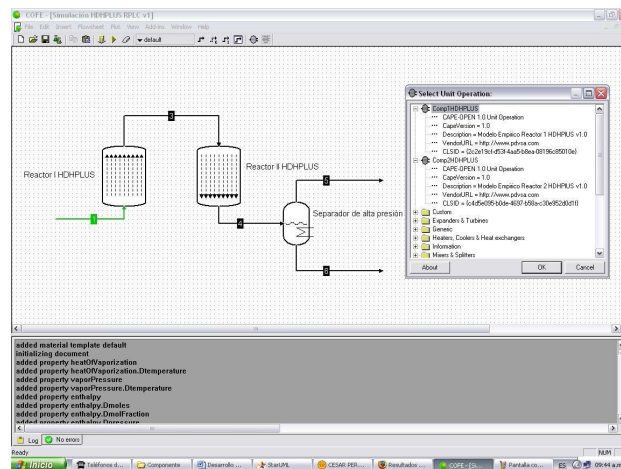
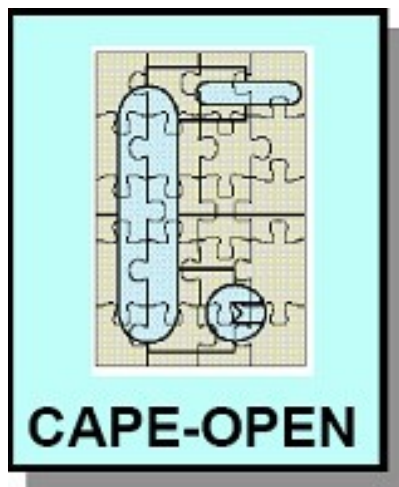


# Modelo de los reactores de la tecnología HDHPLUS® como componentes de simulación interoperables



Noviembre, 2010

# Agenda

- PDVSA S.A, historia y desarrollo
- Motivación del proyecto
- CAPE OPEN
- Objetivos
- Beneficios
- Detalles de la implementación
- Resultados y discusión
- Conclusiones

# Agenda

- **PDVSA S.A, historia y desarrollo**
- Motivación del proyecto
- CAPE OPEN
- Objetivos
- Beneficios
- Detalles de la implementación
- Resultados y discusión
- Conclusiones

# PDVSA S.A, historia y desarrollo

- PDVSA S.A es una **corporación propiedad de la República Bolivariana de Venezuela**, creada por el Estado venezolano en el año 1975.
- La Constitución aprobada mediante referéndum popular en diciembre de 1999, configura un nuevo marco jurídico donde el Estado recupera el control de sus recursos energéticos para el beneficio de la mayoría e implementa la política de **plena soberanía petrolera**.
- PDVSA es responsable, en Venezuela, del desarrollo de la industria de los hidrocarburos**; así como también de planificar, coordinar, supervisar y controlar las actividades relacionadas con exploración, explotación, manufactura, refinación, transporte y venta de hidrocarburos y sus derivados.

# Agenda

- PDVSA S.A, historia y desarrollo
- **Motivación del proyecto**
- CAPE OPEN
- Objetivos
- Beneficios
- Detalles de la implementación
- Resultados y discusión
- Conclusiones

## Motivación del proyecto (I)

- Un simulador de procesos es una **herramienta de software que agrupa un conjunto de funcionalidades** tales como, bases de datos de propiedades físicas, propiedades termodinámicas, métodos numéricos, operaciones unitarias y modelos de cinéticas químicas integradas de forma tal que la **simulación de procesos sea una tarea fácil** de llevar a cabo.
- La tecnología HDHPLUS® constituye un **proyecto prioritario** en los planes de PDVSA ya que será implementada en refinerías del país y con posibilidades de instalarse en el exterior.
- La simulación de la planta de HDHPLUS® requiere de la predicción de los rendimientos de los reactores utilizando modelos matemáticos propios, de donde se obtienen datos globales de productos, sin embargo, los **simuladores de proceso comerciales** donde se realiza la simulación de la planta **no son compatibles** con esta información.

