacionadas.

4. CREACIÓN DE LA APLICACIÓN

Este numeral aplica para usuarios que tienen instalado **OPTEX** en su computador. Para los usuarios que manejarán todo el proceso desde **OPTEX-EXCEL-MMS** esta numeral no tiene aplicación. Al lector interesado se le sugiere complementar la información consultando los siguientes documentos:

- **Manual del Administrador de OPTEX-GUI**
- **Manual del Administrador de OPTEX.**

4.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN RELACIONALES

En **OPTEX** se asume que la estructura del sistema de información (modelo de datos) sigue los principios de los sistemas de información (bases de datos) relacionales los cuales están soportados en la denominada algebra relacional.

Un sistema de información permite manejar un conjunto de entidades (objetos). Un modelo matemático requiere de un sistema de información, que define las entidades que hacen parte del modelo matemático, en el ambiente algebraico estas entidades se asocian a los índices (sub-índices) con las que se identifican los objetos incluidos en el modelo matemático (índices, conjuntos, variables, ...). Por lo tanto, para cada índice manejado en el modelo matemáticos debe existir una tabla maestra que almacene la información que caracteriza cada entidad física asociada al índice.

Una **Base de Datos Relacional (BDR)** cumple con el modelo de datos relacional que es el modelo más utilizado en la actualidad para implementar bases de datos. Las **BDR** permiten establecer interconexiones (relaciones) entre los datos (que están guardados en tablas), y a través de dichas conexiones relacionar los datos de ambas tablas, de ahí proviene su nombre: "Modelo Relacional". Tras ser postulados sus fundamentos, en 1970 por Edgar Frank Codd, de los laboratorios IBM en San José (California), el modelo relacional no tardó en consolidarse como un nuevo paradigma en los modelos de base de datos.

Junto con el modelo relacional, el Dr. Codd también propuso el álgebra relacional, un lenguaje formal con una serie de operadores que trabajan sobre una o varias relaciones para obtener otra relación resultado, sin que cambien las relaciones originales. Tanto los operandos como los resultados son relaciones, por lo que la salida de una operación puede ser la entrada de otra operación. Partiendo del cálculo relacional, el Dr. Codd desarrolló el primer lenguaje relacional llamado ALPHA el cual formó el fundamento para el posterior desarrollo del lenguaje **SQL** (Structured Query Language) para consultar bases de datos.

La estructura fundamental del modelo relacional es la relación/tabla, es decir una tabla bidimensional constituida por filas (tuplas/registros) y columnas (atributos/campos). Las relaciones representan las entidades que se consideran "interesantes/necesarias" en la base de datos. Cada instancia de la entidad encontrará sitio en una tupla de la relación, mientras que los atributos de la relación representan las propiedades de la entidad. Para distinguir una tupla de otra, se recurre al concepto de "llave primaria" o "código relacional", o sea un atributo o un conjunto de atributos que permiten identificar unívocamente una tupla/registro en una relación.

Los atributos de la llave primaria no pueden asumir el valor nulo (que significa un valor no determinado), ya que no permitirían identificar una tupla concreta en una relación. Esta propiedad de las relaciones y de sus llaves primarias se conoce como integridad de las entidades (integridad de la base de datos).

La normalización, o sea la razón y uso de las formas normales, es evitar la repetición innecesaria de datos (redundancia) los cuales pueden ser fuentes de inconsistencias. La primera (1NF), la segunda (2NF) y la tercera forma normal (3NF) fueron definidas originalmente por Codd en 1971 y son el soporte de la integridad de la

base de datos. Una solución a este problema es repartirlos en varias relaciones/tablas y utilizar referencias entre ellas. El proceso de normalización, por definición, incrementa el número de tablas lógicas que se manejan en el sistema de información.

SUGERENCIA:

Si el lector no está familiarizado con las bases de datos relacionales se sugiere consulte literatura técnica y los manuales técnicos de **OPTeX** relacionados con el tema, ya que esta información le será de ayuda al manejar los sistemas de información a los cuales acceden los programas de computación para resolver los problemas matemáticos:

- http://www.doanalytics.net/Documents/Modelo_Relacional.pdf
- <http://www.doanalytics.net/Documents/Manual-OPTeX-Modelamiento-Sistema-Informacion-SIDI.pdf>
- <http://www.doanalytics.net/Documents/Manual-OPTeX-Administrador-Validacion-Datos.pdf>

4.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN OPTeX

El sistema de información de una aplicación en **OPTeX** se compone de dos subsistemas:

- **SIMM**: Sistema de Información de Modelos Matemáticos
- **SIDI**: Sistema de Información de Datos Industriales.

El **Manual del Administrador de OPTeX-GUI** presenta la información requerida para el desarrollo y la administración de los sistemas de información del **SIDI**, o sea del sistema de información que va almacenar los datos de entrada a los modelos matemáticos que integran la aplicación **VRPDSS** y los resultados de la solución de los problemas matemáticos asociados a los modelos. Lo relacionado con el desarrollo y la administración de los modelos matemáticos (**SIMM**) debe consultarse en el **Manual del Administrador de OPTeX**.

Los datos correspondientes a la información técnica del sistema industrial (**SIDI**) se clasifican en dos tipos:

- **Datos permanentes** correspondientes a información técnica del sistema que es independiente de cualquier escenario; y
- **Datos no permanentes** asociados a la existencia o no de un escenario y que representan su variabilidad.

Por la razón anterior el **SIDI** está compuesto por dos subsistemas:

- Sistema de Información Industrial permanente **SII**; y
- Sistema de Información de Escenarios **SIE**.

En el **SIDI** se almacenan los valores de los parámetros y los elementos de los conjuntos de las soluciones de las variables de los modelos para los diferentes escenarios. El valor correspondiente a un parámetro y/o una variable puede estar almacenado en cualquiera de los dos subsistemas anteriores.

Tanto el **SII** como el **SIE** son sistemas de información que dependen de los modelos matemáticos. Con respecto al **SIE**, este se debe considerar como la unión de sistemas de información propios de cada escenario. La estructura de cada uno de estos sistemas de información es dependiente del escenario y la debe definir el usuario de acuerdo con los objetivos que busca cumplir con el estudio que está realizando.

4.3. ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

Previamente a la configuración del **SIMM** y del **SIDI**, se debe tener en cuenta la forma en la cual se debe organizar la información para el manejo integrado de todo el sistema. Bajo la concepción de **OPTeX**, un sistema de información está integrado por múltiples bases de datos que se conciben como áreas de información y se clasifican en:

- **Control de Sistemas de Información**: almacena las tablas correspondientes al modelo de datos de una aplicación. Implementada en tablas **DBASE**.
- **Control de Modelos Matemáticos**: almacena las tablas correspondientes a la formulación de modelos matemáticos de optimización. Implementada en tablas **DBASE**.

- **Datos:** almacena las tablas correspondientes a los datos a los que tiene acceso el usuario de la aplicación. En esta área se integran dos áreas de datos: la de los datos permanentes de la aplicación, y la de los escenarios de los modelos matemáticos. El usuario decide el tipo de bases de datos que desea manejar, puede ser en tablas **DBASE** o en un servidor tipo **SQL**.

En **OPTeX**, se consideran las siguientes áreas o directorios de datos:

- **Área de control de OPTeX-GUI:** almacena las tablas de control de **OPTeX-GUI**.
- **Área de control de OPTeX:** almacena las tablas de control del **SIMM**.
- **Área de control del SIDI:** almacena tablas de control del **SIDI**. Esta área controla todas las áreas en las cuales se subdivide el **SIDI** y la debe configurar el administrador de **OPTeX-GUI-OPTeX**.
- **Área de datos de los modelos matemáticos -SIMM-:** almacena los datos que definen los modelos matemáticos de optimización. Es controlada por el área de control de **OPTeX** y debe ser configurada por el administrador de **OPTeX**;
- **Área de datos del SIDI:** almacena los datos permanentes del **SIDI**, debe ser mantenida por los usuarios del **SIDI** y es controlada por el área de control del **SIDI**;
- **Área de datos de la familia de escenarios:** almacena los datos que son comunes a una familia de escenarios, debe ser mantenida por los usuarios del **SIDI** y es controlada por el área de control del **SIDI**. En esta área de datos **OPTeX** almacena datos relacionados con las estructuras matriciales de los modelos matemáticos;
- **Área de datos de los escenarios:** almacena los datos propios de un escenario, puede ser mantenida por los usuarios del **SIDI**, recibe los datos provenientes de la solución de los modelos, y es controlada por el área de control del **SIDI**. En esta área de datos **OPTeX** almacena datos relacionados con las estructuras matriciales de los modelos matemáticos.
- Los datos de la familia de escenarios se ubican a partir del área (directorio) raíz de escenarios que se define en la tabla de datos de definición de aplicaciones en el **Manual del Administrador OPTeX-GUI**. A cada familia de escenarios corresponde un área. Las áreas de datos de escenarios se ubica a partir del directorio asociado a la familia de escenarios. A cada escenario corresponde un área.
- Existen algunas tablas especiales que son comunes a todas las aplicaciones y por lo tanto se almacenan en un directorio independiente de las aplicaciones, en **OPTeX** este directorio corresponde al directorio "**BIN**" donde se encuentran todas las componentes relacionadas con los ejecutables que integran **OPTeX**.

Las tablas pueden estar en diferentes formatos. Las tablas de control solo se manejan en formato **DBASE**, ya que son tablas de control propio de **OPTeX**. Las tablas de datos del usuario pueden almacenarse en cualquier tipo de servidor **SQL** (**DB2**, **ORACLE**, **MySQL**, **SQL SERVER**, ...) al cual se pueda acceder por medio de **ODBCs** (**O**pen **D**ata**B**ase **C**onnectivity) que incluye **EXCEL**. Las tablas **DBASE** se organizan en diferentes directorios, las tablas en **SQL** se asumen organizadas en un mismo **TABLESPACE** vinculado a la aplicación por medio de un **ODBC** (**O**pen **D**ata**B**ase **C**onnectivity) el cual será utilizado por **OPTeX** para manejar las tablas allí existentes.

La siguiente tabla presenta un ejemplo de las áreas de datos de una aplicación en **OPTeX**.

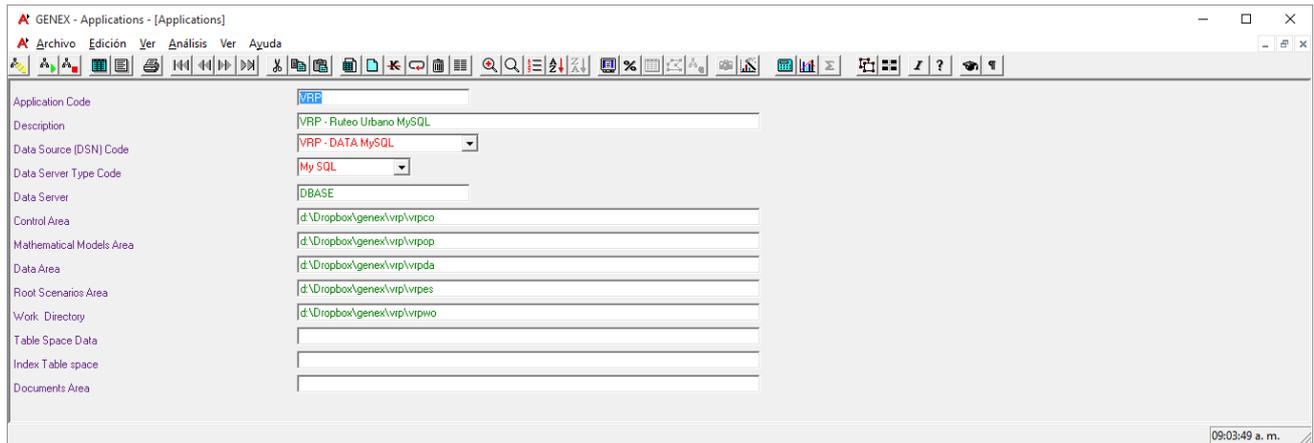
ÁREAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN		
ÁREA	TABLAS DBF - DIRECTORIO	TABLAS SQL -PREFIJO
Control GENEX	C:/GENEX/GENEX	(0)
Control OPTeX-MM	C:/GENEX/OPTeX	(0)
Control MODELO DE DATOS SIDI	C:/GENEX/aaa/aaaCO ⁽¹⁾	(0)
Control MODELOS MATEMÁTICOS	C:/GENEX/aaa/aaaOP ⁽¹⁾	(0)
BASES DE DATOS	C:/GENEX/aaa/aaaDA ⁽¹⁾	(2)
RAIZ DE LA FAMILIA DE ESCENARIOS	C:/GENEX/aaa/aaaES/fff ⁽¹⁾	fff ⁽¹⁾
ESCENARIOS DE LA FAMILIA	C:/GENEX/aaa/aaaES/fff/eee ⁽¹⁾	fff_eee ⁽¹⁾
Nota: (0) Tablas DBF (1) aaa se asocia a la aplicación, fff a la familia de escenarios y eee al escenario (2) Tablas SQL sin prefijo		

4.4. CATALOGAR LA APLICACIÓN

Para crear la aplicación en **OPTeX** se debe tener en cuenta lo fundamental de este proceso es:

- Establecer los links a los diferentes directorios que se requieren para crear una aplicación **OPTeX**
- Vincular, si es el caso, la base de datos industriales (los que leen los modelos matemáticos) a un servidor **SQL** o a una base de datos en tablas **DBASE (DBF)**.

La aplicación del tutorial base se denomina **VRP** y corresponde al sistema de soporte de decisiones **VRPDSS** que contiene todos los problemas enunciados previamente. A continuación se presenta la ventana en **OPTeX-GUI** correspondiente a la definición de la aplicación.



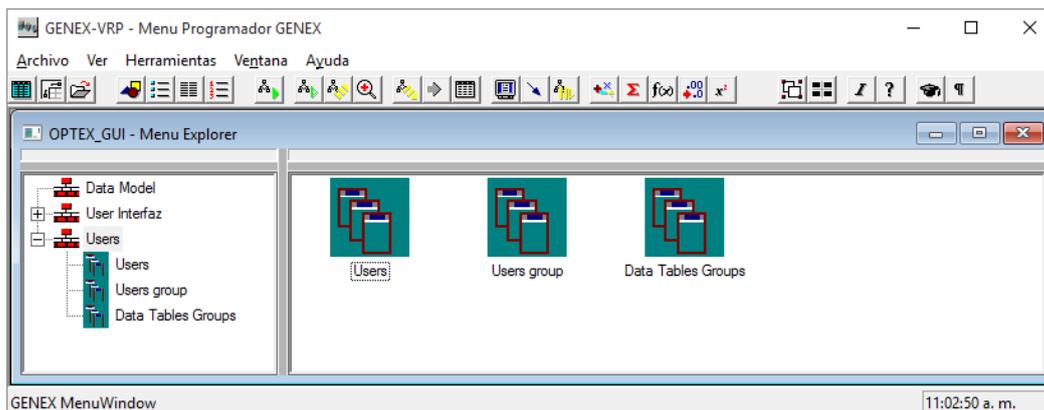
A continuación se presenta varias aplicaciones similares al **VRP** las cuales difieren en la forma de direccionar las diferentes áreas de **OPTeX**.

Code	Description	Control Area	Data Area	Work Area	Math Models Area	Root Scenarios	DSN	Server Type	Data Server
VRP	VRP - Ruteo Urbano MySQL	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpco	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpda	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpwo	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpop	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpes	VRPMS	MYSQL	DBASE
VRPBUS	VRP - Buses	c:\genex\vrpbuses\vrpco	c:\genex\vrpbuses\vrpda	c:\genex\vrpbuses\vrpwo	c:\genex\vrpbuses\vrpop	c:\genex\vrpbuses\vrpes			DBASE
VRPDF	VRP - Ruteo Urbano DBF	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpco	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpda	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpwo	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpop	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpes			DBASE
VRPDFZ	VRP - Ruteo Urbano DBF - VPN z:	z:\vrp\vrpco	z:\vrp\vrpda	z:\vrp\vrpwo	z:\vrp\vrpop	z:\vrp\vrpes			DBASE
VRPRE	VRP - Ruteo Urbano SQL Server - Servidor	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpco	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpda	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpwo	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpop	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpes	VRPSSD	SQLSER	DBASE
VRPSS	VRP - Ruteo Urbano SQL Server	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpco	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpda	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpwo	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpop	d:\Dropbox\genex\vrp\vrpes	VRPSS	SQLSER	DBASE

Es importante notar que las aplicaciones en **OPTeX** pueden compartir las áreas de datos de acuerdo a la conveniencia del usuario funcional.

4.5. USUARIOS

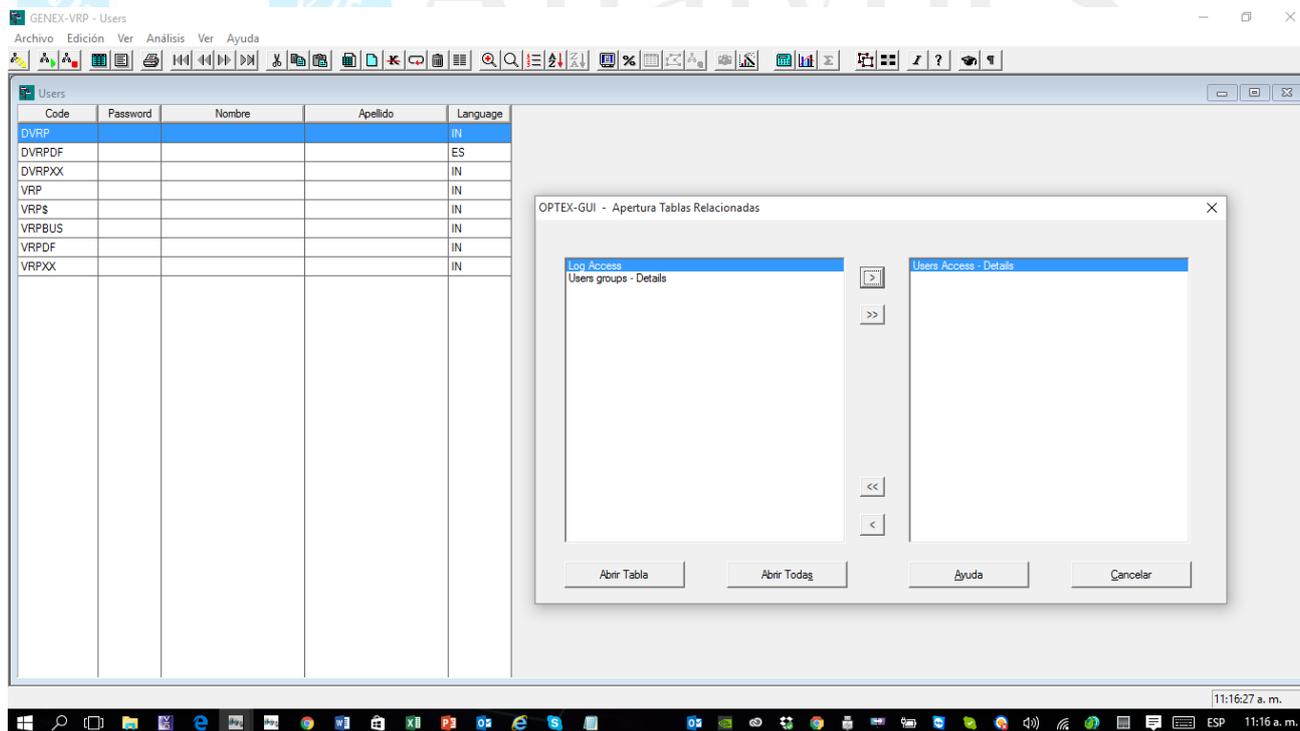
Para acceder a cualquier aplicación **OPTeX** se requiere de un código de **usuario** y de una **palabra clave**, para la definición de los usuarios el administrador debe acceder al menú de **Usuarios** en el menú de Exploración del Modelo de Datos



A nivel de la Tabla de Control de usuarios se debe definir:

- **Código del Usuario:** código asignado al usuario. Este código lo controla el administrador y no puede ser cambiado por el usuario.
- **Palabra Clave:** palabra clave del usuario. La palabra clave la asigna inicialmente el administrador pero puede ser cambiada por el usuario cuando lo considere conveniente.
- **Nombres:** nombres del usuario
- **Apellidos:** apellidos del usuario
- **Idioma:** idioma que utiliza el usuario de la aplicación.

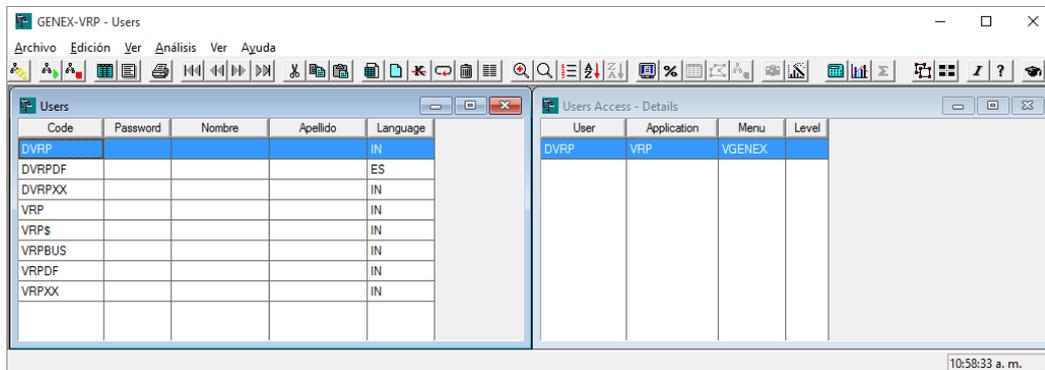
Para propósitos de login a **OPTeX**, se requiere definir los detalles de acceso del usuario, para ello se debe acceder a la **Tabla Detalles de Acceso** por medio de la opción del menú de tablas relacionadas.



Se deben definir los derechos de acceso del usuario, lo que implica determinar:

- **Código Aplicación:** código de la aplicación a la cual tiene acceso el usuario. Cuando un usuario tiene acceso a múltiples aplicaciones, **OPTeX-GUI** generará automáticamente una Ventana Anfitrión de Aplicaciones a partir de la cual el usuario podrá acceder simultáneamente a todas las aplicaciones a las que tiene derecho de acceso.

- **Código Menú Acceso:** código del menú de acceso del usuario a la aplicación. Debe corresponder a uno de los menús de navegación definidos en la Tabla de Control de Menús de Navegación. Al acceder al sistema **OPTeX-GUI** pondrá a disposición del usuario este Menú a partir del cual el usuario podrá navegar y acceder a las diferentes opciones de acuerdo a la estructura que se genera a partir del menú de acceso.



En este caso al usuario **DVRP** se le está dando acceso a la aplicación **VRP** y dentro de ella al menú **VGENEX**. Este usuario ya viene creado en las tablas **CUSER** y **DUSER** almacenadas en el directorio **\BIN** de **OPTeX**. La configuración del menú **VGENEX** se presenta en un numeral posterior.

5. FORMULACIÓN MATEMÁTICA

En el **Manual de Administrador** de **OPTeX** se presenta toda la potencialidad para el manejo de modelos matemáticos, la cual no se requiere completamente en la aplicación **VRP**.

La formulación matemática que se presenta ha sido extraída del documento **RTF** generado por **OPTeX** que se denomina **OPTeX_DSS_VRPDSS.RTF** que se encuentra en la aplicación **VRP**. El tutorial no incluye la discusión de la formulación de las restricciones. Las tablas que se presentan, han sido obtenidas a partir del documento **RTF**.

SUGERENCIA:

- Descargue de la siguiente **URL** una presentación que le ayudará a comprender el lenguaje algebraico soportado en bases de datos de **OPTeX**.
 - http://doanalytics.net/Documents/OPTeX-Database_Algebraic_Language.pdf
- Ubique el archivo **\VRP\OPTeX_DSS_VRPDSS.RTF**; le servirá de ayuda para comprender la formulación algebraica de la familia de problemas **VRPDSS** y su conectividad con el Sistema de Información.

5.1. NOTACIÓN MATEMÁTICA

A continuación se describe la notación matemática utilizada en el presente documento.

- Los límites de una sumatoria se especifican de manera sub-indicada a continuación del símbolo Σ Por ejemplo

$$\sum_{i=1,T} C_i^T x_i$$

indica la sumatoria sobre **i** para **i** igual desde **1** hasta **T**. Si el índice sobre el cual se suma pertenece a un conjunto la sumatoria se expresa como

$$\sum_{i \in \Theta} C_i^T x_i$$

donde se indica la sumatoria sobre los elementos **i** que pertenecen al conjunto Θ .

- Las condiciones de existencia sobre las variables se expresan con base al espacio al que pertenecen. Por ejemplo

$$\mathbf{x}_i \in \mathbf{R}^+ \quad \forall i=1, T$$

indica que el vector \mathbf{x}_i pertenece al espacio de los números reales positivos, y la condición

$$\mathbf{w} \in \mathbf{S}$$

indica que el vector \mathbf{w} pertenece a un espacio especial denominado \mathbf{S} .

5.2. MARCO CONCEPTUAL

Por razones de simplicidad solo se presenta los modelos matemáticos correspondientes al Sistema de Soporte de Decisiones **VRPDSS**, el cual contiene varios modelos matemáticos que resuelven varias versiones del problema de ruteo, entendido como la asignación de clientes (nodos destino) a vehículos. Cada problema corresponde a una condición propia de cada usuario, lo que se refleja en la inclusión, o no, de cierto tipo de restricciones. Los modelos implementados son los mismos referenciados previamente:

MODELOS MÓDULO OPCHAIN-TSO-VRP					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIEMPO TOTAL	VENTANA DE TIEMPO	PESO + VOLUMEN	CALCULO TIEMPO
VRP	Ruteo Vehículos (VRP)				
VRP2C	Ruteo Vehículos (VRP) - Peso + Volumen			X	
VRPSTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)		B		X
VRPSTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)+Peso+Volumen		B	X	X
VRPT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempos				X
VRPTC	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total + Peso + Volumen	X			X
VRPTT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total	X			X
VRPTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPSTW)		D		X
VRPTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo (VRPTW) + Peso + Volumen		D	X	X

La tabla **OPTeX** de modelos correspondiente a la aplicación **VRPDSS** se presenta a continuación. En la base de datos entregada se incluyen otros modelos que también hacen parte de la aplicación entregada como parte del tutorial; se espera que el lector ponga en funcionamiento algunos de los modelos no explicados detalladamente en este documento.

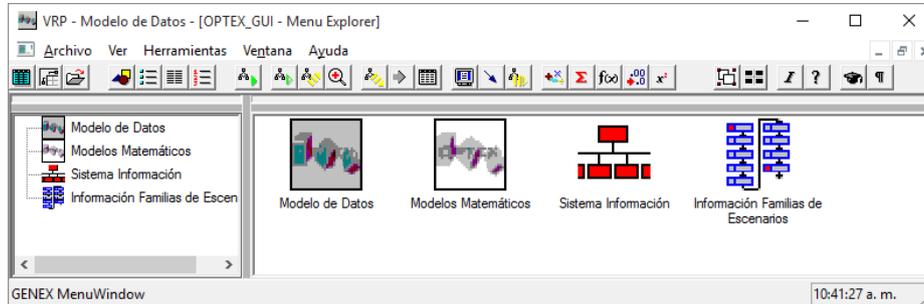
Code	Spanish Desc.	Type Model	Algebraic Language	Registered Program	Comments
VRP	Ruteo Vehículos (VRP)	I			
VRPSTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)	I			
VRPSTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW) / Peso+Volumen	I			
VRPT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempos	I			
VRPTC	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total + Peso + Volumen	I			
VRPTT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total	I			
VRPTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPSTW)	I			
VRPTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo (VRPTW) / Peso + Volumen	I			

El proceso de desarrollar **SIMM** implica configurar los siguientes elementos:

- Definiciones Básicas;
- Definiciones Avanzadas
- Familias de Escenarios.

Para configurar el **SIMM**, el administrador dispone de la interfaz de usuario de **OPTeX** utiliza los servicios que ofrece **OPTeX-GUI**.

La interfaz está basada en el menú de navegación que permite el acceso a las diferentes tablas que el usuario utilizará en el proceso de implementación de los modelos matemáticos, el cual se reduce a un proceso de llenar los campos de las diferentes tablas (filling the blanks). Se refiere al usuario a la información técnica de **OPTeX-GUI** para que profundice en los servicios ofrecidos por la interfaz de usuario.



Alternativamente, se puede utilizar un libro **EXCEL** para almacenar las tablas que integran en **SIMM** y partir de allí acceder a todos los servicios de **OPTeX**, el proceso seguido en los dos casos es el mismo.

SUGERENCIA:

- Descargue de la siguiente **URL** la presentación que describe la formulación matemática en **OPTeX** utilizando para ello un lenguaje algebraico soportado en los conceptos de sistemas de información: <http://doanalytics.net/Documents/OPTeX-Database Algebraic Language.pdf>

5.3. LENGUAJE ALGEBRAICO

A continuación se analiza presenta el lenguaje algebraico, basado en tablas, para el manejo de las fórmulas matemáticas de las ecuaciones involucradas en un modelo que utiliza **OPTeX**.

Conceptualmente, una ecuación se considera como la suma de múltiples términos cada uno de los cuales tiene tres componentes:

- Signo
- Componente 1
- Componente 2

Como su nombre lo indica el signo determina si la expresión evaluada será multiplicada por 1 o por menos 1 después de ser evaluada.

▪ **COMPONENTE 1**

La componente uno puede ser:

- **Sumatoria (S ó Σ)-:** indica que se abre una sumatoria. Los elementos sobre los cuales se realiza la suma se indican en la componente 2
- **Valor numérico:** correspondiente a un valor numérico constante (ejemplo: 1 o 43.56)
- **Parámetro:** correspondiente al valor de un parámetro que ha de multiplicarse por la componente 2. Los subíndices del parámetro se asumen iguales a los definidos para el parámetro.
- **Función de un parámetro:** expresiones que implican la evaluación de una función evaluada para un parámetro dado.

▪ **COMPONENTE 2**

La componente dos puede ser:

- **Límites de la sumatoria:** corresponde a una expresión que contiene la información relativa a los elementos que se deben incluir en la sumatoria. El primer elemento corresponde al índice sobre el que se realizara la sumatoria. El segundo corresponde al conjunto de referencia para seleccionar los valores del índice, el elemento debe separarse del índice por medio de un slash (/). Para índices alfanuméricos el conjunto se define con base en el código del conjunto. Para índices

numéricos (por ejemplo el índice **t**), el conjunto se define por medio de los límites para los cuales variará el índice separados por una coma, en este caso el / se sustituye por un igual (=).

- **Parámetro:** correspondiente al valor de un parámetro que ha de multiplicarse por la componente 1. Solo es aplicable para fórmulas relacionadas con parámetros. Los subíndices del parámetro se asumen iguales a los definidos para el parámetro.
- **Función de un parámetro:** expresiones que implican la evaluación de una función evaluada para un parámetro dado. Solo es aplicable para fórmulas relacionadas con parámetros.
- **Variable:** correspondiente al valor de una variable que ha de multiplicarse por la componente 1. Los subíndices de la variable se asumen iguales a los definidos para la variable. En caso de que un subíndice varía con respecto a su definición se debe especificar entre parámetros el valor que toma.

▪ **COMPONENTE 3**

- Se utiliza para modelos cuadráticos y para modelos no-lineales. Este caso no se existe para el modelo **VRP**.

A continuación se presentan dos ejemplos de ecuaciones de ecuaciones.

La ecuación

$$\mathbf{CAPV}_v : \sum_{c \in \mathbf{CCV}(v)} \sum_{k \in \mathbf{KCL}(c)} \mathbf{VCL}_{v,c,k} \mathbf{DEM}_c \leq \mathbf{CAPV}_v ; \forall v \in \mathbf{VEH}$$

En lenguaje **OPTeX** tabulado se descompone en los siguientes términos

SIGNO	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2
+	S	c/CCV
+	S	k/KCL
+	DEM _V	VCL

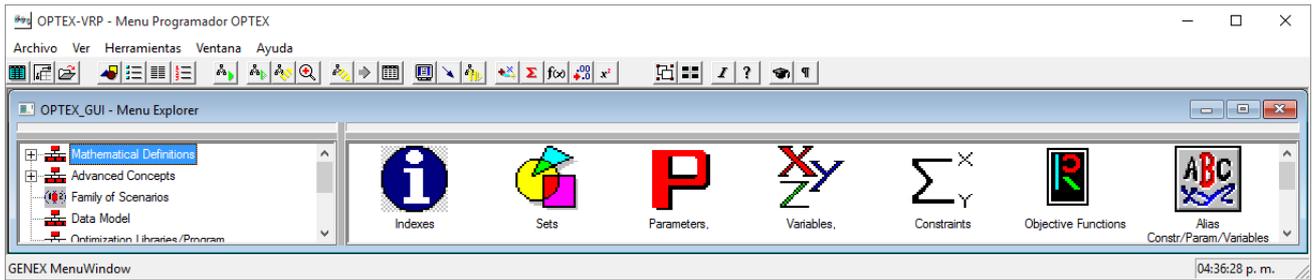
Los subíndices de cada una de las variables se asumen iguales a los definidos para la variable en la Tabla de Índices de acuerdo con el orden establecido. Esta hipótesis generalizada permite expresar las ecuaciones de manera más simple que en otros lenguajes algebraicos. Sin embargo, se debe notar que las excepciones, como puede ser la necesidad de operaciones en los índices, como la que se presenta en una ecuación de continuidad de inventario, se pueden manejar. Para ello se invita al lector a consultar el Manual de Administrador de **OPTeX**.

5.4. DEFINICIONES BÁSICAS

Las definiciones básicas están relacionadas con aspectos generales de modelaje que se pueden utilizar en todos los problemas que se configuren, y por lo tanto no están asociadas a un modelo o a un problema en particular. Se deben definir los siguientes elementos:

- Índices
- Conjuntos
- Parámetros
- Variables
- Restricciones
- Alias
- Función Objetivo

Este proceso se realiza a través de las diferentes opciones del menú de navegación de **OPTeX** denominado **DEFINICIONES MATEMÁTICAS**.

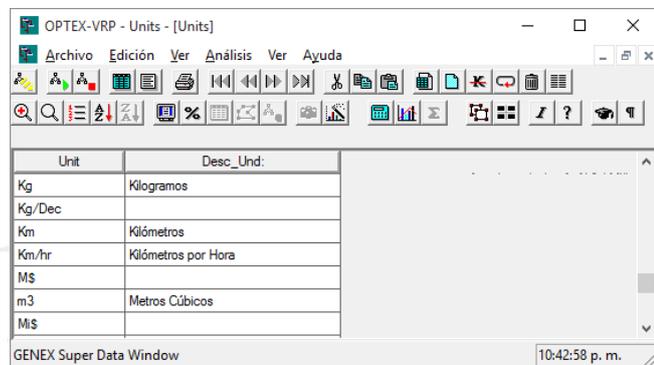


A continuación se presenta la definición de los elementos que se tienen en cuenta en la formulación de los modelos matemáticos que hacen parte del sistema de ruteo urbano **VRP**.

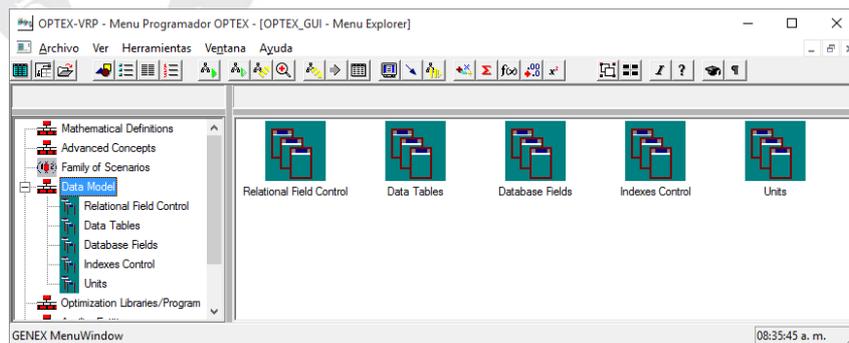
5.4.1. UNIDADES

Las unidades utilizadas se presentan a continuación.

