



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**



JUAICA DT
Energía Distrital

APLICATIVO JUAICA DT

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
GIEAUD - GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

Camilo Andrés Arias Henao, Germán Arturo López Martínez, Lisseth Milena Cruz Ruiz,
(A) Andrés Felipe Fuentes Acero



La Peña de Juaiica fue el **portal energético sagrado** por el que descendió el dios Bochica, ya que comunicaba con el infinito según la cultura Muisca.

Se encuentra ubicada entre los municipios de Tenjo y Tabio, en el departamento de Cundinamarca, y tiene la particularidad de ser el **nacimiento de aguas termales**.



¿POR QUÉ “JUAICA”?

PORTAL ENERGÉTICO DE DIOSES

PEÑA DE JUAICA

NACIMIENTO DE AGUAS TERMALES



Inspiración para ser la central de generación de energía térmica.



Este cerro ha sido desde tiempos precolombinos **un sitio con una energía propia**. Una energía que emana fuerza a partir del contacto que se tiene con la naturaleza al estar en sus cercanías y la que se dice, se convierte en un **punto de atención focal para diversos tipos de energías**.



SOLAR



WIND



HYDRO



BIOMASS



NUCLEAR



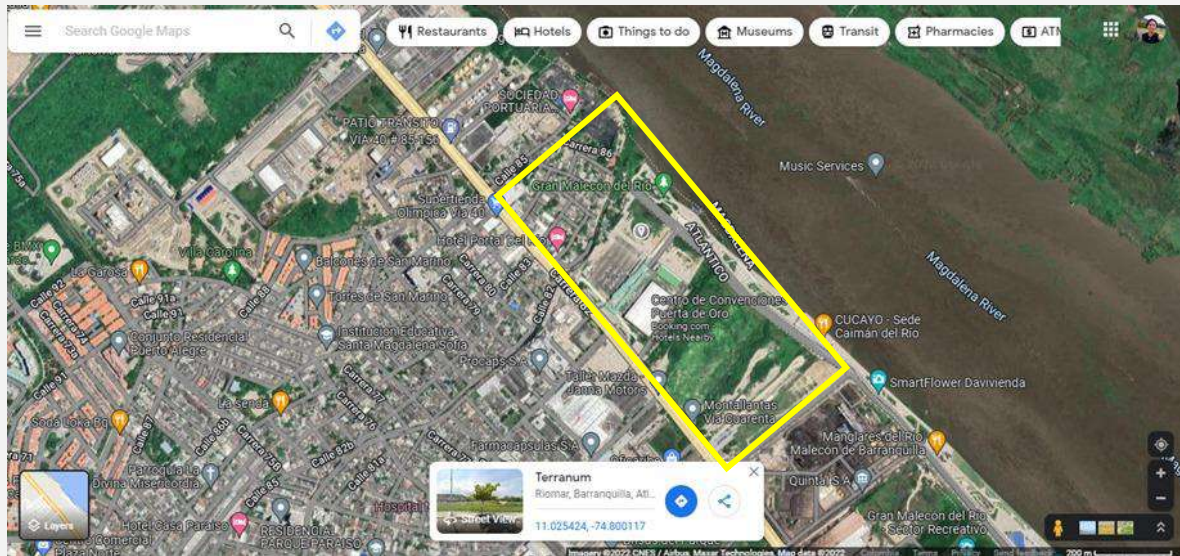
GAS



COAL

PROBLEMA PLANTEADO

El objetivo para la Tercera Versión del Concurso Universitario de Distritos Térmicos fue **desarrollar una herramienta computacional para la evaluación de diferentes fuentes de energía aplicables a un distrito térmico**, la cual debía ser comprobada analizando un caso de estudio específico entregado por la organización del concurso.



CASO DE ESTUDIO

Condiciones ambientales		
Lugar	Barranquilla	
Temperatura bulbo seco	33,7	°C
Temp. bulbo húmedo	27,5	°C
Producción de agua helada	1704	TR
	5992,7	kW

Microturbina de gas		
Consumo	0,31	m ³ /kWh-mes
Capacidad Nominal	1000	kW
Capacidad real entregada	879,6	kW
Presión entrada	75-80	psig
	517-552	kPa
E. Eléctrica entregada	480	VAC/3 fases/60Hz
T° Gases de salida	573,8	°F
	301	°C
Tarifa de gas natural	0,3	USD/m ³

CASO DE ESTUDIO

Sistema de producción de agua fría		
Temperatura entrega agua	42	°F
	5,5	°C
2 Chillers centrífugos condensados por agua	652	TR
	2293	kW
Chiller absorción	400	TR
	1407	kW
Torre de enfriamiento	1	3 ventiladores de velocidad variable
Bombas de velocidad variable		Por circuito

Capacidad nominal del DT	1704 TR
Potencia de la turbina	879,6 kW

Chillers CV	652 TR
Chiller Abs	400 TR
Energía entregada por los chillers	1704 TR

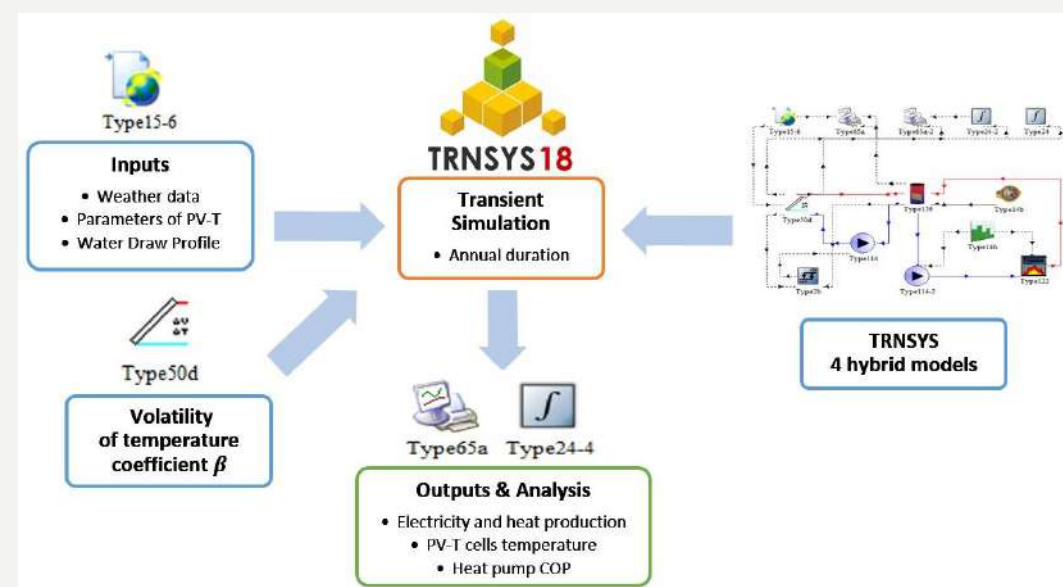
# aptos	382
Equipo 1	1 TR
Equipo 2	1 TR
Equipo 3	2 TR
Total/apto	4 TR
Total conjunto	1528 TR