## Motivación del proyecto (II)

- La manipulación de la **información** obtenida de los modelos propietarios de los reactores para hacerla **compatible** con los simuladores de proceso comerciales es una tarea que consume una cantidad importante de horas labor.
- Esta situación motiva la implementación de los modelos de los reactores como **componentes de software** para simulación de procesos que sean compatibles con diversos simuladores comerciales y no comerciales, a través de los estándares CAPE OPEN.

# Agenda

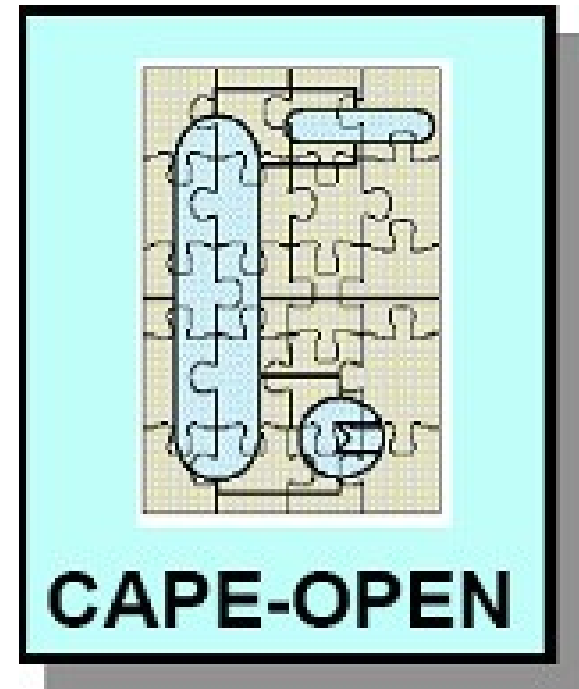
- PDVSA S.A, historia y desarrollo
- Motivación del proyecto
- **CAPE OPEN**
- Objetivos
- Beneficios
- Detalles de la implementación
- Resultados y discusión
- Conclusiones



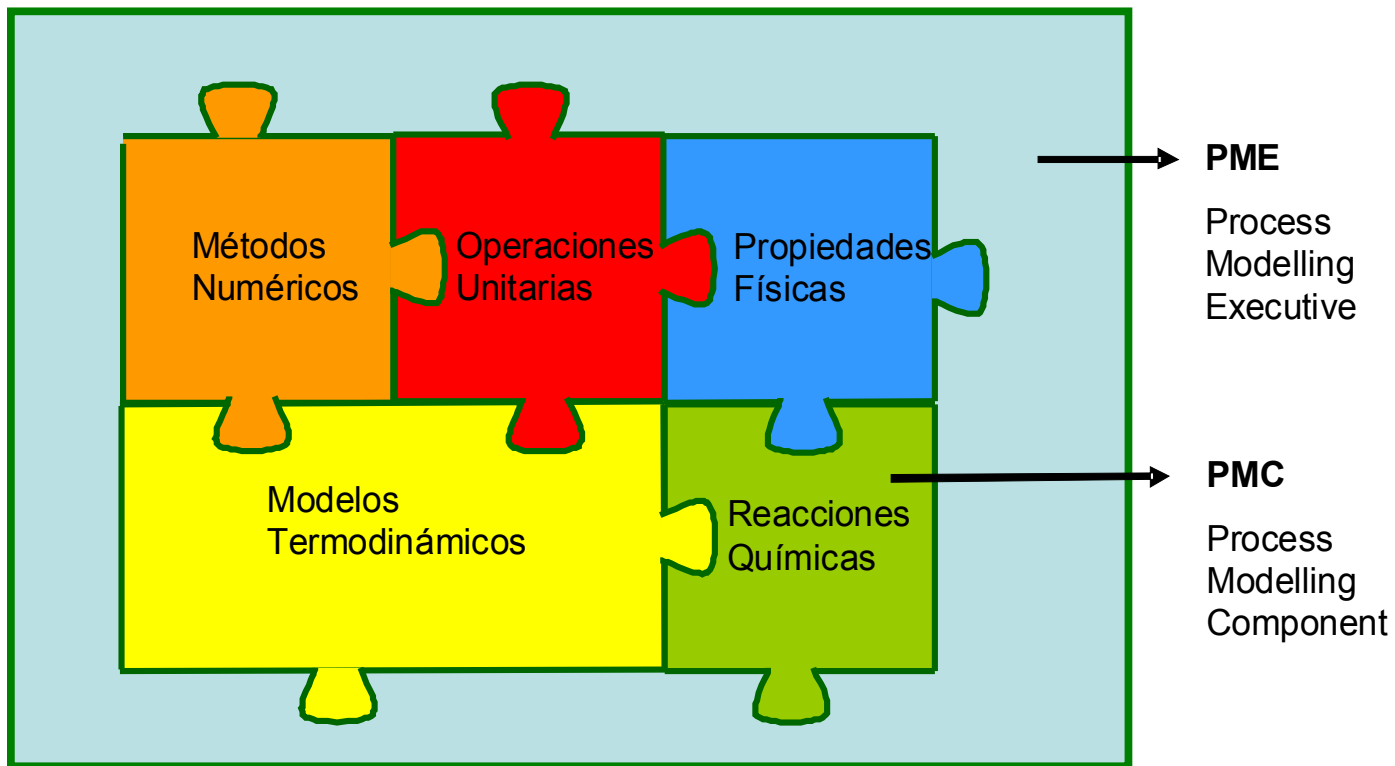
## CAPE OPEN. Una visión general (I)