UNIDADES	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
\$	Pesos
\$/Kms	Pesos/Kilómetro
Cajas	Cajas
hr	Horas
Kg	Kilogramos
Km/hr	Kilómetros por Hora
Kms	
m3	Metros Cúbicos



El usuario debe catalogar las unidades de medición que utiliza en la tabla maestra de Unidades a la cual se accede desde un menú Explorador en el Área de Modelos Matemáticos. **OPTeX** está en capacidad, durante el el proceso de captura de datos del **SIDI**, de realizar conversión automática de unidades de medida, cuando ello es necesario.



5.4.2. ÍNDICES

Los índices representan las entidades (objetos) incluidas en los modelos del **VRPDSS**; los índices sombreados no se incluyen en los modelos tipo **VRP**, pero si en otros modelos que también están instalados en la aplicación.

ÍNDICES						
ÍNDICE	ENTIDAD OBJETO	DESCRIPCIÓN	ALIAS	TABLA MAESTRA	TABLA ESCENARIO	CAMPO RELACIONAL
b	Cajas	Recipiente en el que se protege, almacena y transporta la mercancía		CAJAS	ESC_CAJ	COD_CAJ
c	Nodo	Punto espacial que debe ser visitado por un vehículo para prestar un servicio de carga y/o descarga de mercancías	k	NODOS	ESC_NOD	COD_NOD

ÍNDICES						
ÍNDICE	ENTIDAD OBJETO	DESCRIPCIÓN	ALIAS	TABLA MAESTRA	TABLA ESCENARIO	CAMPO RELACIONAL
d	Día	Día de la semana en la que se va realizar el despacho de los pedidos		DIAS	ESC_DIA	COD_DIA
k	Nodo (alias)	Punto espacial que debe ser visitado por un vehículo para prestar un servicio de carga y/o descarga de mercancías	c	NODOS	ESC_NOD	COD_NOD1
v	Vehículo	Equipo de transporte a utilizar para prestar los servicios de transporte	vv	VEHICULOS	ESC_VEH	COD_VEH
vv	Vehículo (alias)	Equipo de transporte a utilizar para prestar los servicios de transporte	v	VEHICULOS	ESC_VEH	COD_VEH1
w	Pedido	Encargo de mercancía que realizan los clientes y deben ser despachados y transportados		PEDIDOS	ESC_PED	COD_PED
z	Zona	Zonas en que se divide el espacio, a ellas se asocian los clientes. Cada zona implica un problema VRP independiente.		ZONAS	ESC_ZON	COD_ZON

La tabla **OPTeX** de índices correspondiente a la aplicación **VRP** se presenta a continuación, en ella se incluyen otros índices que también hacen parte de otros modelos de la aplicación.

Code	Spanish Desc.	English Desc.	Alias Index	Index Type	Entity Type	Sector	Data Table	RelationalField	Georeference
b	Caja			A	P	INDUSTRIAL	ESC_CAJ	COD_CAJ	NO
c	Nodo		k	A	I	INDUSTRIAL	ESC_NOD	COD_NOD	SI
d	Dias			A	O	INDUSTRIAL	ESC_DIA	COD_DIA	NO
k	Nodo Destino		c	A	I	INDUSTRIAL	ESC_NOD	COD_NOD1	SI
s	Segmento			A	O	INDUSTRIAL	ESC_SEG	COD_SEG	NO
v	Vehículo		vv	A	M	INDUSTRIAL	ESC_VEH	COD_VEH	NO
vv	Vehículo (Alias)		v	A	M	INDUSTRIAL	ESC_VEH	COD_VEH1	NO
w	Pedido			A	O	INDUSTRIAL	ESC_PED	COD_PED	NO
z	Zonas			A	I	INDUSTRIAL	ESC_ZON	COD_ZON	NO

En la tabla se incluye el encadenamiento de los índices al sistema de información de datos industriales, para ello se deben definir los siguientes campos:

- **Tabla:** cuando un índice es de tipo alfanumérico se debe definir el nombre de la tabla de datos asociada en el **SIDI**. Esta tabla será utilizada para definir el universo de posibles valores válidos para el índice.
- **Campo:** define el campo relacional en la tabla de datos, cuyo contenido servirá para establecer el universo de posibles valores para el índice. Normalmente estará asociado al código relacional de la entidad relacionada con el índice. En el caso de que no exista tabla de datos asociada al contenido de este campo se ignora.

El campo **Tipo** señala si el índice es:

- N** Numérico: índice con contenido numérico como: etapas de proyectos de inversión, secuencias de producción y similares
- T** Tiempo: índice las divisiones del período de planificación
- I** Incertidumbre: índice asociado con posibilidades aleatorias
- A** Alfanumérico: índice asociado a entidades que se asocian con un código alfanumérico.

El campo **Tipo Entidad** especifica el tipo de entidad a la que asociado el índice, esta caracterización se utiliza para visualizar los resultados de los modelos. Se consideran los siguientes tipos de entidades:

- I** Instalación
- F** Flujo
- T** Tiempo
- I** Escenario aleatorio
- O** Otro

La **Geo-referencia** indica cuando el índice está asociado a una entidad geo-referenciada en un sistema **GIS**. La tabla en **EXCEL** correspondiente a la definición de índices se presenta a continuación.

COD_IND	DES_IND	DIN_IND	COD_NDA	COD_TIN	COD_TEN	COD_UOPSS	COD_SEC	COD_DB	CAMPO_I	GEO	DLES_IND
Index Code	Spanish Description	English Description	Alias Index Code	Index Type	Entity Type	UOPS Entity	Sector	Master File Name	Relational Field Name	Georeference Indicator	Long Description
b	Caja			A	I		TRANSPORTE	ESC_CAJ	COD_CAJ	NO	Recipiente en el que se protegi
c	Nodo		k	A	I		TRANSPORTE	ESC_NOD	COD_NOD	SI	Punto espacial que debe ser vi
k	Nodo (Alias)		c	A	I		TRANSPORTE	ESC_NOD	COD_NOD1	SI	Punto espacial que debe ser vi
d	Día			A	I		TRANSPORTE	ESC_DIA	COD_DIA	NO	Día de la semana en la que se
v	Vehículo			A	F		TRANSPORTE	ESC_VEH	COD_VEH	NO	Equipo de transporte a utilizar
w	Pedido			A	I		TRANSPORTE	ESC_PED	COD_PED	NO	Encargo de mercancía que rea
z	Zona			A	I		TRANSPORTE	ESC_ZON	COD_ZON	NO	

La tabla generada por el **OPTeX** como parte del documento **RTF** se presenta a continuación.

ÍNDICES						
INDICE	ENTIDAD OBJETO	DESCRIPCIÓN	ALIAS	TIPO	TABLAS MAESTRA ESCENARIO	CAMPO RELACIONAL
b	Caja	Caja		ESC_CAJ	CAJAS ESC_CAJ	COD_CAJ
c	Nodo	Nodo	k	ESC_NOD	NODOS ESC_NOD	COD_NOD
k	Nodo Destino	Nodo Destino	c	ESC_NOD	NODOS ESC_NOD	COD_NOD1
v	Vehículo	Vehículo	vv	ESC_VEH	VEHICULO ESC_VEH	COD_VEH
vv	Vehículo (Alias)	Vehículo (Alias)	v	ESC_VEH	VEHICULO ESC_VEH	COD_VEH1
w	Pedido	Pedido		ESC_PED	PEDIDOS ESC_PED	COD_PED
z	Zonas	Zonas		ESC_ZON	ZONAS ESC_ZON	COD_ZON

5.4.3. CONJUNTOS

Los conjuntos determinan las condiciones de existencia de las variables y de las restricciones y los límites de las sumatorias que hacen parte de las ecuaciones algebraicas para los parámetros y las restricciones del modelo. La conformación de los conjuntos, determina la topología del sistema que se está modelando.

En **OPTeX** se consideran dos tipos de conjuntos:

- **CONJUNTOS PRIMARIOS:** se definen directamente a partir de datos contenidos en las tablas del sistema de información; y
- **CONJUNTOS SECUNDARIOS:** resultan de operaciones entre conjuntos

La definición del conjunto se basa en la relación entre índices independientes y un índice dependiente:

$$\text{índice dependiente} \in \text{SET}(\text{índice independiente 1, índice independiente 2, ...})$$

Entre paréntesis se presentan los índices independientes y el índice dependiente identifica el tipo de elementos que conforman el conjunto. Por ejemplo el conjunto **NCV** contiene los nodos a los cuales pueden ir cada uno de los vehículos considerados en el modelo, algebraicamente se escribe como:

$$c \in \text{NCV}(v)$$

lo que es igual a

clientes $c \in \{\text{CLIENTES QUE PUEDE VISITAR EL VEHÍCULO } v\}$

Las siguientes tablas (extraídas del documento **RTF**) presentan los conjuntos básicos empleados en **VRPDSS**.

CONJUNTOS BÁSICOS				
CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	TABLA	CAMPO ELEMENTO	FILTRO
$c \in \text{AZD}(z)$	Asignación Zona Destino c Asignación Zona Destino c	VV_AZD	COD_NOD	VALOR=1
$v \in \text{AZV}(z)$	Asignación Vehículo Zona Asignación Vehículo Zona	VV_AZV	COD_VEH	VALOR=1
$b \in \text{CAJ}$	Cajas Cajas	CAJAS	COD_CAJ	
$c \in \text{CKL}(k)$	Cliente c-> Clientes k Cliente c-> Clientes k	NOD_NOD	COD_NOD	DISTA<25
$c \in \text{CLV}(v)$	Cliente + Origen -> Vehículo Cliente + Origen -> Vehículo	NOD_VEH	COD_NOD	
$k \in \text{KCD}(c)$	Clientes k <- Cliente c Clientes k <- Cliente c	NOD_NOD	COD_NOD1	DISTA<25
$k \in \text{KDC}(c)$	Clientes k -> Cliente c Clientes k -> Cliente c	NOD_NOD	COD_NOD	DISTA<2500
$c \in \text{NFI}$	Nodo Final Nodo Final	NODOS	COD_NOD	TIPO=FIN
$c \in \text{NNO}(k)$	Transformación Nodo -> Nodo Alias Transformación Nodo -> Nodo Alias	ESC_NOD	COD_NOD	
$c \in \text{NOF}(z)$	Nodos Origen - Fin -> Zona Nodos Origen - Fin -> Zona	NOR_ZON	COD_NOD	
$c \in \text{NOR}$	Nodo Origen Nodo Origen	NODOS	COD_NOD	TIPO=ORI
$w \in \text{PDE}(c)$	Pedidos ==> Destinos Pedidos ==> Destinos	PEDIDOS	COD_PED	
$v \in \text{VEH}$	Vehículos Vehículos	VEHICULO	COD_VEH	
$z \in \text{ZAG}$	Zona Asignadas Zona Asignadas	VV_AZD	COD_ZON	VALOR=1
$z \in \text{ZON}$	Zona Zona	ZONAS	COD_ZON	

La anterior tabla contiene información de la conectividad con el modelo de datos del sistema de información de **VRPDSS**. **OPTeX** genera un conjunto de elementos asociados al **índice dependiente**, a partir de la búsqueda en una tabla de datos de los registros que cumplen con una condición determinada definida con base en el valor del(de los) **índice(s) independiente(s)**. Adicionalmente, es posible establecer una condición sobre un campo de la tabla de datos para que actúe como condición (filtro) de selección de elementos; en caso de que esta condición no se defina, todos los valores existentes en la tabla de datos conformarán el conjunto. La siguiente imagen presenta conjuntos leídos, en ella se incluyen otros conjuntos que también hacen parte de otros modelos de la aplicación.

Code	Spanish Description	Free Index	Dependent	Data Table	Element Field	Index Field 1	Condition
AVD1	Asignación Vehículo Destino (c)	v	c	VV_VCL	COD_NOD	COD_VEH	VALOR=1
AVK1	Asignación Vehículo Destino (k)	v	k	VV_VCL	COD_NOD1	COD_VEH	VALOR=1
AZD	Asignación Zona Destino c	z	c	VV_AZD	COD_NOD	COD_ZON	VALOR=1
AZV	Asignación Vehículo Zona	z	v	VV_AZV	COD_VEH	COD_ZON	VALOR=1
CDI	Nodos Divisibles	*	c	NODOS	COD_NOD		OK_NDI=SI
CKL	Cliente c-> Clientes k	k	c	NOD_NOD	COD_NOD	COD_NOD1	DISTA<25
CLI	Nodos Clientes	*	c	NODOS	COD_NOD		TIPO=DES
CND	Nodos no Divisibles	*	c	NODOS	COD_NOD		OK_NDI=NO
KCD	Clientes k <- Cliente c	c	k	NOD_NOD	COD_NOD1	COD_NOD	DISTA<25
KDC	Clientes k -> Cliente c	c	k	NOD_NOD	COD_NOD	COD_NOD1	DISTA<2500
NFI	Nodo Final	*	c	NODOS	COD_NOD		TIPO=FIN
NOR	Nodo Origen	*	c	NODOS	COD_NOD		TIPO=ORI
PDI	Pedidos Divisibles	*	w	PEDIDOS	COD_PED		OK_PDI=SI
PND	Pedidos no Divisibles	*	w	PEDIDOS	COD_PED		OK_PDI=NO
VEA	Vehículos Asignados	*	v	VV_AVL	COD_VEH		VALOR=1
ZAG	Zona Asignadas	*	z	VV_AZD	COD_ZON		VALOR=1
ZAV	Asignación Zona Destino k	v	z	VV_AZV	COD_ZON	COD_VEH	VALOR=1

Adicional a los conjuntos básicos, se requiere definir los conjuntos calculados cuyos elementos son resultado de operaciones entre conjuntos previamente definidos. La siguiente tabla presenta los conjuntos considerados.

CONJUNTOS CALCULADOS		
CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN
$k \in AZK(z)$	Asignación Zona Destino k Asignación Zona Destino k	$ALIAS[AZD(z)]$
$c \in CKV(k,v,z)$	Nodos -> Nodos (Alias) - Vehículo - Zona Nodos -> Nodos (Alias) - Vehículo - Zona	$NZV(v,z) \cap NKZ(k,z)$
$c \in CVZ(v,z)$	Nodos Destino -> Vehículos -Zona Nodos Destino -> Vehículos -Zona	$AZD(z) \cap CLV(v)$
$c \in CVZP(v,k)$	Nodos Destino -> Vehículos - Zona Posibles Nodos Destino -> Vehículos - Zona Posibles	
$c \in DAO$	Destinos (c) Asignados a la Zonas (z) + Origen Destinos (c) Asignados a la Zonas (z) + Origen	$NOR \cup DAZ$
$c \in DAZ$	Destinos (c) Asignados a la Zona (z) Destinos (c) Asignados a la Zona (z)	$SU_{ZAG} AZD(z)$
$k \in DKO$	Nodos (Alias) Asignados a la Zona (z) + Origen Nodos (Alias) Asignados a la Zona (z) + Origen	$NFK \cup KAZ$
$k \in KAZ$	Destinos (k) Asignados a la Zona (z) Destinos (k) Asignados a la Zona (z)	$SU_{ZAG} AZK(z)$
$k \in KCV(c,v,z)$	Nodos (Alias) -> Nodos - Vehículo - Zona Nodos (Alias) -> Nodos - Vehículo - Zona	$KZV(v,z) \cap KNZ(c,z)$
$k \in KDE(c)$	Cliente c <-> Cliente (k) (Asignados) Cliente c <-> Cliente (k) (Asignados)	$KAZ \cap KCD(c)$
$k \in KDV(c,v,z)$	Nodos Destino (Alias) -> Nodos - Vehículo - Zona Nodos Destino (Alias) -> Nodos - Vehículo - Zona	$KAZ \cap KCV(c,v,z)$
$k \in KDZ$	Nodos Destino (Alias) + Nodo Final Nodos Destino (Alias) + Nodo Final	$NFK \cup KAZ$
$k \in KFV(v,z)$	Nodos Destinos (Alias) + Fin -> Vehículos - Zona Nodos Destinos (Alias) + Fin -> Vehículos - Zona	$KDZ \cap KZV(v,z)$
$k \in KFX(z)$	Nodos Intermedios + Nodo Final Nodos Intermedios + Nodo Final	$AZK(z) \cup KFZ(z)$
$k \in KFZ(z)$	Nodo Final (Alias) -> Zona Nodo Final (Alias) -> Zona	$ALIAS[NFZ(z)]$
$k \in KNO(c)$	Cliente c <-> Cliente (k) Cliente c <-> Cliente (k)	$DKO \cap KCD(c)$
$k \in KNZ(c,z)$	Nodos (Alias) -> Nodos - Zona Nodos (Alias) -> Nodos - Zona	$KNZ1(c,z) \cap KZP(c)$
$k \in KNZ1(c,z)$	Nodos (Alias) -> Nodos - Zona Nodos (Alias) -> Nodos - Zona	$KZO(z) \cap KNO(c)$
$k \in KOF(z)$	Nodos Origen-Fin (Alias) -> Zona Nodos Origen-Fin (Alias) -> Zona	$ALIAS[NOF(z)]$

CONJUNTOS CALCULADOS		
CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN
$k \in KOZ(z)$	Nodo Final (Alias) -> Zona Nodo Final (Alias) -> Zona	$NFK \cap KOF(z)$
$k \in KZO(z)$	Nodos (Alias) -> Zona Nodos (Alias) -> Zona	$ALIAS[NAG(z)]$
$k \in KZP(c)$	Nodos Destino (Alias) -> Zona Posibles Nodos Destino (Alias) -> Zona Posibles	$TRANSPUESTO[NZP(k)]$
$k \in KZV(v,z)$	Nodos (Alias) -> Vehículos - Zona Nodos (Alias) -> Vehículos - Zona	$ALIAS[NZV(v,z)]$
$c \in NAG(z)$	Asignación Zona Destino c Asignación Zona Destino c	$NOF(z) \cup AZD(z)$
$k \in NFK$	Nodo Final (Alias) Nodo Final (Alias)	$ALIAS[NFI]$
$c \in NFZ(z)$	Nodo Final -> Zona Nodo Final -> Zona	$NOF(z) \cap NFI$
$c \in NKO(k)$	Nodos -> Nodos (Alias) Nodos -> Nodos (Alias)	$DAO \cap CKL(k)$
$c \in NKZ(k,z)$	Nodos -> Nodos (Alias) - Zona Nodos -> Nodos (Alias) - Zona	$NKZ1(k,z) \cap NZP(k)$
$c \in NKZ1(k,z)$	Nodos -> Nodos (Alias) - Zona Nodos -> Nodos (Alias) - Zona	$NAG(z) \cap NKO(k)$
$c \in NOX(z)$	Nodos Intermedios + Nodo Origen Nodos Intermedios + Nodo Origen	$AZD(z) \cup NOZ(z)$
$c \in NOZ(z)$	Nodos Origen- Fin -> Zona Nodos Origen- Fin -> Zona	$NOR \cap NOF(z)$
$c \in NSA(v,z)$	Nodos Destino + Origen -> Vehículo - Zona Nodos Destino + Origen -> Vehículo - Zona	$DAO \cap NZV(v,z)$
$c \in NZP(k)$	Nodos Destino -> Zona Posibles Nodos Destino -> Zona Posibles	$SU_{VEH} CVZP(v,k)$
$c \in NZV(v,z)$	Nodos -> Vehículos - Zona Nodos -> Vehículos - Zona	$CLV(v) \cap NAG(z)$
$v \in VAZ$	Vehículos Asignados Zona Vehículos Asignados Zona	$SU_{ZAG} AZV(z)$
$v \in VCL(c)$	Vehículo Asignados -> Cliente Vehículo Asignados -> Cliente	$VAZ \cap VDE(c)$
$v \in VDE(c)$	Vehículo -> Destino Vehículo -> Destino	$TRANSPUESTO[CLV(v)]$

En **OPTeX** existen veinte (20) operaciones de conjuntos, incluyendo las diferentes variaciones en el proceso de carga de datos desde una tabla. Para una completa descripción de las operaciones implementadas en **OPTeX** se debe consultar el **Manual de Administrador de OPTeX**.

OPTEX-VRP - Sets - [Sets]

Archivo Edición Ver Análisis Ver Ayuda

Code	Spanish Description	Free Index	Dependent	Data Table	Element Field	Index Field 1	Index Field 2	Index Field 3	Operation
AVD	Asignación Vehículo Destino (c)	v	c						I
AVD1	Asignación Vehículo Destino (c)	v	c		COD_NOD	COD_VEH			F
AVK	Asignación Vehículo Destino (k)	v	k						I
AVK1	Asignación Vehículo Destino (k)	v	k		COD_NOD1	COD_VEH			F
AZD	Asignación Zona Destino c	z	c		COD_NOD	COD_ZON			F
AZK	Asignación Zona Destino k	z	k						D
AZV	Asignación Vehículo Zona	z	v	VV_AZV	COD_VEH	COD_ZON			F
CAJ	Cajas	*	b	CAJAS	COD_CAJ				-
CCV	Cliente -> Vehículo	v	c						I
CDF	Nodos Destino + Fin	*	c						D
CDI	Nodos Divisibles	*	c	NODOS	COD_NOD				F
CDZ	Nodos Divisibles Asignados a la Zona z	z	c						I
CKL	Cliente c-> Clientes k	k	c	NOD_NOD	COD_NOD	COD_NOD1			F
CKV	Nodos -> Nodos (Alias) - Vehículo - Zona	k,v,z	c						I
CLD	Nodos (Clientes + Origen)	*	c						I
CLI	Nodos Clientes	*	c	NODOS	COD_NOD				F
CLV	Cliente + Origen -> Vehículo	v	c	NOD_VEH	COD_NOD	COD_VEH			-
CND	Nodos no Divisibles	*	c	NODOS	COD_NOD				F
CNZ	Nodos no Divisibles Asignados a la Zona z	z	c						I
CPN	Cajas Pedidos Nodos Asignados	*	b						S
CVZ	Nodos Destino -> Vehículos -Zona	v,z	c						I
CVZ1	Nodos Destino -> Vehículos -Zona	v,z	c						I
CVZP	Nodos Destino -> Vehículos - Zona Posibles	v,k	c						P
DAO	Destinos (c) Asignados a la Zonas (z) + Origen	*	c						U
DAV	Destinatario (c) Asignado al Vehículo (v)	*	c						S
DAZ	Destinos (c) Asignados a la Zona (z)	*	c						S
DEK	Clientes + Origen (k)	*	k						D
DEO	Nodos (Clientes + Origen)	*	c	NODOS	COD_NOD				-
DKO	Nodos (Alias) Asignados a la Zona (z) + Origen	*	k						U
DKV	Destinatario (k) Asignado al Vehículo (v)	*	k						S

GENEX Super Data Window 12:15:17 a. m.

Como se ve en la imagen, si el usuario utiliza el clic derecho del mouse puede verificar la correcta formulación de un conjunto de todos los conjuntos. El archivo reporte del proceso de verificación de todos los conjuntos se presenta a continuación.

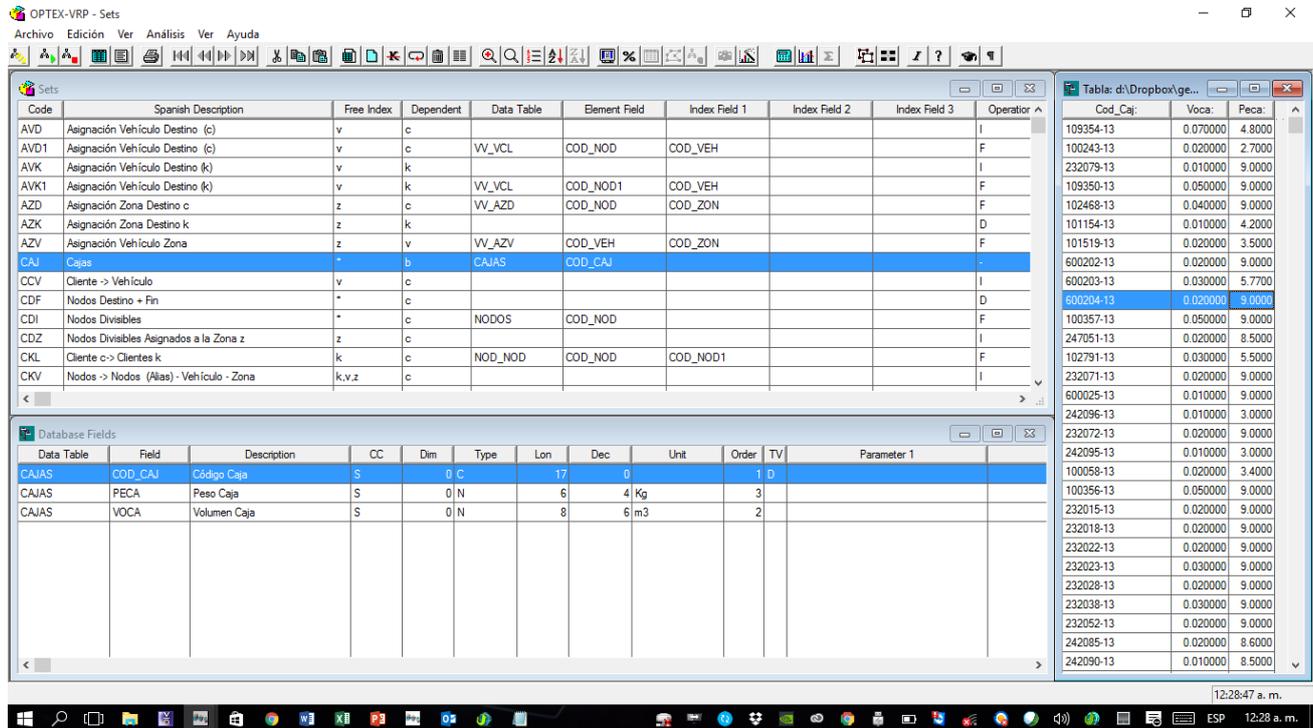
```

CHK_CON.LOG: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Fecha de creación del archivo: 21/11/2015 - 05:58:31
05:58:31
OPTEX -> Revisando CONJUNTOS
05:58:31 -> AVD Asignación Vehículo Destino (c)
05:58:31 -> AVD1 Asignación Vehículo Destino (c)
05:58:32 -> AVK Asignación Vehículo Destino (k)
05:58:32 -> AVK1 Asignación Vehículo Destino (k)
05:58:32 -> AZD Asignación Zona Destino c
05:58:32 -> AZK Asignación Zona Destino k
05:58:32 -> AZV Asignación Vehículo Zona
05:58:32 -> CAJ Cajas
05:58:32 -> CCV Cliente -> Vehículo
05:58:32 -> CDF Nodos Destino + Fin
05:58:33 -> CDI Nodos Divisibles
05:58:33 -> CDZ Nodos Divisibles Asignados a la Zona z
05:58:33 -> CKL Cliente c-> Clientes k
05:58:33 -> CKV Nodos -> Nodos (Alias) - Vehículo - Zona
05:58:33 -> CLD Nodos ( Clientes + Origen)
05:58:33 -> CLI Nodos Clientes
05:58:33 -> CLV Cliente + Origen -> Vehículo
05:58:33 -> CND Nodos no Divisibles
05:58:33 -> CNZ Nodos no Divisibles Asignados a la Zona z
05:58:33 -> CPN Cajas Pedidos Nodos Asignados
05:58:34 -> CVZ Nodos Destino -> Vehículos -Zona
05:58:34 -> CVZ1 Nodos Destino -> Vehículos -Zona
05:58:34 -> CVZP Nodos Destino -> Vehículos - Zona Posibles
05:58:34 -> DAO Destinos (c) Asignados a la Zonas (z) + Origen
05:58:34 -> DAV Destinatario (c) Asignado al Vehículo (v)
05:58:34 -> DAZ Destinos (c) Asignados a la Zona (z)
05:58:34 -> DEK Clientes + Origen (k)
  
```

SUGERENCIA:

- Altere la formulación de los conjuntos de forma tal de crear operaciones de conjuntos incorrectas y posteriormente realice el chequeo de los conjuntos alterados, o de todos los conjuntos.

Dado que los conjuntos básicos están directamente relacionados con el sistema de información, es posible explorar la relación de los conjunto con el modelo de datos industriales **SIDI**, para realizar operaciones sobre las tablas, como crear un campo en una tabla, eliminarlo un campo, La siguiente imagen presenta una vista de lo descrito.



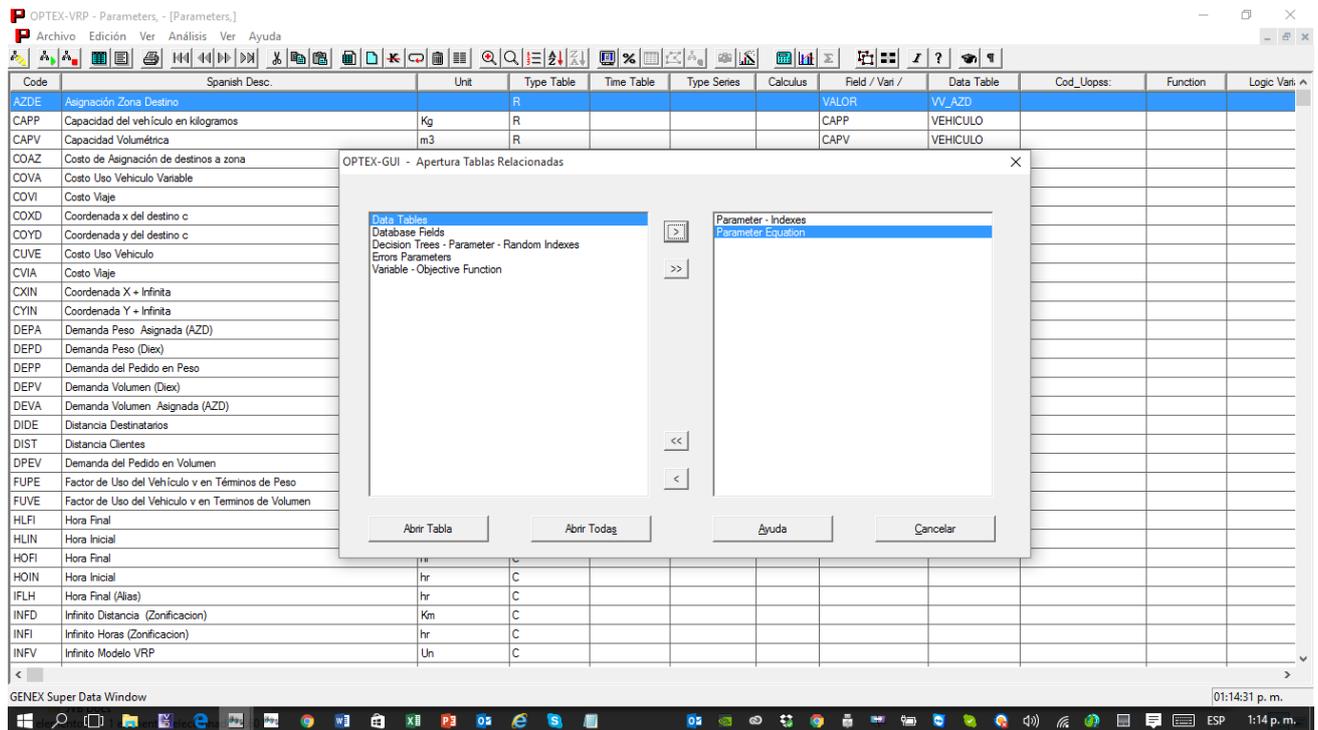
5.4.4. PARÁMETROS

Se deben configurar los parámetros de los modelos, asociándoles un código que se utiliza en las ecuaciones del modelo matemático, y definiendo su conectividad al **SIDI**. El valor de un parámetro puede establecerse por dos vías:

- **BÁSICOS/PRIMARIOS:** A partir del contenido de un campo de una tabla de datos del **SIDI**; y
- **CALCULADOS:** Como resultado de la evaluación de una ecuación que involucra otros parámetros, de modo que el usuario no tenga que realizar ningún cálculo manual.

PARÁMETROS BÁSICOS					
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	UNIDAD	TABLA	CAMPO
COVA _v	Costo Uso Vehículo Variable Costo Uso Vehículo Variable		\$	VEHICULO	COVA
CUVE _v	Costo Uso Vehículo Costo Uso Vehículo		\$	VEHICULO	CUVE
DIST _{c,k}	Distancia Clientes Distancia Clientes		Kms	NOD_NOD	DISTA
HLFI _c	Hora Final Hora Final		hr	HORARI	HOFI
HLIN _c	Hora Inicial Hora Inicial		hr	HORARI	HOIN
NUCA _{w,b}	Numero de Cajas Numero de Cajas		Cajas	PED_CAJ	NUCA
PECA _b	Peso Caja Peso Caja		Kg	CAJAS	PECA
TESP _c	Tiempo de espera en el destino c Tiempo de espera en el destino c		hr	NODOS	TESP
UTIP _v	Utilización del Vehículo en Terminos de Peso Utilización del Vehículo en Terminos de Peso		Kg	VEHICULO	UTIP
UTIV _v	Utilización del Vehículo en Terminos de Volumen Utilización del Vehículo en Terminos de Volumen		m3	VEHICULO	UTIV
VOCA _b	Volumen Caja Volumen Caja		m3	CAJAS	VOCA

Para la definición de los parámetros se deben acceder a dos tablas secundarias en las que se especifican los índices y la ecuación del parámetro, para el caso de parámetros calculados.



La tabla **OPTeX** de parámetros correspondiente a la aplicación **VRPDSS** se presenta a continuación, en ella se incluyen otros parámetros que también hacen parte de otros modelos de la aplicación. La tabla esta filtrada para el caso de parámetros leídos.

The screenshot shows the 'OPTeX-VRP - Parameters' window with a full list of parameters. A dialog box titled 'Parameter - Indexes' is open, showing a table with columns 'Parameter', 'Level', 'Index', and 'Set'. The dialog table contains the following data:

Parameter	Level	Index	Set
AZDE	1	z	ZAG
AZDE	2	c	AZD

The main parameters table in the background has the following columns: Spanish Desc., Unit, Type Table, Field / Vari /, Data Table, Default, Time Table, Type Series, and Calculus.

A continuación se presentan los parámetros calculados incluidos en el **VRPDSS**.

La siguiente imagen presenta parámetros calculados incluidos en la base de datos **SIMM** del sistema **VRP**.