Recepción	3 TR
Salón comunal	5 TR
Admon	1 TR
Total comunes	9 TR

Total demanda	1537 TR
---------------	---------

SOLUCIÓN PROPUESTA

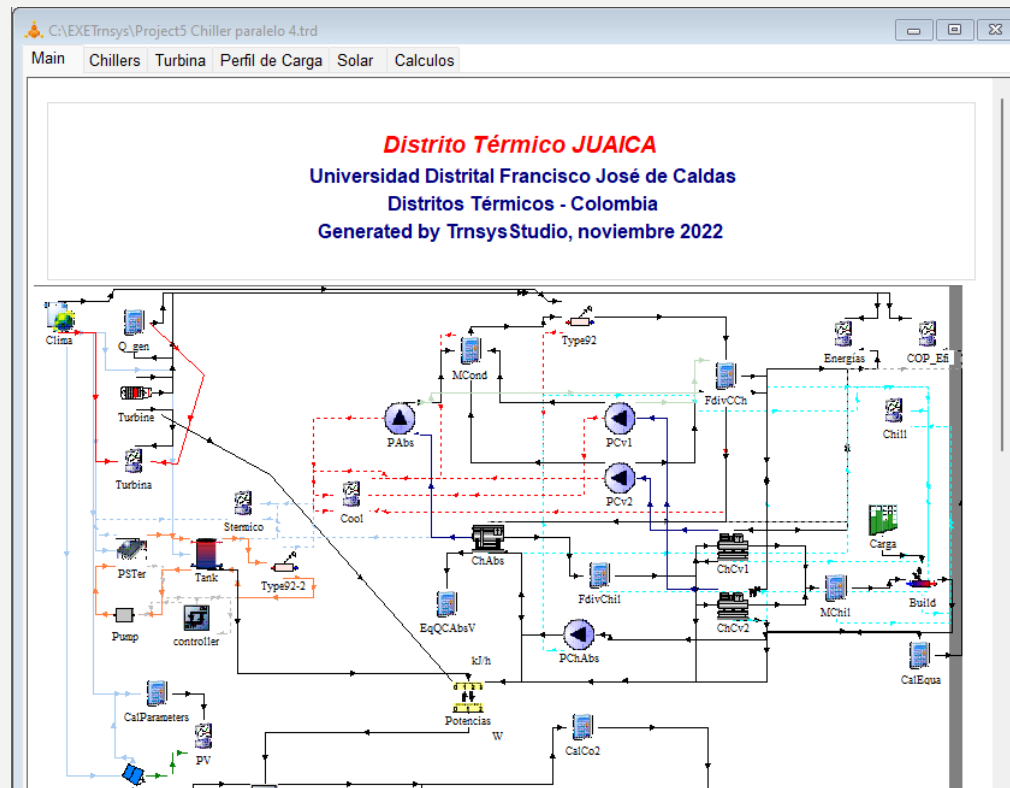
Se busca desarrollar una herramienta capaz de analizar diferentes fuentes de energía, tanto convencionales como no convencionales, aplicables a la energización de un distrito térmico y al estudio de algunas variables económicas producto de su funcionamiento.



Se genera una interfaz amigable, cuya programación es llevada a cabo a través de TRNSYS, el cual es un software de simulación para estudiar el comportamiento de sistemas transitorios.

SOLUCIÓN PROPUESTA

Ya en la interfaz principal, la cual es la que visualiza el usuario, es posible modificar los parámetros principales que definen el funcionamiento de cada uno de los equipos y permite visualizar los resultados de la simulación desde el archivo ejecutable.



The screenshot shows the parameter configuration window for a specific model. The title bar reads 'C:\EXETnsys\Project5 Chiller paralelo 4.trd'. The menu bar is the same as in the main interface. The main area is titled '*** Model ChAbs (Type 107, Unit 7)'. Below this, there are sections for 'PARAMETERS' and 'INPUTS'. The parameters section lists various simulation parameters with their corresponding values and units. The inputs section lists input values for the model. At the bottom, there is a section for 'Calculadora chiller abs' with a field for 'Fraccion 0 a 1' set to 0.50.

Parameter	Value	Unit
Rated capacity	5064288.42	tons
Rated C.O.P.	0.70000	-
Number of HW temperatures in S1 data file	5.000	-
Number of CW steps in S1 data file	3.000	-
Number of CHW set points in S1 data file	7.000	-
Number of load fractions in S1 data file	11.000	-
HW fluid specific heat	4.19000	kJ/kg.K
CHW fluid specific heat	4.19000	kJ/kg.K
CW fluid specific heat	4.19000	kJ/kg.K
Auxiliary electrical power	359999.973	kW

Input	Value	Unit
Hot water inlet temperature	112.00000	C
Hot water flow rate	57600.0000	kg/s
CHW set point	5.50000	C

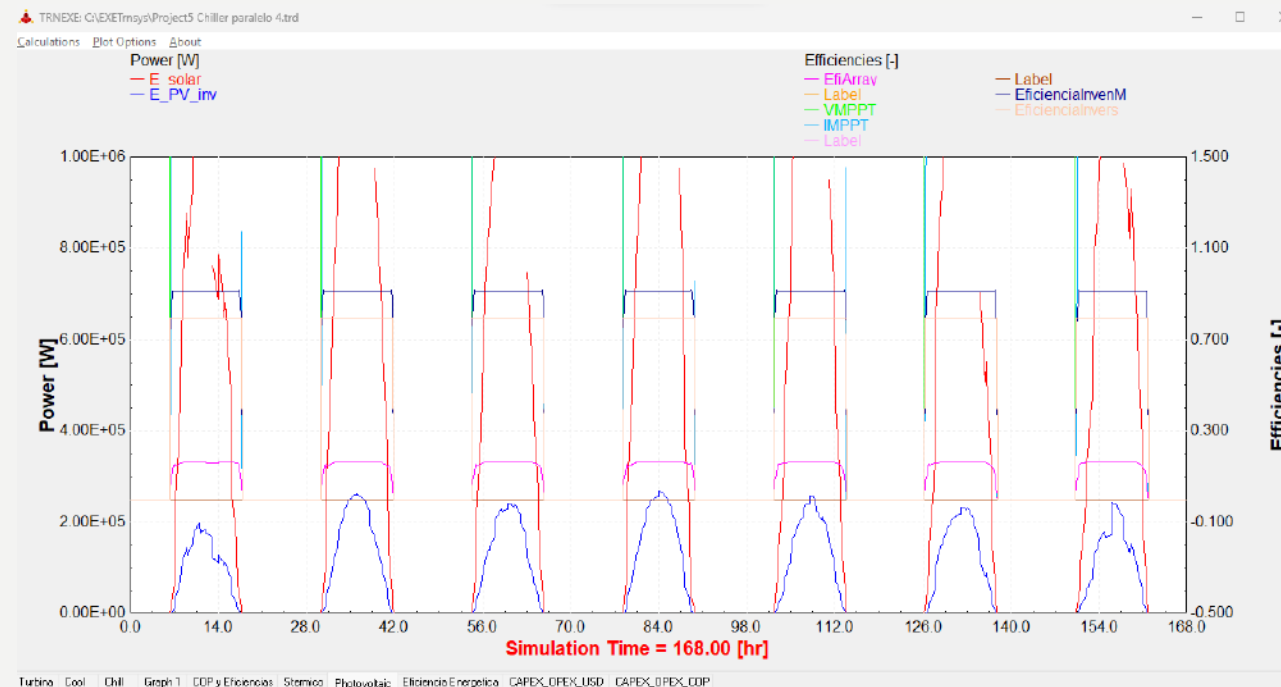
File with fraction of design energy input data: "Type107-HotWaterFiredAbsorptionChiller.txt"