Es un proyecto fundado en el seno de la Comunidad Europea, siendo sus promotores compañías del área de procesos , universidades y proveedores de aplicaciones CAPE (Computer Aided Process Engineering).

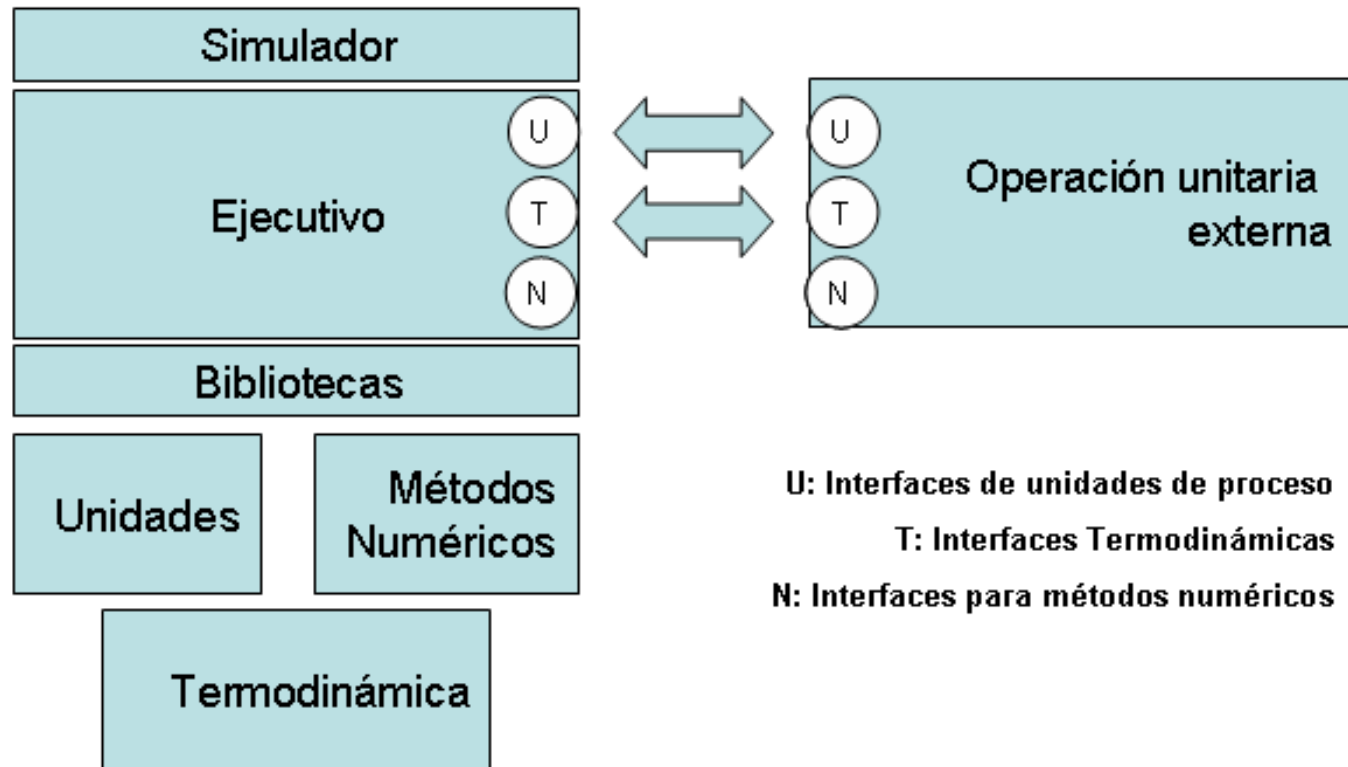
CAPE OPEN es un estándar que define un conjunto de reglas e interfaces libres de uso y sin propiedad para crear componentes de software interoperables con diferentes aplicaciones para simulación de procesos que implementen dicho estándar.