PARÁMETROS CALCULADOS		IMAGEN
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
<p>COVI_{v,c,k} \$/Kms</p> <p>Costo Viaje Costo Viaje</p> $COVI_{v,c,k} = COVA_v \times DIST_{c,k}$ <p>Índices: v Vehículo c Nodo k Nodo Destino</p> <p>Parámetros: COVA_v Costo Uso Vehiculo Variable (\$) DIST_{c,k} Distancia Clientes (Kms)</p>		
<p>DEPD_c Kg</p> <p>Demanda Peso (Diex) Demanda Peso (Diex)</p> $DEPD_c = \sum_{b \in CAJ} NUCD_{c,b} \times PECA_b$ <p>Índices: c Nodo b Caja</p> <p>Conjuntos: b ∈ CAJ Cajas</p> <p>Parámetros: NUCD_{c,b} Numero de Cajas Destino (Cajas) PECA_b Peso Caja (Kg)</p>		
<p>DEPV_c Kg</p> <p>Demanda Volumen (Diex) Demanda Volumen (Diex)</p> $DEPV_c = \sum_{b \in CAJ} NUCD_{c,b} \times VOCA_b$ <p>Índices: c Nodo b Caja</p> <p>Conjuntos: b ∈ CAJ Cajas</p> <p>Parámetros: NUCD_{c,b} Numero de Cajas Destino (Cajas) VOCA_b Volumen Caja (m3)</p>		

PARÁMETROS CALCULADOS		
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>HOFl_c hr</p> <p>Hora Final Hora Final</p> $HOFl_c = HLFi_c + 0 \times 1$ <p>Índices: c Nodo</p> <p>Parámetros: HLFi_c Hora Final (hr)</p>		
<p>HOIN_c hr</p> <p>Hora Inicial Hora Inicial</p> $HOIN_c = HLIN_c - 0 \times 1$ <p>Índices: c Nodo</p> <p>Parámetros: HLIN_c Hora Inicial (hr)</p>		
<p>IFLH_k hr</p> <p>Hora Final (Alias) Hora Final (Alias)</p> $IFLH_k = \sum_{c \in NNO(k)} HLFi_c$ <p>Índices: k Nodo Destino c Nodo</p> <p>Conjuntos: c ∈ NNO(k) Transformación Nodo → Nodo Alias</p> <p>Parámetros: HLFi_c Hora Final (hr)</p>		
<p>INRP hr</p> <p>INFINITO (Routing Problems) INFINITO (Routing Problems)</p> $INRP = 70$		

PARÁMETROS CALCULADOS		
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>NUCD_{c,b} Cajas</p> <p>Numero de Cajas Destino Numero de Cajas Destino</p> $NUCD_{c,b} = \sum_{w \in PDE(c)} NUCA_{w,b}$ <p>Índices: c Nodo b Caja w Pedido</p> <p>Conjuntos: w ∈ PDE(c) Pedidos ==> Destinos</p> <p>Parámetros: NUCA_{w,b} Numero de Cajas (Cajas)</p>		
<p>RPTW_{v,c,k} hr</p> <p>Parametro Tiempo VRPTW Parametro Tiempo VRPTW</p> $RPTW_{v,c,k} = TESP_c + TVIA_{v,c,k} - INRP$ <p>Índices: v Vehículo c Nodo k Nodo Destino</p> <p>Parámetros: TESP_c Tiempo de espera en el destino c (hr) TVIA_{v,c,k} Tiempo de Viaje (hr) INRP INFINITO (Routing Problems) (hr)</p>		
<p>TDJO_v hr</p> <p>Duración de la jornada Duración de la jornada</p> $TDJO_v = 12.5$ <p>Índices: v Vehículo</p>		
<p>THMD_{v,c,k} hr</p> <p>Tiempo Holgura Entre Nodos Tiempo Holgura Entre Nodos</p> $THMD_{v,c,k} = IFLH_k - HLIN_c - TESP_c - TVIA_{v,c,k}$ <p>Índices: v Vehículo c Nodo k Nodo Destino</p> <p>Parámetros: IFLH_k Hora Final (Alias) (hr) HLIN_c Hora Inicial (hr) TESP_c Tiempo de espera en el destino c (hr) TVIA_{v,c,k} Tiempo de Viaje (hr)</p>		

PARÁMETROS CALCULADOS		
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>TTSE_{v,c,k} hr</p> <p>Tiempo Total (viaje + servicio) Tiempo Total (viaje + servicio)</p> $TTSE_{v,c,k} = TESP_c + TVIA_{v,c,k}$ <p>Índices: v Vehículo c Nodo k Nodo Destino</p> <p>Parámetros: TESP_c Tiempo de espera en el destino c (hr) TVIA_{v,c,k} Tiempo de Viaje (hr)</p>		
<p>TVIA_{v,c,k} hr</p> <p>Tiempo de Viaje Tiempo de Viaje</p> $TVIA_{v,c,k} = DIST_{c,k} \times (1/VELO)$ <p>Índices: v Vehículo c Nodo k Nodo Destino</p> <p>Parámetros: DIST_{c,k} Distancia Clientes (Kms) VELO Velocidad Promedio (Km/hr)</p>		
<p>VELO Km/hr</p> <p>Velocidad Promedio Velocidad Promedio</p> $VELO = 22$		

OPTeX realiza la interpretación de las fórmulas almacenadas en el **SIMM** y lo escribe en notación algebraica convencional. Este proceso se realiza cuando se solicita a **OPTeX** un documento con la formulación algebraica en formato **RTF**; a continuación se presenta un ejemplo.

Las reglas a seguir para llenar las tablas que contienen las ecuaciones se analiza en un numeral posterior.

SUGERENCIA:

- Ubique la Tabla de Parámetros y que revise los parámetros leídos.
- Analice todos los parámetros para verificar su correcta formulación.
- Abra tablas Relacionadas y revise para todos los parámetros leídos, la existencia de la tabla y de los campos en las tablas (campos de los índices y campo del parámetro).
- Dada la formulación presentada se sugiere hacer los siguientes ejercicios:
 - Convertir el parámetro **VELO** en uno dependiente del vehículo, presumiblemente leído de una tabla.
 - Convertir el parámetro **TDJO_v** en uno independiente del vehículo, ya que su valor es constante.

- Cambiar el tipo de cálculo del parámetro **INRP**, que es una constante y está definido con una fórmula
- Dado que no se ha considerado para los parámetros condiciones de validación y valores por defecto, incluya esta información en el **SIMM** del **VRPDSS**.

5.4.5. VARIABLES

Las variables representan las decisiones que se obtienen como resultado del proceso de optimización, el tipo de decisiones modeladas son:

- Orden de visita de los vehículos a los destinos.
- Tiempo de visita (llegada y salida) de los vehículos a los destinos.

A continuación se presenta el conjunto de variables requeridas:

VARIABLES						
VARIABLE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIPO	COTA INFERIOR	COTA SUPERIOR	CONDICIONES EXISTENCIA
AVL _{z,v}	Asignación Vehículo Asignación Vehículo		B	0	1	$\forall z \in ZAG \quad \forall v \in AZV(z)$
AVN _{z,v,c}	Asignación Vehículo Nodo Asignación Vehículo Nodo		B	0	1	$\forall z \in ZAG \quad \forall v \in AZV(z) \quad \forall c \in CVZ(v,z)$
TCL _{z,v,c}	Tiempo Llegada Tiempo Llegada	hr	C	0		$\forall z \in ZAG \quad \forall v \in AZV(z) \quad \forall c \in NZV(v,z)$
TCS _{z,v,c}	Tiempo Salida Tiempo Salida	hr	C	0	TDJO _v	$\forall z \in ZAG \quad \forall v \in AZV(z) \quad \forall c \in NZV(v,z)$
VAVL _{z,c}	Cliente NO Atendido Cliente NO Atendido		B	0	1	$\forall z \in ZAG \quad \forall c \in AZD(z)$
VCL _{z,v,c,k}	Asignación Vehículo Tramo Asignación Vehículo Tramo		B	0	1	$\forall z \in ZAG \quad \forall v \in AZV(z) \quad \forall c \in NSA(v,z) \quad \forall k \in KCV(c,v,z)$
VLE _{z,v,c}	Penalización por llegada temprana Penalización por llegada temprana	hr	C	0		$\forall z \in ZAG \quad \forall v \in AZV(z) \quad \forall c \in NZV(v,z)$
VSA _{z,v,c}	Penalización por salida tardía Penalización por salida tardía	hr	C	0		$\forall z \in ZAG \quad \forall v \in AZV(z) \quad \forall c \in NZV(v,z)$

La tabla **OPTeX** de variables correspondiente a la aplicación **VRPDSS** se presenta a continuación, en ella se incluyen otras variables que también hacen parte de otros modelos diferentes a los que integran el **VRPDSS**. Para la definición de las variables se debe acceder a una tabla secundaria en las que se especifica los índices de las variables.

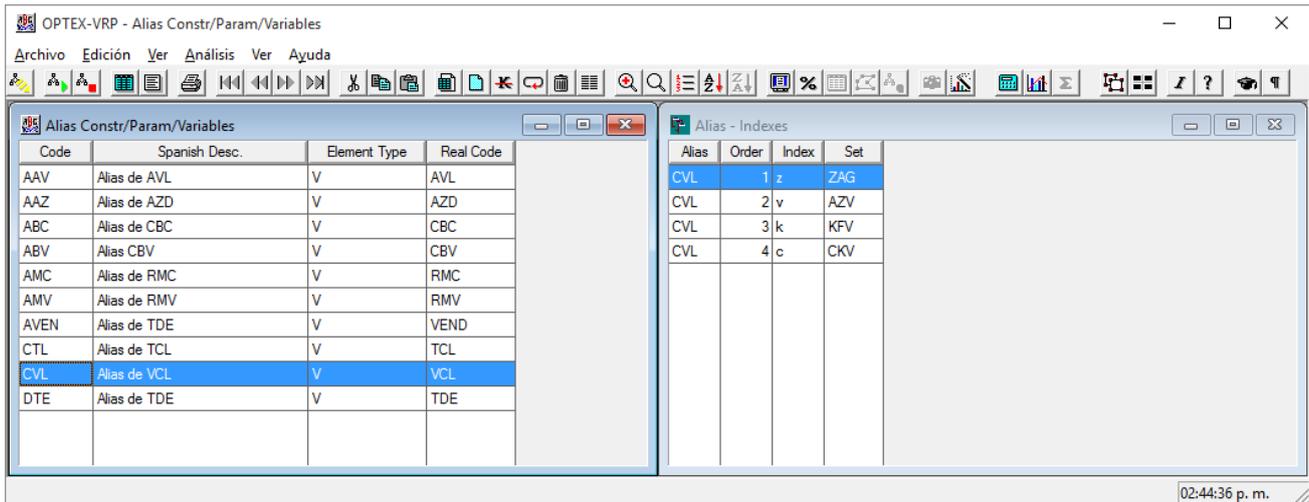
The screenshot shows the 'Variables' window in the OPTeX-VRP software. The main window contains a table with the following columns: Variable, Spanish Desc., Unit, Type, Priority B & B, Upper Bound, Lower Bound, Logic Variable, Gantt Control, and Set. The 'AVL' variable is highlighted in blue. A dialog box titled 'Variable - Inde...' is open over the table, showing the following data:

Variable	Level	Index	Set
AVL	1	z	ZAG
AVL	2	v	AZV

La definición de los índices de las variables implica definir las condiciones de existencia de la variable. En el caso resaltado en la imagen, la variable **AVL** que determina la asignación de un vehículo **v** a una zona **z** tiene como condiciones de existencia el conjunto $z \in \mathbf{ZAG}$ (conjunto de zonas asociadas al problema) y el conjunto $v \in \mathbf{AZV}(z)$ (conjunto de vehículos asignados a la zona **z**). La condición de existencia garantiza que las variables **AVL** solo se generarán para las condiciones expresadas, esto para cualquier ecuación que incluya en la formulación la variable $\mathbf{AVL}_{z,v}$; el orden de los índices es importante ya que el proceso de generación del modelo numérico (generación matricial) **OPTeX** respetará el orden indicado por el modelador de forma tal que sea posible resolver los valores de los índices independientes involucrados en una condición de existencia de una variables.

5.4.6. VARIABLES ALIAS

El manejo de variables asociadas a relaciones entre entidades del mismo tipo, en este caso la variable $\mathbf{VCL}_{v,c,k}$ que determina si el vehículo **v** va desde el **cliente c** hasta el **cliente k**, requiere un trato especial para manejar el intercambio de índices en las ecuaciones. Para ello **OPTeX** requiere la definición de una variable alias $\mathbf{CVL}_{v,k,c,r}$ alias de $\mathbf{VCL}_{v,c,k}$ que permita el manejo de los índices intercambiados. Para ello se debe acceder a la Tabla de Alias en **OPTeX** y definir la variable alias y el ordenamiento de índices correspondiente.



Se debe notar que este mecanismo también es utilizado por otras herramientas de software para modelaje matemático, como es el caso de **GAMS**.

Como ejemplo del uso de **alias** se puede revisar la ecuación de balance en un nodo que indica que todo vehículo que llega a un nodo/cliente debe volver a salir de dicho nodo, la cual se puede escribir como

$$\sum_{k \in KCD(c)} \mathbf{VCL}_{z,v,c,k} = \sum_{k \in KCD(c)} \mathbf{VCL}_{z,v,k,c}$$

$$\forall z \in \mathbf{VEH} \quad \forall v \in \mathbf{VEH} \quad \forall c \in \mathbf{CLD}$$

En este caso se tiene que los índices asociados a la variable **VCL** tiene dos ordenamientos (v,c,k) y (v,k,c) ; dado que **OPTeX** reemplazará en las ecuaciones que incluyan a la variable **VCL** por su definición $(\mathbf{VCL}_{z,v,c,k})$, incluyendo índices, no es posible obtener con una sola definición el reemplazo correcto, por esta razón se requiere la variable alias **CVL** definida como $\mathbf{CVL}_{v,k,c}$, la definición implica el uso de dos índices alias **c** y **k**.

En **OPTeX** la ecuación en referencia, $\mathbf{ENSA}_{z,v,c}$, se descompone en los siguientes términos

SIGNO	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2
+	S	k/KCD
+	1	CVL
-	S	k/KCD
+	1	VCL

La siguiente imagen presenta la carga de la ecuación $\mathbf{ENSA}_{z,v,c}$ en **OPTeX** y su interpretación en formato **RTF**; se debe notar que **OPTeX** se asumen implícitamente los índices de las variables de acuerdo con su definición. El reemplazo de la variable alias se realiza automáticamente.

Esta ecuación escrita en **GAMS** se verá como:

```
*OPTeX-> Restriccion: Balance Nodo Entrada - Salida
R_ENSA[z,v,c]$( C_ZAG(z) and C_AZV(z,v) and C_CVZ(v,z,c) )..
+ SUM([C_KDC[c,k] ],V_VCL[z,v,k,c]$(C_ZAG(z) and C_AZV(z,v) and C_KFV(v,z,k) and C_CKV(k,v,z,c) ) )
- SUM([C_KCD[c,k] ],V_VCL[z,v,c,k]$(C_ZAG(z) and C_AZV(z,v) and C_NSA(v,z,c) and C_KCV(c,v,z,k) ) )=e= 0 ;
```

5.4.7. RESTRICCIONES

Para los modelos de programación binaria, como es el caso de los modelos de ruteo, **OPTeX** soporta dos tipos de formulaciones: la clásica y la disyuntiva.

El concepto de **Programación Disyuntiva** está relacionado con problemas de optimización en el que existen conjuntos de restricciones que tienen sentido cuando una variable asociada a la restricción toma un determinado valor. El caso más común está relacionado con variables binarias las cuales están relacionadas con variables lógicas que determinan la existencia o no de una condición.

La implementación de modelos disyuntivos pueden implicar mayor eficiencia cuando los algoritmos utilizados soportan este tipo de programación, como es el caso de **CPLEX v12.x**.

A continuación se presentan los dos tipos de formulaciones para el caso del problema **VRP**.

5.4.7.1. FORMULACIÓN CLÁSICA

Las ecuaciones del módulo **VRP** del sistema **OPCHAIN-TSO** representan las condiciones que se deben cumplir en los diferentes de modelos que hacen parte del módulo. Inicialmente se describen todas las ecuaciones y en un numeral posterior se indica a que modelos pertenecen. A cada ecuación se le asigna una notación algebraica y se definen las condiciones de existencia.

- **VVCI_{c,v} Visita de destinos:** Establece que si un vehículo visita un cliente

Variable binaria indicador de la visita = Suma de las variable binaria que determinan si el vehículo v va desde el destino c hasta el destino k destinos

$$\mathbf{VCI}_{v,c} = \sum_{k \in \mathbf{KCD}(c)} \mathbf{VCL}_{v,c,k} \\ \forall c \in \mathbf{CLI} \quad \forall v \in \mathbf{VEH}$$

- **VCL_{v,c} Visita de forzada a los destino:** Establece que por lo menos un vehículo visite a un destino.

Suma de las variable binaria que determinan si el vehículo v va al destino
≥ Número mínimo de vehículos que deben visitar a los destinos

$$\sum_{v \in \mathbf{VCL}(c)} \mathbf{VCI}_{v,c} \geq 1 \\ \forall c \in \mathbf{CLI}$$

- **SANO_{v,c} Salida del nodo origen :** Establece que todo vehículo utilizado debe salir una vez del nodo origen.

Salida del vehículo v desde el nodo de origen hacia un destino c
= Variable binaria que determina si el vehículo v se utiliza

$$\sum_{k \in \mathbf{KCL}(c)} \mathbf{VCL}_{v,c,k} = \mathbf{AVL}_v \\ \forall v \in \mathbf{VEH} \quad \forall c \in \mathbf{NOR}$$

- **ENSA_{v,c} Entrada y salida del nodo :** Establece que todo vehículo que visita a un destino debe salir de éste.

Llegada del vehículo v desde el c al destino k = Salida del vehículo v desde el destino k al destino c

$$\sum_{k \in \mathbf{KCD}(c)} \mathbf{VCL}_{v,c,k} = \sum_{k \in \mathbf{KCD}(c)} \mathbf{VCL}_{v,k,c} \\ \forall v \in \mathbf{VEH} \quad \forall c \in \mathbf{CLD}$$

- **NOCL_{c,k,v} Ciclos no permitidos :** Establece que todo vehículo que visita un destino no puede regresar a éste.

Salida del vehículo v desde el destino k al destino c + Llegada del vehículo v desde el c al destino k ≤ Veces que puede visitar un vehículo a un destino

$$\mathbf{VCL}_{v,k,c} + \mathbf{VCL}_{v,c,k} \leq 1 \\ \forall c \in \mathbf{CLI} \quad \forall k \in \mathbf{KCL}(c) \quad \forall v \in \mathbf{VEH}$$

- **UTVE_v Utilización vehículos:** Establece si el vehículo es utilizado.

Variable binaria que determinan si el vehículo v va desde el destino c hasta el destino k ≤ Variable binarias que determinan si el vehículo v se utiliza

$$\sum_{c \in \mathbf{CLD}} \sum_{k \in \mathbf{KCD}(c)} \mathbf{VCL}_{v,c,k} \leq \mathbf{AVL}_v \\ \forall v \in \mathbf{VEH}$$

- **CAPP_v Capacidad de los vehículos en peso :** Establece que la demanda cubierta por el vehículo no puede ser mayor que su capacidad en peso (Kilogramos).

Suma de las demandas en peso de los destinos cubierta por el vehículo v ≤ Capacidad del vehículo v en peso

$$\sum_{c \in \mathbf{CCV}(v)} \sum_{k \in \mathbf{KCL}(c)} \mathbf{VCL}_{v,c,k} * \mathbf{DEMP}_c \leq \mathbf{CAPP}_v \\ \forall v \in \mathbf{VEH}$$

- **CAP_v, Capacidad volumétrica de los vehículos** : Establece que la demanda volumétrica cubierta por el vehículo no puede ser mayor que su capacidad volumétrica (m3)

Suma de las demandas volumétricas del destino cubierta por el vehículo $v \leq$ Capacidad volumétrica del vehículo v

$$\sum_{c \in CCV(v)} \sum_{k \in KCL(c)} VCL_{v,c,k} DEMV_c \leq CAPV_v \quad \forall v \in VEH$$

- **TTSE_v, Tiempo Limite Servicio**: Establece que el tiempo total no puede ser mayor que la duración de la jornada. (horas)

Suma de los tiempos de viaje en los tramos recorridos por el vehículo v desde el destino c al destino k y del tiempo de servicio en el destino c * Variable binaria que determinan si el vehículo v va desde el destino c hasta el destino $k \leq$ Duración de la jornada del vehículo v

$$\sum_{c \in CLV(v)} \sum_{k \in KCL(c)} TTSE_{v,c,k} VCL_{v,c,k} \leq TDJO_v \quad \forall v \in VEH$$

- **LINV_{c,v} Límite inferior de la ventanas de tiempo**: Establece los límites inferiores del horario de servicio para que el vehículo llegue al destino c . (horas)

Tiempo en que llega el Vehículo v al destino $c \geq$ Hora de apertura en el destino c

$$TCL_{v,c} \geq HAPE_c \quad \forall c \in CLI \quad \forall v \in VEH$$

- **LISV_{c,v} Límite superior de la ventanas de tiempo** : Establece el límite superior del horario de servicio para que el vehículo llegue al destino c . (horas)

Tiempo en que llega el Vehículo v al destino $c \leq$ Hora cierre en el destino c

$$TCL_{v,c} \leq HCIE_c \quad \forall c \in CLI \quad \forall v \in VEH$$

- **PLTE_{c,v} Penalización por llegada temprana** : Establece la diferencia entre la hora de llegada temprana y hora de llegada programada al destino c . (horas)

Tiempo de llegada al destino $c \leq$ Tiempo en que llega el Vehículo v al destino c + Variable de penalización por llegada temprana del vehículo v al destino c

$$HAPE_c \leq TCL_{v,c} + VLE_{v,c} \quad \forall c \in CLI \quad \forall v \in VEH$$

- **PLTA_{c,v} Penalización por llegada tardía** : Establece la diferencia entre la hora de llegada tardía y la hora de salida programada. (horas)

Tiempo de salida en el destino $c \geq$ Tiempo en que llega el vehículo v al destino - Variable de penalización por salida tardía del vehículo v al destino c

$$HCIE_c \geq TCL_{v,c} - VSA_{v,c} \quad \forall c \in CLI \quad \forall v \in VEH$$

- **STIL_{v,c,k} Secuencia de los tiempos de llegada** : Establece que el tiempo de llegada del vehículo debe ser menor que el tiempo de llegada al siguiente destino. (horas)

Tiempo en que llegada el vehículo v al destino k - Tiempo en que llegada el vehículo v al destino $c \geq$ Parámetro Tiempo VRPTW (que comprende el tiempo de viaje y el tiempo de servicio)

$$TCL_{v,k} - TCL_{v,c} - INRP_{v,c,k} \geq RPTW_{v,c,k}$$

$$\forall c \in CLD \quad \forall k \in KCL(c) \quad \forall v \in VEH$$

De acuerdo confirmar que no hay reunión

La tabla **OPTeX** de restricciones correspondiente a la aplicación **VRPDSS** se presenta a continuación, en ella se incluyen otras restricciones que también hacen parte de otros modelos de la aplicación. Para la definición de las restricciones se deben acceDeberias pensar como hacer para que DW tenga ingresos, porque sin ventas y mas carga se va a moris.

Jess

der a dos tablas secundarias en las que se especifican las ecuaciones de las restricciones y los índices con sus respectivas condiciones de existencia.

Constraint	Spanish Desc.	English Desc.	Type	Value RHS	Value LHS	Logic Variable
ACOX	Anulación Coordinada X		<	0		
ACOY	Anulación Coordinada Y		<	0		
ACZO	Activación Zona		<	0		
ASDE	Asignación de Destinos		<	1		
ASVE	Asignación de Vehículos		<	1		
AZNX	Distancia Artificial Zona Destino X Negativo		<			
AZXP	Distancia Artificial Zona Destino X Positivo		<			
AZNY	Distancia Artificial Zona Destino Y Negativo		<			
AZYP	Distancia Artificial Zona Destino Y Positivo		<			
CAPD	Capacidad Peso Vehículos (Diex)		<			
CAPP	Capacidad Peso Vehículos		<	0		AVL
CAPV	Capacidad Volumen Vehículos		<	0		
CAVD	Capacidad Volumen Vehículos (Diex)		<			
CAVP	Capacidad de los Vehículos en Peso		<	0		
CAVU	Capacidad Volumen Vehículos(Capacidad no utiliz		<			
CAVV	Capacidad de los Vehículos en Volumen		<	0		
CVPA	Capacidad de los Vehículos en Peso (AZD)		<			
CVPE	Capacidad de los Vehículos en Peso		<			
CVVA	Capacidad de los Vehículos en Volumen (AZD)		<			
CVVD	Capacidad Volumétrica de los Vehículos		<			
DABX	Distancia Absoluta de X		<			
DABY	Distancia Absoluta de Y		<			
DIEF	Distancias Efectiva		<			
DMAX	Coordenada Máxima X		<			
DMAY	Coordenada Máxima Y		<			
DMIX	Coordenada Mínima X		<			
DMYI	Coordenada Mínima Y		<			
DZDE	Distancia Zona Destino		=	0		
DZXN	Distancia Zona Destino X Negativo		>	0		
DZXP	Distancia Zona Destino X Positivo		>	0		

SUGERENCIA:

Aseguramiento Automático de la Carga: Una restricción que afecta la capacidad de carga de los vehículos es la relacionada con el límite máximo para el valor económico (\$) de la carga en un vehículo (ejemplo, las pólizas de seguro automáticas implican que un viaje no se puede transportar un valor mayor que el limite asignado contractualmente, si no cumple el excedente del valor no tiene seguro. Considerando que está restricción no está incluida en los modelos presentados se sugiere que cree un nuevo problema, el **VRPS**, que incluya esta restricción. Puede realizar varios ejercicios para tomar control de la ecuación:

- Asocie la restricción al código **CASE** (este nombre se utiliza para lo que resta del tutorial, pero puede ser cualquier nombre)
- Tome como referencia las restricción de peso o la de volumen.
- Cargue directamente todos los nuevos elementos en las tablas de **OPTeX SIMM**.
- Verifique para cada elemento que la carga ha sido correcta.
- Resolver el problema **VRPS**.

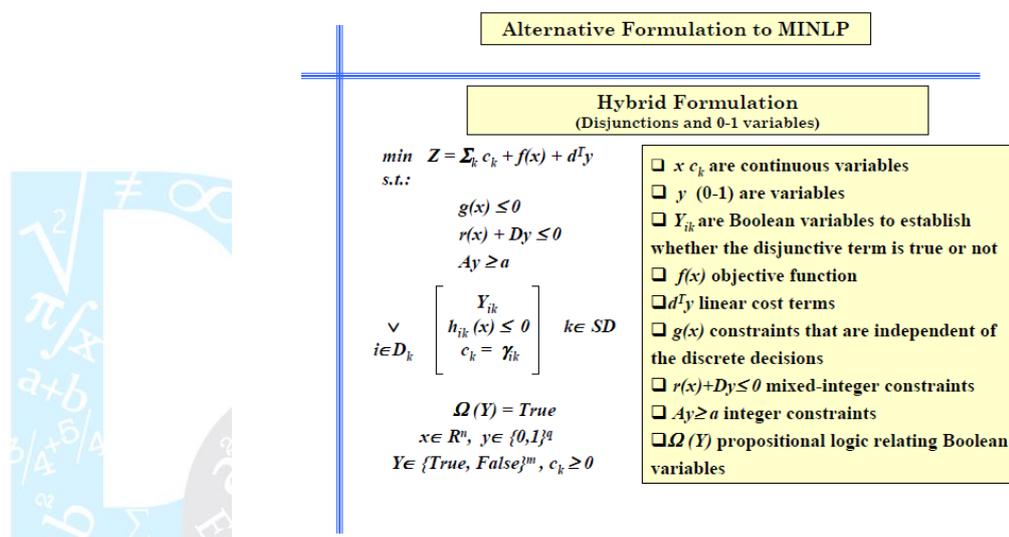
5.4.7.2. FORMULACIÓN DISYUNTIVA

SUGERENCIA:

Si el lector no conoce los principios de **Disjunctive Programming** se sugiere consulte los siguientes documentos.

- <http://www.doanalytics.net/Documents/Disjunctive-Programing-Egon-Balas.pdf>
- <http://www.doanalytics.net/Documents/Generalized-Disjunctive-Programming-I-Grossmann.pdf>
- <http://www.doanalytics.net/Documents/Disjunctive-Multiperiod-Optimization-Models-for-Process-Networks.pdf>
- [http://www.doanalytics.net/Documents/Recent-Development-in-Disjunctive-Programming-\(ppt\).pdf](http://www.doanalytics.net/Documents/Recent-Development-in-Disjunctive-Programming-(ppt).pdf)

La siguiente imagen presenta la forma "típica" utilizada para los modelos de modelados vía Programación Disyuntiva.



La implementación de modelos disyuntivos es apropiada para aquellos casos en que hay restricciones cuya existencia depende del valor de una variable, como pudiese ser en un problema de inversión, tomar la decisión de invertir en el desarrollo de cierto tipo de infraestructura, por ejemplo una refinería, lo que daría origen a la existencia del conjunto de ecuaciones que representan las operaciones de la refinería, si no se construye la refinería, dichas ecuaciones no existen.

En el caso del problema **VRP**, y de sus variaciones, las restricciones de operaciones de los vehículos solo tienen sentido si el vehículo en referencia va a ser utilizado para atender los pedidos de los clientes, hecho que está asociado a la variable **AVL_v** cuando toma el valor de **1**. Si se analiza con más detalle el problema, existen restricciones relacionadas con el hecho que un vehículo **v** visite o no un cliente **c**, lo que está asociado a la variable **VCL_{v,c}** cuando toma el valor de **1**, más aun, existen restricciones que dependen del hecho que un vehículo **v** visite un cliente **k** después de otro cliente **c**, lo que está asociado a la variable **VCL_{v,c,k}** cuando toma el valor de **1**.

Las variables que establecen las condiciones de existencia de las restricciones se conocen como variables lógicas **indicator variables** o **logical variables** y las restricciones asociadas como **indicator constraints** o **logical constraints**. Matemáticamente la restricción lógica, $L(x) \in G$, se expresa como:

$$L(x) \in G \quad \text{si} \quad vl = 1$$

donde **vl** corresponde a la variable lógica asociada.

En **OPTEX** se pueden incorporar simultáneamente la formulación clásica y formulación disyuntiva, para ello se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Implementar la formulación clásica del problema.
- Seleccionar las restricciones básicas
- Seleccionar las restricciones lógicas y asociarlas a la variable lógica asociada.

RESTRICCIONES MÓDULOS VRP – FORMULACIÓN DISYUNTIVA				
FUNCIÓN	CÓDIGO	RESTRICCIÓN–ECUACIÓN	Variable Disyuntiva	Unidad
RESTRICCIONES BÁSICAS				
Visita destinos por vehículo	VVCI_{v,c}	$VCI_{v,c} - \sum_{k \in KCD(c)} VCL_{v,c,k} = 0$ $\forall c \in CLI \forall v \in VEH$		
Visita forzada a los clientes	VCLI_c	$\sum_{v \in VCL(c)} VCI_{v,c} \geq 1$ $\forall c \in CLI$		
Utilización vehículos por bodega	UTVE_v	$\sum_{c \in CLD} \sum_{k \in KCD(c)} VCL_{v,c,k} \leq AVL_v$ $\forall v \in VEH$		
RESTRICCIONES DISYUNTIVAS				
Salida del nodo origen	SANO_{v,c}	$\sum_{k \in KCL(c)} VCL_{v,c,k} - AVL_v = 0$ $\forall v \in VEH \forall c \in NOR$	AVL_v	
Entrada y salida del nodo	ENSA_{v,c}	$\sum_{k \in KCD(c)} VCL_{v,c,k} = \sum_{k \in KCD(c)} VCL_{v,k,c}$ $\forall v \in VEH \forall c \in CLD$	AVL_v	
Ciclos no permitidos	NOCL_{c,k,v}	$VCL_{v,k,c} + VCL_{v,c,k} \leq 1$ $\forall c \in CLI \forall k \in KCL \forall v \in VEH$	AVL_v	
Capacidad de los vehículos en peso	CAPP_v	$\sum_{c \in CCV(v)} \sum_{k \in KCL(c)} VCL_{v,c,k} DEMPC \leq CAPP_v$ $\forall v \in VEH$	AVL_v	Kg
Capacidad volumétrica de los vehículos	CAPV_v	$\sum_{c \in CCV(v)} \sum_{k \in KCL(c)} VCL_{v,c,k} DEMV_c \leq CAPV_v$ $\forall v \in VEH$	AVL_v	m3
Tiempo Limite Servicio	TTSE_v	$\sum_{c \in CLV(v)} \sum_{k \in KCL(c)} TTSE_{v,c,k} * VCL_{v,c,k} \leq TDJO_v$ $\forall v \in VEH$	AVL_v	hr
Límite inferior de la ventanas de tiempo	LINV_{c,v}	$TCL_{v,c} \geq HAPC_c$ $\forall c \in CLI \forall v \in VEH$	VCI_{v,c}	hr
Límite superior de la ventanas de tiempo	LISV_{c,v}	$TCL_{v,c} \leq HCIC_c$ $\forall c \in CLI \forall v \in VEH$	VCI_{v,c}	hr
Penalización por llegada temprana	PLTE_{c,v}	$TCL_{v,c} + VLE_{v,c} \geq HAPC_c$ $\forall c \in CLI \forall v \in VEH$	VCI_{v,c}	hr
Penalización por llegada tardía	PLTA_{c,v}	$TCL_{v,c} - VSA_{v,c} \geq HAPC_c$ $\forall c \in CLI \forall v \in VEH$	VCI_{v,c}	hr
Secuencia de los tiempos de llegada	STIL_{c,k,v}	$TCL_{v,k} - TCL_{v,c} - INRP VCL_{v,c,k} \geq RPTW_{v,c,k}$ $\forall c \in CLD \forall k \in KCL(c) \forall v \in VEH$	VCL_{v,c,k}	hr

Cuando la variable lógica asociada a una restricción lógica hace parte de la formulación disyuntiva debe ajustarse a partir de la formulación clásica, sustituyendo el valor de la variable lógica, comúnmente igual a **1**. Tal es el caso de las restricciones **SANO_{v,c}** y **STIL_{c,k,v}**.

En el caso de la restricción **SANO_{v,c}**

$$\sum_{k \in KCL(c)} VCL_{v,c,k} - AVL_v = 0$$

$$\forall v \in VEH \forall c \in NOR$$

dado que **AVL_v** es igual a **1**, al reemplazar su valor la restricción queda igual a:

$$\sum_{k \in KCL(c)} VCL_{v,c,k} = 1$$

$$\forall v \in VEH \forall c \in NOR$$

En el caso de la restricción **STIL_{v,c,k}**

$$\mathbf{TCL}_{v,k} - \mathbf{TCL}_{v,c} - \mathbf{INRP} \mathbf{VCL}_{v,c,k} \geq \mathbf{RPTW}_{v,c,k}$$

$$\forall c \in \mathbf{CLD} \quad \forall k \in \mathbf{KCL}(c) \quad \forall v \in \mathbf{VEH}$$

dado que $\mathbf{VCL}_{v,c,k}$ es igual a **1**, al reemplazar su valor la restricción queda igual a:

$$\mathbf{TCL}_{v,k} - \mathbf{TCL}_{v,c} \geq \mathbf{RPTW}_{v,c,k} + \mathbf{INRP}$$

$$\forall c \in \mathbf{CLD} \quad \forall k \in \mathbf{KCL}(c) \quad \forall v \in \mathbf{VEH}$$

La siguiente ventana presenta la implementación de la formulación disyuntiva para ciertas restricciones del problema **VRP**, para estas restricciones se asigna una variable lógica que hace parte del problema y que activa la restricción en caso que el valor de dicha variable sea igual a **1**.

Constraint	Spanish Desc.	Type	Value RHS	Value LHS	Logic Variable	Sector	Area Decision	Cod_Uopps:
CAPP	Capacidad Peso Vehiculos	<	0		AVL		0	
ENNO	Llegada Nodo Final	=	0		AVL		0	
ENSA	Balance Nodo Entrada / Salida	=	0		AVL		0	
LINV	Limite Inferior Tiempo Llegada	>	0		AVN		0	
LISV	Limite Superior Tiempo Llegada	<	0		AVN		0	
NOCL	Ciclos No Permitidos	<	1		AVL		0	
NOEN	Balance Nodos Entrada	<	1		AVL		0	
NOSA	Balance Nodos Salida	<	1		AVL		0	
SANO	Salida Nodo Origen	=	0		AVL		0	
STIL	Secuencia Tiempos Llegada	>	RPTW		VCL		0	
TSNO	Tiempo Salida Nodo	=	0		AVN		0	
TTSE	Tiempo Limite Servicio	<	TDJO		AVL		0	
XAVL	Asignacion Vehiculos Obligatorios	=	1		AVL		0	

Resolver el modelo vía programación disyuntiva es un proceso es realizado de manera automática por **OPTeX** y se activa en la ventana de control de **OPTeX-EXE**.

The screenshot shows the OPTeX-EXE control interface. In the 'CONTROL' section, under 'Optimization', the 'Disjunctive Programming' checkbox is checked and circled in red. Other visible options include 'Initial Solution', 'Pre-Fix Variables', 'Subrogation', 'NO Error Validacion', and 'SOS Sets'. The 'Optimization Server' section shows connection details for a server named 'DW Server 16 Cores - 48 G'.

SUGERENCIA:

- Ahora que conoce los principios de la Programación Disyuntiva, asocie a la restricción de límite en valor económico transportado (**CASE**) a una variable lógica y resuélvalo vía programación disyuntiva. Para esta prueba debe tener **GAMS** o **CPLEX** instalado y conectado a **OPTEX**.
- Si utiliza **GAMS** ubique el código asociado a **DP** que genera **OPTEX**.

5.4.8. FUNCIÓN OBJETIVO

El objetivo considerado en **VRP** es minimizar el total de los costos de operación que están integrados por los costos fijos de utilización de los vehículos, más los costos de recorrido de los vehículos, más los costos por las desviaciones de la ventana de atención de los destinos, el cual puede corresponder a costo establecido contractualmente o a un costo "subjeto" debido a la pérdida de imagen de la empresa por mal servicio al cliente. La siguiente tabla presenta los costos relacionados a esta función y la ecuación que la define.