Calculadora chiller abs

Fraccion 0 a 1: n/a

APLICATIVO JUAICA DT

El programa simula el distrito térmico descrito en los inputs y parámetros del aplicativo, entregando gráficas de comportamiento en estado transitorio con la posibilidad de modificar la zona climática donde se encuentra gracias a una base de datos de TMY (Typical Meteorological Year) disponible en la carpeta del aplicativo. Los resultados de la simulación se entregan en gráficas como la siguiente.



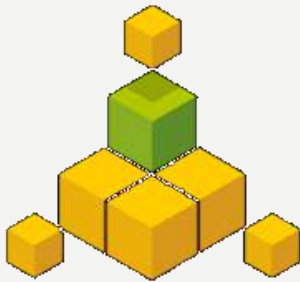


¿CÓMO FUNCIONA?

VISTAZO AL BACK-END DE JUAICA DT

DESARROLLO DEL APLICATIVO

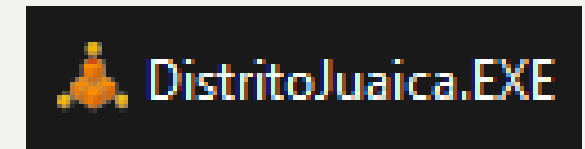
Dentro del paquete de TRNSYS, se hace uso de tres aplicativos que permiten la simulación del distrito, la edición del código fuente y la generación del archivo ejecutable, entregable para los usuarios que utilicen Juaica DT.



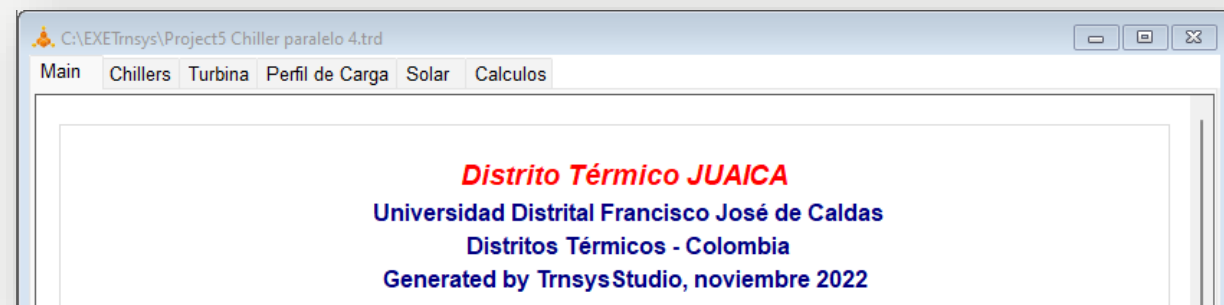
**SIMULATION
STUDIO**



TRN-EDIT



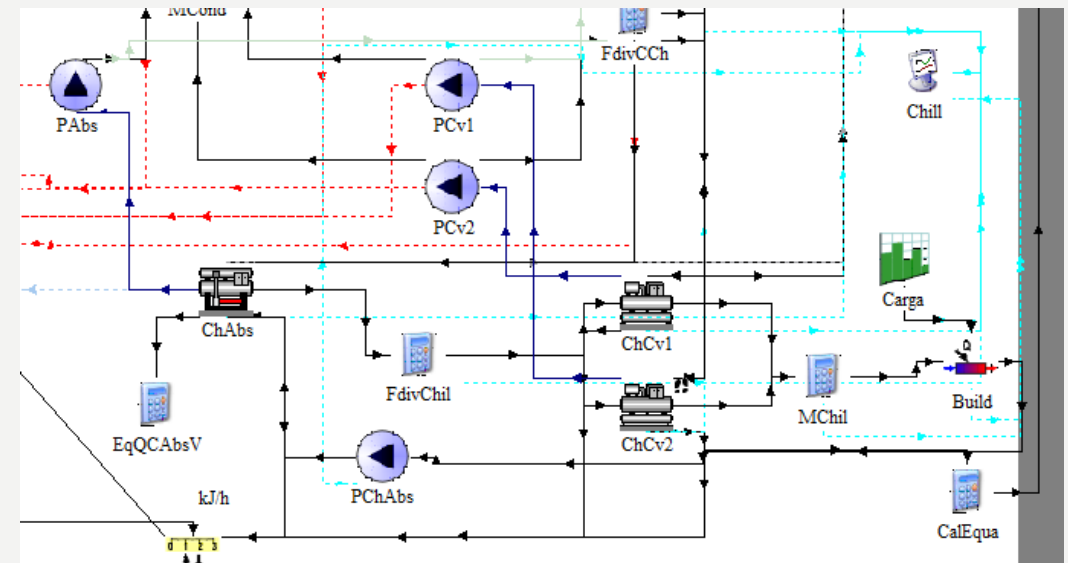
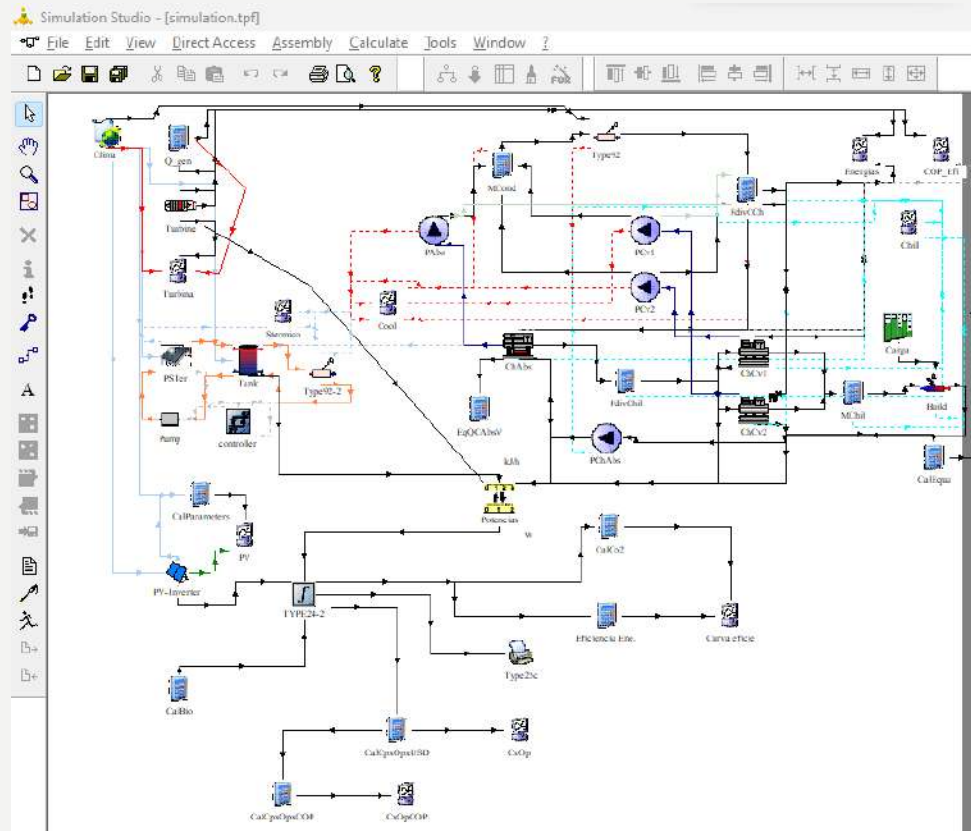
TRN-EXE