## CAPE OPEN. Una visión general (II)



# CAPE OPEN. Operaciones Unitarias (PMC)



# Agenda

- PDVSA S.A, historia y desarrollo
- Motivación del proyecto
- CAPE OPEN
- **Objetivos**
- Beneficios
- Detalles de la implementación
- Resultados y discusión
- Conclusiones

# Objetivo

Garantizar la interoperabilidad del modelo HDHPLUS® con los simuladores de proceso comerciales, a través de la creación de un(os) componente(s) basado(s) en los estándares abiertos CAPE-OPEN.



# Agenda

- PDVSA S.A, historia y desarrollo
- Motivación del proyecto
- CAPE OPEN
- Objetivos
- **Beneficios**
- Detalles de la implementación
- Resultados y discusión
- Conclusiones

# Beneficios

La disponibilidad de un modelo como componente independiente de la plataforma de simulación:

- ✓ Simplifica el trabajo técnico en las actividades de ingeniería de procesos que impliquen la utilización de modelos de tecnologías propias.
- ✓ Facilita la creación de una nueva simulación que incorpore el modelo en una plataforma alternativa.
- ✓ Facilita el tratamiento de la confidencialidad en escenarios de interacción técnica con terceros ya que transferir el componente no implica develar la tecnología.

# Agenda

- PDVSA S.A, historia y desarrollo
- Motivación del proyecto
- CAPE OPEN
- Objetivos
- Beneficios
- **Detalles de la implementación**
- Resultados y discusión
- Conclusiones



## Detalles de la implementación

Los modelos fueron previamente documentados en el lenguaje de arquitectura de software Unified Modeling Language (UML)

Posteriormente el código fuente fue escrito en lenguaje C#, utilizando Visual C# 2005 Express Edition.

**HDHPLUS®**



# Agenda

- PDVSA S.A, historia y desarrollo
- Motivación del proyecto
- CAPE OPEN
- Objetivos
- Beneficios
- Detalles de la implementación
- Resultados y discusión**
- Conclusiones

## Resultados y discusión (I)

Se obtuvieron dos archivos (.dll) que presentan las siguientes características:



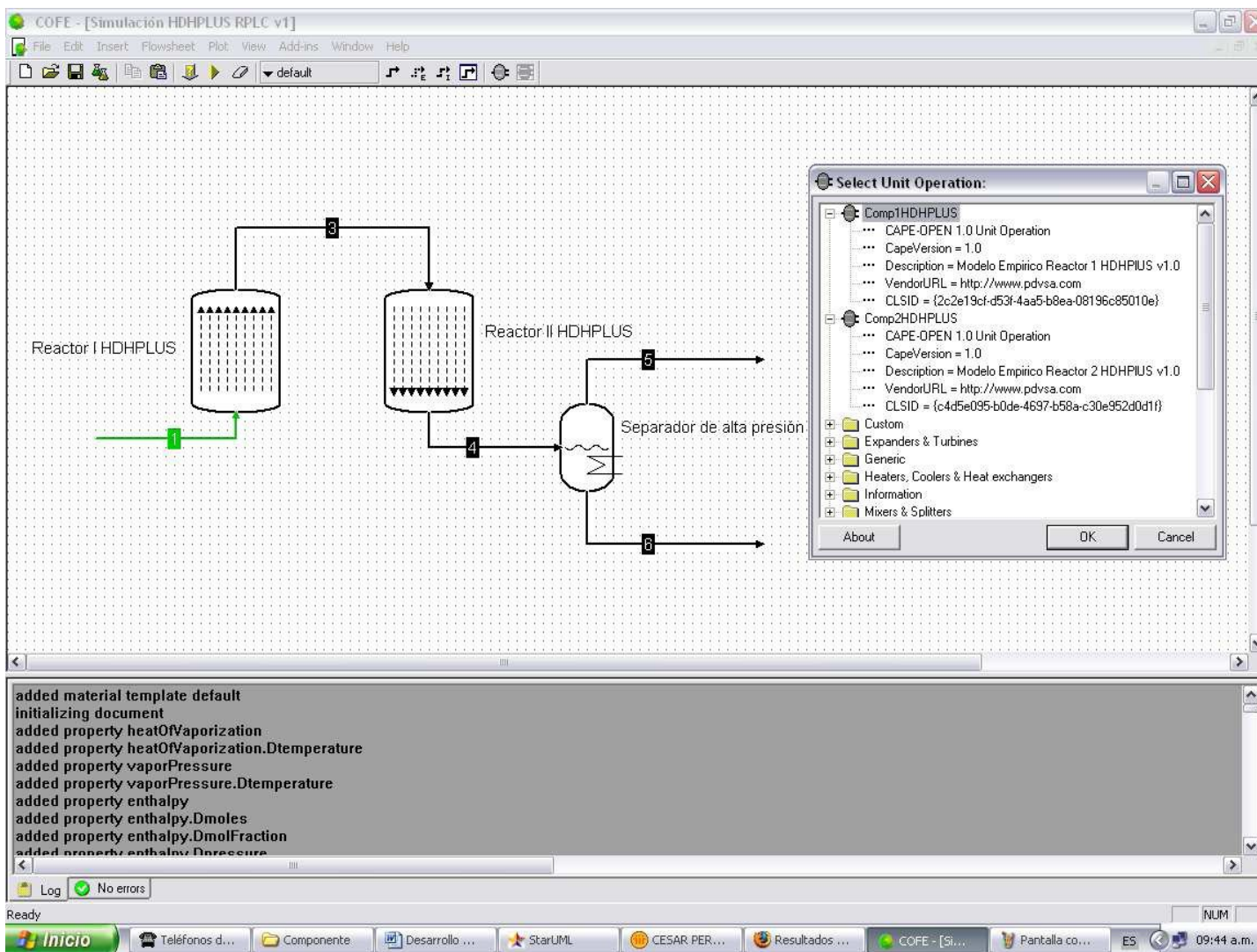
Comp1HDHPLUS.dll



Comp2HDHPLUS.dll

- Pueden ser llamados desde cualquier simulador comercial o no comercial que soporte el estándar CAPE-OPEN, a través de la paleta de operaciones unitarias.
- Las propiedades físicas y termodinámicas necesarias son obtenidas del paquete de propiedades a través de los métodos e interfaces específicas.