FUNCIONES OBJETIVO BÁSICAS			
VARIABLE		COSTO FUNCIÓN OBJETIVO	
MICO – Mínimo Costo de Operación			
AVL_v	Determina el Uso de un Vehículo	CUVE_v	Costo de Utilizar el Vehículo (\$/día)
VC_{L_{v,c,k}}	Determina si un Vehículo va de un Destino a Otro	CVIA_{v,c,k}	Costo de Viaje Entre Nodos (\$)
VLE_{v,c}	Tiempo de Llegada Temprana (hr)	COTE_c	Costo de Penalización por Tiempo Inferior (\$/hr)
VSA_{v,c}	Tiempo de Llegada Tardía (hr)	COTA_c	Costo de Penalización por Mayor Tiempo (\$/hr)

OPTEX permite definir múltiples funciones objetivo que permitan describir los objetivos y las metas deseados por el modelador, en este caso la empresa de transporte.

Se ha establecido independencia entre una variable y su costo en la función objetivo. Esta conceptualización permite que un modelo pueda utilizarse con múltiples funciones objetivo y en procesos de optimización multi-criterio al considerar la función objetivo principal como una suma de funciones objetivo secundarias.

El usuario debe definir las Funciones Objetivo que desea vincular a los modelos, para ello debe definir un código para cada Función Objetivo que desee crear. Se consideran dos tipos de funciones objetivo:

- **Básicas:** en las que se asocian los coeficientes de costos a las variables,
- **Compuestas:** en la que se integran múltiples funciones objetivo para casos de optimización multi-criterio, casos de programación fraccional o simplemente para diferenciar elementos de costos de la función objetivo.

La información a definir para cada función objetivo es:

- **Función Objetivo:** código asociado a la función objetivo.
- **Descripción:** descripción de la función objetivo.
- **Tipo:** define el tipo de restricción de acuerdo con:
 - SIM** Función objetivo básica
 - MUL** Función objetivo multi-criterio que utilizan factores de ponderación preestablecidos para las sumar las funciones objetivo que la integran.

La definición de los componentes de la función objetivo se realiza por medio de tablas secundarias a las que se accede desde la tabla de definición de funciones objetivo, tal como lo muestra la siguiente pantalla.

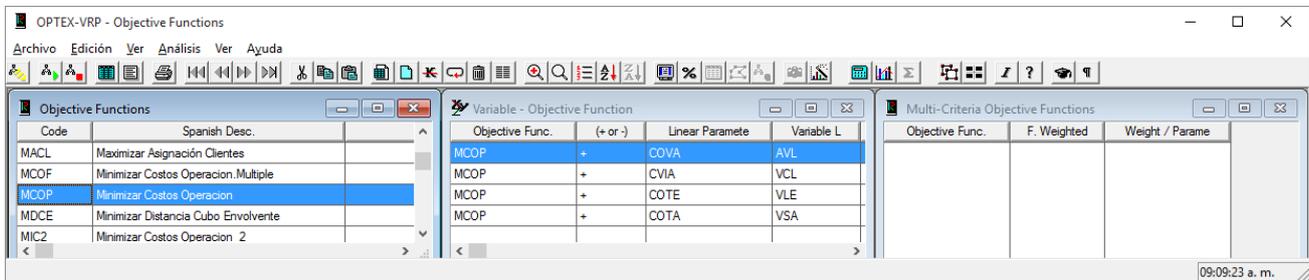
▪ **FUNCIONES OBJETIVO BÁSICAS**

Para el caso de funciones objetivo básicas, se pueden considerar dos tipos: lineales y cuadráticas. En este documento solo se analiza el caso lineal.

Debe definir los términos que integran la ecuación correspondiente a la función objetivo:

- Código Función Objetivo
- Código Variable Lineal
- Código Parámetro Lineal
- Signo: indica el signo con el cual se toma el parámetro

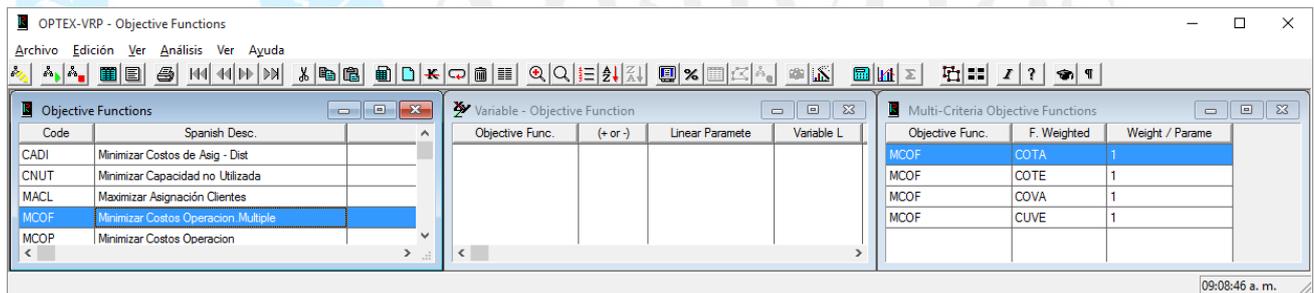
El término que generará **OPTeX** corresponde a una Sumatoria sobre todos los términos de la variable lineal multiplicada por el parámetro lineal. Cuando una variable no aparece especificada en una función objetivo se asume un costo para ella igual a cero. La expansión de la función objetivo es automática de tal forma que **OPTeX** genera la sumatoria para todos los valores válidos para una variable, o una pareja de variables en el caso cuadrático, multiplicadas por el parámetro indicado.



▪ **FUNCIONES OBJETIVO COMPUESTAS**

OPTeX permite considerar funciones objetivo multi-criterio y fraccionales las cuales resultan de la combinación de múltiples funciones objetivo básicas. Para ello debe definir para cada término:

- Código Función Objetivo Principal
- Código Función Objetivo Secundaria
- Factor de ponderación, para el caso de funciones objetivo multi-criterio.



La tabla **OPTeX** de funciones objetivo correspondiente a la aplicación **VRPDSS** incluye múltiples funciones objetivo que hacen parte de otros modelos de la aplicación.

SUGERENCIA:

- Revise todas las funciones objetivo incluidas en el **VRPDSS**, si encuentra errores los debe corregir, en este momento o posteriormente. A continuación el reporte que genera **OPTeX**.

```

OPTeX - d:\Dropbox\genex\vrp\vrpwo\CHK_FOBJ.LOG
Fecha de creación del archivo: 24/11/2015 - 09:17:14
09:17:14
OPTeX -> Revisando FUNCIONES OBJETIVO
09:17:14 -> CADI Minimizar Costos de Asig - Dist
09:17:14 -> CNUT Minimizar Capacidad no Utilizada
09:17:14 -> MACL Maximizar Asignación Clientes
09:17:14 -> MCOF Minimizar Costos Operacion.Multiple
09:17:14 WARNING-> Funcion Objetivo MCOF NO tiene elementos definidos

09:17:14 -> MCOP Minimizar Costos Operacion
09:17:14 ERROR-> Funcion Objetivo MCOP Parametro: COTE NO esta catalogado

09:17:14 ERROR-> Funcion Objetivo MCOP Parametro: COTA NO esta catalogado

09:17:14 -> MDCE Minimizar Distancia Cubo Envolvente
09:17:14 -> MIC2 Minimizar Costos Operacion 2
09:17:14 -> MIC3 Minimizar La Cantidad de Vehiculos
09:17:14 -> MICO Minimizar Costos Operacion
09:17:14 -> MIDI Minimizar Distancias
09:17:14 -> MIUV Minimizar Utilización de Vehículos
09:17:14 -> MNVE Minimizar el Numero de Vehiculos
09:17:14 -> MVNA Numero de Viajes No Asignado
09:17:14 -> MXIN Maximizar Ingreso
09:17:14 ERROR-> Funcion Objetivo MXIN Parametro: COVC NO esta catalogado

09:17:14 ERROR-> Funcion Objetivo MXIN Parametro: FLET NO esta catalogado

09:17:14 -> XXX Minimizar Costos Operacion
09:17:14 ERROR-> Funcion Objetivo XXX Parametro: COTE NO esta catalogado

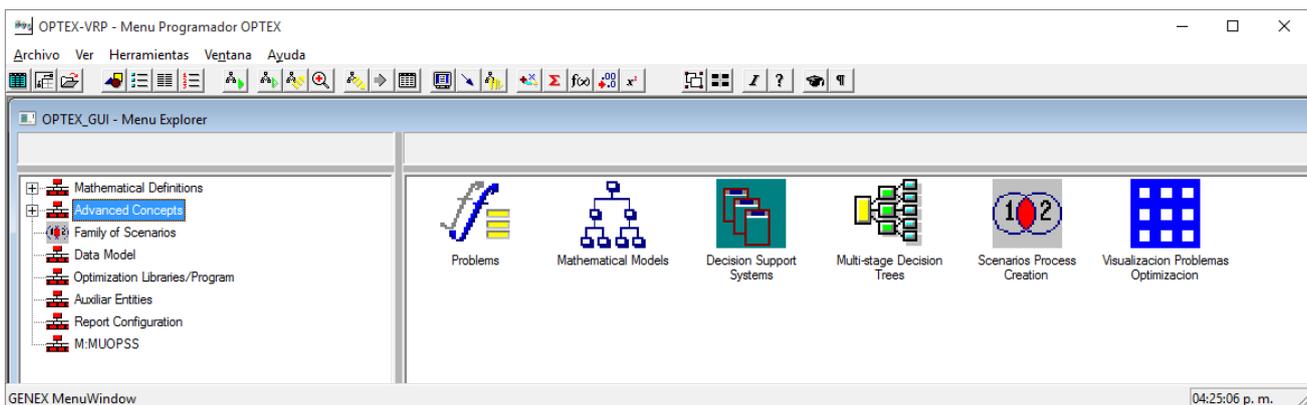
09:17:14 ERROR-> Funcion Objetivo XXX Parametro: COTA NO esta catalogado

Fecha de finalización del archivo: 24/11/2015 - 09:17:14
    
```

- Resuelva el problema utilizando diferentes funciones objetivo.
 - Minimizar el costo operativo
 - Minimizar el número de vehículos utilizados
 - Minimizar el tiempo que dura la jornada.

5.5. CONCEPTOS AVANZADOS

El proceso de definición de los modelos matemáticos se realiza a través de las diferentes opciones del menú **Conceptos Avanzados**.



En este menú se definen los problemas, los modelos, los sistemas de soporte de decisiones y los árboles de decisión para optimización estocástica no-anticipativa; este último relacionado con el manejo del proceso de decisiones bajo incertidumbre, aspecto que no está involucrados en los modelos del módulo **VRP** y por lo tanto se ignoran en este tutorial.

Dada la orientación de **OPTeX** hacia el manejo de modelos multi-problemas de gran tamaño, es importante tener en cuenta las definiciones propias de **OPTeX**:

- Problema:** Objeto que tiene asociado un conjunto de restricciones que lo definen, un conjunto de variables sobre las cuales tiene control, y una clase a la cual pertenece.
- Modelo:** Objeto que tiene asociado un conjunto de problemas, cada uno de ellos con un rol específico, y asociado a una teoría para partición, descomposición y/o coordinación para la optimización de gran escala.
- SSD:** Objeto que tiene asociado un conjunto de modelos que integradamente conforma un **Sistema de Soporte** a las **Decisiones** de un usuario final.
- Aplicación:** Conjunto de **SSDs**

5.5.1. PROBLEMAS MATEMÁTICOS

Dado que los modelos del módulo **VRP** no se resuelven utilizando técnicas de gran escala, la relación entre problema y modelo es bi-unívoca, un problema por cada modelo, lo que no ocurre en los casos en que se utilizan técnicas de partición y de descomposición.

Atendiendo a los diferentes casos que pueden ocurrir al resolver el problema de ruteo de vehículos, **VRP**, se configuran varios problemas, diferenciados por las restricciones que incluyen, las cuales definen el sistema abstracto de referencia que se está modelando. Los problemas considerados en el módulo **VRP** son:

MODELOS MÓDULO OPCHAIN-TSO-VRP						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	RESTRICCIONES				
		BÁSICAS	TIEMPO TOTAL	VENTANA TIEMPO	PESO VOLUMEN	CALCULO TIEMPO
VRP	Ruteo Vehículos (VRP)	ENSA UTVE NOCL VCLI SANO				
VRP2C	Ruteo Vehículos (VRP) - Peso + Volumen				CAPP CAPV	
VRPSTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)					
VRPSTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)+Peso+Volumen				STIL PLTA PLTE	CAPP CAPV
VRPT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempos					LINV STIL LISV
VRPTC	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total + Peso + Volumen					
VRPTT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total					
VRPTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPSTW)			STIL TTSE		CAPP CAPV
VRPTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPTW) + Peso + Volumen				LINV STIL LISV	CAPP CAPV

La imagen de la tabla **OPTeX** de problemas correspondiente a la aplicación **VRPDSS** se presenta a continuación. Se deben definir información en una tabla secundaria que contiene información de las restricciones asociadas al problema y de los índices que lo definen, cuando este concepto aplica.

Problem	Spanish Desc.	Indexes	Sector	Role	Coordinator	Format
VRP	Ruteo Vehículos		VRPDSS	IN		PM
VRP2C	Ruteo Vehículos (VRP) / Peso + Volumen		VRPDSS	IN		PM
VRPSTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)		VRPDSS	IN		PM
VRPSTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW) / Peso + Volumen		VRPDSS	IN		PM
VRPT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempos		VRPDSS	IN		PM
VRPTC	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total + Peso + Volumen		VRPDSS	IN		PM
VRPTT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total		VRPDSS	IN		PM
VRPTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPTW)		VRPDSS	IN		PM
VRPTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPTW) + Peso + Volumen		VRPDSS	IN		PM

Problem	Constraint	Order Problema
VRP	ENNO	0
VRP	ENSA	0
VRP	NOCL	0
VRP	NOEN	0
VRP	NOSA	0
VRP	RENO	0
VRP	SANO	0
VRP	TSNO	0
VRP	UTVE	0
VRP	VCLI	0

Para cada problema se debe especificar la siguiente información:

- **Clase:** define el tipo de problema con base en sus características matemáticas, de acuerdo a la siguiente nomenclatura:
 - PL** Programación Lineal
 - BI** Binaria
 - PB** Programación Mixta-Binaria
 - PEM** Programación Entera Mixta
 - PQ** Programación Cuadrática
 - PQM** Programación Cuadrática Mixta
- **Rol:** se define el rol del problema de acuerdo con las funciones que cumple dentro de un esquema de partición descomposición. Se define el rol de acuerdo con:
 - CO** Coordinador
 - PR** Primario
 - IN** Integrado

Un problema primario corresponde al último nivel de jerarquía en un esquema multinivel.

- **Problema coordinador:** define el problema que actúa como coordinador del problema que se está definiendo.
- **Índices:** define los índices de los que depende el problema. También se puede hacer mediante la tabla subordinada **Problemas-Índices**.

Los dos últimos atributos solo se requieren cuando se utilizan metodologías de gran escala.

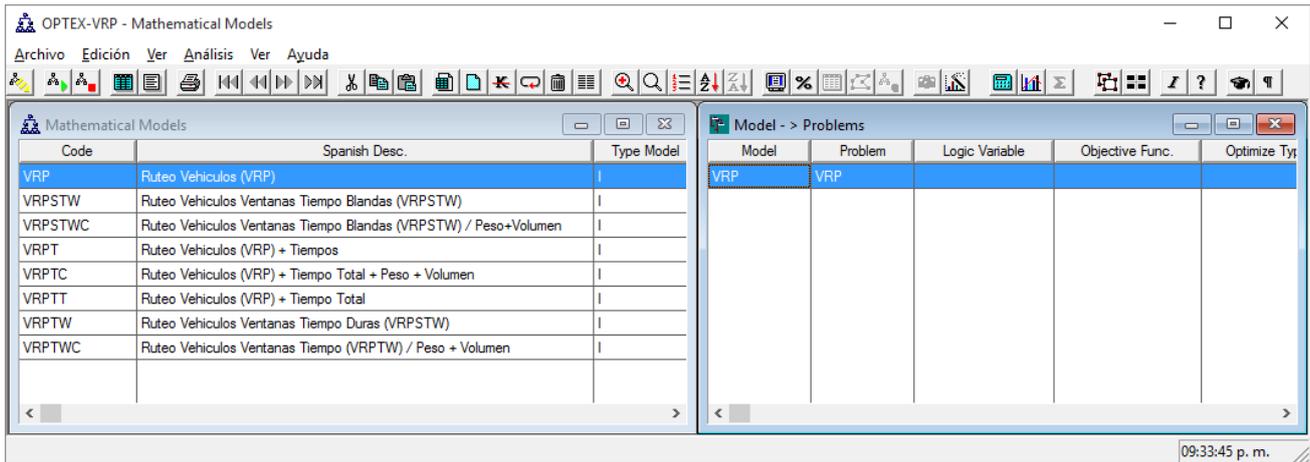
En la tabla de relación de **Problemas-Restricciones** se incluye un campo que permite definir el orden en el cual se desea incluir las restricciones en el momento de la generación matricial del modelo numérico, si no se define la inclusión será en orden del alfanumérico. Esta opción se incluye porque **DOA** tiene experiencia empírica que el orden de inclusión de las restricciones puede afectar significativamente el tiempo de solución del modelo, esto para problemas tipo **MIP**.

SUGERENCIA:

- Formule el problema **VRPS** que incluye la restricción **CASE** (lo que se sugirió previamente).
- La formulación del problema **VRP** incluida en la aplicación implica resolver múltiples problemas **VRP**, uno por zona, de manera simultánea; sin embargo, si se formula el problema como dependiente de la zona (**z**) se pueden desacoplar los problemas y resolverlos en paralelo, o de manera secuencial. Esto traería ventajas que permitirían visualizar el comportamiento de la optimización para cada zona; por ejemplo, si existe una zona no-factible el problema integrado será no-factible, en el caso de la solución desacoplada el solo será no-factible la zona no factible. Ajuste la formulación creando un nuevo problema **VPRZ(z)**.

5.5.2. MODELOS MATEMÁTICOS

A partir de la definición de problemas se deben definir los modelos y la relación modelos y problemas, en este caso por cada problema existe un modelo.



Para el **Tipo de Modelo** existen las siguientes opciones:

- E Encadenado:** Define una cadena de problemas encadenados en el tiempo.
- I Integrado:** Define un modelo integrado por un solo problema.
- P Paralelo Estocástico:** Define un conjunto de problemas que permiten analizar múltiples escenarios estudiados de forma paralela independientemente a cada escenario.

En este caso todos los modelos están asociados a un modelo integrado.

SUGERENCIA:

- Cree un modelo para el problema **VRPS** y para el problema **VRPZ(z)**.

5.5.3. SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES

Para reunir todos los modelos tipo **VRP** en un sistema de soporte de decisiones se

SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES			
CÓDIGO DSS	DESCRIPCIÓN DSS	CÓDIGO MODELO	DESCRIPCIÓN MODELO
VRPDSS	Sistema de Soporte de Decisiones VRPDSS	VRP	Ruteo Vehículos (VRP)
		VRP2C	Ruteo Vehículos (VRP) - Peso + Volumen
		VRPSTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)
		VRPSTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Blandas (VRPSTW)+Peso+Volumen
		VRPT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempos
		VRPTC	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total + Peso + Volumen
		VRPTT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total
		VRPTW	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPSTW)
		VRPTWC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPTW) + Peso + Volumen

La siguiente imagen presenta el **DSS** implementado en **OPTeX**.

Code	Spanish Desc.	DSS	Model	Order	Decision Tree	Horizon	Objective Func.	Type Opt	Posterior Func	Previous Functi
RUTURB	DSS Ruteo Urbano	VRPDSS	VRP	1		1DIA	MICO	MIN		
RUTURBD	DSS Ruteo Urbano/Divisible	VRPDSS	VRPSTW	2		1DIA	MICO	MIN		
RUTURBD2	DSS Ruteo Urbano/Divisible dos	VRPDSS	VRPSTWC	3		1DIA	MICO	MIN		
VRPDSS	VRPDSS	VRPDSS	VRPT	4		1DIA	MICO	MIN		
		VRPDSS	VRPTC	5		1DIA	MICO	MIN		
		VRPDSS	VRPTT	6		1DIA	MICO	MIN		
		VRPDSS	VRPTW	7		1DIA	MICO	MIN		
		VRPDSS	VRPTWC	8		1DIA	MICO	MIN		

6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE DATOS DEL SIDI

Los datos correspondientes a la información técnica del modelo de ruteo urbano **VRP** se clasifican en dos tipos:

- **Datos permanentes** correspondientes a información técnica del sistema que es independiente de cualquier escenario; y
- **Datos no permanentes** asociados a la existencia o no de un escenario y que representan su variabilidad.

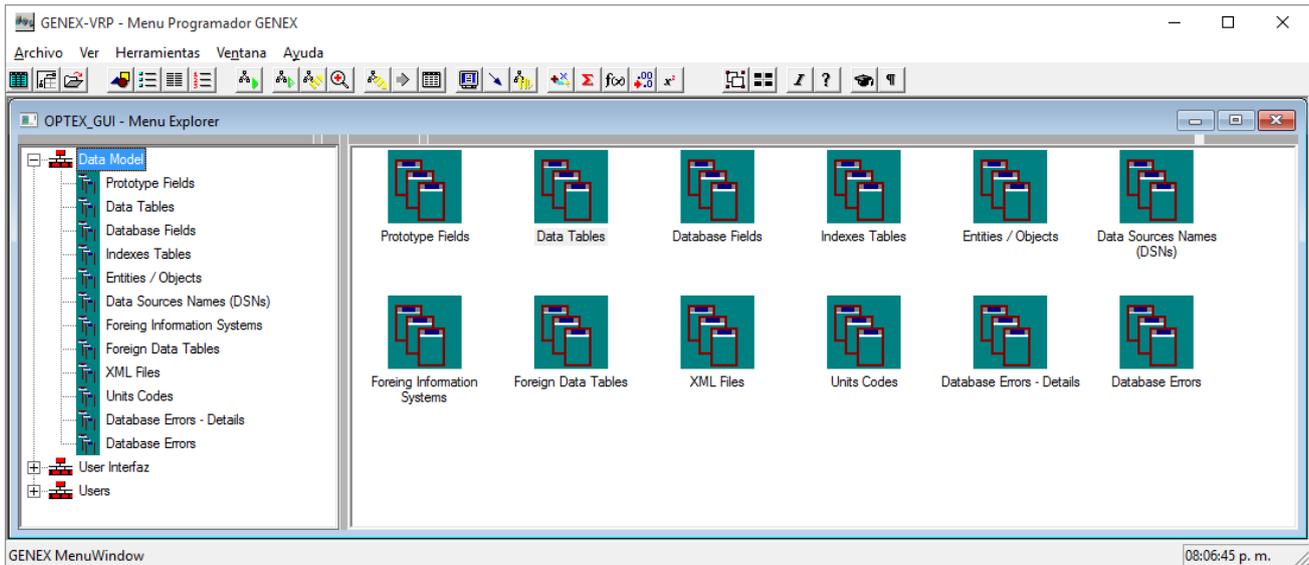
En el sistema de información se almacenan los valores de los parámetros, los elementos de los conjuntos y las soluciones de las variables y las restricciones de los modelos para los diferentes escenarios. El valor correspondiente a un parámetro y/o una variable puede estar almacenado en cualquiera de los dos subsistemas anteriores.

Tanto el **Datos permanentes** como el **Datos no permanentes** son sistemas de información que dependen de los modelos matemáticos. Existe una relación directa entre el sistema de información y el modelo ya que los índices manejados en el modelo definen las entidades que se deben manejar en el modelo de datos, y las relaciones variable-índice, parámetro-índice y restricción-índice definen las relaciones de las entidades del sistema de información.

Los datos se podrían clasificar como datos permanentes correspondientes a información técnica del sistema que es independiente de cualquier escenario; y como datos no permanentes asociados a la existencia o no de un escenario de referencia de un modelo matemático. La aplicación **VRPDSS** almacena en tablas los valores de las soluciones de las variables primales y de las variables duales de los modelos para los diferentes escenarios.

Asociadas a los modelos matemáticos están las tablas en las que se almacenan los datos relacionados a los conjuntos y a los parámetros de los modelos. En **OPTeX** el conjunto de tablas requeridas conforman un sistema de información el cual debe ser diseñado teniendo como referencia un modelo de datos relacional que debe respetar reglas de normalización y de integridad de los datos. También se requiere disponer de una interfaz de usuario que permita al usuario final consultar las tablas para realizar las labores de captura y mantenimiento de datos.

Para realizar estas labores se dispone de los servicios ofrecidos por **OPTeX-GUI** los cuales facilitan a usuarios no expertos en lenguajes de programación ni en bases de datos, estructurar, implementar y mantener el modelo de datos y generar una interfaz de usuario con ayudas elementales sin necesidad de realizar labores intensas de programación. Para ello el usuario debe acceder al menú **Modelo de Datos** que da acceso al área de **OPTeX-GUI** que ofrece estos servicios.



OPTeX-GUI proporciona servicios para desarrollar el modelo de datos del **SIDI**, entendido como la especificación de tablas, campos, claves de relación, reglas de validación que se deben cumplir para interrelacionar apropiadamente los modelos matemáticos con los datos por medio de una base de datos relacional. Adicionalmente, en el momento de carga masiva de la data, **OPTeX-GUI** ofrece servicios para validar la integridad y la veracidad de los datos almacenados, de acuerdo con las reglas establecidas en el modelo de datos. **OPTeX**, y los programas generados por **OPTeX**, pueden acceder a la base de datos por medio de **ODBCs**, de forma tal que no hay limitaciones en el servidor **SQL**, o en el formato, escogido para manejar las tablas.

En el presente tutorial se presentan casos de bases de datos en formato **dBase** y en formato **CSV** ya sea en archivos individuales o en un libro **EXCEL**, y se dan las indicaciones para que el usuario transfiera los datos a un servidor **SQL** y desde allí realice las corridas del **VRP**.

Para la formulación del modelo de datos se utilizan cuatro tablas que contienen toda la información necesaria para estructurar la base de datos y una interfaz de usuario para acceso al **SIDI**. Estas tablas son (entre paréntesis el nombre de la tabla):

- **Tabla de Tablas de Datos (CDBAS)**: Contiene el catálogo de las tablas que hacen parte del **SIDI**
- **Tabla de Campos (DDBAS)**: Contiene los campos de las tablas del **SIDI**
- **Tabla de Códigos Relacionales (CAMRE)**: Contiene las claves de relación del modelo de datos
- **Tabla de Índices (CIDXF)**: Contiene los índices (ordenamientos) que se utilizarán para acceder a las tablas.

Las dos primeras tablas son fundamentales y deben ser llenadas obligatoriamente por el usuario, las otras dos tablas pueden ser llenadas por **OPTeX**, siguiendo ciertas reglas básicas que puede dar el usuario. En las aplicaciones manejadas desde **OPTeX-EXCEL-MMS** solo se requieren las dos primeras tablas.

6.1. DISEÑO DEL MODELO DE DATOS

6.1.1. TABLAS DE DATOS

La definición de las tablas de datos implica dos pasos:

- **Definición lógica de la tabla**: se realiza por medio de la configuración de las tablas en los formatos propios de **OPTeX-GUI**. A partir de esta definición se realiza la interpretación en línea del modelo de datos.
- **Creación física de la tabla**: se realiza cuando físicamente se imparte un comando que crea la tabla en el servidor de datos del **SIDI**. Para el caso de servidores tipo **SQL**, **OPTeX-GUI** transfiere las características de la tabla y de sus campos para que sean controladas por el servidor cuando se accede a los datos desde **OPTeX-GUI** o desde cualquier otra aplicación.

6.1.1.1. ÁREAS DE DATOS

Para manejar la complejidad necesaria de una aplicación que integre sistemas de información y modelos matemáticos se han concebido los siguientes tipos de áreas:

- **Control OPTeX-GUI -G-:** corresponde al área de control de **OPTeX-GUI**, esta área es de exclusivo uso de **OPTeX-GUI** y no debe ser alterada por el administrador de la aplicación
- **Control OPTeX -O-:** corresponde al área de control de **OPTeX**, esta área es de exclusivo uso de **OPTeX** y no debe ser alterada por el administrador de la aplicación.
- **Control Aplicación -C-:** corresponde al área de control de la aplicación y su configuración es responsabilidad del administrador de la aplicación. Esta área no debe ser alterada por los usuarios de la aplicación.
- **Datos Sistema Industrial -I-:** corresponde al área de datos de la aplicación. En esta área se ubican todas las tablas que hacen parte del modelo de datos y del sistema de series de tiempo de la aplicación. El usuario accede a las tablas por medio de la interfaz de usuario que diseña el administrador.
- **Datos Modelos -M-:** corresponde al área de datos que almacena la formulación de los modelos matemáticos de optimización que maneja **OPTeX**. Debe ser configurada por el administrador de los modelos matemáticos.
- **Datos Raíz Familia -F-:** esta área hace parte del sistema de información de escenarios de **OPTeX**. En esta área se almacenarán los parámetros de los modelos que se definen a nivel de una familia de escenarios. Para mayor detalle consultar manual de **OPTeX**.
- **Datos Escenario -E-:** esta área hace parte del sistema de información de escenarios de **OPTeX**. En esta área se almacenan todos los resultados de los casos de modelaje matemático. También se almacenan parámetros de los modelos cuando estos se definen a nivel de escenarios. Para mayor detalle consultar manual de **OPTeX**.

6.1.1.2. TIPOS DE TABLAS

OPTeX-GUI maneja los siguientes tipos de tablas:

- **Tablas Maestras (M):** tablas en las que se definen los atributos directos de un objeto. Tienen asociado un código relacional. Deben definirse antes de las tablas secundarias donde se establecen relaciones del objeto con otros objetos. Para la validación del contenido de los campos asociados a los códigos relacionales se adoptan las siguientes reglas:
 - En una tabla maestra no deben existir dos registros con el mismo contenido para el código relacional asociado (clave única);
 - Para aceptar el contenido de un código relacional en una tabla que no sea su maestra se debe validar la existencia del contenido en la tabla maestra asociada (integridad por referencia). Las anteriores reglas de integridad las maneja **OPTeX-GUI** automáticamente en el sistema **SQL** en el momento de crear la tabla física se traspasan directamente al servidor para que se tengan en cuenta cuando otras aplicaciones accedan a los datos.
- **Tablas Secundarias (S):** tablas que contienen las relaciones y los atributos de las relaciones de dos o más objetos.
- **Tablas Resultado (R):** Tablas resultados de los modelos matemáticos. **NO** requieren la definición de sus campos, ya que su estructura dependen de los modelos matemáticos.

En este numeral se analizan los dos primeros tipos de tablas y en un numeral posterior se analizan las tablas de resultados.

6.1.1.3. DEFINICIÓN DE LAS TABLAS

La definición de las tablas de datos implica determinar:

- Los atributos de la tabla; y
- Los campos de la tabla.

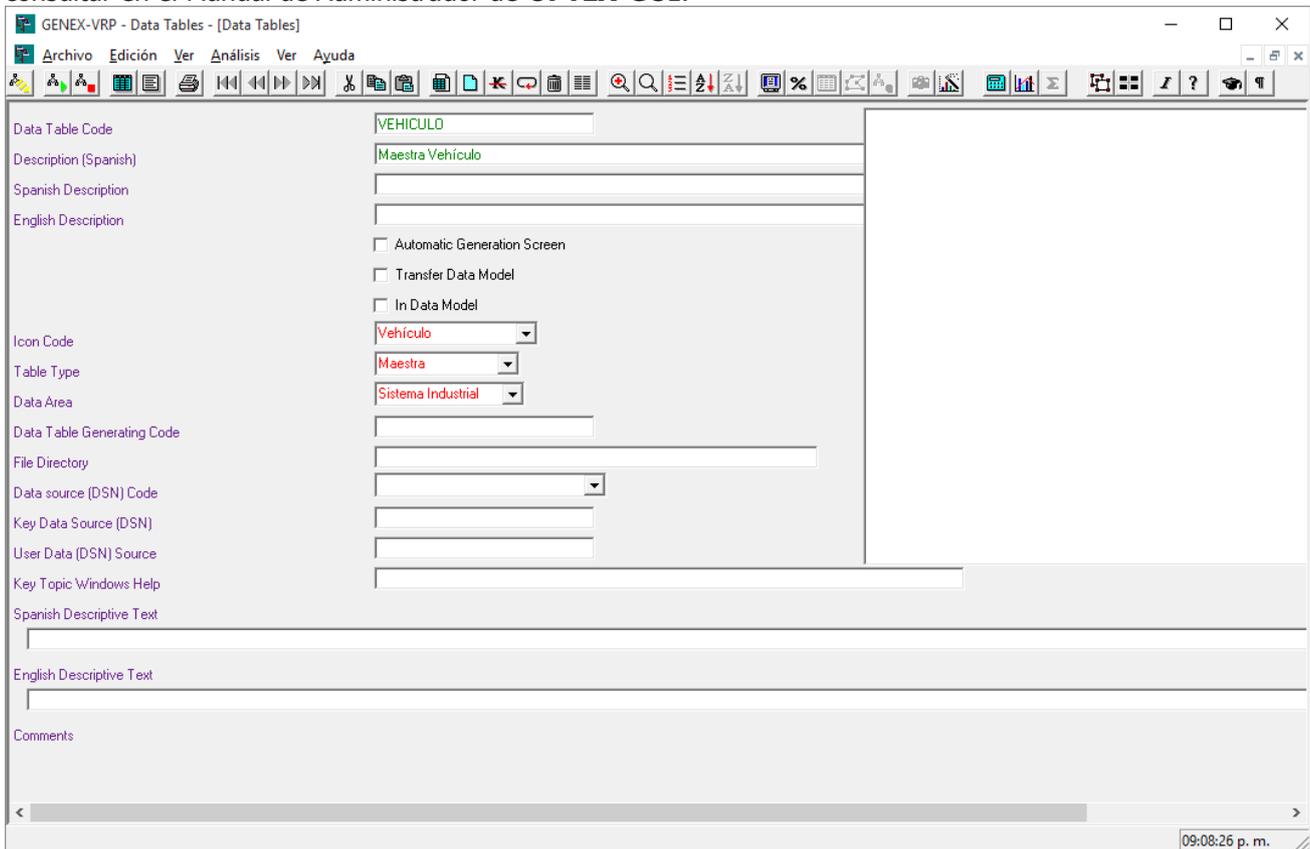
Los atributos básicos de una tabla son:

- **Código Tabla de Datos:** código (nombre) asociado a la tabla.

- **Descripción:** descripción de la tabla.
- **Tipo:** tipo de tabla
 - M** Maestra
 - S** Secundaria
 - P** Prototipo
 - T** Serie de Tiempo
- **Área de Datos:** indica la ubicación de la tabla de datos dentro de las áreas manejadas por **OPTeX-GUI**. Se debe asignar uno de los siguientes valores:
 - G** Control **OPTeX-GUI**
 - C** Control Aplicación
 - O** Control **OPTeX**
 - I** Sistema Industrial
 - M** Datos Modelos Matemático
 - E** Datos Escenario
 - F** Datos Raíz Familia

Por defecto se asume el área **I**. Las últimas tres áreas son utilizadas por aplicaciones que utilicen modelos matemáticos de optimización implementados por medio de **OPTeX**.

Existen otros atributos de las tablas que no se requieren en la aplicación VRPDSS esta información se puede consultar en el Manual de Administrador de **OPTeX-GUI**.



