

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA

ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE UNA CENTRAL GEOTERMOELÉCTRICA

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTA

P.I.E. MARÍA GUADALUPE SEPÚLVEDA LEMUS

ASESOR DE TESIS

DR. GILBERTO GONZÁLEZ ÁVALOS

OCTUBRE DE 2007

AGRADECIMIENTOS

A mis padres;

Gracias mamá por creer en mí, por tu sacrificio y por estar siempre a mi lado.

Gracias papá por la inspiración y fuerza que me das para seguir adelante, a pesar de tener expectativas diferentes.

A mi hermana Mayra;

Por ser en mi vida el mejor ejemplo de inteligencia, fuerza y nobleza. Eres la persona que más admiro.

A mis hermanos;

Con quienes he vivido todo y a los que me unen, por ello, lazos entrañables.

A mi tío Luis:

Por el cariño y atención de siempre.

A mis maestros de la universidad;

Especialmente al Dr. Gilberto González Ávalos por asesorarme en mi Tesis y por apoyarme a lo largo de su realización.

A la Facultad de Ingeniería Eléctrica de mi querida Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;

Por darme la preparación básica en mi licenciatura.

A Dios;

Por llenarme de fe, otorgarme salud y permitirme culminar felizmente esta etapa profesional.

RESUMEN

En el análisis del comportamiento de una central geotermoeléctrica real con flasheo, es necesario conocer cada uno de los procesos que implica generar energía eléctrica mediante este tipo de plantas. Para comprender de una mejor manera las propiedades del vapor, materia prima en una central geotermoeléctrica, y los cambios de estado que sufre el mismo a su paso por cada una de las etapas de la central es necesario tener nociones básicas de termodinámica. Con estas bases se puede realizar el análisis y cálculo de los parámetros para los diferentes arreglos que se planten. El análisis planteado en esta Tesis se reduce a cinco casos de estudio (Caso 1 una etapa de flasheo-una turbina, Caso 2 dos etapas de flasheo-una turbina, Caso 3 tres etapas de flasheo-una turbina, Caso 4 dos etapas de flasheo-dos turbinas y Caso 5 tres etapas de flasheo-tres turbinas), ya que los incrementos de potencia eléctrica generada, al incrementar las etapas de flasheo a más de tres, no justifica el costo que representa invertir en este tipo de plantas, por lo cual en forma real no se implementan.

La necesidad de encontrar mejores formas de explicar el comportamiento de las geotermoeléctricas facilitando así la comprensión del mismo, es razón suficiente para la elaboración de un *software* con el cual el usuario puede experimentar con las distintas condiciones de operación de una central geotermoeléctrica con flasheo, variando los parámetros y/o el esquema; esto lo puede hacer de una manera dinámica.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	i
RESUMEN.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIACIONES.....	x
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivo.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Metodología.....	5
1.5 Contenido de la Tesis.....	5
Capítulo 2. Sistemas Geotermoelectíricos.....	7
2.1 Tipos de plantas geotérmicas.....	10
2.1.1 plantas de vapor seco.....	10
2.1.2 Planta de flasheo o con proceso de revaporización instantánea.....	10
2.1.3 Ciclo con respiradero o de ventanilla.....	14
2.1.4 Ciclo de vapor indirecto.....	16
2.1.5 Ciclo Bechtel.....	16