# Resultados y discusión (II)



The screenshot displays a simulation software window titled "COFE - [Simulación HDHPLUS RPLC v1]". The main workspace shows a process flow diagram with the following components:

- Reactor I HDHPLUS**: A vertical cylindrical reactor with a green inlet stream at the bottom.
- Reactor II HDHPLUS**: A second vertical cylindrical reactor receiving the output from Reactor I.
- Separador de alta presión**: A horizontal separator vessel receiving the output from Reactor II, with two outlet streams.

A "Select Unit Operation" dialog box is open on the right side of the screen. It lists two unit operations:

- Comp1HDHPLUS**:
  - CAPE-OPEN 1.0 Unit Operation
  - CAPEVersion = 1.0
  - Description = Modelo Empírico Reactor 1 HDHPLUS v1.0
  - VendorURL = http://www.pdvsa.com
  - CLSID = {2c2e19cf-d53f-4aa5-b8ea-08196c85010e}
- Comp2HDHPLUS**:
  - CAPE-OPEN 1.0 Unit Operation
  - CAPEVersion = 1.0
  - Description = Modelo Empírico Reactor 2 HDHPLUS v1.0
  - VendorURL = http://www.pdvsa.com
  - CLSID = {c4d5e095-b0de-4697-b58a-c30e952d0d1f}

The dialog box also includes a tree view on the left with categories: Custom, Expanders & Turbines, Generic, Heaters, Coolers & Heat exchangers, Information, and Mixers & Splitters. Buttons for "About", "OK", and "Cancel" are at the bottom.

At the bottom of the software window, a log window shows the following text:

```

added material template default
initializing document
added property heatOfVaporization
added property heatOfVaporization.Dtemperature
added property vaporPressure
added property vaporPressure.Dtemperature
added property enthalpy
added property enthalpy.Dmoles
added property enthalpy.DmolFraction
added property enthalpy.Dpressure
    
```

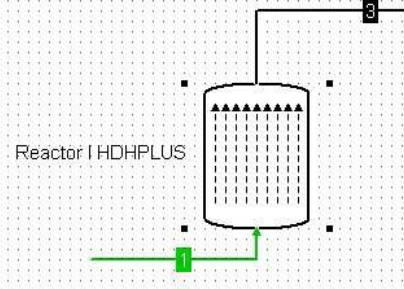
The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the time "09:44 a.m." and several open applications including "Inicio", "Teléfonos d...", "Componente", "Desarrollo ...", "StarUML", "CESAR PER...", "Resultados ...", and "COFE - [Si...".

# Resultados y discusión (III)

COFE - [Simulación HDHPLUS RPLC v1]