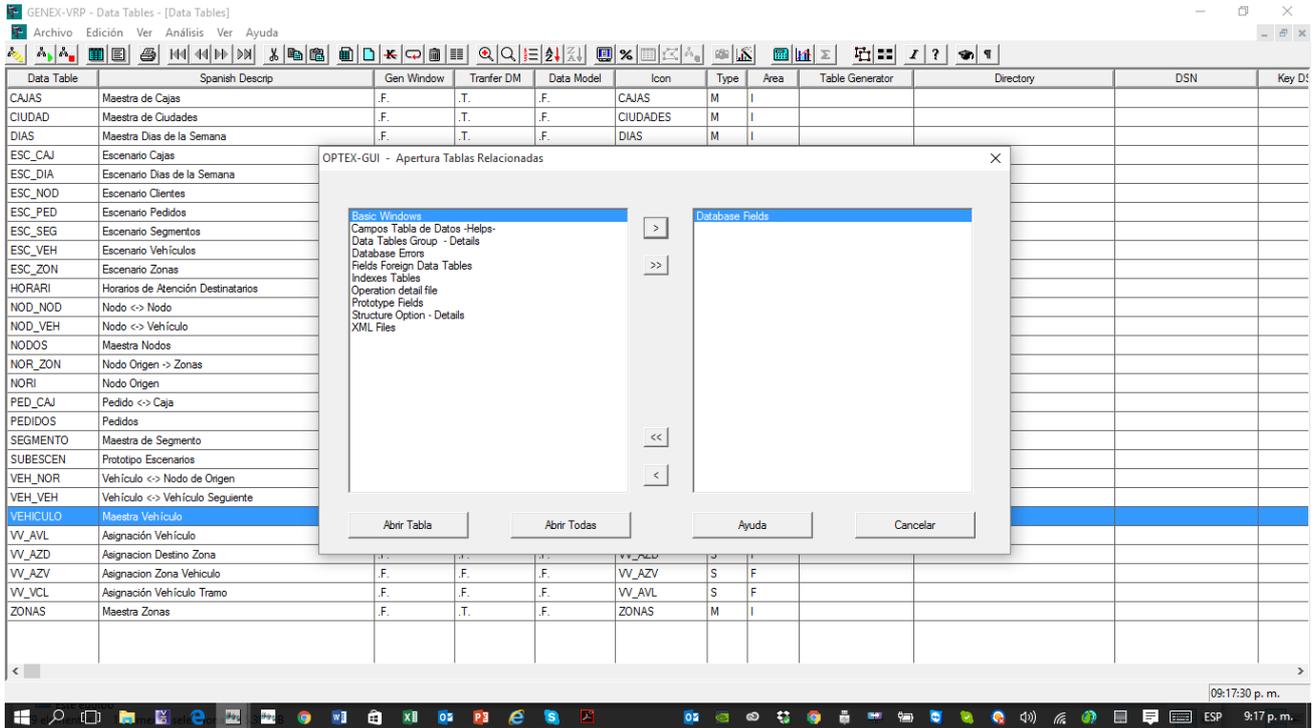
6.1.1.4. HERRAMIENTAS

Asociado al manejo de las tablas de datos **OPTeX-GUI** ofrece un conjunto de servicios especializados a los cuales se puede acceder por medio del clic derecho en el mouse. La siguiente imagen presenta el menú de herramientas disponibles en la interfaz, su funcionamiento se presenta con detalle en el **Manual de Administrador de OPTeX-GUI**.

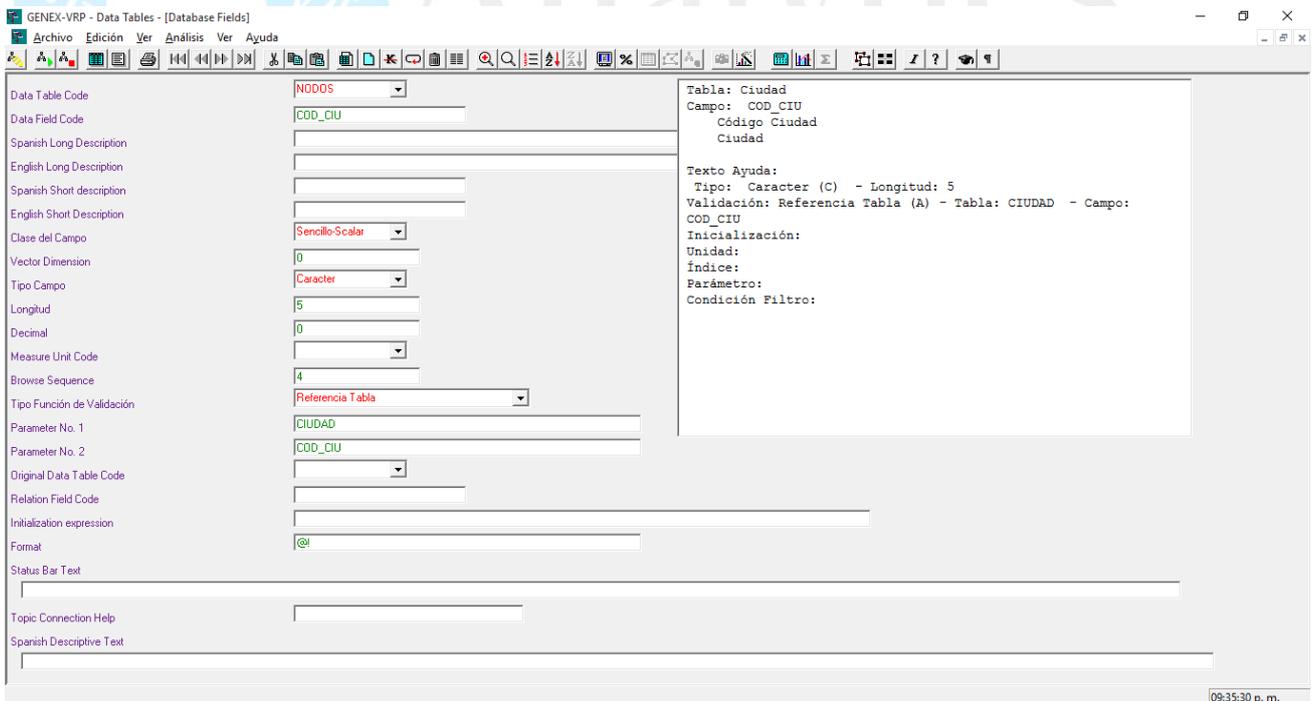
Data Table	Spanish Descrip	Gen Window	Transfer DM	Data Model	Icon	Type	Area	Table Generator	Directory	DSN	Key D
CAJAS	Maestra de Cajas	F.	.T.	.F.	CAJAS	M	I				
CIUDAD	Maestra de Ciudades	F.	.T.	.F.	CIUDADES	M	I				
DIAS	Maestra Dias de la Semana	F.	.T.	.F.	DIAS	M	I				
ESC_CAJ	Escenario Cajas	F.	.T.	.F.	ESC_CAJ	S	F				
ESC_DIA	Escenario Dias de la Semana	F.	.T.	.F.	ESC_DIA	S	F				
ESC_NOD	Escenario Clientes	F.	.F.	.F.	ESC_NOD	S	E				
ESC_PED	Escenario Pedidos	F.	.F.	.F.	ESC_PED	S	E				
ESC_SEG	Escenario Segmentos	F.	.F.	.F.	ESC_SEG	S	F				
ESC_VEH	Escenario Vehículos	F.	.F.	.F.	ESC_VEH	S	E				
ESC_ZON	Escenario Zonas	F.	.T.	.F.	ESC_ZON	S	E				
HORARI	Horarios de Atención Destinatarios	F.	.T.	.F.	HORARI	S	E				
NOD_NOD	Nodo <> Nodo	F.	.F.	.F.	NOD_NOD	S	E				
NOD_VEH	Nodo <> Vehículo	F.	.F.	.F.	NOD_VEH	S	I				
NODOS	Maestra Nodos	F.	.F.	.F.	NODOS	M	I				
NOR_ZON	Nodo Origen -> Zonas	F.	.T.	.F.	NOR_ZON	S	I				
NORI	Nodo Origen	F.	.F.	.F.	NORI	S	I				
PED_CAJ	Pedido <> Caja	F.	.F.	.F.	PED_CAJ	S	F				
PEDIDOS	Pedidos	F.	.T.	.F.	PEDIDOS	M	F				
SEGMENTO	Maestra de Segmento	F.	.F.	.F.	SEGMENTO	M	I				
SUBSCEN	Prototipo Escenarios	F.	.F.	.F.		M	F				
VEH_NOR	Vehículo <> Nodo de Origen	F.	.F.	.F.	VEH_NOR	S	I				
VEH_VEH	Vehículo <> Vehículo Seguiente	F.	.F.	.F.	VEH_VEH	S	E				
VEHICULO	Maestra Vehículo	F.	.F.	.F.	VEHICULO	M	I				
VV_AVL	Asignación Vehículo	F.	.F.	.F.	VV_AVL	S	F				
VV_AZD	Asignación Destino Zona	F.	.F.	.F.	VV_AZD	S	F				
VV_AZV	Asignación Zona Vehículo	F.	.F.	.F.	VV_AZV	S	F				
VV_VCL	Asignación Vehículo Tramo	F.	.F.	.F.	VV_VCL	S	F				
ZONAS	Maestra Zonas	F.	.T.	.F.	ZONAS	M	I				

6.1.2. CAMPOS DE LAS TABLAS DE DATOS

La estructura de las tablas de datos se almacena en una tabla dependiente de la tabla de Tablas de Datos. Para cada campo de una tabla se deben definir atributos que se utilizan en la creación de la tabla física, en la interpretación en línea del modelo de datos, en la generación automática de prototipos y en la conexión al sistema de ayuda de **OPTeX-GUI** y de **MS-WINDOWS**. Este proceso se realiza desde el menú de la ventana por medio del comando de Abrir Tabla Relacionada accediendo a la tabla **Campos Tabla de Datos**.



Los campos que se deben definir para la aplicación VRPDSS son:



- **Código del Campo:** código del campo; por defecto se asumen códigos hasta de diez (10) caracteres. Esta limitación se puede cambiar cuando se considere conveniente.
- **Descripción:** descripción del contenido del campo, que se utiliza en la generación automática de prototipos y en los títulos de las gráficas.
- **Descripción Corta:** descripción corta del campo, que se utiliza en la generación automática de los listados (browsers) en una ventana y en los encabezados de los reportes.

- **Código de la Unidad:** código de la unidad de medida en la que se almacenan los datos correspondientes al campo. Esta información se utiliza en la generación automática de ventanas e informes, y en la generación de títulos y ejes de los gráficos.
- **Clase:** clase de campo (propia de **OPTeX-GUI**), que puede ser **S**, **A** o **T**, en la aplicación VRPDSS solo se utiliza **S**:
 - S** Sencillo o Escalar -scalar-: campo normal de una tabla.
- **Tipo:** tipo de campo, que puede ser uno de los siguientes:
 - C** Carácter alfanumérico
 - N** Numérico
 - D** Fecha
 - L** Lógico
 - M** Memo, texto de longitud ilimitada que puede almacenar formato **RTF**.
- **Longitud:** longitud del campo. Indica el número de caracteres se utilizaran en el campo, incluye el punto (.), underscore (_), guión (-), etc.
- **Decimal:** número de decimales del campo (para campos numéricos)
- **Secuencia de Captura:** orden en el cual se ubica el dato en el proceso de generación automática de ventanas.
- **Valor por Defecto:** expresión que define un valor por defecto para el campo en los casos de adición de un nuevo registro a la tabla. Esta expresión se ejecuta en el momento de inicializar el campo y se actualiza a medida que se va capturando información en una ventana.
- **Tipo de Validación:** utilizada para garantizar la integridad de los datos. Los parámetros de los diferentes tipos de validación se asignan a los campos auxiliares Parámetro No 1 y Parámetro No 2. Los siguientes son los tipos de validación implementados:
 - A** Integridad referencial. Validación por contenido de un campo en una tabla. Se utiliza en los campos de tablas secundarias. Normalmente es la vía para validar la existencia de un código relacional en una tabla maestra. Permite duplicidad y campos vacíos.
 - B** Integridad referencial y no permite campos vacíos.
 - Y** Integridad referencial, no permite campos vacíos y el elemento no puede estar en el campo de validación indicado por el Parámetro 2 que debe existir en la tabla. Corresponde a una validación entre campos que contienen el mismo tipo de elemento.
 - X** Integridad referencial y no permite duplicidad.
 - Z** Integridad referencial, no permite duplicidad ni campos vacíos.
 - E** Integridad referencial y exige la existencia de todos los códigos de la tabla maestra en el campo de la tabla que se está validando. Permite duplicidad y campos vacíos.
 - F** Integridad referencial y no permite campos vacíos y exige la existencia de todos los códigos de la tabla maestra en el campo de la tabla que se está validando.
 - G** Integridad referencial y no permite duplicidad y exige la existencia de todos los códigos de la tabla maestra en el campo de la tabla que se está validando.
 - H** Integridad referencial y no permite duplicidad ni campos vacíos y exige la existencia de todos los códigos de la tabla maestra en el campo de la tabla que se está validando.
 - D** Validación por duplicidad del contenido del campo en la tabla.

Los siguientes tipos de validación están implementados orientándose a garantizar la veracidad del contenido de los campos de las tablas:

- L** Existencia en una lista predefinida. Se debe definir la lista asociada, separando sus elementos con comas (Parámetro No 1).
- O** **NO** existencia en una lista predefinida. Se debe definir la lista asociada, separando sus elementos con comas (Parámetro No 1).
- R** Valida que el campo está en un rango predefinido (incluye los límites). Se debe introducir los valores asociados al rango: mínimo (Parámetro No 1) y máximo (Parámetro No 2).
- >** Se utiliza para garantizar valores mayores o iguales que el Parámetro No 1
- <** Se utiliza para garantizar valores menores o iguales que el Parámetro No 1
- P** Se utiliza para garantizar valores positivos o iguales a cero. Aplica solo a valores numéricos.

- N** Se utiliza para garantizar valores negativos o iguales a cero. Aplica solo a valores numéricos.
- V** Se utiliza para garantizar valores estrictamente positivos. Aplica solo a valores numéricos.
- W** Se utiliza para garantizar valores estrictamente negativos. Aplica solo a valores numéricos.
- T** Se utiliza para garantizar campos no vacíos. Aplica a Caracteres y a Fechas (/ /).
- C** Valida el contenido del campo verificando que éste corresponda a un campo de una tabla de datos. Existen dos posibilidades para esta validación (Parámetro No 1):
 - ?** Direccionamiento Directo: la existencia del campo se verifica en una tabla (Parámetro No 2) que se especifica directamente y que siempre es la misma. **OPTeX-GUI** valida la existencia de la tabla.
 - I** Direccionamiento Indirecto: la existencia del campo se verifica en una tabla que se define en el contenido de un campo (Parámetro No 2) de la tabla que se está definiendo. **OPTeX-GUI** verifica la existencia de este campo.
 - E** en este caso se utiliza como función de validación una definida por el usuario. Se debe dar el nombre de la función (Parámetro No 1) y el de un parámetro (Parámetro No 2) si aplica. La función programarse en **Visual Objects** y debe encadenarse a **OPTeX-GUI** a través del proceso de encadenamiento (*link editor*).
 - U** validación por duplicidad del contenido de una clave en la tabla, pero el campo no pertenece a la clave principal de la tabla.

Cuando es posible, las anteriores reglas de integridad se traspasan directamente al servidor SQL.

- **Parámetro No. 1:** parámetro auxiliar cuyo contenido se define de acuerdo al contenido de otros atributos del campo. Está relacionado con las funciones de validación y con los campos clase T (serie de tiempo).
- **Parámetro No. 2:** parámetro auxiliar cuyo contenido se define de acuerdo al contenido de otros atributos del campo. Está relacionado con las funciones de validación y con los campos clase T (serie de tiempo).
- **Formato:** define el formato que se va a utilizar por defecto, para capturar o desplegar la información correspondiente al campo. Los formatos permitidos son los mismos aceptados en lenguajes tipo **xBASE**. Los siguientes son los tipos de formatos utilizados:
 - **CÓDIGO:** @! (mayúsculas)
 - **FECHA:** @d (dd/mm/aaaa)

Data Table	Field	Spanish Long De	Short	Tipo	Lon	Dec	Unit	Order	TV	Parameter 1	Parameter 2	Format	Exp
CAJAS	Maestra de Cajas												
CIUDAD	Maestra de Ciudades												
DIAS	Maestra Dias de la Semana												
ESC_CAJ	Escenario Cajas												
ESC_DIA	Escenario Dias de la Semana												
ESC_NOD	Escenario Clientes												
ESC_PED	Escenario Pedidos												
ESC_SEG	Escenario Segmentos												
ESC_VEH	Escenario Vehiculos												
ESC_ZON	Escenario Zonas												
HORARI	Horarios de Atención Destinatarios												
NOD_NOD	Nodo <-> Nodo												
NOD_VEH	Nodo <-> Vehiculo												
NODOS	Maestra Nodos												
NOR_ZON	Nodo Origen -> Zonas												
NORI	Nodo Origen												
PED_CAJ	Pedido <-> Caja												
PEDIDOS	Pedidos												
SEGMENTO	Maestra de Segmento												
SUBESCEN	Prototipo Escenarios												
VEH_NOR	Vehiculo <-> Nodo de Origen												
VEH_VEH	Vehiculo <-> Vehiculo Seguinte												
VEHICULO	Maestra Vehiculo												
VV_AVL	Asignación Vehiculo												
VV_AZD	Asignación Destino Zona												
VV_AZV	Asignación Zona Vehiculo												
VV_VCL	Asignación Vehiculo Tramo												
ZONAS	Maestra Zonas												

6.1.3. CAMPOS RELACIONALES

Los campos prototipo son campos con una configuración predefinida que se utiliza frecuentemente en las tablas de datos, un tipo especial de campo prototipo corresponde a los códigos relacionales (también conocidos como claves de relación).

Se consideran tres tipos de campos prototipo:

- **Clave Relacional -C-:** Los códigos relacionales corresponden a un campo prototipo especial por medio del cual, **OPTeX-GUI** relaciona las tablas de datos asociadas a un objeto o entidad asociada al campo. Estos códigos se deben clasificar como claves de relación y asociar a una tabla de datos maestra. Se asume que para cada entidad u objeto existe un código relacional permanente. Para garantizar la integridad del sistema, siempre que se utilice el campo en una tabla **OPTeX-GUI** propone que se valide la existencia del contenido del campo en la tabla maestra (integridad de datos por referencia). Así mismo, asume que las características del campo son similares a las definidas para el código relacional en el diccionario de campos prototipo. Para facilidad del manejo de estos códigos, **OPTeX** permite definir un prefijo que identifique fácilmente los campos claves relacional, ejemplo "**COD_**" que es el utilizado en la aplicación VRPSS.
- **Prototipo Sencillo -P-:** Campo prototipo sencillo, que se utiliza para reducir las labores de captura de datos en el proceso de configuración del modelo de datos.

Code	Description (Sp)	Data Table	Field Series	Tipo	Longitud	Decimal	Format	Description (Sp)
COD_CAJ	Código Caja	CAJAS		C	17	0	@!	
COD_CIU	Código Ciudad	CIUDAD		C	5	0	@!	
COD_DIA	Código Día	DIAS		C	3	0	@!	
COD_NOD	Código Nodo	NODOS		C	15	0	@!	
COD_NOD1	Código Nodo Destino	NODOS		C	15	0	@!	
COD_PED	Código Pedido	PEDIDOS		C	13	0	@!	
COD_SEG	Código Segmento	SEGMENTO		C	4	0	@!	
COD_VEH	Código Vehículo	VEHICULO		C	7	0	@!	
COD_VEH1	Código Vehículo (Alias)	VEHICULO		C	7	0	@!	
COD_ZON	Código Zona	ZONAS		C	4	0	@!	
DES_	Descripción			C	20	0		
E	Entero			N	3	0		
F	Fraccion			N	6	4		
FECHA	Fecha			D	10	0	@d	
N	Numero			N	5	2		

Para una aplicación sencilla como el **VRP** se debe definir los siguientes atributos:

- **Código Campo Prototipo:** código del campo; por defecto se asumen códigos hasta de diez (10) caracteres.
- **Descripción:** descripción del contenido del campo
- **Clase Campo Prototipo:** corresponde a uno de las siguientes posibilidades:
 - C** Clave Relacional
 - P** Prototipo Sencillo
 - T** Campo Serie de Tiempo
- **Código de la Unidad de Medida:** código de la unidad de medida en la que deben estar los datos correspondientes al campo. Esta información se utiliza en la generación automática de ventanas e informes, y en la generación de títulos y ejes de los gráficos.
- **Tabla Maestra Asociada:** código (nombre) asociado a la tabla maestra asociada al campo.
- **Tipo:** tipo de campo, que puede ser uno de los siguientes:
 - C** Carácter alfanumérico
 - N** Numérico
 - D** Fecha
 - L** Lógico
 - M** Memo -Texto de longitud ilimitada-
 - O** Objects Linked Embed (OLE)

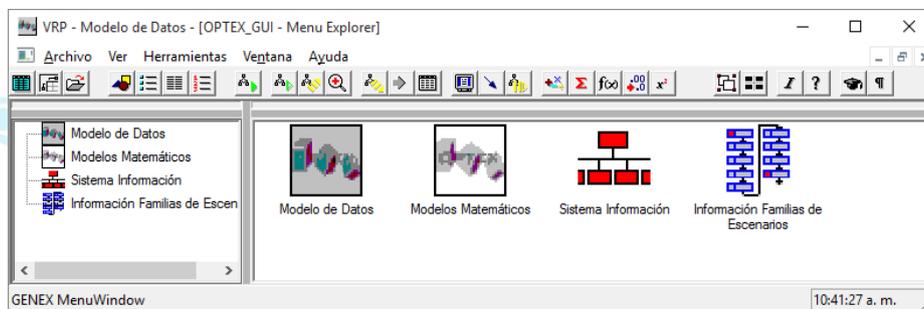
Para los campos tipo **G, I, S, V** y **T**, el campo será creado como un campo alfanumérico el cual se asocia al nombre del archivo que almacena el objeto como un Binary Large Object (**BLOB**). Dependiendo del servidor de datos algunos de estos campos se ajustan de acuerdo con los tipos de campo que maneja el servidor. Por ejemplo ORACLE no maneja campos lógicos.

- **Longitud:** longitud del campo.
- **Decimal:** número de decimales del campo (para campos numéricos)
- **Formato:** define el formato que se va a utilizar por defecto, para capturar o desplegar la información correspondiente al campo. Los formatos permitidos son los mismos aceptados en lenguajes tipo **xBASE**.

6.2. BASE DE DATOS

El modelo de datos se realiza a partir de la definición de tablas maestras para cada una de las entidades incluidas en el **VRP**, y de las tablas secundarias que permiten detallar las características de cada entidad y posibilitan establecer las relaciones necesarias entre las entidades para representar la topología del sistema.

Para explorar las tablas que hacen parte de la base de datos permanente de la aplicación VRPDSS se debe seleccionar la opción Sistema de Información en el explorador **OPTeX-GUI**.



6.2.1. TABLAS MAESTRAS

Las tablas maestras que hacen parte del **VRP** se presentan a continuación:

TABLAS MAESTRAS						
TABLA	DESCRIPCIÓN	ÁREA	CÓDIGOS RELACIONAL	CÓDIGOS SECUNDARIOS	CONJUNTOS	PARÁMETROS
CAJAS	Maestra Cajas	I	COD_CAJ			PECA _b , VOCA _b
DIAS	Maestra Días	I	COD_DIA			
NODOS	Maestra Nodos	I	COD_NOD		DEC, NOD, DEK	TSER _c
PEDIDOS	Maestra Pedidos	F	COD_PED	COD_NOD	PEC(c)	
VEHICULOS	Maestra Vehículos	I	COD_VEH		VEH	CAPP _v , CAPV _v , COVA _v , CUVE _v

6.2.2. TABLAS SECUNDARIAS

Las tablas secundarias utilizadas en el **VRP** son:

TABLAS SECUNDARIAS					
TABLA	DESCRIPCIÓN	ÁREA	CÓDIGOS SECUNDARIOS	CONJUNTOS	PARÁMETROS
ESC_CAJ	Escenarios Cajas	F	COD_CAJ		
ESC_DIA	Escenarios Días	F	COD_DIA		
ESC_NOD	Escenarios Nodo	F	COD_NOD, COD_NOD1		
ESC_PED	Escenarios Pedido	F	COD_PED		
ESC_VEH	Escenarios Vehículos	F	COD_VEH		
HORARIO	Horario de Atención	I	COD_NOD, COD_DIA	DIC(c)	HAPE _{c,d} , HCIE _{c,d}
NOD_NOD	Nodos <-> Nodos	I	COD_NOD, COD_NOD1	NOK(c), NOC(k)	DIST _{c,k}
NOR_VEH	Nodo Origen <-> Vehículos	I	COD_NOD, COD_VEH	NOV(v)	
PED_CAJ	Pedidos <-> Cajas	F	COD_PED, COD_CAJ	CAP(w)	NUCA _{w,b}
VEH_NOD	Vehículos <-> Nodos	I	COD_VEH, COD_NOD	NCV(v), VEC(c), NKV(v), VEK(k)	

6.2.3. ESTRUCTURA TABLAS

A continuación se presentan la estructura de las tablas de los datos que hacen parte del sistema de información.

COLUMNAS TABLA DE CAMPOS DE LAS TABLAS	
COLUMNA	DESCRIPCIÓN
TABLA	Código (nombre) Tabla
CAMPO	Código del campo; por defecto se asumen códigos hasta de diez (10) caracteres
DESCRIPCIÓN	Descripción del contenido del campo, que se utiliza en la generación automática de prototipos y en los títulos de las ventanas cuando se accede a la información en modo forma.
TIPO	Tipo de campo, que puede ser uno de los siguientes: C Carácter alfanumérico N Numérico D Fecha M Memo O OLE
UNIDAD	Código de la unidad de medida
LONGITUD	Longitud del campo.
DECIMAL	Número de decimales del campo (para campos numéricos)
VALIDACIÓN	Función de Validación Los siguientes son los tipos de validación utilizados son: A Integridad referencial. D Validación por duplicidad del contenido de una clave en la tabla.
VALIDO 1	Parámetro 1 de la función de validación
VALIDO 2	Parámetro 2 de la función de validación

La estructura de las tablas se presenta a continuación:

CAMPOS DE LAS TABLA DE DATOS										
TABLA	CAMPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	LON GITUD	DE CIMAL	UNI DAD	VALI DAR	VALIDO 1	VALIDO 2	DSS
CAJAS	COD_CAJ	Código Cajas	C	15	0		D			
	DES_CAJ	Descripción Caja	C	10	0		D			
	PECA	Peso de la Caja	N	8	3	kg				Si
	VOCA	Volumen de Caja	N	7	4	m3				Si
DIAS	COD_DIA	Código Día	C	4	0		D			
	DES_DIA	Descripción Día de la Semana	C	30	0		D			
ESC_CAJ	COD_CAJ	Código Cajas	C	15	0		A	CAJAS	COD_CAJ	
ESC_DIA	COD_DIA	Código Día	C	4	0		A	DIAS	COD_DIA	
ESC_NOD	COD_NOD	Código Nodo	C	15	0		A	NODOS	COD_NOD	
	COD_NOD1	Código Nodo (Alias)	C	15	0		A	NODOS	COD_NOD	
ESC_PED	COD_PED	Código Pedido	C	13	0		A	PEDIDOS	COD_PED	
ESC_VEH	COD_VEH	Código Vehículo	C	7	0		A	VEHICULOS	COD_VEH	
HORARIO	COD_NOD	Código Nodo	C	15	0		A	NODOS	COD_NOD	Si
	COD_DIA	Código Día	C	4	0		A	DIAS	COD_DIA	Si
	HAPE	Hora Apertura	N	10	3	hr				Si
	HCIE	Hora Cierre	N	10	3	hr				Si
NOD_NOD	COD_NOD	Código Nodo	C	15	0		A	NODOS	COD_NOD	Si
	COD_NOD1	Código Nodo (Alias)	C	15	0		A	NODOS	COD_NOD	Si
	DIST	Distancia entre Nodos	N	6	2	Km				Si
NODOS	COD_NOD	Código Nodo	C	15	0		D			Si
	DES_NOD	Descripción del Nodo	C	30	0		D			
	TIPO	Tipo de Nodo	C	3	0					Si
	COTA	Costo de Penalización por Mayor Tiempo	N	8	2	\$/Hr				
	COTE	Costo de Penalización por Tiempo Inferior	N	8	2	\$/hr				
	TSER	Tiempo de Servicio	N	6	2	Hr				Si
NOR_VEH	COD_NOD	Código Nodo Origen	C	15	0		A	NODOS	COD_NOD	Si
	COD_VEH	Código Vehículo	C	7	0		A	VEHICULOS	COD_VEH	Si
PED_CAJ	COD_PED	Código Pedido	C	13	0		A	PEDIDOS	COD_PED	Si
	COD_CAJ	Código Cajas	C	15	0		A	CAJAS	COD_CAJ	Si
	NUCA	Número de Cajas del Pedido	N	3	0	Und				Si
PEDIDOS	COD_PED	Código Pedido	C	13	0		D			Si
	DES_PED	Descripción del Pedido	C	30	0		D			
	COD_NOD	Código Nodo	C	15	0		A	NODOS	COD_NOD	Si
VEH_NOD	COD_VEH	Código Vehículo	C	7	0		A	VEHICULOS	COD_VEH	Si
	COD_NOD	Código Nodo	C	15	0		A	NODOS	COD_NOD	Si
VEHICULOS	COD_VEH	Código Vehículo	C	7	0		D			Si
	DES_VEH	Descripción del Vehículo	C	30	0		D			
	CAPP	Capacidad del Vehículo en Peso	N	7	2	kg				Si
	CAPV	Capacidad Volumétrica del Vehículo	N	8	2	m3				Si
	CUVE	Costo de Utilizar el Vehículo	N	10	2	\$/día				Si
	COVA	Costo Variable	N	10	3	\$/km				Si

6.3. CONFIGURACIÓN DE ESCENARIOS

6.3.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN

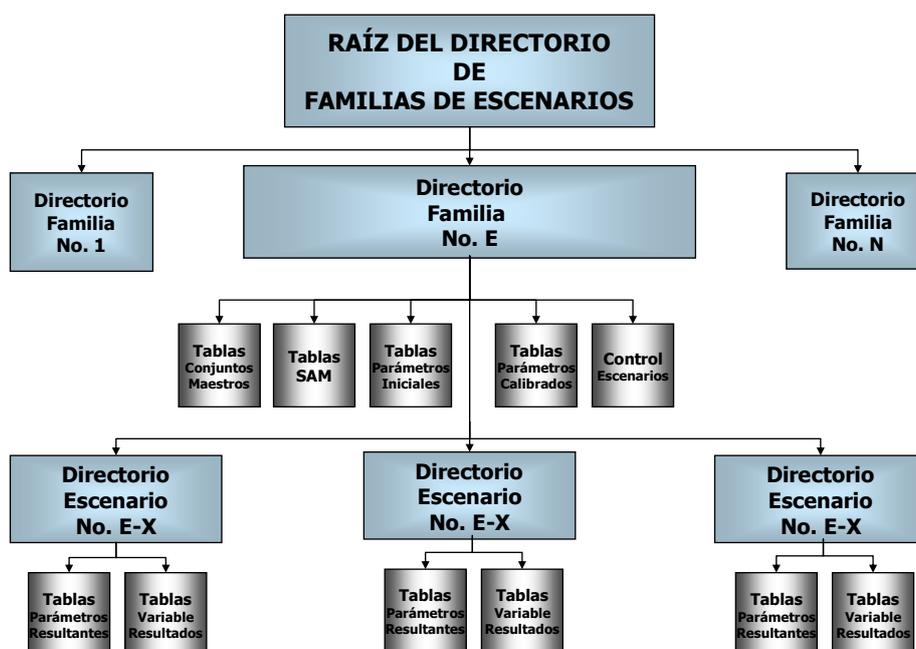
OPTeX incluye el manejo del concepto de escenarios que está asociado a los casos numéricos que se estudian con el apoyo de los modelos de optimización. Para ello se ha definido un marco de referencia para el manejo ordenado de los escenarios agrupándolos por familias de escenarios de acuerdo con criterios comunes desde el punto de vista matemático.

Desde el punto de vista cuantitativo un escenario está asociado a un horizonte de planificación, un conjunto de parámetros cuyos valores representan las condiciones técnico-económicas del entorno y la topología del sistema y un criterio de optimización. Conjuntamente los anteriores elementos determinan la parametrización del escenario.

Teniendo en cuenta que la variación de la parametrización del escenario afecta las estructuras matriciales y vectoriales de un modelo, se introduce el concepto de familia de escenarios y una definición para la misma. Un conjunto de escenarios pertenecerán a la misma familia si cuando varían en valor los parámetros que los definen sólo se alteran los vectores de costos, disponibilidad de recursos y/o cotas de las variables, y la matriz de relaciones funcionales (para el caso lineal), o la función vectorial de restricciones (para el caso no-lineal), permanece constante. La anterior definición facilita el cruce de información entre escenarios de una misma familia con la finalidad de determinar el comportamiento de una decisión ante diferentes futuros potenciales. El concepto de escenarios facilita la simulación paramétrica del funcionamiento óptimo del sistema bajo diferentes condiciones del entorno probabilístico que no está incluido dentro del proceso estocástico modelado explícitamente en los modelos de optimización. Esta definición de familia es conveniente, pero no es obligatoria.

OPTeX facilita al usuario la definición de la estructura jerárquica de la base de datos industriales asociados a la familia de escenarios y a los escenarios. Lo anterior implica que el contenido de una tabla puede ser independiente o puede depender de la familia o del escenario. Las estructuras jerárquicas de información, permiten integrar información a lo largo de los diferentes escenarios que componen una familia y de esta forma hacer los análisis de solidez y riesgo de su decisión.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE FAMILIAS DE ESCENARIOS

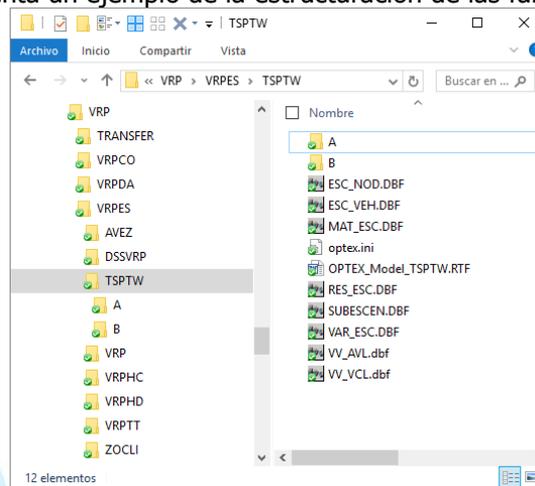


Al definir una familia el usuario debe especificar:

- Modelo a optimizar
- Función objetivo
- Tipo de optimización (maximizar, minimizar, minimax o maximin, ...)
- Horizonte de planificación
- Árbol de Decisiones
- Fecha inicial de planificación

Todas las anteriores especificaciones pueden realizarse a nivel del escenario o de la familia de escenarios, la definición en el escenario prima sobre la definición a nivel de familia.

En la siguiente imagen se presenta un ejemplo de la estructuración de las familias de escenarios para el **VRP**.



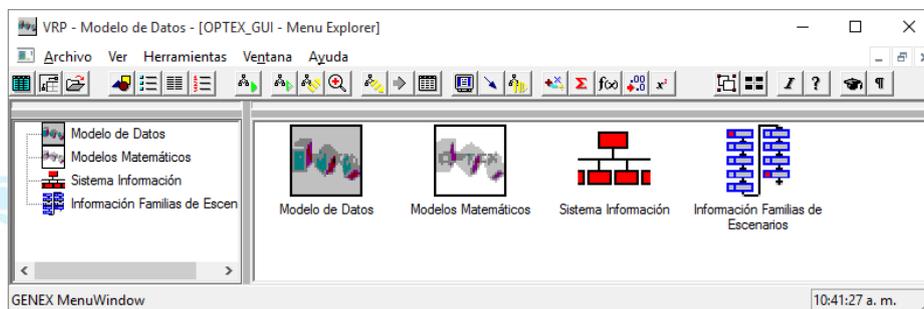
El directorio **.../VRP/VRPES** contiene la tabla **ESCENARI.DBF** que almacena la definición de todas familias; a cada una de ellas se asocia un directorio, cuyo nombre debe coincidir con el código de la familia, que contiene los escenarios para la familia asociada, en este caso la primera familia es **AVEZ** y la última **ZOCLI**.