Capítulo 3. Diseño del Esquema Básico de una Central Geotermoeléctrica con Proceso de Evaporización Instantánea.....	19
3.1 Análisis de una central geotermoeléctrica.....	19
3.2 Programación de una planta geotermoeléctrica.....	39
3.2.1 Programación de una central geotermoeléctrica con una, dos y tres etapas de flasheo.....	39
3.3 Pruebas de simulación.....	42
3.3.1 Simulación de una central geotermoeléctrica real.....	45
Capítulo 4. Implementación de la Interfaz Gráfica de Usuario.....	49
4.1 Interfaz grafica de usuario (GUI).....	49
4.2 Simulador.....	50
4.3 Película.....	53
4.3.1 Preparación de películas (<i>movies</i>).....	53
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones.....	61
5.1 Conclusiones.....	61
5.2 Recomendaciones para trabajos futuros.....	62
Bibliografía.....	63
Apéndice A Código del Simulador.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Representación esquemática de un sistema geotérmico ideal.....	8
Figura 2.2. Modelo de un sistema geotérmico. La curva 1 es la curva de referencia para el punto de ebullición del agua pura. La curva 2 muestra el perfil de temperatura a lo largo de una típica ruta de circulación desde la recarga en el punto A hasta la descarga en el punto E [White, 1973].....	9
Figura 2.3. Incremento de la concentración de gases en el vapor saliente del separador.....	11
Figura 2.4. Proceso de evaporización instantánea.....	11
Figura 2.5. Ciclo Multiflasheo.....	12
Figura 2.6. Sistema geotérmico “multiflasheo”.....	12
Figura 2.7. Influencia del número de etapas de flasheo en la potencia generada.....	14
Figura 2.8. Ciclo de ventila.....	15
Figura 2.9. Ciclo de vapor indirecto.....	16
Figura 2.10. Ciclo de Vapor <i>Bechtel</i> . S-1, Separador 1. S-2, Separador 2. C, Condensador. GV, Generador de Vapor.....	17
Figura 3.1. Válvula de expansión.....	20
Figura 3.2 Turbina de doble admisión.....	21
Figura 3.3. Flujo de vapor en una turbina de doble admisión (A) y una turbina de triple admisión (B).....	22

Figura 3.4. Geotermoeléctrica con una etapa de flasheo.....	24
Figura 3.5. Geotermoeléctrica con dos etapas de flasheo.....	27
Figura 3.6. Geotermoeléctrica con tres etapas de flasheo.....	32
Figura 3.7. En esta gráfica se resumen los resultados obtenidos en el Ejemplo 3.1.....	38
Figura 3.8. Potencia generada al utilizando de una a cinco etapas de flasheo para una sola turbina.....	40
Figura 3.9. Potencia generada al utilizando de una a cinco turbinas.....	41
Figura 3.10. Pseudocódigo para la programación de una central geotermoeléctrica con proceso de flasheo.....	41
Figura 3.11. A mayor calidad de vapor corresponde mayor P_E generada.....	43
Figura 3.12. Presión vs. Potencia eléctrica generada.....	44
Figura 3.13. Potencia generada con respecto a la producción de vapor en los pozos.....	45
Figura 4.1. Editor de diseño y las herramientas que este nos ofrece. Como ejemplo podemos observar la estructura de la GUI diseñada para nuestro simulador.....	50
Figura 4.2. Interfaz grafica. Cada uno de los datos introducidos es almacenado en archivos con extensión txt al igual que los datos de salida.....	51
Figura 4.3. Los resultados de la simulación son almacenados en formato texto y con extensión txt.....	52
Figura 4.4. Una etapa de flasheo – Una turbina.....	55
Figura 4.5. Dos etapas de flasheo – Una turbina.....	57
Figura 4.6. Tres etapas de flasheo – Una turbina.....	58

Figura 4.7. Dos etapas de flasheo – Dos turbinas.....	59
Figura 4.8. Tres etapas de flasheo – Tres turbinas.....	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Capacidad geotermoeléctrica instalada en México.....	4
Tabla 3.1. Potencia generada con un turbogenerador.....	39
Tabla 3.2. Potencia eléctrica total generada utilizando de uno a cinco turbogeneradores...	40
Tabla 3.3. Variando el valor de x	42
Tabla 3.4. Variando la presión.....	43
Tabla 3.5. Variando la producción de vapor.....	44
Tabla 3.6. Información técnica de la C.G. Los Azufres y de la C.G. Cerro Prieto.....	46
Tabla 3.7. Comparación entre los valores de potencia reales y los valores de potencia obtenidos por el simulador.....	46
Tabla 3.8. Ajuste de Información.....	47
Tabla 3.9. Valores de potencia.....	47
Tabla 4.1. Unidades de medición en las que se expresan los resultados de la simulación..	53