File Edit Insert Flowsheet Plot View Add-ins Window Help

default



Reactor I HDHPLUS

**CONFIGURACION REACTOR I**

GENERAL | HR | HHGO | EM1 | EM2 | ADITIVOS

Hydrogen	2,2158E-08	KER07	0	ATG04	0	BI14	0,001424862894
Methane	3,5277E-08	KER08	0	ATG05	0	BI15	0,00210708103
Ethane	1,682904E-06	DIE1	0	ATG06	0	MD1	0,003385711561
Propane	1,374753E-06	DIE2	0	ATG07	0	MD2	0,0047899749
Isobutane	2,04968E-07	DIE3	0	ATG08	0	MD3	0,006073391319
N-butane	5,755E-07	DIE4	0	LVG01	0	MD4	0,007631151262
N-pentane	0	DIE5	0	LVG02	0	MD5	0,009707445838
Nitrogen	2,93E-10	DIE6	0	LVG03	0	MD6	0,012165345555
Hydr. Sulfide	2,0844E-07	DIE7	0	LVG04	0	MD7	0,015027447626
Ammonia	1,2831E-08	DIE8	0	LVG05	0	MD8	0,018300048355
Water	8,601E-09	UVG01	0	LVG06	0	MD9	0,021973511814
LN1	4,6745E-07	UVG02	0	LVG07	0	MD10	0,042427758207
LN2	5,04428E-07	UVG03	0	HR	5,109E-09	VG1	0,073943836751
LN3	4,1612E-07	UVG04	0	BI1	1,936295E-06	VG2	0,101246509176
LN4	2,5961E-07	UVG05	0	BI2	1,824763E-06	VG3	0,120024345587
HN1	3,13268E-07	UVG06	0	BI3	3,721903E-06	VG4	0,136595783406
HN2	9,54873E-07	HVG01	0,000148624276	BI4	7,428368E-06	VG5	0,148122812146
HN3	3,119144E-06	HVG02	0,000223358497	BI5	1,4729476E-05	VG6	0,157268411812
HN4	3,006452E-06	HVG03	0,00059625059	BI6	2,8895168E-05	VR1	0,060356474391
HN5	1,580141E-06	HVG04	0,000540440842	BI7	5,5814033E-05	VR2	0,04405611056
KER01	1,782973E-06	HVG05	0,0016794168	BI8	0,000103793444	VR3	3,2386E-08
KER02	4,228558E-06	HVG06	0,002233923211	BI9	0,000184336487	CAT1	0
KER03	6,5391E-06	HVG07	0,004843877963	BI10	0,000321697395	CAT2	0
KER04	6,877231E-06	ATG01	0	BI11	0,000509613524	COQUE	0
KER05	3,193682E-06	ATG02	0	BI12	0,000763373876	Carb. Dioxide	0
KER06	2,243769E-06	ATG03	0	BI13	0,001069272881	S_Liquid	0

OK

added property enthalpy.DmolFraction  
 added property enthalpy.Dpressure  
 added property enthalpy.Dtemperature  
 added property logFugacityCoefficient  
 added property logFugacityCoefficient.Dmoles  
 added property logFugacityCoefficient.DmolFraction  
 added property logFugacityCoefficient.Dpressure  
 added property logFugacityCoefficient.Dtemperature  
 added property bubblePointTemperature  
 added property bubblePointPressure

Log  No errors

Editing unit operation

NUM

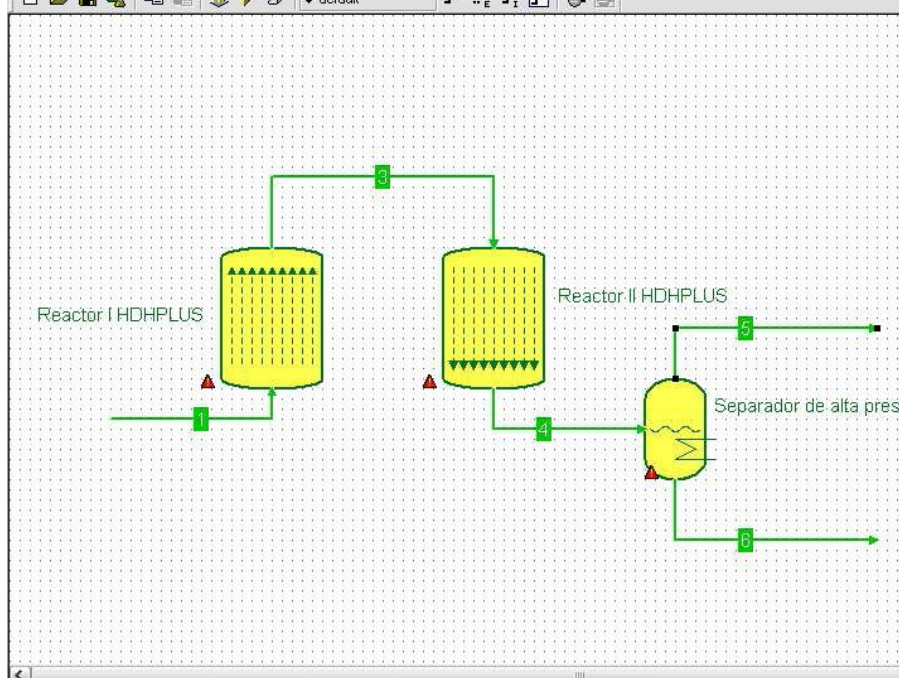
Inicio | Teléfonos d... | Componente | Desarrollo ... | StarUML | CESAR PER... | Resultados ... | COFE C... | Pantalla res... | ES | 09:41 a.m.