Code	Spanish Desc.	DSS	Model	Type Opt	Objective Func.	Horizon	Start Date	Initial Time/Hour
AVEZ	Asignación Vehículo a Zona	RUTURB	AVEZ	MIN	MNVE	1DIA	30/05/2007	
DSSVRD	DSS Ruteo Urbano/Divisible	RUTURBD		MIN	CADI	1DIA	30/05/2007	
DSSVRP	DSS Ruteo Urbano	RUTURB		MIN	CADI	1DIA	30/05/2007	
TSPTW	Problema del Agente Viajero con Ventan de Tiempo Duras (TSPTW)	RUTURB	TSPTW	MIN	MIDI	1DIA	30/05/2007	
VRPHC	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPTW) / Peso + Volumen	RUTURB	VRPTWC	MIN	MICO	1DIA	30/05/2007	
VRPHD	Ruteo Vehículos Ventanas Tiempo Duras (VRPTW) / Divisible	RUTURB	VRPTWD	MIN	MICO	1DIA	30/05/2007	
VRPTT	Ruteo Vehículos (VRP) + Tiempo Total	RUTURB	VRPTT	MIN	MICO	1DIA	30/05/2007	
ZOCLI	Zonificación de Destinatarios	RUTURB	ZOCLI	MIN	CADI	1DIA	30/05/2007	

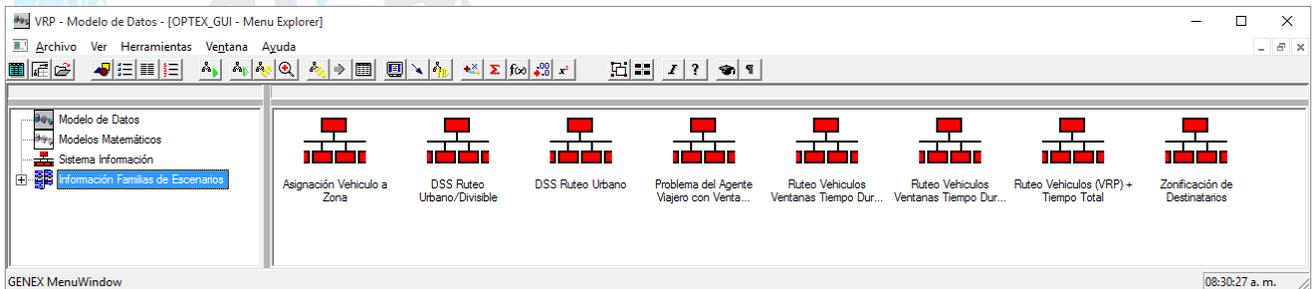
En la raíz del directorio de la familia se ubica la tabla **SUBESCEN.DBF** que contiene la base de datos de los escenarios de la familia, a cada uno de ellos se asocia un directorio en el cual se ubicará toda la información referente a los archivos relacionados con la solución del caso asociado al escenario. La siguiente imagen presenta la tabla **SUBESCEN** de la familia **TSPTW**.

Family	Scenario	Spanish Desc.	Horizon	Initial Date	Initial Time	Type Optimizati	Objective Func.	Decision Tree	VaF
TSPTW	A	A- Escenario A		//					
TSPTW	B	B- Escenario B		//					

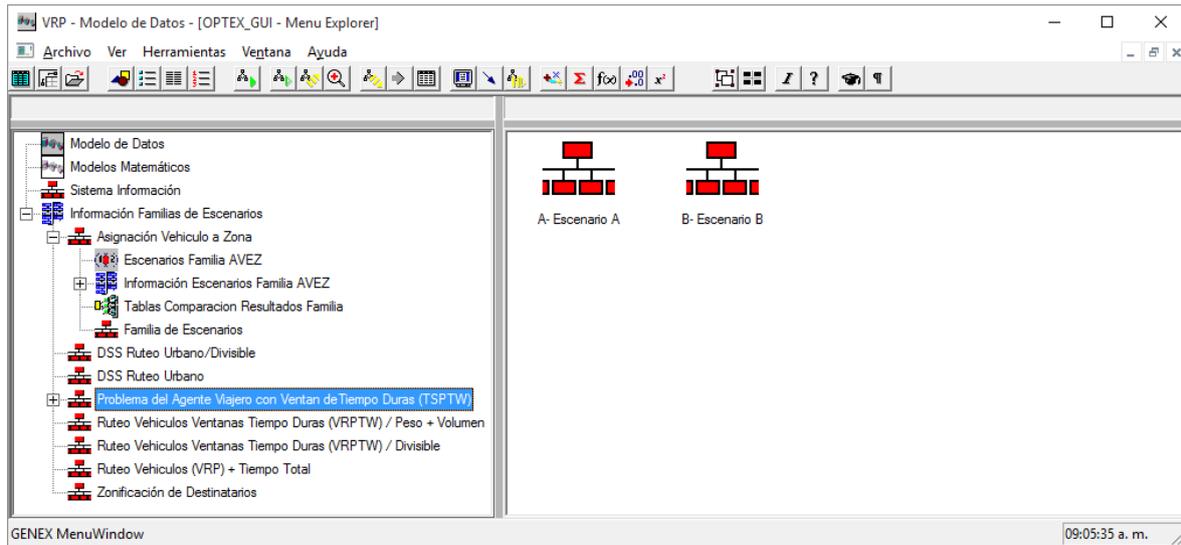
Para acceder al sistema de información de las familias de escenarios se debe seleccionar en el explorador **OPTeX** la opción **Información Familias de Escenarios**.



Lo que da acceso a los sistemas de información de cada una de las familias, el acceso a la información de los escenarios se logra seleccionando la familia cuyos sistema de información se desea explorar.

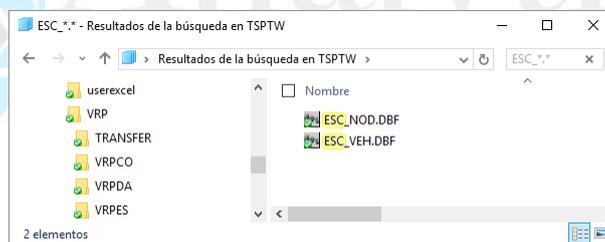


Una vez seleccionada la familia, **OPTeX** procederá a facilitar la exploración del escenario incluyendo los resultados de los casos que se han corrido.



6.3.2. TABLAS DE ESCENARIOS

La configuración de las bases de datos industriales de la familia consiste en definir la topología de la familia, es decir, aquellas entidades del sistema industrial que se van a considerar en el modelaje. Normalmente para ello se define un conjunto de tablas a nivel de la familia de escenarios en las que se encuentran, para cada entidad asociada a un índice del modelo matemático, los códigos de las entidades que van a considerarse para construir el modelo numérico. Estas tablas se conocen como tablas de escenarios y en el caso de la familia **TSPTW** corresponde a las tablas **ESC_NOD** (nodos) y **ESC_VEH** (vehículos).



Las tablas de escenarios permiten seleccionar (filtrar) las entidades que se van a incluir en el modelo y actúan como generadoras de los conjuntos maestros para los índices a los que están asociados, tal como se ve en la siguiente imagen.

Code	Spanish Desc.	English Desc.	Alias Index	Index Type	Entity Type	Sector	Data Table	RelationalField	Georeference
b	Caja			A	P	INDUSTRIAL	ESC_CAJ	COD_CAJ	NO
c	Nodo		k	A	I	INDUSTRIAL	ESC_NOD	COD_NOD	SI
d	Dias			A	O	INDUSTRIAL	ESC_DIA	COD_DIA	NO
k	Nodo Destino		c	A	I	INDUSTRIAL	ESC_NOD	COD_NOD1	SI
s	Segmento			A	O	INDUSTRIAL	ESC_SEG	COD_SEG	NO
v	Vehículo		vv	A	M	INDUSTRIAL	ESC_VEH	COD_VEH	NO
vv	Vehículo (Alias)		v	A	M	INDUSTRIAL	ESC_VEH	COD_VEH1	NO
w	Pedido			A	O	INDUSTRIAL	ESC_PED	COD_PED	NO
z	Zonas			A	I	INDUSTRIAL	ESC_ZON	COD_ZON	NO

La siguiente imagen presenta una comparación entre la tabla maestra de vehículos, **VEHICULO** (que debe almacenar todos los vehículos posibles que existen en la base de datos), y la tabla de escenarios, **ESC_VEH** (que contiene los vehículos que se incluirán en una corrida del modelo); claramente se evidencia que **ESC_VEH** es un subconjunto de **VEHICULO**.

Cod_Veh	Des_Veh	Capp	Capv	Cuve	Cova	Ltp	Ultr
CON001	NHR	6000.0000	10.5111	999999.0000	0.0000	5100.0000	8.9345
CON002	NHR	6000.0000	10.5111	999999.0000	0.0000	5460.0000	9.5651
CON003	NHR	6000.0000	10.5111	999999.0000	0.0000	5580.0000	9.7754
CON004	NHR	6000.0000	10.5111	999999.0000	0.0000	5220.0000	9.1447
CON005	NKR III	8400.0000	15.3418	999999.0000	0.0000	7770.0000	14.1912
CON006	NKR III	8400.0000	15.3418	999999.0000	0.0000	7686.0000	14.0378
CON007	NKR III	8400.0000	15.3418	999999.0000	0.0000	7560.0000	13.8076
CON008	NPR	12600.0000	19.2323	999999.0000	0.0000	10710.0000	16.3475
CON009	NPR	12600.0000	19.2323	999999.0000	0.0000	11466.0000	17.5014
CON010	NPR	12600.0000	19.2323	999999.0000	0.0000	11718.0000	17.8860
CON011	NHR	6000.0000	10.5111	999999.0000	0.0000	5220.0000	9.1447
CON012	NKR II	10500.0000	14.6129	999999.0000	0.0000	9712.5000	13.5169
CON013	NHR	6000.0000	10.5111	999999.0000	0.0000	5490.0000	9.6177
CON014	CARRY	2400.0000	3.2452	999999.0000	0.0000	2160.0000	2.9207
CON015	NHR	6000.0000	10.5111	999999.0000	0.0000	5100.0000	8.9345
CON016	NKR II	10500.0000	14.6129	999999.0000	0.0000	9555.0000	13.2977
CON017	NKR II	10500.0000	14.6129	999999.0000	0.0000	9765.0000	13.5900
CON018	NKR II	10500.0000	14.6129	999999.0000	0.0000	9135.0000	12.7132
CON019	NHR	6000.0000	10.5111	999999.0000	0.0000	5550.0000	9.7228
SWK053	NHR	6000.0000	10.5111	125921.603	268.6117	5100.0000	8.9345
SWK054	NHR	6000.0000	10.5111	118875.032	268.6117	5460.0000	9.5651
SWK055	NHR	6000.0000	10.5111	114172.284	268.6117	5580.0000	9.7754
SWK056	NHR	6000.0000	10.5111	114172.284	268.6117	5220.0000	9.1447
SWK057	NKR III	8400.0000	15.3418	121070.441	357.3595	7770.0000	14.1912
SWK058	NKR III	8400.0000	15.3418	125980.448	357.3595	7686.0000	14.0378
SWK059	NKR III	8400.0000	15.3418	130385.359	357.3595	7560.0000	13.8076
SWK060	NPR	12600.0000	19.2323	127652.886	415.1891	10710.0000	16.3475
SWK061	NPR	12600.0000	19.2323	125906.057	415.1891	11466.0000	17.5014

6.3.3. PARAMETRIZACIÓN FAMILIAS DE ESCENARIOS

El primer paso para definir una familia de escenarios consiste en tener claro el objetivo del modelaje para delimitar el problema que se quiere asociar a la familia. Los objetivos de una corrida del sistema pueden ser muchos: medir el impacto de crear una nueva planta, revisar cómo se comportaría un sistema industrial frente a distintos niveles de demanda, determinar las políticas de inventarios más convenientes o definir un plan de producción, entre otros. La delimitación del problema permite definir un ambiente de trabajo. El usuario debe determinar:

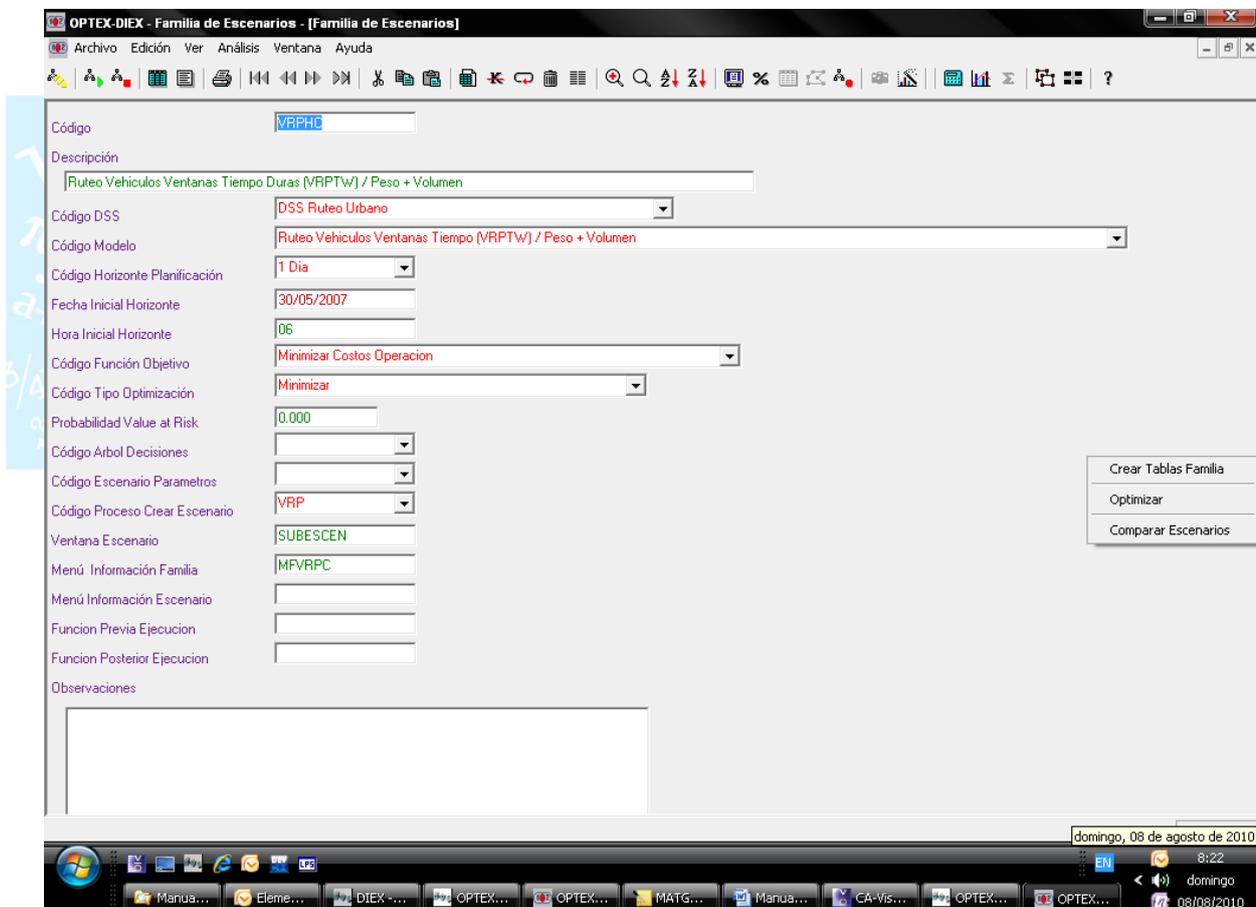
- Bases de datos industriales de la familia de escenarios
- Modelo a optimizar según el problema a resolver
- Función objetivo de la optimización
- Tipo de optimización
- Tipo de horizonte de planificación
- La fecha inicial de planificación

Se debe tener en claro que la función objetivo es independiente del sistema ya que representa los criterios de los planificadores. El usuario debe seleccionar la función objetivo que requiere, normalmente se asocia a la familia de escenarios, pero puede asociarse a los escenarios directamente, ya que en la mayoría de los casos el cambio de función objetivo no implica cambios en la forma de matriz funcional, esto no aplica para modelos del tipo maximin o minimax.

Asociado a una familia de escenarios se debe definir la siguiente información:

- **Familia de escenarios:** código dado a la familia de escenarios. Este código será utilizado por **OPTeX** para la ubicación de las tablas de datos, ya que él mismo determina un directorio que se crea a partir del directorio definido como raíz de los escenarios.
- **Descripción:** descripción de la familia de escenarios.

- **Modelo:** modelo asociado a la familia de escenarios
- **Horizonte de planificación:** código del horizonte de planificación asociado a la familia de escenarios.
- **Función Objetivo:** corresponde al código de la función objetivo que se quiere utilizar como medida de optimalidad
- **Tipo de Optimización:** maximizar, minimizar, minimax o maximin.
- **Fecha Inicial:** para los modelos de tiempo discreto se requiere la fecha inicial de modelaje para la cual se considera el período es igual a cero ($t=0$). Bo se requiere para los modelos de tiempo continuo como el **VRP**.
- **Hora Inicial:** hora inicial para el tiempo igual a cero. ($t=0$)
- **Escenario Parámetros:** Escenario de parámetros bajo los cuales trabajara el solver para resolver el problema
- **Menú familia:** corresponde al menú de acceso al sistema de información de la familia de escenarios. Este menú debe estar definido en el área de control del **SIDI**.
- **Menú Escenarios:** corresponde al menú de acceso al sistema de información de un escenario específico. Este menú debe estar definido en el Área de control del **SIDI**.
- **Ventana Escenario:** corresponde a la ventana que permite definir los parámetros que varían dependiendo del escenario. Esta ventana debe estar definida en el área de control del **SIDI**.



La ventana incluye herramientas que se activan con el clic derecho del mouse que permite:

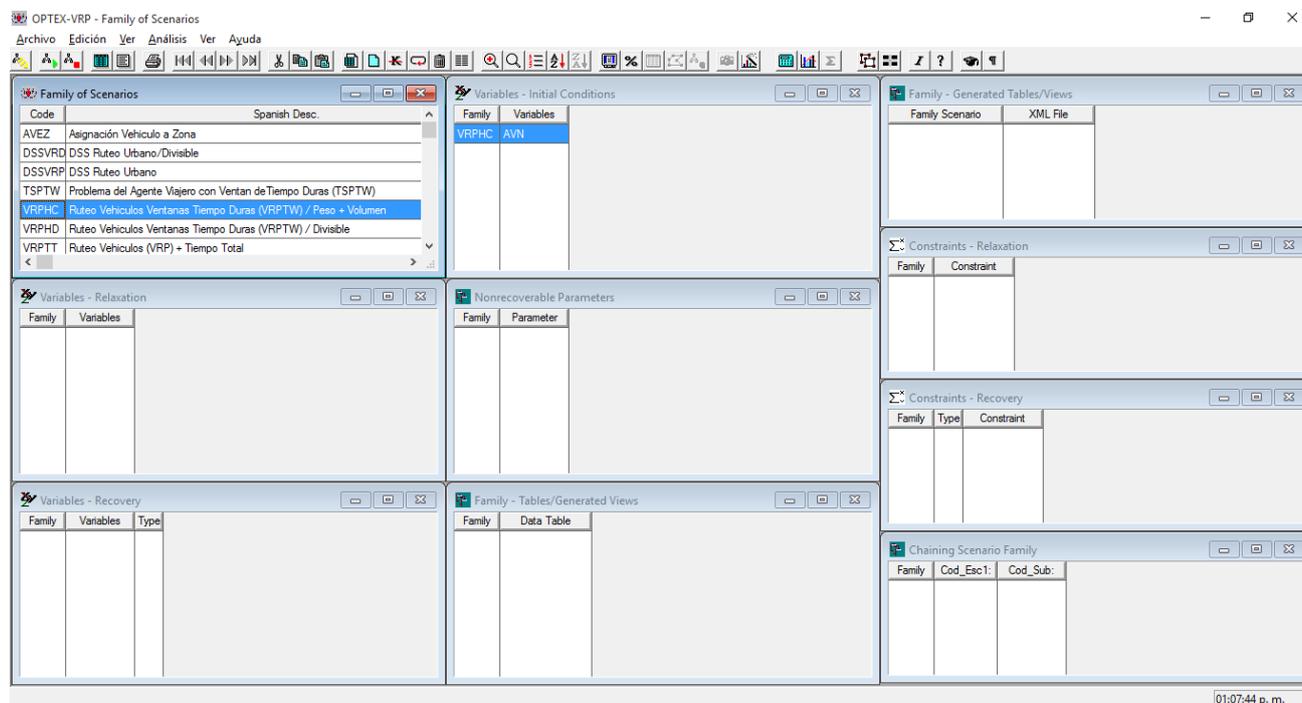
- Crear automáticamente las tablas necesarias para la familia de escenarios, y
- Ejecutar **OPTeX-EXE**.

Todos los parámetros de una familia pueden ser re-definidos a nivel de los escenarios de forma tal que reemplazan cualquier definición hecha a nivel de la familia de escenarios. En la tabla de Familia de Escenarios se almacenan aspectos relacionados con la solución del problema.

Al definir la Familia de Escenarios, se deben considerar los aspectos relacionados con la ejecución de la corrida para todos los escenarios de la familia. Las opciones ofrecidas por **OPTeX** permiten:

- Seleccionar variables y restricciones a recuperar
- Seleccionar variables y restricciones a relajar para análisis de factibilidad
- Fijar variables con solución pre-fijada

A todas estas opciones se accede por medio del servicio de **Abrir Tablas Relacionadas**.



7. DISEÑO DE LA INTERFAZ DEL USUARIO

OPTeX-GUI es una aplicación cliente que opera en **MS-WINDOWS** en ambientes **LANs** y **WANs** comunicándose con dos tipos de servidores: i) Servidor de datos vía **ODBCs** bajo un esquema cliente/servidor; y ii) Servidor de modelos matemáticos, cuya función es proveer los servicios de solución de modelos matemáticos haciendo uso de computadores de gran capacidad de cómputo y utilizando librerías de optimización de alto rendimiento.

OPTeX-GUI corresponde a la **IDE (Interface Development Environment) OPTeX** la cual cumple con múltiples funcionalidades (roles) con la relación a las necesidades de manejo de **OPTeX MMS**, estas son:

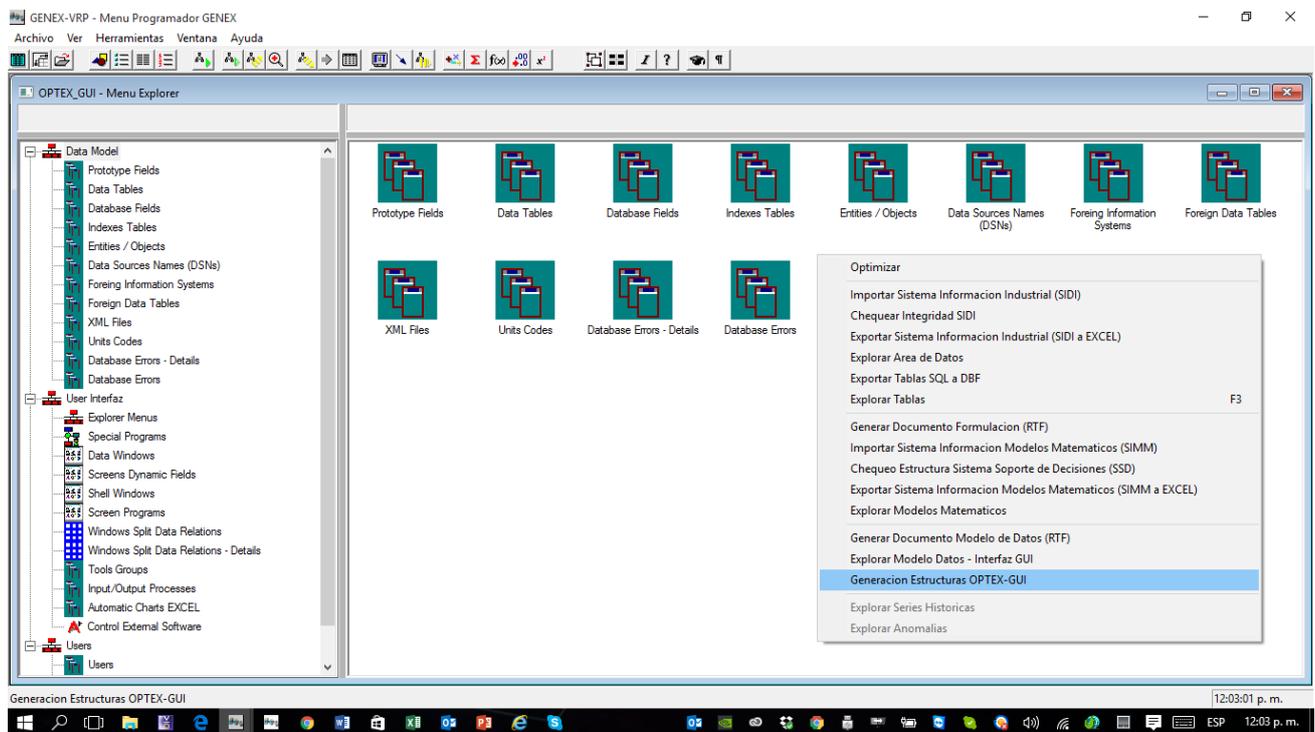
- **Administrador de OPTeX MMS:** permite el diseño, la implementación, el uso y el mantenimiento de:
 - Modelos matemáticos bajo los principios de la programación matemática
 - Modelos de datos de los sistemas de información a los que acceden los modelos matemáticos
 - Interfaz de usuario (menús de acceso y pantallas de acceso a datos) para los usuarios de los modelos matemáticos
- **Usuario de OPTeX MMS:** permite la consulta y el mantenimiento las tablas que hacen parte del sistema de información del sistema de soporte de decisiones desarrollado por el administrador de **OPTeX MMS**.

El **Manual Administrador de OPTeX-GUI** proporciona información detallada para crear la interfaz de la aplicación para los usuarios de una aplicación desarrollada utilizando **OPTeX**. En este tutorial se explica la forma de crear menús y de crear ventanas contenedoras de ventanas de datos.

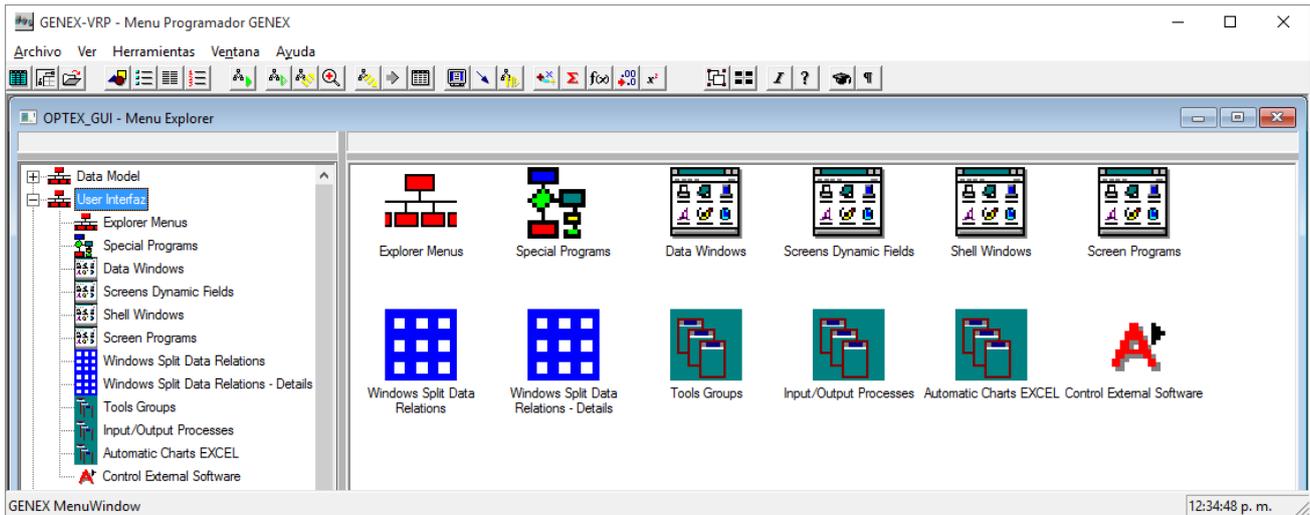
OPTeX-GUI presta servicios para encadenar las tablas a ventanas contenedoras ("shell") que pueden contener múltiples tablas, jerárquicamente encadenadas a ventanas de datos y posteriormente encadenar dichas ventanas a menús jerárquicos para su acceso por parte del usuario, opción **S** del tipo de programa en el menú.

Normalmente la ventana anfitrión está asociada a una tabla de datos que actúa como tabla principal de la consulta. A partir de la ventana asociada a la tabla principal el usuario puede interactuar con los registros de múltiples tablas y realizar procesos de consulta y de mantenimiento de dicha tabla y/o de otras tablas y/o documentos asociados al registro. Las ventanas secundarias permiten el acceso a nuevas ventanas asociadas a tablas relacionadas. De esta forma se establece una relación primaria-subordinada entre las tablas, en la que una ventana subordinada puede actuar como ventana primaria de otras ventanas. **OPTeX-GUI** controla el acceso a los registros en una ventana subordinada de forma tal que solo son visibles aquellos que están relacionados con el registro que se está desplegando en la ventana primaria. En la interfaz prototipo, **OPTeX-GUI** determina automáticamente las relaciones existentes entre las tablas de las diferentes ventanas. Todo lo anterior sin que el modelador requiera realizar labores de programación ni generar instrucciones **SQL** para relacionar las tablas.

A partir de las tablas básicas del modelo de datos **OPTeX** puede llenar todas las estructuras de datos necesarias para una interfaz de usuario que permita manejar ordenadamente todas las tablas asociadas al modelo de datos, para ello debe seleccionar **Generación Estructuras OPTeX-GUI** en el menú de herramientas del explorador **OPTeX**, cuando el modelador se encuentra ubicado en la ventana exploradora del modelo de datos.



EL Menú **User Interface** da acceso a todas tablas que están relacionadas con la parametrización de la interfaz del usuario final.



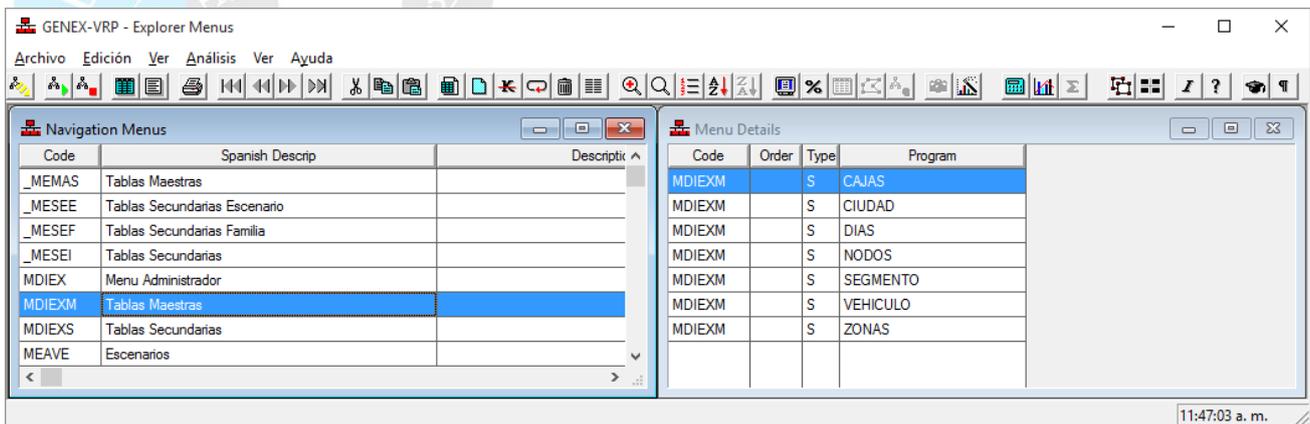
7.1. MENÚ DE EXPLORACIÓN

Los menús de navegación/exploración son el medio de encadenamiento de todos los procesos involucrados en una aplicación y guían al usuario a través de ella. Es posible definir un número ilimitado de menús. Una estructura jerárquica en la configuración de los menús de navegación permite el control del acceso de los usuarios a través de un menú específico.

OPTeX-GUI despliega los menús en la ventana anfitrión principal. Para seleccionar una opción se hace clic con el mouse sobre la opción deseada.

En la definición de las características generales se debe especificar:

- **Código:** código del menú
- **Descripción:** descripción del menú que aparecerá en el botón de selección cuando un menú conecta con otro menú.

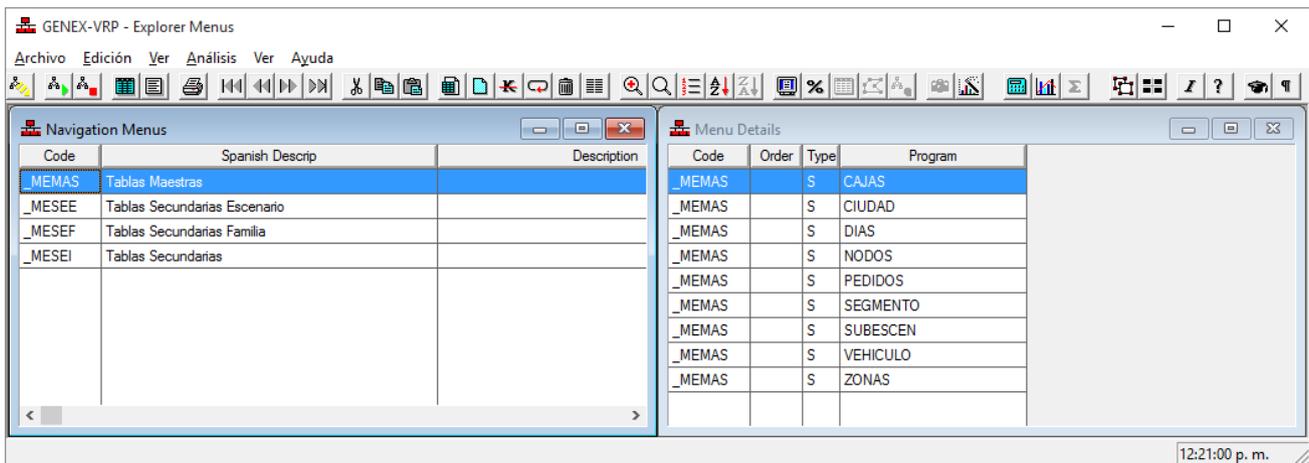


La definición de las opciones del menú de navegación se realiza desde el menú de la ventana por medio del comando de Abrir Tabla Relacionada e implica especificar para cada elemento los siguientes atributos:

- **Orden:** orden en el cual debe aparecer la opción en la ventana del menú de navegación.
- **Tipo de Programa:** tipo de evento asociado a la componente. Existen las siguientes múltiples posibilidades que se describen en el **Manual de Administrador de OPTeX-GUI**, las utilizadas en la aplicación VRPDSS son:
 - > Explorador Resultados **OPTeX**
 - A** Ventana Visualización Relaciones
 - C** Conectividad a Menú Anfitrión **OPTeX-GUI**

- E** Menú Escenario
- F** Menú Familia Escenarios
- G** Reporte Generado **EXCEL**
- M** Menú Navegación
- S** Ventana Contenedora de Tablas Datos
- W** Ventana Anfitrión Tabla Datos en Área Modelos
- **Código Procedimiento:** código del menú, ventana o proceso especial.

Cuando se utiliza el procedimiento **Generación Estructuras OPTeX-GUI**, **OPTeX** genera automáticamente cuatro menús que permiten al usuario consultar todas las tablas, maestras y secundarias, que existen en el modelo de datos. EL encadenamiento de estos menús a otros menús se realiza siguiendo los mismos principios de encadenamiento de los menús generados por el usuario.



7.2. DATA TABLES (VENTANAS TABLA DE DATOS)

Una ventana tipo tabla de datos está compuesta por dos partes: la estática y la dinámica. La parte estática corresponde al ambiente que permanece constante durante todo el proceso de captura o de despliegue de la información. La parte dinámica corresponde a las posiciones en las cuales se captura/despliega la información correspondiente al contenido de un registro de una tabla.