SIMULATION STUDIO

En esta interfaz de montan los equipos y se construyen las conexiones necesarias para el funcionamiento. El software funciona a partir de types, los cuales son cualquier componente del sistema en formato individual.



Simulación de chillers y carga térmica

Cada type permite definir parámetros de funcionamiento, datos de entrada requeridos, datos de salida entregados y, de ser necesario, informa sobre los archivos externos solicitados.

Configuración Type Chiller de Absorción

(simulation.tpf) ChAbs

Parameter Input Output Derivative Special Cards External Files Comment

	Name	Value	Unit	More	Macro
1	Rated capacity	400	tons	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Rated C.O.P.	0.7	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Logical unit for S1 data file	32	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Number of HW temperatures in S1 data file	5	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Number of CW steps in S1 data file	3	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Number of CHW set points in S1 data file	7	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Number of load fractions in S1	11	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>

(simulation.tpf) ChAbs

Parameter Input Output Derivative Special Cards External Files Comment

	Name	Value	Unit	More	Macro	Print
1	Chilled water temperature	0	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Chilled water flow rate	0.0	kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Cooling water temperature	20.0	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Cooling water flow rate	0.0	kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Hot water outlet temperature	96.0	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Hot water flow rate	0.0	kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Chilled water energy	0.0	kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Cooling water energy	0	kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(simulation.tpf) ChAbs

Parameter Input Output Derivative Special Cards External Files Comment

	Name	Value	Unit	More	Macro
1	Chilled water inlet temperature	7	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Chilled water flow rate	232000.0	kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Cooling water inlet temperature	20	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Cooling water flow rate	77.5	kg/s	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Hot water inlet temperature	112.0	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Hot water flow rate	16	kg/s	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
7	CHW set point	5.5	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Chiller control signal	1.0	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>

(simulation.tpf) ChAbs

Parameter Input Output Derivative Special Cards External Files Comment

	Name	Value	Unit	More	Macro
1	File with fraction of design energy input data	Type107-HotWaterFired AbsorptionChiller.txt		Brows	Edit...

LISTADO DE TYPES

Type	Descripción	Uso
107	Chiller de absorción	Este type permite ingresar información de la capacidad del chiller, COP, temperaturas de funcionamiento y fluido de trabajo. Se requiere de archivo externo definido por la fracción de carga (Load), el setpoint del agua enfriada (CHW Set), Temperatura del agua de refrigeración de entrada (ECWT), y temperatura de entrada del agua caliente (IHWWT)
3	Bomba	Bomba hidráulica, conectada a circuitos de agua caliente y helada de los chillers y provenientes de los usuarios. Permite modificar flujo másico, tipo de fluido, y potencia máxima del equipo.
6	Calentador	Simula la demanda de los usuarios como una resistencia de calentamiento, con comportamiento determinado por el perfil de carga.
666	Chiller de compresión de vapor	Este type permite ingresar información de la capacidad del chiller, COP, temperaturas de funcionamiento y fluido de trabajo. Se requiere de archivo externo.

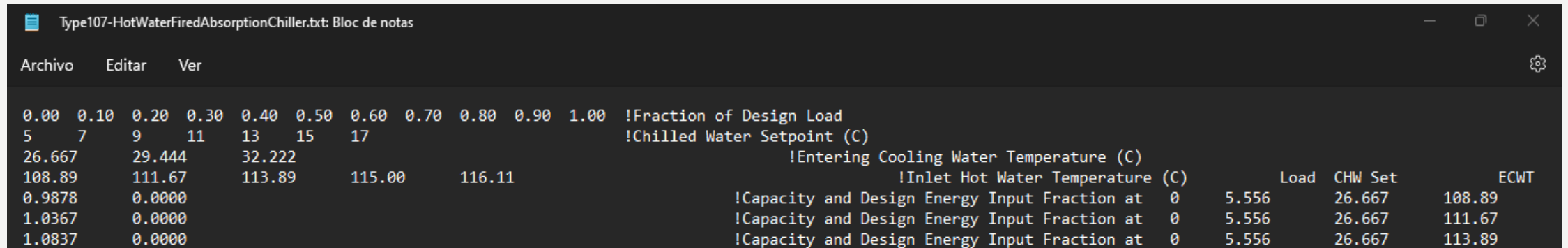
LISTADO DE TYPES

Type	Descripción	Uso
625	Turbina	Turbina de gas con potencia en kW, curva de comportamiento variando la temperatura ambiente y PLR (partial load ratio) o cargas parciales de funcionamiento.
65	Visualizador	Entrega las curvas de comportamiento del sistema según los parámetros de entrada.
1b	Panel solar térmico	Requiere información del fabricante y de diseño, como área de colector y eficiencias.
4a	Tanque de almacenamiento	Almacena agua caliente y entrega datos de las temperaturas de trabajo.
194	Sistema solar	Permite simular un sistema de energía solar fotovoltaica.

ARCHIVOS EXTERNOS

Son archivos que definen el comportamiento de algunos types dependiendo de fracciones de carga, temperaturas de los fluidos internos, entre otros. En este caso, se utilizan external files para chiller de absorción, de compresión y turbina.

External File Chiller de Absorción



0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	!Fraction of Design Load
5	7	9	11	13	15	17					!Chilled Water Setpoint (C)
26.667		29.444		32.222							!Entering Cooling Water Temperature (C)
108.89		111.67		113.89		115.00		116.11			!Inlet Hot Water Temperature (C)
0.9878		0.0000									Load
1.0367		0.0000									CHW Set
1.0837		0.0000									ECWT

Se tienen 10 fracciones de carga parcial de 0 a 1, 7 temperaturas de setpoint del agua enfriada, 3 Temperaturas del agua de refrigeración de entrada, y 5 temperaturas de entrada del agua caliente. La primera columna es la capacidad y la segunda la fracción de carga correspondiente.