# Resultados y discusión (IV)

COFE - [Simulación HDHPLUS RPLC v1]


File Edit Insert Flowsheet Plot View Add-ins Window Help



Streams:

name	5	ur
mass fraction [BI6]	0.003323346	
mass fraction [BI7]	0.0024312509	
mass fraction [BI8]	0.0017410963	
mass fraction [BI9]	0.0012229589	
mass fraction [BI10]	0.00084398448	
mass fraction [BI11]	0.00057288271	
mass fraction [BI12]	0.00038281416	
mass fraction [BI13]	0.00025188851	
mass fraction [BI14]	0.00016185465	
mass fraction [BI15]	0.00010423756	
mass fraction [MD1]	8.5146799e-005	
mass fraction [MD2]	4.1013388e-005	
mass fraction [MD3]	1.9085498e-005	
mass fraction [MD4]	8.5746862e-006	
mass fraction [MD5]	3.7150681e-006	
mass fraction [MD6]	1.5512972e-006	
mass fraction [MD7]	6.2394798e-007	
mass fraction [MD8]	2.4152266e-007	
mass fraction [MD9]	8.9934995e-008	
mass fraction [MD10]	3.2143819e-008	
mass fraction [VG1]	1.2809738e-008	
mass fraction [VG2]	1.9346626e-009	
mass fraction [VG3]	2.6156502e-010	
mass fraction [VG4]	3.1659281e-011	
mass fraction [VG5]	3.4369503e-012	
mass fraction [VG6]	3.3505791e-013	
mass fraction [VR1]	1.6318321e-015	
mass fraction [VR2]	1.429741e-017	

message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound Methane [T = 300.00 K, range = [83.65 - 191.03] K]  
 message: TEA warning: Using Pcrit rather than Psat for Poynting factor of supercritical compound Methane at 3e+002 K. Poynting factor based models should not be used at [last 2 messages repeated 1 time]  
 solving Separador de alta presión  
 message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound Methane [T = 300.00 K, range = [83.65 - 191.03] K]  
 message: TEA warning: Using Pcrit rather than Psat for Poynting factor of supercritical compound Methane at 3e+002 K. Poynting factor based models should not be used at [last 2 messages repeated 5 times]  
 Solve finished in 94ms

Log  Solved, 6 warnings

Editing streams

NUM

Inicio Teléfonos de I... Componente Desarrollo de I... StarUML CESAR.PERNA... Resultados de ... COFE - [Simula... ES 09:39 a.m.

# Agenda

- PDVSA S.A, historia y desarrollo
- Motivación del proyecto
- CAPE OPEN
- Objetivos
- Beneficios
- Detalles de la implementación
- Resultados y discusión
- **Conclusiones**

## Conclusiones (I)

- Se describió el proceso de desarrollo de componentes de software para simulación de procesos, utilizando los estándares CAPE OPEN, haciendo énfasis en la construcción de los componentes que modelan la lógica de cálculo en la estimación de los rendimientos de los productos de los reactores de la tecnología HDHPLUS®.
- Se logró demostrar la correcta interoperabilidad de los componentes desarrollados, tanto con el software de simulación COCO Simulator como con los paquetes termodinámicos utilizados en las diferentes corridas de simulación. Igualmente se logró validar la consistencia y reproducibilidad de los resultados obtenidos en las simulaciones para los rendimientos de los productos de los reactores con los resultados obtenidos teóricamente.



## Conclusiones (II)

- Se demostró que el COCO Simulator, además de ser una herramienta clave para la prueba y validación de componentes de simulación basados en los estándares CAPE-OPEN, puede ser utilizado para modelar casos de estudio reales de la industria petrolera que requieran del uso de modelos matemáticos propios, previo desarrollo de las piezas de código necesarias.

# ¡Muchas gracias por su atención!



Gobierno **Bolivariano**  
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular  
para la **Energía y Petróleo**