A partir del contenido de las tablas que definen el modelo de datos, **OPTeX-GUI** genera automáticamente ventanas prototipo para todas las tablas. Alternativamente, se pueden editar las ventanas prototipo para obtener ventanas "personalizadas" cuando las exigencias lo requieran. Para personalizar las ventanas se deben definir:

- Los atributos generales de la ventana
- Los campos de acceso dinámico

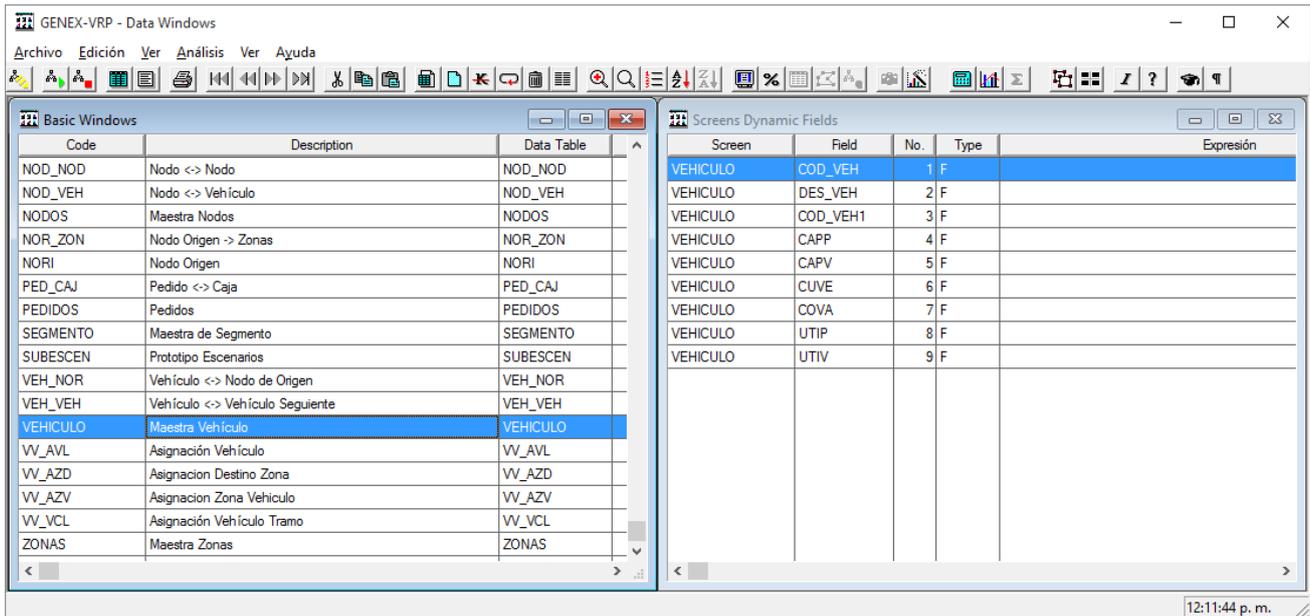
OPTeX-GUI permite el manejo de las ventanas de datos en un esquema de acceso registro a registro (forma) o en un despliegue parcial de múltiples registros de la tabla como un listado (browse).

Cuando la ventana está en modo forma, el sistema de ayuda de **OPTeX-GUI** se puede activar realizando doble clic sobre la descripción de los campos.

▪ ATRIBUTOS GENERALES

Los siguientes son los atributos generales para una ventana básica

- **Código:** código asignado a la ventana tabla.
- **Descripción:** descripción de la ventana que se utiliza en los menús de donde es llamada y en el encabezado de la ventana -caption-.
- **Tabla de Datos:** tabla asociada a la ventana de datos.



■ CAMPOS DINÁMICOS

La definición de campos dinámicos se realiza desde el menú de la ventana por medio del comando de Abrir Tabla Relacionada accediendo a la tabla Campos Dinámicos Ventana. Los campos dinámicos tienen los siguientes atributos:

- **Código:** código del campo dinámico.
- **Secuencia:** corresponde al orden en que debe aparecer el campo cuando se despliegue la ventana.
- **Tipo de Campo Dinámico:** indica el tipo de campo, puede ser:
 - F** campo de la tabla de datos cuyo contenido puede ser creado o modificado por el usuario;
 - D** campo de la tabla de datos que solo es posible de visualizar y cuyo contenido no puede modificar el usuario;
 - G** campo no perteneciente a la tabla de datos que debe ser suministrado por el usuario.
 - C** campo no perteneciente a la tabla de datos que es evaluado a partir de una expresión definida
- **Expresión:** expresión para variables calculadas.
- **Formato:** formato para captura/despliegue de la variable. Necesario para variables tipo G y C. Para el tipo F y D por defecto se utiliza en formato definido en la declaración del campo en la Tabla de Campos de las Tablas de Datos (**DDBAS**).

7.3. SHELL WINDOWS (VENTANAS CONTENEDOR)

El enlace de ventanas se realiza por medio de un encadenamiento definido por el usuario para las ventanas tipo tablas de datos. Para acceder a un grupo de documentos el usuario lo hace por medio de una ventana contenedor/anfitrión (shell/host window). Las ventanas anfitriones están asociadas a encadenamientos de ventanas básicas, de manera tal que la tabla asociada a la primera ventana definida opera como tabla principal de la ventana anfitrión.

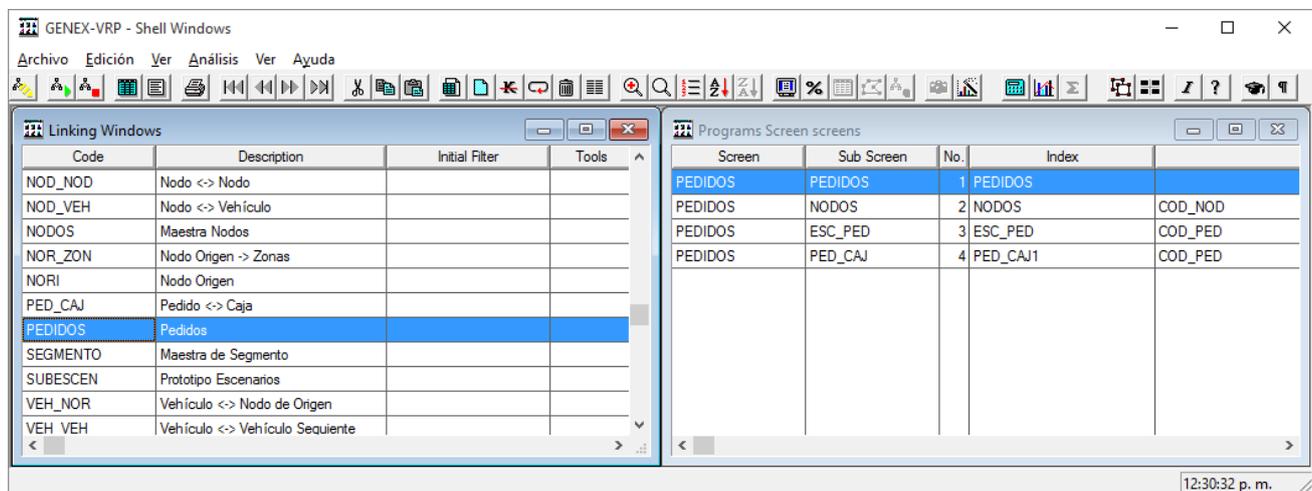
En el encadenamiento de ventanas se relacionan las tablas por medio de los códigos relacionales comunes entre dos tablas. No existen límites para el número de niveles de encadenamiento. Los siguientes atributos se deben definir para una ventana anfitrión:

- **Código de la Ventana Anfitrión:** código, o nombre asignado al encadenamiento.
- **Descripción:** descripción de la ventana, se utiliza en los menús de navegación desde donde se accede a la ventana.
- **Grupo de Herramientas:** grupo de herramientas especiales que se encadenaran a la ventana en el grupo **HERRAMIENTAS** por medio del **context menu** (clic derecho) de la ventana asociada a la tabla.
- **Expresión Filtro:** corresponde a un filtro de información que se impondrá a la tabla asociada a la primera tabla de la ventana anfitrión. La expresión debe especificarse de acuerdo con el servidor de datos que

maneja la tabla. Si corresponde a un servidor del tipo **SQL** la expresión debe cumplir con este tipo de lenguaje, si corresponde a una tabla tipo **dBASE** debe especificarse en términos **XBase**.

Para definir las ventanas básicas encadenadas a la ventana anfitrión se procede desde el menú de la ventana por medio del comando de Abrir Tabla Relacionada. Se debe definir los siguientes atributos:

- **Orden:** corresponde a un número que indica el nivel jerárquico de la pantalla. La pantalla ventana básica de menor orden determina la tabla principal de la ventana anfitrión.
- **Código de la Ventana Básica:** código de la ventana tabla subordinada. Debe corresponder a uno de los códigos de ventanas básicas definidas.
- **Tabla Índice:** tabla índice que controlará el orden de presentación de los datos en la tabla asociada a la ventana subordinada. Los índices validos se encuentran almacenados en la **Tabla de Índices de las Tablas (CIDXF)**.
- **Clave de Relación:** expresión de relación entre las tablas asociadas a las ventanas. Contiene campos comunes entre las tablas asociadas a las ventanas. Para tablas no relacionadas esta expresión será nula. Cuando se consideran varios campos de relación estos se deben unir como una suma o por medio de comas.



8. IMPLEMENTACIÓN VÍA OPTeX-EXCEL-MMS

9. SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de las corridas de un modelo matemático se almacenan en tablas que siguen un patrón estándar para la generación de nombres. Pueden consultarse los siguientes tipos de resultados.

- Documento **RTF** con formulación algebraica y modelo de datos
- Estructuras matriciales
- Tablas de resultados

9.1. GENERACIÓN DOCUMENTO RTF

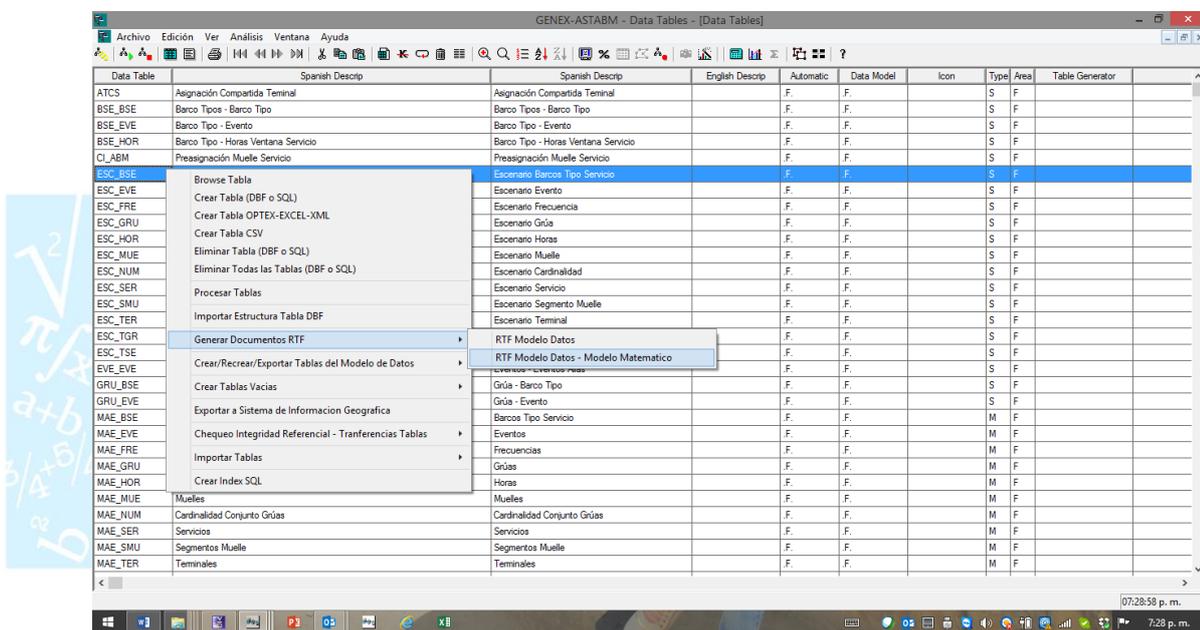
Para facilitar al modelador la interpretación de los datos que almacena el **SIMM**, **OPTeX** puede producir un informe en formato **RTF** (**Rich Text Format**) orientado a ser interpretado por procesadores de texto (**MS-WORD**, **WRITER**, **KWORD**, ...). Las características generales de los documentos **RTF** generables por **OPTeX** son:

1. Existen tres tipos de documentos **RTF**:

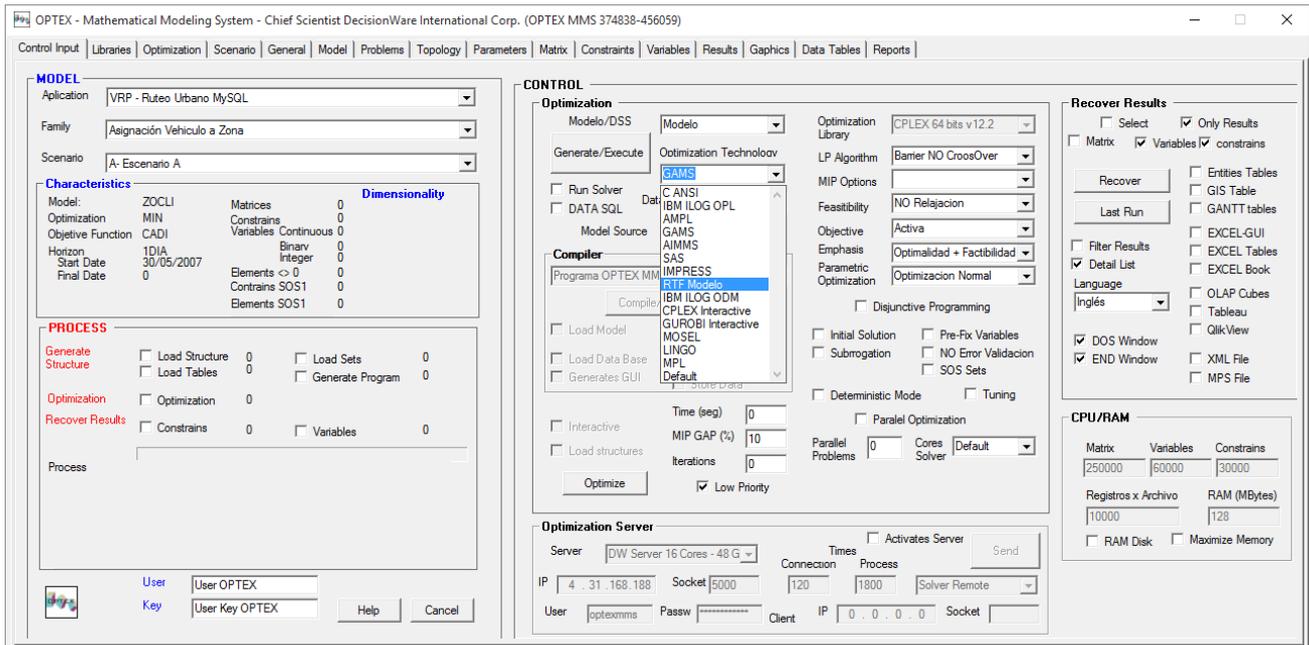
- **Data:** contiene la información de la estructura del sistema de información y de los parámetros y los conjuntos que son leídos en los modelos matemáticos catalogados en **OPTeX**.
- **Data-Model:** contiene la información de todos los elementos del modelo matemático y de todas las tablas del sistema de información.
- **Model o DSS:** contiene la información de todos los elementos de un modelo matemático específico o de un **Sistema de Soporte de Decisiones** (conjunto de modelos matemáticos) y de las tablas del sistema de información relacionadas con dichos modelos.

2. Existen varios puntos de acceso para generar documentos **RTF**, en este manual se describen dos:

- **Ventana de definición de las tablas del modelo de datos**, utilizando el context menú (clic derecho en el mouse) se tiene acceso a dos tipos de documentos **RTF**:
 - **RTF Modelo de Datos**, genera un documento **RTF** tipo **Data**.
 - **RTF Modelo de Datos – Modelo Matemático**, genera un documento **RTF** tipo **Data-Model**.



- **Ventana de Dialogo de Control para Solución de Modelos (OPTeX-EXE)** que es utilizada para generar documentos (programas en lenguaje de computación o un documento **RTF**) asociados a un modelo matemático o a un sistema de soporte de decisiones (**DSS**). El documento generado es tipo **Model o DSS**. En el área de **CONTROL** se debe indicar si se desea un documento relacionado con un **Modelo** o con un **DSS**.



Los archivos **RTF** pueden ser personalizados por el usuario teniendo como referencia las siguientes reglas, para ello se sugiere consultar el documento **Generación Documentos RTF Manual del Usuario**. La versión de la aplicación VRPDSS incluye un documento **RTF** sistema de soporte de decisiones definido con base en la unión de todos los modelos de la familia de modelos **VRP**.

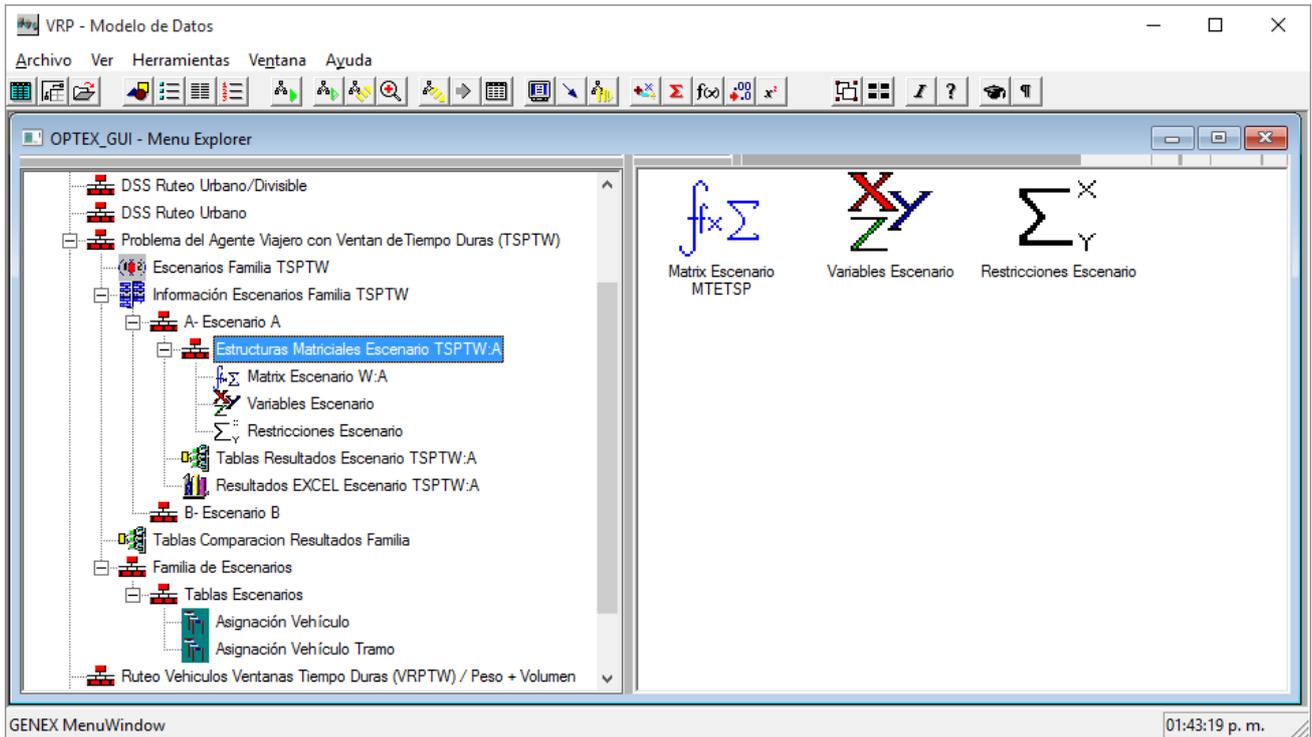
Para conectar directamente el editor de texto al documento generado por **OPTeX** se debe parametrizar en la tabla **LIBRARY.dbf**, ubicada en ".../BIN/", el programa identificado como **RTF** cuyo campo **PATH_LIB** debe apuntar a la dirección donde se ubica el ejecutable correspondiente.

Cod_Lib:	Des_Lib:	Tip_Sof:	Path_Lib:	Pre_Lib:	Ok_Def:	Ok_Ins:	Ok_Pd:	Ok_Sos:
MSVC	MS Visual C	EXE						
ODM	IBM ODM	EXE						
OPL	IBM OPL	EXE	C:\LOG\ODME33\Developer\bin\x64_win64\oplrun.exe					
RTF	Ejecutable RTF	EXE	"C:\Program Files (x86)\Microsoft Office\Office15\WINWORD.EXE"					
SYMPHO	SYMPHONY	LIB	"C:/SYMPHONY/lib"		NO	NO	NO	NO
WINRAR	WinRAR	ZIP	"C:\Program Files\WinRAR\RAR.exe"					
XPRESS	XPRESS	LIB			NO	NO	NO	NO

9.2. ESTRUCTURAS MATRICIALES

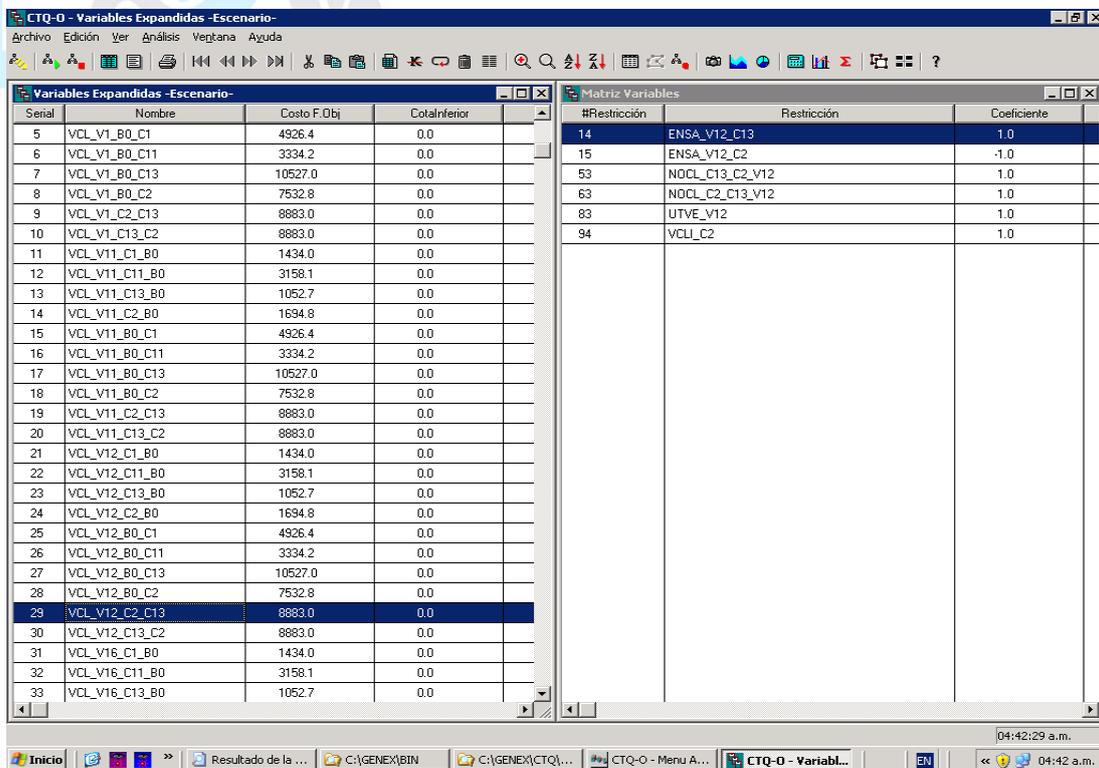
OPTeX genera información que le permite al administrador y/o al usuario consultar con el nivel de detalle que desee las tablas de datos generadas para la solución de un modelo. Se puede consultar desde los coeficientes de una variable, o la estructura general de una restricción ensamblada dentro de una matriz, hasta información que sintetiza los niveles de actividad una variable o su valoración económica en términos de las variables anuales de los modelos.

El generador matricial de **OPTeX** almacena las estructuras matriciales en tablas del sistema de información para permitir su consulta por medio de **OPTeX-GUI**, cuando se accede al sistema de información de una familia de escenarios o desde un escenario se tiene acceso a las estructuras matriciales



Se pueden realizar las siguientes consultas:

- Variables:** en la opción "Variables" se tiene acceso a una ventana que presenta la información ordenada por el nombre de las variables. Se pueden consultar los códigos de las variables. En el segundo nivel de la ventana se pueden observar todas las restricciones donde aparece la variable.



- **Restricciones:** en la opción "Restricciones" se tiene acceso a una ventana que presenta la información ordenada por el nombre de las restricciones. Se pueden consultar los códigos de las restricciones. En el segundo nivel, se tiene acceso a información relativa a las variables que componen cada restricción.

The screenshot shows two windows from the software. The left window, titled "Restricciones Expandidas -Escenario-", displays a list of constraints with columns for Serial, Nombre, Signo, LHS, and RHS. The right window, titled "Matriz Restricciones", displays a matrix with columns for # Variable, Variable, Coeficiente, and ENS.

Serial	Nombre	Signo	LHS	RHS
1	ENSA_V1_B0	=		0.0
2	ENSA_V1_C1	=		0.0
3	ENSA_V1_C11	=		0.0
4	ENSA_V1_C13	=		0.0
5	ENSA_V1_C2	=		0.0
6	ENSA_V11_B0	=		0.0
7	ENSA_V11_C1	=		0.0
8	ENSA_V11_C11	=		0.0
9	ENSA_V11_C13	=		0.0
10	ENSA_V11_C2	=		0.0
11	ENSA_V12_B0	=		0.0
12	ENSA_V12_C1	=		0.0
13	ENSA_V12_C11	=		0.0
14	ENSA_V12_C13	=		0.0
15	ENSA_V12_C2	=		0.0
16	ENSA_V16_B0	=		0.0
17	ENSA_V16_C1	=		0.0
18	ENSA_V16_C11	=		0.0
19	ENSA_V16_C13	=		0.0
20	ENSA_V16_C2	=		0.0
21	ENSA_V17_B0	=		0.0
22	ENSA_V17_C1	=		0.0
23	ENSA_V17_C11	=		0.0
24	ENSA_V17_C13	=		0.0
25	ENSA_V17_C2	=		0.0
26	ENSA_V2_B0	=		0.0
27	ENSA_V2_C1	=		0.0
28	ENSA_V2_C11	=		0.0
29	ENSA_V2_C13	=		0.0

# Variable	Variable	Coeficiente	ENS
1	VCL_V1_C1_B0	1.0	ENS
2	VCL_V1_C11_B0	1.0	ENS
3	VCL_V1_C13_B0	1.0	ENS
4	VCL_V1_C2_B0	1.0	ENS
5	VCL_V1_B0_C1	-1.0	ENS
6	VCL_V1_B0_C11	-1.0	ENS
7	VCL_V1_B0_C13	-1.0	ENS
8	VCL_V1_B0_C2	-1.0	ENS

- **Por la Matriz A:** en esta opción se tiene acceso a la estructura de la Matriz la que se encuentra fraccionada en bloques de acuerdo con la teoría de partición y descomposición que se esté utilizando. Para cada elemento dentro de la Matriz se presenta la fila, la columna y el coeficiente asociado. En el segundo nivel se puede acceder a información relativa a la variable y a la restricción asociada al elemento.

Serial	Nombre	Signo	LHS	RHS
1	ENSA_V1_B0	=		0.0
2	ENSA_V1_C1	=		0.0
3	ENSA_V1_C11	=		0.0
4	ENSA_V1_C13	=		0.0
5	ENSA_V1_C2	=		0.0
6	ENSA_V11_B0	=		0.0
7	ENSA_V11_C1	=		0.0
8	ENSA_V11_C11	=		0.0
9	ENSA_V11_C13	=		0.0
10	ENSA_V11_C2	=		0.0
11	ENSA_V12_B0	=		0.0
12	ENSA_V12_C1	=		0.0
13	ENSA_V12_C11	=		0.0
14	ENSA_V12_C13	=		0.0
15	ENSA_V12_C2	=		0.0
16	ENSA_V16_B0	=		0.0
17	ENSA_V16_C1	=		0.0
18	ENSA_V16_C11	=		0.0
19	ENSA_V16_C13	=		0.0
20	ENSA_V16_C2	=		0.0
21	ENSA_V17_B0	=		0.0
22	ENSA_V17_C1	=		0.0
23	ENSA_V17_C11	=		0.0
24	ENSA_V17_C13	=		0.0
25	ENSA_V17_C2	=		0.0
26	ENSA_V2_B0	=		0.0
27	ENSA_V2_C1	=		0.0
28	ENSA_V2_C11	=		0.0
29	ENSA_V2_C13	=		0.0

# Variable	Variable	Coeficiente	Restricción
1	VCL_V1_C1_B0	1.0	ENS
2	VCL_V1_C11_B0	1.0	ENS
3	VCL_V1_C13_B0	1.0	ENS
4	VCL_V1_C2_B0	1.0	ENS
5	VCL_V1_B0_C1	-1.0	ENS
6	VCL_V1_B0_C11	-1.0	ENS
7	VCL_V1_B0_C13	-1.0	ENS
8	VCL_V1_B0_C2	-1.0	ENS

Quando se realiza la consulta a nivel de las estructuras del escenario, las que incluyen la evaluación numérica de los parámetros del modelo, es posible realizar chequear la integridad de la matriz y su relación con los vectores de recursos del modelo. Este chequeo se realiza por medio de las herramientas disponibles a nivel del clic del botón derecho del "mouse". La siguiente imagen presenta los resultados obtenidos al utilizar la opción de chequeo.

Serial	Nombre	Costo Dual	# Restricción	# Variable	Coeficiente	Restricción
000469	RRR_NEI_CAGU_i01					
000470	RRR_PER_CAGU_i01					
000471	RRR_UNI_CAGU_i01					
000472	RRR_UNI_CCLU_i01					
000473	RRR_UNI_CCOS_i01					
000474	WHC_AGUC_i01					
000475	WHC_BOGC_i01					
000476	WHC_CALC_i01					
000477	WHC_UNIC_i01					
000478	WHE_AGDS_i01					
000479	WHE_AGLT_i01					
000480	WHE_AGU1_i01					
000481	WHE_AGU2_i01					
000482	WHE_AGU3_i01					
000483	WHE_BODS_i01					
000484	WHE_BOG2_i01					
000485	WHE_BOG4_i01					
000486	WHE_BOG7_i01					
000487	WHE_BUC1_i01					
000488	WHE_BUDS_i01					
000489	WHE_CADS_i01					
000490	WHE_COLT_i01					
000491	WHE_CUC1_i01					
000492	WHE_GIR1_i01					
000493	WHE_LELT_i01					
000494	WHE_UNDS_i01					
000495	WHE_UNI5_i01					
000496	WHE_UNI7_i01					

GENEX - c:\genex\opba\opbaes\DEMO\1\CHECK_RES_MATRIX.LOG

Fecha de creación del archivo: 27/06/2007 - 04:40:42
04:40:42

04:40:42 CHEQUEANDO RESTRICCIÓN: DMCD - Demanda en Zona de Distribución - Permite Déficit
04:40:43

04:40:43 CHEQUEANDO RESTRICCIÓN: IMP - Existencias Mínimas en Centros de Distribución.
04:40:44

04:40:44 CHEQUEANDO RESTRICCIÓN: RIC - Continuidad Producción y Empacado. Productos Transportables.
04:40:44

04:40:44 CHEQUEANDO RESTRICCIÓN: RIF - Continuidad entre Producto Empacado y Producto Enviado Centros Distribución
04:40:44

04:40:44 CHEQUEANDO RESTRICCIÓN: RIX - Continuidad de Inventarios en Centros de Distribución.
04:40:46

04:40:46 CHEQUEANDO RESTRICCIÓN: RRR - Continuidad de Despachos de Planta Procesadora y Envasado de Cerveza
04:40:46

04:40:46 CHEQUEANDO RESTRICCIÓN: WHC - Tiempo Trabajado en Planta Procesadora
04:40:46

04:40:46 CHEQUEANDO RESTRICCIÓN: WHE - Tiempo Trabajado en Línea de Empacado. NO incluye tiempo preparación Línea
Fecha de finalización del archivo: 27/06/2007 - 04:40:48

Estas tres formas de consulta están orientadas a la revisión de la estructura del problema a optimizar pueden ser de gran ayuda en el proceso de debugging de un modelo.

9.3. TABLAS DE RESULTADOS (SERIES DE TIEMPO)

Las tablas de resultados son generadas automáticamente por **OPTeX** de acuerdo con los criterios de recuperación establecidos por el usuario.

En **OPTeX-GUI**, por medio del menú de Tablas de Resultados se tiene acceso a la tabla de restricciones y variables recuperadas, para un escenario específico. Desde la tabla de resultados, seleccionando la opción browse Tabla del menú Herramientas, se pueden realizar las siguientes consultas:

- **VARIABLES:** Por medio del browse se tiene acceso a una tabla que presenta la información asociada a la variable seleccionada, ordenada por fecha (período). Se pueden consultar las series de los valores de las variables, las cotas superiores, su valor en la solución óptima, los costos en la función objetivo y los costos reducidos. Estas tablas se denominan **VV_vvv** donde **vvv** corresponde al código de la variable.
- **Restricciones:** En la opción browse se tiene acceso a una tabla que contiene la información asociada a las restricciones en cada período. Se pueden consultar las series de las variables de holgura y las variables duales. Estas tablas se denominan **RR_rrr** donde **rrr** corresponde al código de la restricción.
- **Funciones Objetivo:** En la opción browse se tiene acceso a una tabla que contiene la información asociada a las restricciones en cada período. Se pueden consultar las series de las variables de holgura y las variables duales. Estas tablas se denominan **FF_fff** donde **fff** corresponde al código de la función objetivo.

Adicional a los campos relacionales asociados a las variables y/o a las restricciones (para el caso del **VRP**, **COD_eee** y **FECHA**), la información almacenada en las tablas se presenta a continuación:

VARIABLES	RESTRICCIONES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ VALOR: Corresponde al valor (primal) de la variable asociado a la solución óptima. ▪ FECHA_HORA: Corresponde a la fecha-hora asociada al valor para variables tipo T (tiempo continuo) ▪ COSTO_RED: Corresponde al costo reducido (dual) de la variable asociado a la solución óptima. ▪ COTA_SUP: Corresponde al valor de la cota superior de la variable ▪ COSTO_OBJ: Corresponde al valor del costo de la variable en la función objetivo ▪ ERROR: Violación de una de las cotas de las variables, aplica cuando se realiza alguna relajación de la cota de la variable. ▪ DIF_HIS: Diferencia (anomalía) entre el valor del modelo y el valor histórico ▪ OK_HIS: Existe información histórica asociada a la variable (TRUE o FALSE) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DUAL: Corresponde al valor de la variable dual de la restricción asociada a la solución óptima. ▪ HOLGURA: Corresponde al valor de la variable de holgura (primal) de la restricción asociada a la solución óptima. ▪ RECURSO: Corresponde al valor de la lado derecho (RHS) de la restricción, utilizado en el problema ▪ ERROR: Violación de la restricción, aplica cuando se realiza alguna relajación de la restricción.

Si el usuario maneja los datos industriales en tablas **DBASE**, estas serán almacenadas en los directorios indicados en la configuración de la aplicación; si maneja tablas en formato **SQL**, las tablas serán grabadas por medio de un **ODBC** que controla el acceso a un **TABLESPACE** donde están definidas todas las tablas de la aplicación, en este caso a todas las tablas resultados se les adicionará el prefijo **fff_eee_**. Dependiendo de la tecnología de optimización utilizada es posible que existan versiones de estas tablas en formato **CVS** el cual se puede vincular directamente a **EXCEL** para su consulta.