External File Turbina

turbina.dat: Bloc de notas

Archivo Editar Ver

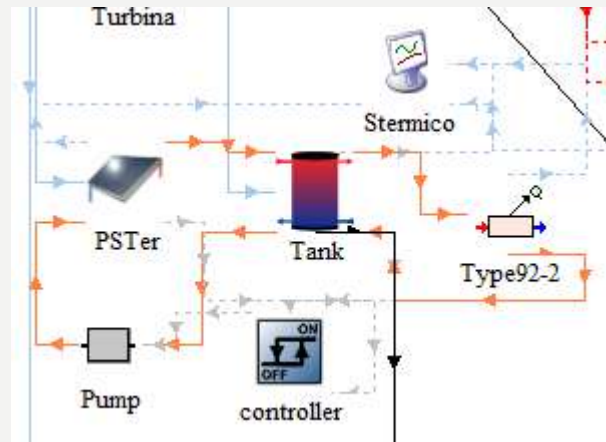
```
-20 -10 0 10 20 30 40          ! Ambient Air Dry-Bulb Temperatures (C)
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0      ! Part Load Ratio (-)
!Capacity(kW), Air Inlet Flow(kg/hr), Heat Rate(kJ/kWh), Exhaust Flow Rate(kg/hr), Exhaust Temperature(C), and Exhaust Heat(GJ/hr) at -20/0.1
1000.0      240    10120 241    130.8 3.95
!Capacity(kW), Air Inlet Flow(kg/hr), Heat Rate(kJ/kWh), Exhaust Flow Rate(kg/hr), Exhaust Temperature(C), and Exhaust Heat(GJ/hr) at -20/0.2
1000.0      240    5925  242    145.6 4.34
!Capacity(kW), Air Inlet Flow(kg/hr), Heat Rate(kJ/kWh), Exhaust Flow Rate(kg/hr), Exhaust Temperature(C), and Exhaust Heat(GJ/hr) at -20/0.3
1000.0      240    4792  242    158.4 4.68
```

El cambio se produce a partir de cambiar la temperatura ambiente y los valores de carga parcial de 0 a 1. Los cambios en el archivo se pueden triangular con los valores de referencia de una turbina sin inyección de agua.

Potencia de la turbina (kW) op	879,6	Pot Nominal (kW)	1000		0,968436759	No, Hrs funcionamiento al día	20	Consumo por hora CH4 (m3/kWh-mes)	0,31	
T air	Carga parcial	Capacidad (kW)	Flujo másico de aire de entrada (kg/hr)	Heat rate (kJ/kWh)	Flujo másico de salida de gases (kg/hr)	Temperatura de salida de los gases (°C)	Calor de salida (GJ/hr)	Porcentaje de eficiencia	Densidad del metano (kg/m3)	Eficiencia de la turbina
-20	0,1	4410	75327	41419	75691	191,3	17,413	9%	0,7747	30%
-20	0,2	4410	75041	24250	75489	212,9	19,138	15%	0,7747	30%
-20	0,3	4410	74835	19611	75352	231,6	20,642	18%	0,7747	30%

ENERGÍAS RENOVABLES – ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA

Se simulan dentro del simulation studio, con los parámetros que se especifican a continuación.



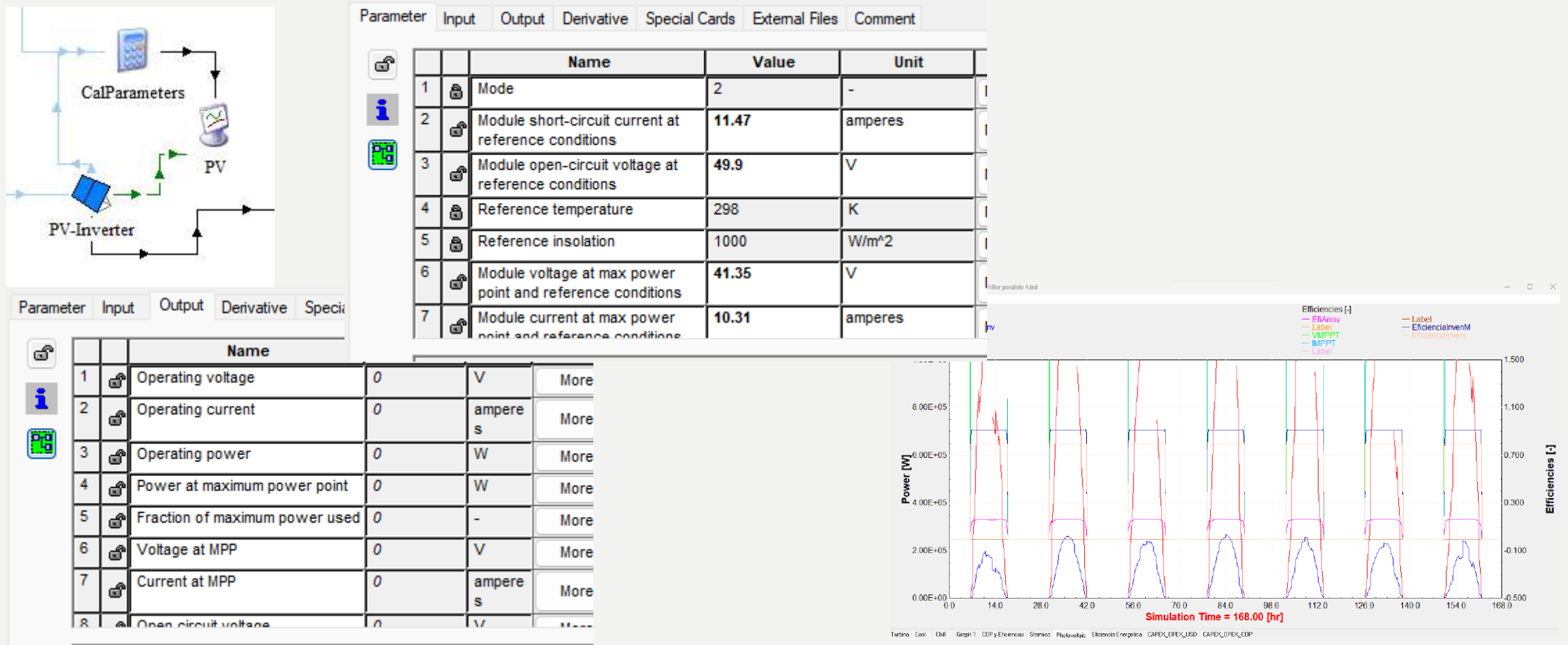
Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
		Name	Value	Unit	More	Macro
1		Number in series	1	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
2		Collector area	100	m ²	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
3		Fluid specific heat	4.190	kJ/kg.K	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
4		Efficiency mode	1	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
5		Tested flow rate	40.0	kg/hr.m ²	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
6		Intercept efficiency	0.77	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
7		Efficiency slope	4.086	kJ/hr.m ² .K	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
8		Efficiency curvature	0.013	kJ/hr.m ² .K ²	More...	<input checked="" type="checkbox"/>