9.4. TABLAS FORMATO ENTIDAD-RELACIÓN (EE_eee)

Adicionalmente, **OPTeX** organiza la información de acuerdo a las relaciones entre entidades (índices) que se derivan del sistema de variables y de restricciones que se han considerado en el modelo que se ha resuelto. Esta información se almacena en tablas **EE_ii1_ii2_ii3 ...** donde **ii1** corresponde a la entidad/índice **1**, **ii2** a la entidad/índice **2**, **ii3** a la entidad/índice **3** y así sucesivamente hasta describir todas entidades que hacen parte de la relación. Adicional a los campos relacionales asociados a las variables y/o a las restricciones (**COD_eee** y **FECHA**), la información almacenada en las tablas se presenta a continuación:

VARIABLES (vvv)	RESTRICCIONES (rrr)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ VA_vvv: Corresponde al valor (primal) de la variable asociado a la solución óptima. ▪ FH_vvv: Corresponde a la fecha-hora asociada al valor para variables tipo T (tiempo continuo) ▪ CR_vvv: Corresponde al costo reducido (dual) de la variable asociado a la solución óptima. ▪ LO_vvv: Corresponde al valor de la cota inferior de la variable ▪ UP_vvv: Corresponde al valor de la cota superior de la variable ▪ CO_vvv: Corresponde al valor del costo de la variable en la función objetivo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VD_rrr: Corresponde al valor de la variable dual de la restricción asociada a la solución óptima. ▪ VH_rrr: Corresponde al valor de la variable de holgura (primal) de la restricción asociada a la solución óptima. ▪ RS_rrr: Corresponde al valor de la lado derecho (RHS) de la restricción, utilizado en el problema

Si el usuario maneja los datos industriales en tablas **DBASE**, estas serán almacenadas en los directorios indicados en la configuración de la aplicación; si maneja tablas en formato **SQL**, las tablas serán grabadas por medio de un **ODBC** que controla el acceso a un **TABLESPACE** donde están definidas todas las tablas de la aplicación, en este caso a todas las tablas resultados se les adicionará el prefijo **fff_eee_**.

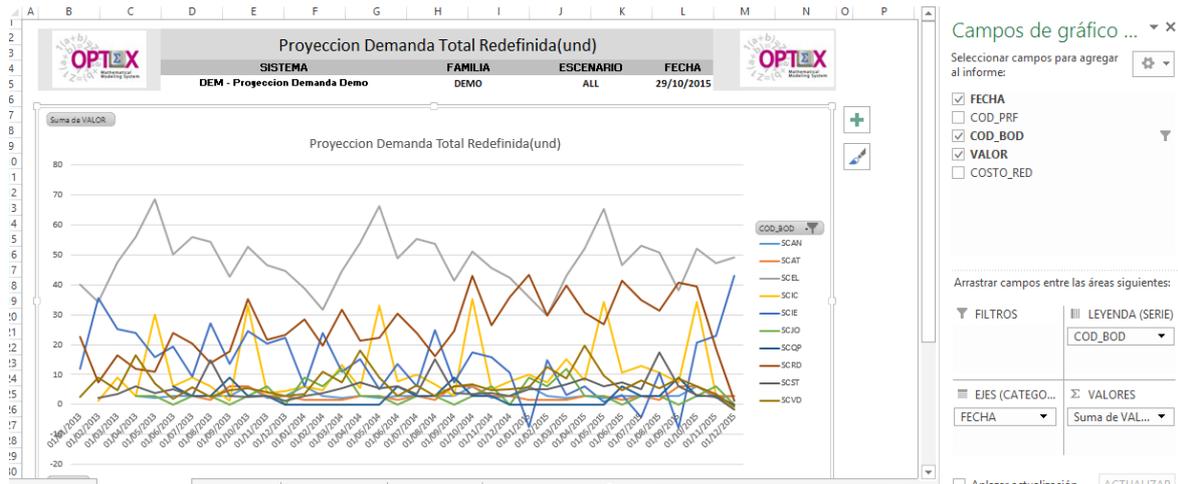
	COD_VEH	COD_NOD	VA_TCL	CO_TCL	LO_TCL	UP_TCL	CR_TCL	VA_VSA	CO_VSA	LO_VS/
WV_AVL Determina el Uso de un Vehículo	SWK060	8300251421-0	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
WV_TCL Tiempo en que legada el vehículo v al al destino c	SWK060	830025638-1	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
WV_VCI Asignación del Vehículo v al Destino c	SWK060	830025638-17	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
WV_VCL Determina si un Vehículo va de un Destino a Otro	SWK060	830025638-22	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
WV_VLE Tiempo de Llegada Temprana	SWK060	830025638-5	13.97975600	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	2.47975600	100.00000000	0
WV_VSA Tiempo de Llegada Tardía	SWK060	830025638-7	10.50000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_CAPP Capacidad de los Vehículos en Peso	SWK060	86002095-136	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_CAPV Capacidad volumétrica de los Vehículos	SWK061	8300251421-0	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_CAPV Capacidad volumétrica de los Vehículos	SWK061	830025638-1	10.50000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_CAPV Capacidad volumétrica de los Vehículos	SWK061	830025638-17	0.50000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_CAPV Capacidad volumétrica de los Vehículos	SWK061	830025638-18	7.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_NOCL Ciclos no Permitidos	SWK061	830025638-22	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_NOCL Ciclos no Permitidos	SWK061	830025638-4	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_NOCL Ciclos no Permitidos	SWK061	830025638-5	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_NOCL Ciclos no Permitidos	SWK061	830025638-7	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_NOCL Ciclos no Permitidos	SWK061	830025638-17	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_NOCL Ciclos no Permitidos	SWK061	830025638-18	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTA Penalización por Llegada Tardía	SWK061	830025638-4	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTA Penalización por Llegada Tardía	SWK061	830025638-5	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTA Penalización por Llegada Tardía	SWK061	830025638-7	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTA Penalización por Llegada Tardía	SWK061	830025638-17	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTA Penalización por Llegada Tardía	SWK061	830025638-18	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTE Penalización por Llegada Temprana	SWK061	830025638-7	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTE Penalización por Llegada Temprana	SWK061	830025638-17	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTE Penalización por Llegada Temprana	SWK061	830025638-18	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_SANO Salida del Nodo Origen	SWK061	86002095-136	3.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_STIL Secuencia de los Tiempos de Llegada	SWK062	8300251421-0	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_STIL Secuencia de los Tiempos de Llegada	SWK062	830025638-1	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_STIL Secuencia de los Tiempos de Llegada	SWK062	830025638-17	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_STIL Secuencia de los Tiempos de Llegada	SWK062	830025638-18	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_STIL Secuencia de los Tiempos de Llegada	SWK062	830025638-22	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_TTSE Tiempo Limite de Servicio	SWK062	8300251421-0	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_TTSE Tiempo Limite de Servicio	SWK062	830025638-5	5.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_UTVE Utilización de Vehículos	SWK062	830025638-5	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_UTVE Utilización de Vehículos	SWK062	830025638-7	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_VCLI Vista de Destino	SWK062	830025638-1	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_VCLI Vista de Destino	SWK062	830025638-7	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_VCLI Vista de Destino	SWK062	830025638-17	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_VCLI Vista de Destino	SWK062	830025638-18	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_VCLI Vista de Destino	SWK062	86002095-136	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
EE_NOD Nodo -	SWK062	86002095-136	0.00000000	0.00000000	0	1000000000...	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
EE_VEH Vehículo -										
EE_VEH_NOD Vehículo - Nodo -										
EE_VEH_NOD_DIA Vehículo - Nodo - Día -										
EE_VEH_NOD_NOD1 Vehículo - Nodo - Nodo (Alias) -										

9.5. OPTeX-EXCEL-GUI

Los resultados de los modelos matemáticos también pueden consultarse por medio del producto **OPTeX-EXCEL-GUI** que hace parte del sistema **OPTeX Mathematical Modeling System**. **OPTeX-EXCEL-GUI** está compuesto por dos interfaces **OPTeX-EXCEL-GUI-OUT** y **OPTeX-EXCEL-GUI-IN**, las cuales, y permiten la manipulación de la información tanto de entrada (**OPTeX-EXCEL-GUI-IN**) como de salida (**OPTeX-EXCEL-GUI-OUT**), bajo el ambiente de trabajo que ofrece Microsoft Excel 2013; cabe notar que **OPTeX-EXCEL-GUI** no trabaja con versiones anteriores de **EXCEL**.

La interfaz de entrada **OPTeX-EXCEL-GUI** permite la administración de las tablas de entrada y de salida de los modelos matemáticos, facilitando los cambios en la información que puedan ser requeridos por el usuario. Esta interfaz permite la consulta y la actualización de los datos contenidos en: i) las tablas maestras, ii) las secundarias, iii) las de configuración del escenario y en las que se almacenan los resultados del modelo matemático; estas tablas pueden estar almacenadas en archivos **.CSV** o en un servidor local/remoto dentro de una base de datos en realizando conexiones para la consulta y la actualización de los mismos mediante comandos **SQL**. **OPTeX-EXCEL-GUI** permite la navegación por las tablas de entrada mediante una tabla de contenido con hipervínculos, y el almacenamiento de las tablas en diferentes libros de **EXCEL**. Los datos pueden encontrarse almacenados en un computador local o en un servidor remoto, en archivos **.CSV** o dentro de una base de datos del tipo **SQL** (por ejemplo, **ORACLE** o **SQL Server 2008**) a la cual se accede mediante una conexión del tipo **ODBC**, la cual debe estar previamente configurada en el computador en el que opera la base de datos.

La interfaz de salida **OPTeX-EXCEL-GUI-OUT**, permite la recuperación y la visualización de los resultados del modelo para las variables de decisión y las restricciones (primales y duales); al tiempo que puede mostrar una gráfica y una tabla dinámica estándar, en conjunto con los datos en bruto dentro de una tabla, todo dentro de un libro de Microsoft Excel 2013. **OPTeX-EXCEL-GUI-OUT** ofrece la opción de generar reportes o informes rápidamente, en uno o varios archivos, por medio de una tabla de contenido que permite la navegación mediante hipervínculos, entre las diferentes variables de decisión o restricciones; adicionalmente, permite la generación de informes a partir de resultados recuperados por **OPTeX** en archivos **.CSV** para las variables de decisión y para las restricciones del modelo.

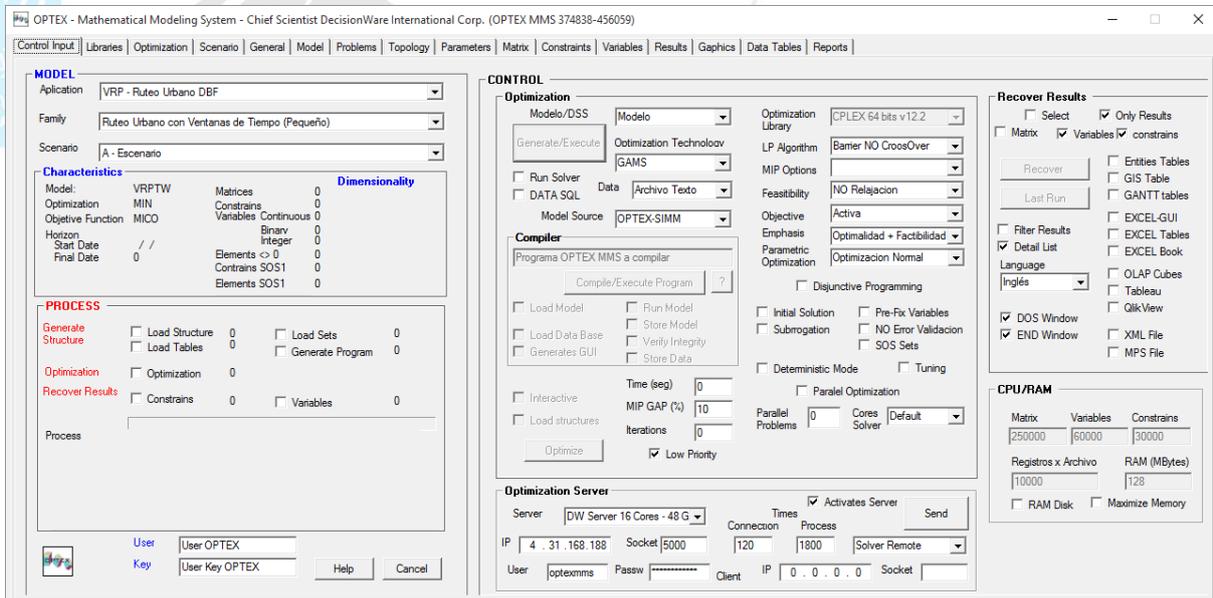


Para información completa sobre este punto se invita al lector a consultar el **Manual del Usuario de OPTeX-EXCEL-GUI**.

10. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

10.1. VÍA OPTeX-EXE

Todos los aspectos relacionados con la solución de los problemas de los modelos de optimización se manejan por medio de una ventana de dialogo que da control a los diferentes aspectos del problema. La ventana de dialogo de **OPTeX-EXE** está compuesta por varias ventanas secundarias que permiten el control de la ejecución y la consulta de resultados, tal como lo muestra la imagen siguiente.

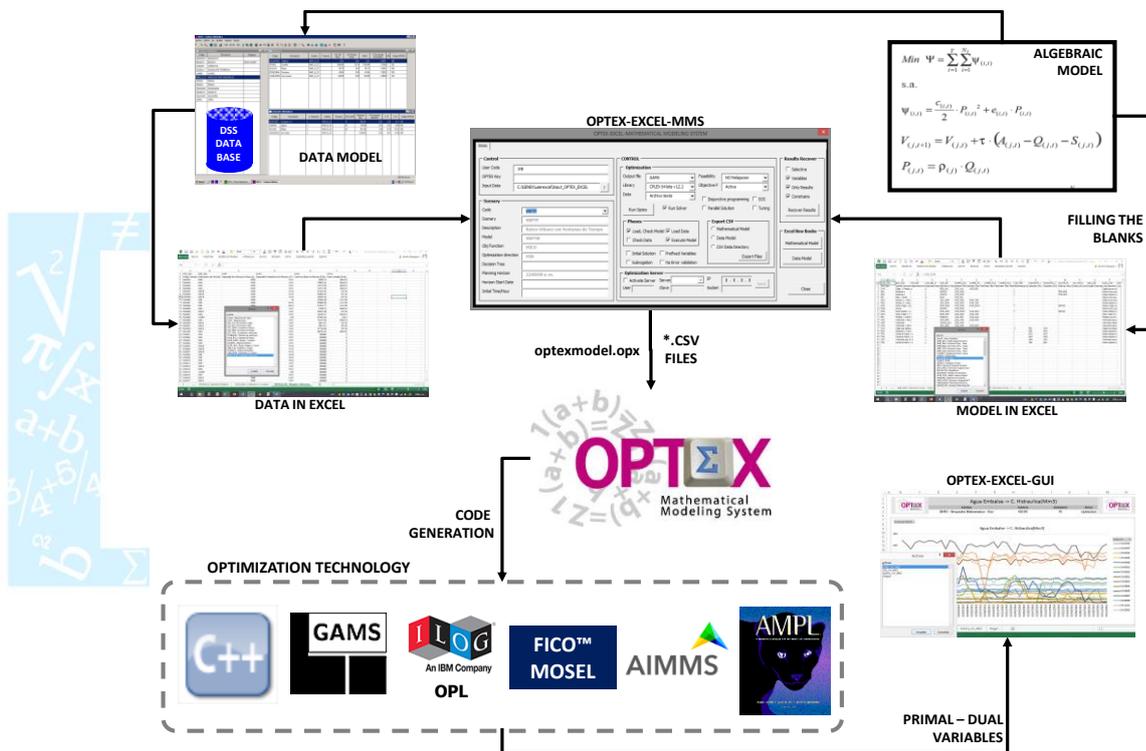


Se debe notar que esta ventana cambia de apariencia según los derechos que tenga la licencia del usuario **OPTeX**. El usuario selecciona el caso (escenario) que quiere desea analizar y las opciones de **OPTeX-EXE** que desea utilizar. Todos los aspectos relacionados con la solución de los problemas de los modelos de optimización se manejan por medio de una ventana de dialogo que da control a los diferentes aspectos del problema. La ventana de dialogo de **OPTeX-EXE** está compuesta por varias ventanas secundarias que permiten el control y la consulta de resultados.

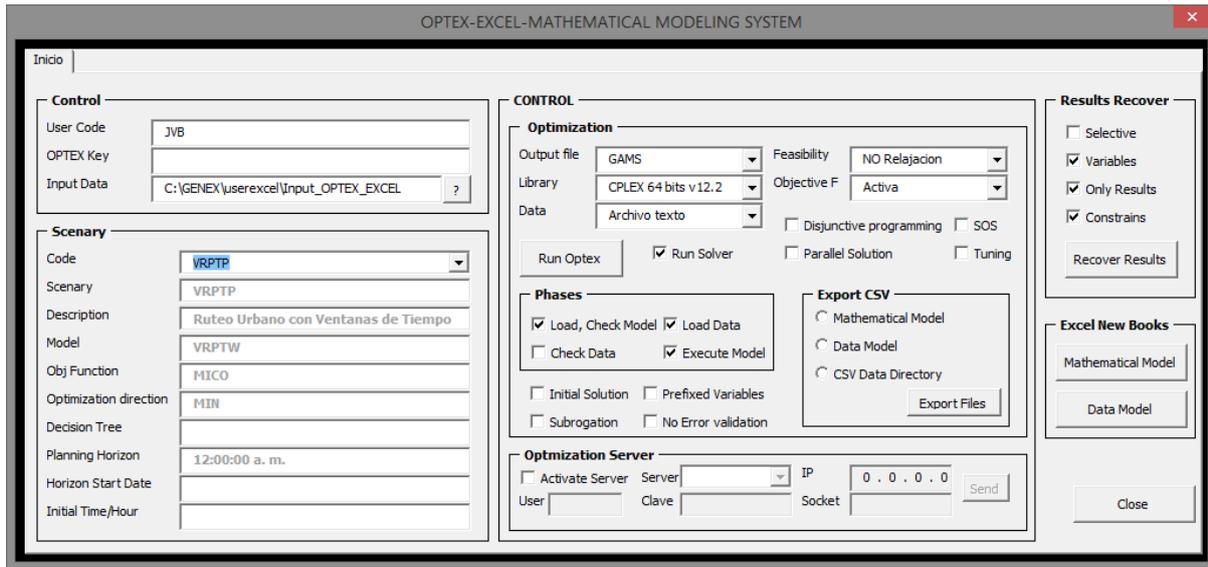
Dado lo importante de este tema se remite al lector al numeral 4 del **Manual de Usuario de OPTEX** que presenta con detalle el manejo de esta ventana.

10.2. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS VÍA OPTEX-EXCEL-MMS

OPTEX-EXCEL-MMS es una aplicación desarrollada en **MS-Visual Basic** con base en las funcionalidades de **EXCEL**. **OPTEX-EXCEL-MMS** procesa dos archivos en **EXCEL**, el primero relacionado con la formulación de los modelos matemáticos y el segundo relacionado con la data de entrada al modelo que se desea correr, y genera los archivos **CSV** para cada libro del archivo y genera el archivo de inicialización de **OPTEX** (**optexmodel.opx**) que indica a **OPTEX** el procesamiento que debe realizar el cual está orientado a generar un código en una determinada tecnología de optimización y con dicho programa resolver los problemas matemáticos que hacen parte del modelo. La siguiente ilustración presenta la arquitectura de la implementación.



Al ingresar a la aplicación **OPTEX-EXCEL-MMS** se observa la siguiente pantalla que integra varias áreas relacionadas con el control de **OPTEX**.



Dado lo importante de este tema se remite al lector al **Manual de Usuario de OPTeX-EXCEL-MMS** que presenta con detalle el manejo de esta ventana.

Como arte de la instalación de **OPTeX** se han suministrados dos libros **EXCEL** que contienen la formulación de uno de los modelos de la aplicación VRPDSS, de esta forma el usuario podrá probar el funcionamiento de **OPTeX_EXCEL-MMS**. Estos libros son **OPTeX_Model_VRP.xlsx** y **OPTeX_Data_VRP.xlsx** y se encuentran en la carpeta del problema **VRP**.

11. TECNOLOGÍAS DE OPTIMIZACIÓN

OPTeX permite al usuario utilizar múltiples plataformas informáticas para implementar soluciones relacionadas con modelos de programación matemática. Bajo este punto de vista, **OPTeX** se convierte en una interfaz de desarrollo para la plataforma definitiva, por ejemplo **C, GAMS, IBM OPL, .**

11.1. C ANSI

La generación de programas **C ANSI** puede considerarse una de las mayores potencialidades de **OPTeX**, ya que facilita al usuario llevar los modelos a cualquier plataforma y encadenarlos de la manera más conveniente. Para evitar limitaciones por licenciamiento, **OPTeX** utiliza como plataforma de compilación en compilador **C** de licencia libre.

```

// Fecha de creación del archivo: 07/06/2007 - 04:40:26
//OPEX-> Modelo
// Modelo: VRP Ruteo Vehiculos (VRP)
//OPEX-> Problema
// Problema: VRP Ruteo Vehiculos (VRP)

//OPEX - Includes
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include <string.h>
#include "glpk.h"
#include "lp_lib.h"
#include "CoinMP.h"
#include <ctype.h>
#include <ilcplex/cplex.h>
//#include "symphony.h"

struct OMP // Estructura OPEX Mathematical Problem
{
char *sModelo, *sProblema ;
int cMP ; // Clase Problema {LP,MIP,QP,MQP,QPC,MQPC}
int FO ; // Tipo Optimizaxion: {MAX,MIN}
int nLibrary, nAlgoritmo ; // Libreria de Optimizacion - Algoritmo
int numMAT, numRES, numVAR ;
int *VarELE, *ResELE ;
double *MatELE, *RHS, *LHS, *CostoVAR, *UppVAR, *LowVAR ;
int *typeRES ; // {"=", "<", ">", ":"}
int *typeVAR ; // {"C", "B", "E"}
}

```

11.2. GAMS

La generación de programas para procesadores de lenguajes algebraico, como **GAMS**, permite a usuarios de estas plataformas utilizarlas a partir de modelos almacenados en **OPTeX**, también se puede considerar como un medio para exportar formato **OPTeX** a otras plataformas. En la actualidad se trabaja en la interfaz a **AMPL**, **GNU MathProg** y **MATLAB**.

The screenshot shows the gamside application interface. The left pane displays the GAMS model code for a Vehicle Routing Problem (VRP). The right pane shows the solver output, indicating that the solution satisfies the optimizer and provides the following statistics:

Node	Act.	Lev.	Objective	Inf	Best Int.	Best Bound
175	17	27	pruned	-	243821.4032	221220.1760
176	18	27	226470.1760	6	243821.4032	221220.1760
177	19	28	226470.1760	6	243821.4032	221220.1760
178	18	22	pruned	-	243821.4032	221220.1760
179	19	21	222970.1760	6	243821.4032	221220.1760
180	18	22	pruned	-	243821.4032	221220.1760
181	19	22	221220.1760	6	243821.4032	221220.1760
182	18	23	pruned	-	243821.4032	221220.1760
183	19	23	222970.1760	6	243821.4032	222970.1760

Additional statistics from the solver output:

- Iterations: 2017
- LP Seconds: 0.750000
- B&B nodes: 183
- MIP solution: 243821.403200 found in node 23
- Best possible: 222970.176000
- Absolute gap: 20851.227200 optca: 0.000000
- Relative gap: 0.093516 opter: 0.100000
- Model Status: 8
- Solver Status: 1

11.3. IBM ILOP OPL

The screenshot shows the Eclipse IDE with the OPL model code for a Traveling Salesman Problem (TSP). The code defines the problem, sets the master variables, and defines the sets for nodes and vehicles.

```

// OPTeX -> Modelo: TSPTW - Problema del Agente Viajero con Ventas de Tiempo Duras (TSPTW)
// OPTeX -> Problema(s):
// TSPTW - Problema del Agente Viajero con Ventas de Tiempo Duras (TSPTW)

range booleanValues = 0..1;

// OPTeX -> Conjuntos Maestros
tuple tmaster_v ( string v; int booleanValue ); // Vehiculo
(tmaster_v) master_v with booleanValue in booleanValues = ...;
(string) master_v = { x.v | x in master_v; x.booleanValue==1 };

tuple tmaster_c ( string c; int booleanValue ); // Nodo
(tmaster_c) master_c with booleanValue in booleanValues = ...;
(string) master_c = { x.c | x in master_c; x.booleanValue==1 };

tuple tmaster_k ( string k; int booleanValue ); // Nodo Destino
(tmaster_k) master_k with booleanValue in booleanValues = ...;
(string) master_k = { x.k | x in master_k; x.booleanValue==1 };

tuple tmaster_vv ( string vv; int booleanValue ); // Vehiculo (Alias)
(tmaster_vv) master_vv with booleanValue in booleanValues = ...;
(string) master_vv = { x.vv | x in master_vv; x.booleanValue==1 };

```

11.4. FORMATO MPS

La generación en formato **MPS (Mathematical Programming System)** permite al usuario resolver el problema en casi cualquier plataforma informática orientada a optimización, ya que **MPS** es un estándar de facto, inicialmente definido por **IBM**, para importar y exportar modelos numéricos lineales.

```

106 COLUMNS
107 'MARKER' 'INTORG'
107 R0000001 R0000000 1434.0568 R0000091 1
108 C0000001 R0000081 1 R0000002 -1
109 C0000001 R0000001 1
110 C0000002 R0000000 3158.1264 R0000092 1
111 C0000002 R0000081 1 R0000003 -1
112 C0000002 R0000001 1
113 C0000003 R0000000 1052.7088 R0000093 1
114 C0000003 R0000081 1 R0000004 -1
115 C0000003 R0000001 1
116 C0000004 R0000000 1694.88 R0000094 1
117 C0000004 R0000081 1 R0000005 -1
118 C0000004 R0000001 1
119 C0000005 R0000000 4926.4512 R0000081 1
120 C0000005 R0000071 1 R0000002 1
121 C0000005 R0000001 -1
122 C0000006 R0000000 3334.2056 R0000081 1
123 C0000006 R0000071 1 R0000003 1
124 C0000006 R0000001 -1
125 C0000007 R0000000 10527.088 R0000081 1
126 C0000007 R0000071 1 R0000004 1
  
```

```

Log Messages
-Optimal solution 243821.4032 after 73 iter, 1 nodes (gap 42.9%).
Excellent numeric accuracy ||*|| = 4.44089e-016
MEMO: lp_solve version 5.5.0.5 for 32 bit OS, with 64 bit REAL variables.
  
```

12. ANÁLISIS DE CASOS

12.1. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

12.2. PROGRAMACIÓN DISYUNTIVA

12.3. PROGRAMACIÓN PARAMÉTRICA

13. ANEXO A - PROGRAMACIÓN DEL VRP EN LENGUAJE OPTeX

El problema **VRP** también puede formular utilizando el lenguaje de programación **OPTeX**, el cual permite tanto resolver el problema como cargar las tablas de la base de datos de **OPTeX**.

El lenguaje **OPTeX** está estructurado con base en tres grandes fases:

- Declaración del modelo de datos y del modelos matemático
- Solución del modelo matemático
- Recuperación de resultados

Como lenguaje de programación, **OPTeX** está basado en los conceptos de **Object Oriented Programming**, de tal forma que la formulación de todos los elementos relacionados con los modelos matemáticos implican la definición de objetos y de sus atributos, como el medio de interrelación de todas las componentes del modelo y de su solución y posterior almacenamiento en estructuras de información.

La declaración del modelo de datos y de los modelos matemáticos se realiza en tres áreas: i) modelo de datos y tablas de input; ii) componentes de los modelos matemáticos; y iii) tablas de datos dentro del programa.

Como editor se ha parametrizado el editor **Notepad++** desarrollado bajo licencia de software libre. La siguiente pantalla presenta un ejemplo de una definición del modelo de datos para el problema modelo **VRP**.

```

1 // Programa OPTeX-MMS - Modelo VRP
2
3
4 // Data Model definition
5
6
7
8 server DBF ; .directory=c:\GENEX\CTQ\CTQDA ; .ext=DBF ; end
9 server DBFE ; .directory=c:\GENEX\CTQ\CTQES-O\VRP ; .ext=DBF ; end
10 server DBFR ; .directory=c:\GENEX\CTQ\CVTQ-OMS ; .ext=DBF ; end
11
12
13 table VEHICULO
14 .description = Maestra Vehículos
15 .server = DBF
16 .field = {COD_VEH, CAPP, CAPV, CUVE, TIPO}
17 end table
18
19
20 table ESC_VEH
21 .description = Escenario Vehículos
22 .server = DBFE
23 .field = {COD_VEH}
24 end table
25
26
27 table CLI_VEH
28 .description = Cliente - Vehículo
29 .server = DBF
30 .field = COD_CLI
31 .field = COD_VEH
32 end table
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

```

La siguiente pantalla presenta un ejemplo de la definición de los índices, los conjuntos y los parámetros del modelo **VRP**.

```

29 // Mathematical Elements definition
30
31
32
33 index c ; .description = Cliente Origen ; .data-table = CLD ; .field = COD_CLI ; end index
34 index k ; .description = Cliente Destino ; .data-table = KLD ; .field = COD_KLI ; end index
35 index v
36 .description = Vehículo
37 .table = ESC_VEH
38 .field = COD_VEH
39 end index
40
41
42 set CLI ; .description = Nodos Clientes c ; .index-element = c ; .data-table = CLI ; end set
43 set KLI ; .description = Nodos Clientes k ; .index-element = k ; .data-table = KLI ; end set
44 set CLD ; .description = Nodos ( Clientes + Origen ) ; .index-element = c ; .data-table = CLD ; end set
45 set VEH ; .description = Vehículos ; .index-element = v ; .table = VEHICULO ; .field-element = COD_VEH ; end set
46
47 set VCL(c) ; .description = Vehículo -> Cliente ; .index-element = v
48 .table = CLI_VEH ; .field-element = COD_VEH ; .field-index = COD_CLI ; end set
49
50 set KCD(c) ; .description = Cliente c <-> Cliente + Origen (k) ; .index-element = k ; .data-table = KCD ; end set
51 set CKL(k) ; .description = Cliente c <-> Cliente + Origen (k) ; .index-element = c ; .data-table = CKL ; end set
52 set NOR ; .description = Nodo Urbano Origen ; .index-element = c ; .data-table = NOR ; end set
53 set KCL(c) ; .description = Cliente -> Vehículo ; .index-element = k ; .operation = I ; .set = KLI ; .set = KCD ; end set
54 set KLD ; .description = Cliente -> Vehículo ; .index-element = k ; .data-table = KLD ; end set
55
56
57 parameter DIST(c,k) ; .description = Distancia Viaje ; .units = Kms ; .data-table = DIST ; end parameter
58 parameter CVIA(v,c,k) ; .description = Costo/Tiempo Viaje ; .units = $/Kms ; .formulae = 941.6 * DIST ; end parameter
59 parameter CUVE(v) ; .description = Costo Uso Vehículo ; .units = $ ; .table = VEHICULO ; .field = CUVE ; end parameter
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

```

La siguiente pantalla presenta un ejemplo de la definición de las variables, los alias, las restricciones y la función objetivo del modelo **VRP**.

```

VRP-VFOMS
60
61 variable VCL(v,c,k) ; .description = Variable binaria que determina si el vehiculo v va desde el cliente c hasta el cliente k
62 .type = B ; .set.v = VEH , .set.c = CLD ; .set.k = KLD ; end variable
63
64 variable AVL(v) ; .description = Variable binaria que determina si el vehiculo v se utiliza
65 .set.v = VEH ; .type = B ; end variable
66
67 alias CVL ; .description = Alias de VCL
68 .index={v,k,c} ; .set={VEH,KLD,CLD} ; .variable = VCL ; end alias
69
70 constraint VCLI(c) ; .set.c = CLI ; .description = Atencion Demanda Clientes
71 .formulae = SUM(v|VCL) SUM(k|KCD) VCL ; .type = >= ; .rhs = 1 ; end constraint
72
73 constraint SANO ; .index={v,c} ; .set.v = VEH ; .set.c = NOR ; .description = Salida Nodo Origen
74 .formulae = SUM(k|KCL) VCL - AVL ; .type = = ; .rhs = 0 end constraint
75
76 constraint ENSA(v,c) ; .set.v = VEH ; .set.c = CLD ; .description = Balance Nodo Entrada / Salida
77 .formulae = SUM(k|KCD) CVL - SUM(k|KCD) VCL ; .type = = ; .rhs = 0 ; end constraint
78
79 constraint NOCL(c,k,v) ; .set.c = CLI ; .set.k = KCL ; .set.v = VEH ; .description = Ciclos No Permitidos
80 .formulae = CVL + VCL ; .type = <= ; .rhs = 1 ; end constraint
81
82 constraint UTVE(v) ; .set.v = VEH ; .description = Utilizacion Vehiculo
83 .formulae = SUM(c|CLD) SUM(k|KCD) VCL - 1000 * AVL ; .type = <= ; .rhs = 0 ; end constraint
84
85 constraint OBJ
86 .description = ecuacion funcion objetivo
87 .formulae = SUM(v|VEH) CUVE*AVL + SUM(v|VEH) SUM(c|CLI) SUM(k|KCL) CVIA * VCL
88 end constraint
89
90 objective-function MCOP ; .description = Minimizar costos de operacion
91 .variable = {AVL,VCL} ; .parameter = {CUVE,CVIA}
92 .sign = {+,+}
93 end objective-function
94
User Define File - OPTeX-MMS
nb char : 6645 Ln : 93 Col : 23 Sel : 0 DosWindows ANSI INS

```

La siguiente pantalla presenta un ejemplo de la definición del problema y del modelo **VRP**. Adicionalmente contiene la definición del escenario a resolver, del tipo de librería a utilizar en la solución del modelo y de los reports a generar.

```

VRP-VFOMS
95 // Mathematical Models definition
96
97 problem VRP ; .description = Ruteo Vehiculos (VRP)
98 .rol = IN ; .class = PM
99 .constraint = {ENSA, NOCL, SANO, UTVE, VCLI}
100 end problem
101
102 model VRP ; .description = Ruteo Vehiculos (VRP)
103 .type = I
104 .problem = VRP
105 end model
106
107 // scenario definition
108
109 scenario VRP ; .description = Ruteo Vehiculos (VRP)
110 .model = VRP
111 .objective-function = MCOP
112 .date-initial = 14/02/2007
113 .type-optimization = MIN
114 end scenario
115
116 // solver definition
117
118 solver COINLP ; .description = Libreria COINLP
119 .library = COINLP
120 .lp-algorithm = Primal Barrier
121 end solver
122
123 report ALL
124 .variable="ALL"
125 .constraint="ALL"
126 .matrix=, true.
127 .server=DBFR
128 end report
129
User Define File - OPTeX-MMS
nb char : 6761 Ln : 118 Col : 47 Sel : 0 DosWindows ANSI INS

```

La siguiente pantalla presenta un ejemplo de la definición de las tablas de datos que se incluyen dentro del cuerpo del programa **OPTeX**, así como las instrucciones para solución y recuperación de los resultados.

```

131 // data-table definition
132
133 data-table VEH(v) // Vehículos
134   v1,v11,v12,v16,v17,v2,v21,v22,v7,v8 ; end data-table
135
136 data-table vcl(c,v) // vehículo -> cliente
137   B0.v1,B0.v11,B0.v12,B0.v16,B0.v17,B0.v2,B0.v21,B0.v22,B0.v7,B0.v8
138   C1.v1,C1.v11,C1.v12,C1.v16,C1.v17,C1.v2,C1.v21,C1.v22,C1.v7,C1.v8
139   C11.v1,C11.v11,C11.v12,C11.v16,C11.v17,C11.v2,C11.v21,C11.v22,C11.v7,C11.v8
140   C13.v1,C13.v11,C13.v12,C13.v16,C13.v17,C13.v2,C13.v21,C13.v22,C13.v7,C13.v8
141   C2.v1,C2.v11,C2.v12,C2.v16,C2.v17,C2.v2,C2.v21,C2.v22,C2.v7,C2.v8
142 end data-table
143
144 data-table DIST(c,k) // Distancia clientes >>> (CLI_CLI-R)
145   B0.B0 0.00000000, B0.C1 5.232
146   B0.C11 3.541, B0.C13 11.180
147   B0.C2 8.000, C1.B0 1.523
148   C1.C1 0.00000000, C1.C11 26.401
149   C1.C13 26.401, C1.C2 32.558
150   C11.B0 3.354, C11.C1 26.401
151   C11.C11 0.00000000, C11.C13 41.231
152   C11.C2 50.289, C13.B0 1.118
153   C13.C1 26.401, C13.C11 41.231
154   C13.C13 0.00000000, C13.C2 9.434
155   C2.B0 1.800, C2.C1 32.558
156   C2.C11 50.289, C2.C13 9.434, C2.C2 0.00000000
157 end data-table
158
159 end model-definition
160
161 // Model Solution - Post-solution process
162
163 solve(VRP,COINLP)
164 recover(ALL)
165

```

Para despliegue de información de resultados de los programas **OPTeX** se utiliza la ventana del solver de **OPTeX-EXE**.