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
		Name	Value	Unit	More	Macro
1		Inlet temperature	50	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
2		Inlet flowrate	100.0	kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
3		Ambient temperature	10.0	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
4		Incident radiation	0.	kJ/hr.m ²	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
5		Total horizontal radiation	0.0	kJ/hr.m ²	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
6		Horizontal diffuse radiation	0.0	kJ/hr.m ²	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
7		Ground reflectance	0.2	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
8		Incidence angle	45.0	degrees	More...	<input checked="" type="checkbox"/>

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
		Name	Value	Unit	More	Macro
1		Outlet temperature	0	C	More...	<input type="checkbox"/>
2		Outlet flowrate	0	kg/hr	More...	<input type="checkbox"/>
3		Useful energy gain	0	kJ/hr	More...	<input type="checkbox"/>

ENERGÍAS RENOVABLES – ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA

Se simulan dentro del simulation studio, con los parámetros que se especifican a continuación.



ENERGÍAS RENOVABLES – BIOMASA

RSU

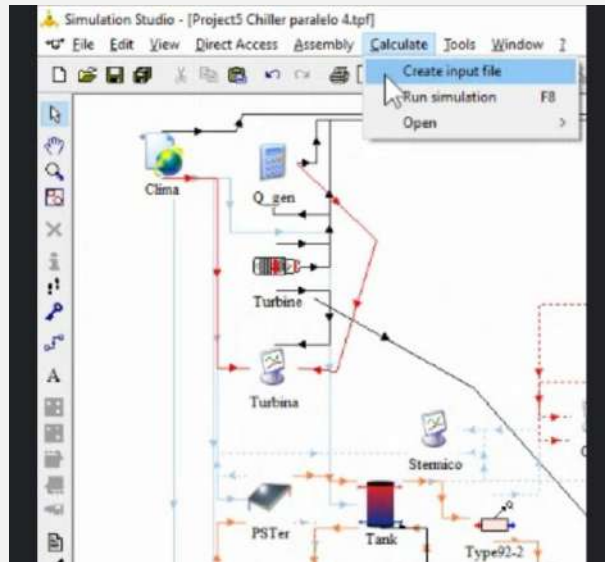
Se maneja un archivo externo (Excel) descargable desde la aplicación, el cual calcula el volumen de biogás generado a partir de los RSU, siendo necesario informar solo el número de personas que viven en la zona.

CÁLCULO DE VOLUMEN DE BIOGÁS				
#personas	1408	Biogas por kg	0.45	m ³ /kg
TOTAL (kg)	915.2	Biogas total	407.59	m ³

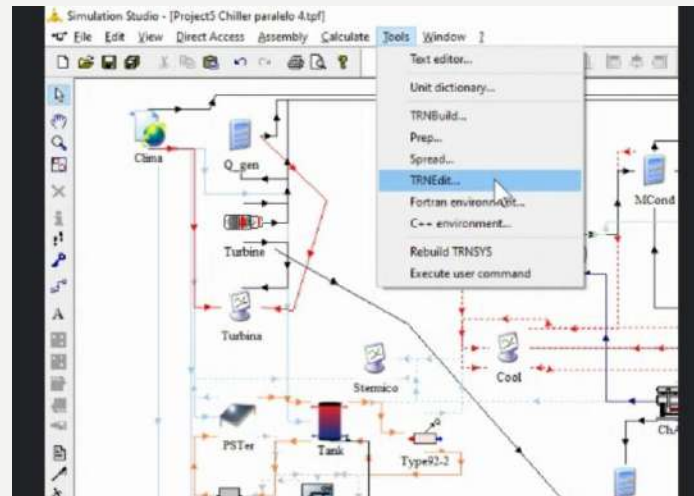
$$Pot_{biogás} = LHV * VolBiogás * Constime \approx 100 \frac{kW}{día}$$

GENERACIÓN ARCHIVO EJECUTABLE

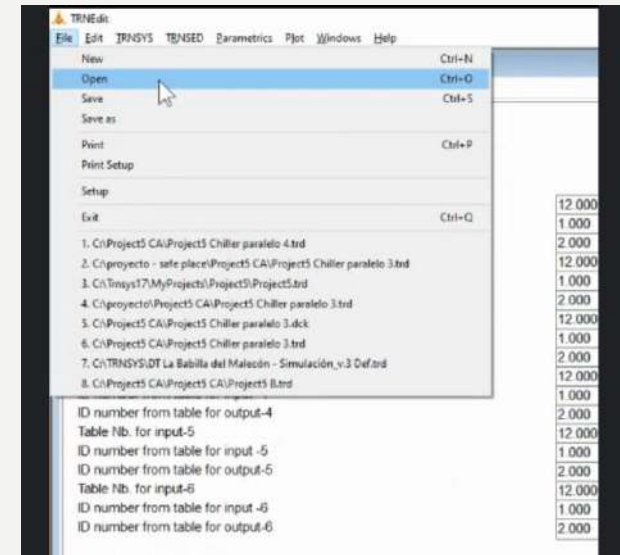
Se entrega el paso a paso para la obtención del archivo ejecutable, el cual permite obtener el comportamiento del sistema.



1. Desde control cards se modifica el archivo de salida de ".dck" a ".trd". Luego, presionar el calculate, create input file.

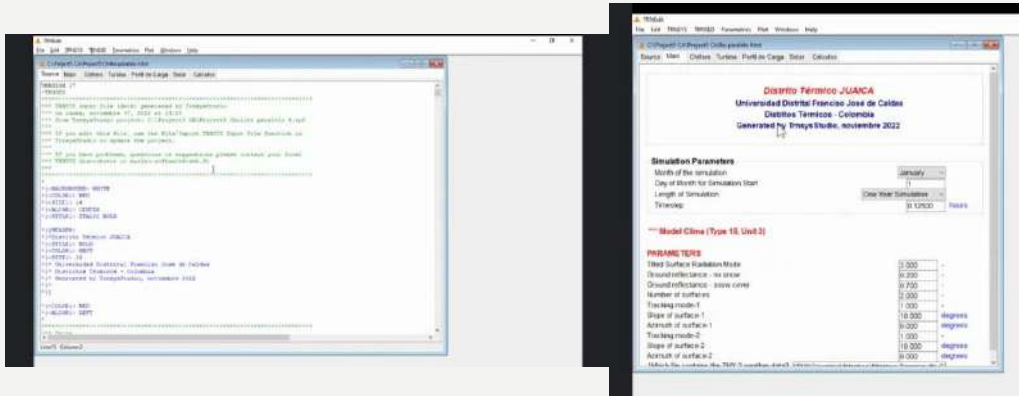


1. Luego, se da clic en la ventana "tools", se abre el software TRNEDIT que arroja el archivo de texto o archivo de programación correspondiente.

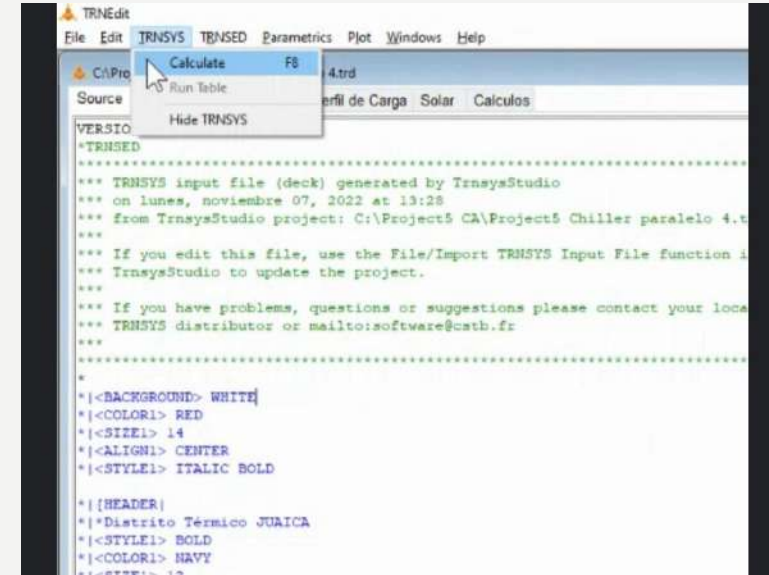


1. Una vez se abre TRNEDIT, se da clic en "file", "open" y se abre el archivo creado previamente con extensión ".trd".

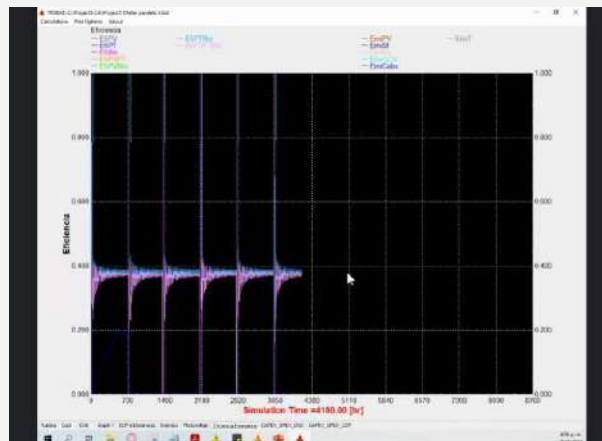
GENERACIÓN ARCHIVO EJECUTABLE



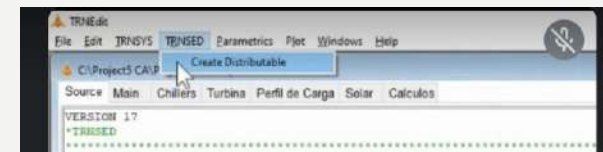
1. Una vez abierto, se visualiza todo el código de programación y la pestaña tentativa del archivo ejecutable.



1. Se comprueba el funcionamiento del código si se le han realizado modificaciones, clic en "TRNSYS", clic "Calculate"



1. El archivo entrega las curvas de comportamiento y gráfica de resultados.

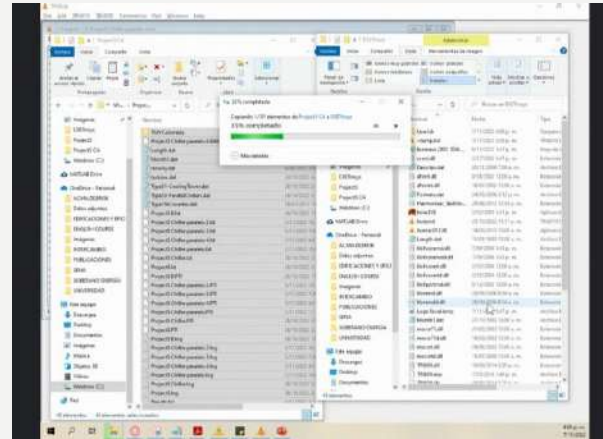


1. Una vez de comprueba el funcionamiento, se crea el archivo ejecutable, clic en TRNSYS, clic en "create distributable"

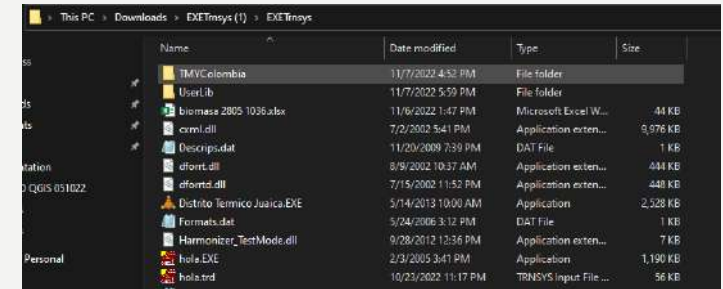
ARCHIVO EJECUTABLE



1. Se le asigna un nombre y una ruta para generar el archivo.



1. Se copian una serie de carpetas y archivos requeridos por el software para ejecutarse en cualquier lugar, además de los archivos de comportamiento y archivos de base.



1. Finalmente se ejecuta el programa haciendo clic en el archivo .EXE que se define en el manual de usuario adjunto.



RESULTADOS

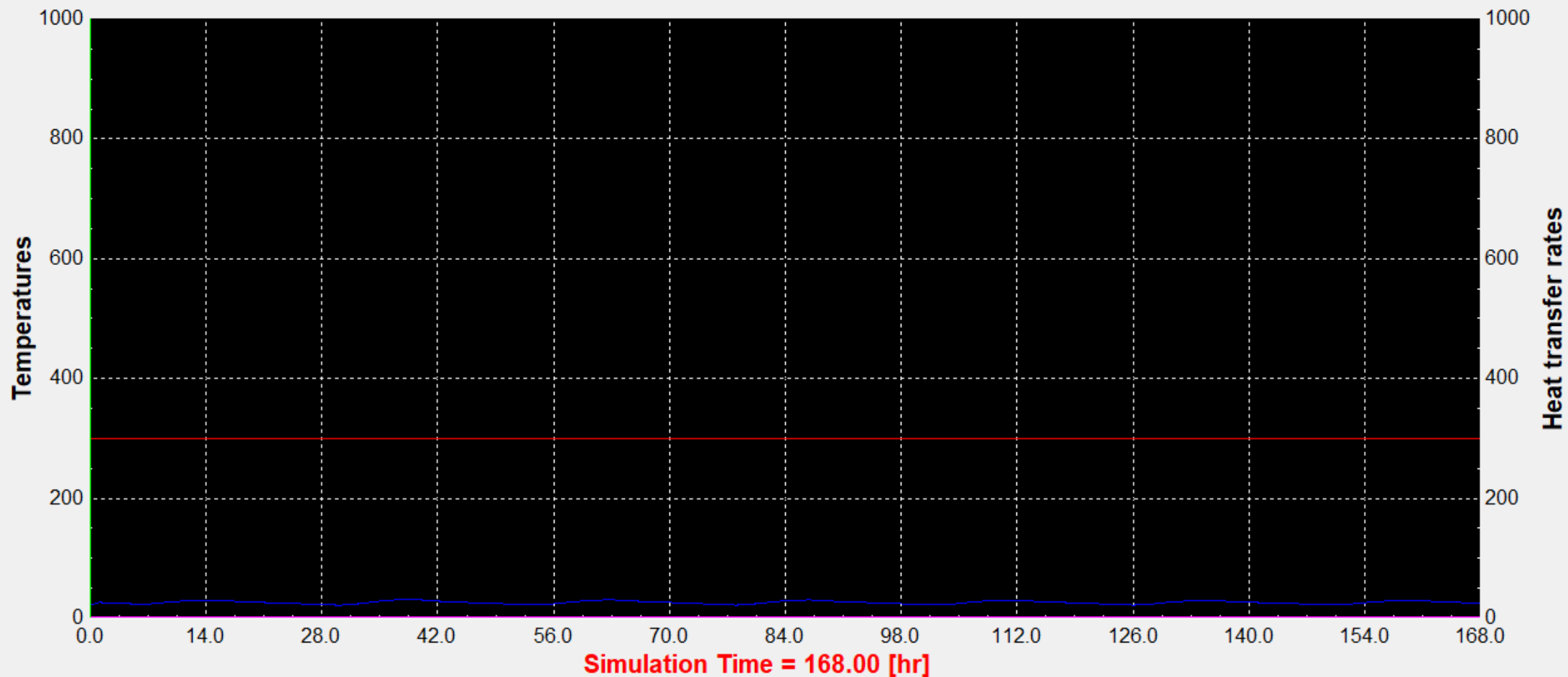
- Turbina con una generación 3.2×10^6 kJ, (889 kW-h) con una temperatura de salida de los gases de 301.0°C .
- Se tiene una temperatura de entrada a los chillers de 20°C aproximadamente dado el clima, con un flujo másico de 777000 kg/hr (215 kg/s).
- Temperaturas de entrega de agua fría de 5.5°C , y flujo másico de retorno de los usuarios de 215 kg/s.
- De los chillers se tiene un COP de 0.7 para el chiller de absorción, y 4.5 para los chillers de compresión de vapor.

Temperatures

- Exhaust
- Dry
- RQ_gen

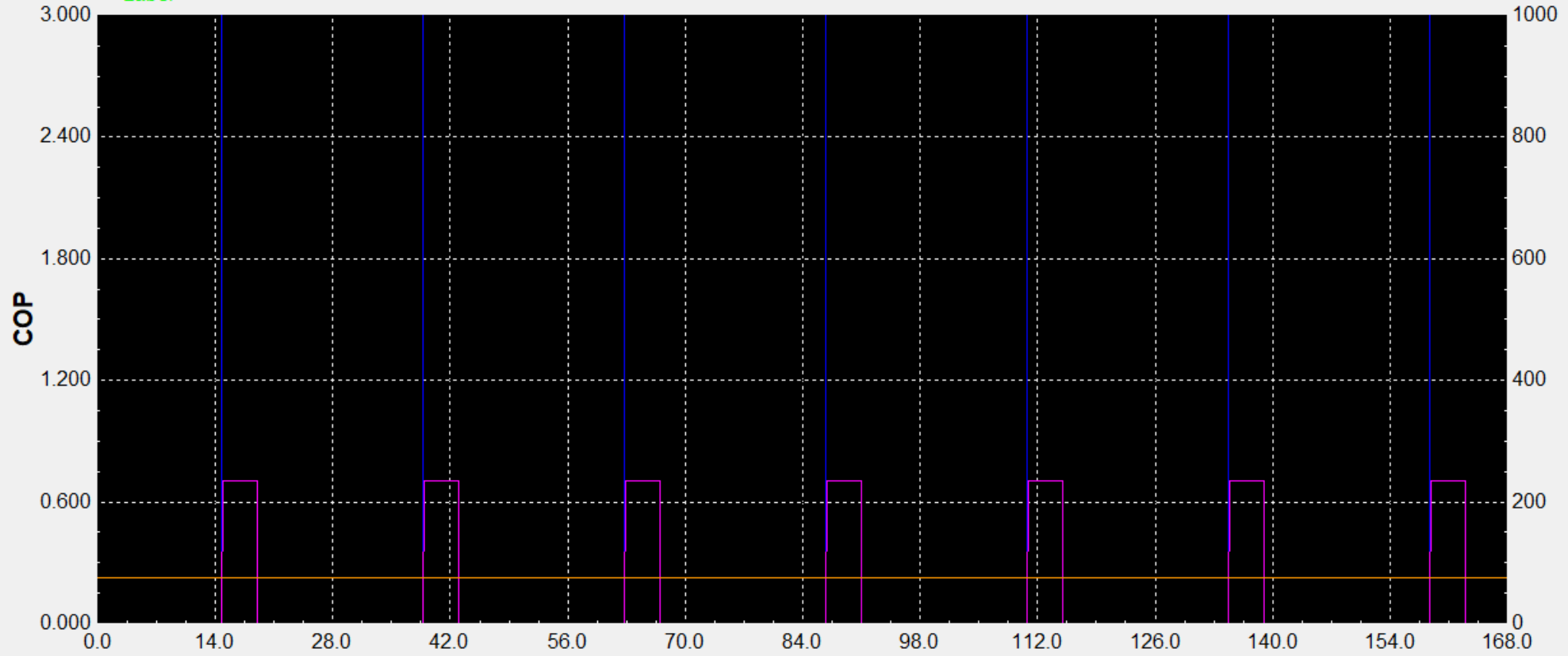
Heat transfer rates

- Delivered
- Exhaust



COP

- C.O.P.Cv1
- C.O.P.Cv2
- C.O.P.CAbs
- EfiTurbina
- Label



Simulation Time = 168.00 [hr]

RESULTADOS

- En el sistema térmico se tiene una **temperatura de salida del agua caliente de 89°C**.
- Para el fotovoltaico, se tiene una generación cercana a 1 MW.
- La eficiencia energética promedio está cercana al 40% para la implementación de las fuentes de energía alternativa combinadas.
- El valor del CAPEX para la generación de biomasa, por ejemplo, alcanza los 3 MUSD
- Una cuota anual que une el pago del CAPEX más el pago del OPEX de 82 KUSD.



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

GRACIAS



JUAICA DT

Energía Distrital

EQUIPO JUAICA DT

**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**