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIACIONES

C	= constante
C.G.	= central geotermoeléctrica
CO_2	= bióxido de carbono
cve	= consumo de vapor por eyectores
GUI	= Interfaz Grafica de Usuario
GV	= generador de vapor
h	= entalpía
h_f	= entalpía del líquido saturado
h_{fg}	= entalpía de vaporización
h_g	= entalpía de vapor saturado seco
Hls_k	= Caída de entalpía insoentrópica, entre las condiciones de flasheo y el condensador.
hr	= horas
H_2S	= hidróxido de azufre
k	= etapa de flasheo
K	= Kelvin
kJ	= kilo joule
kg	= kilogramo
KW	= kilowatts
Ms_k	= Masa producida de vapor en las k etapas de flasheo.
$\dot{m}$	= flujo másico
$\dot{m}_a$	= flujo de líquido saturado
$\dot{m}_v$	= flujo de vapor
MW	= Megawatts
P	= presión
P_E	= potencia eléctrica
q	= calor
s	= entropía
s_f	= entropía del líquido saturado
s_{fg}	= entropía de de vapor saturado seco
seg	= segundo
T_R	= temperatura inicial de la salmuera (temperatura del fluido al salir del pozo)
T_0	= temperatura de condensación
Ton	= toneladas
w	= trabajo
x	= calidad del vapor
η_k	= eficiencia isentrópica
η_{ig}	= eficiencia del turbogenerador

Capítulo 1

Introducción

En esta Tesis se muestra y analiza el comportamiento de la potencia eléctrica (P_E) de salida de una central geotermoeléctrica real con proceso de evaporización instantánea utilizando diferentes etapas de flasheo. Para esto se elaboró un simulador que representa una central geotermoeléctrica, en el cual el usuario puede experimentar con diversas condiciones de operación de la misma y analizar su comportamiento según sea el caso. El uso de este simulador es una herramienta que facilita la comprensión de cómo opera una central geotermoeléctrica que trabaja con proceso de evaporización instantánea (flasheo), además permite experimentar con diferentes arreglos para este tipo de proceso, ya sea variando el número de etapas de flasheo y/o número de turbogeneradores.

1.1 Antecedentes

Una planta geotermoeléctrica es aquella que aprovecha el vapor natural, concentrado en ciertos sitios del subsuelo, para alimentar a las turbinas de vapor que accionan a los generadores eléctricos.

La energía geotérmica, como su nombre lo indica, es energía calorífica proveniente del núcleo de la tierra, la cual se desplaza hacia arriba en el magma que fluye a través de las fisuras existentes en las rocas sólidas y semisólidas del interior de la tierra, alcanzando niveles cercanos a la superficie, donde existen condiciones geológicas favorables para su acumulación.

Este tipo de yacimiento está asociado a fenómenos volcánicos y sísmicos, cuyo origen común son los movimientos profundos que ocurren continuamente entre los límites de las placas litosféricas en las que se divide la porción sólida más externa de la tierra. Un yacimiento geotérmico típico se compone de una fuente de calor, un acuífero y la llamada capa sello. La fuente de calor es generalmente una cámara magmática en proceso de enfriamiento. El acuífero es cualquier formación litológica con la permeabilidad suficiente para alojar agua meteórica proveniente de la superficie o desde otros acuíferos

poco profundos. La capa sello es otra formación, o parte de ella, con una menor permeabilidad, cuya función es impedir que los fluidos geotérmicos se disipen totalmente en la superficie.

Muchos manantiales termales han sido utilizados en forma de balnearios a través de los siglos, a muchos de ellos se les han reconocido propiedades terapéuticas debido a los compuestos químicos que llevan consigo, otra forma de aprovechamiento primitivo es la cocción de alimentos. Posteriormente han sido aprovechados para obtener las sustancias químicas que lleva el vapor las cuales ha tomado de los estrados subterráneos.

Se conoce que desde el año 1497 se obtenían por procesos rudimentarios de condensación del vapor, sales sulfurosas y potasa. Los primeros aprovechamientos del vapor del subsuelo, se llevaron a cabo en Italia con la obtención del ácido bórico en 1777 después de este año se suspendió dicha explotación empezando nuevamente en 1818 en una pequeña fabrica a la que se le puso el nombre de LANDERELLO, por su fundador el conde de LANDEREL. Poco a poco la explotación del ácido bórico se fue desarrollando para 1816, ya existía una técnica más avanzada, consistente en perforar pequeños pozos de los que obtenían vapor y agua del subsuelo y por medio de condensación y depósito se obtenía el ácido bórico. La perforación en el transcurso de los años fue evolucionando hasta llegar a las máquinas que funcionaban con motor eléctrico, esto y la necesidad del uso de energía eléctrica, en la planta de productos químicos impulsó a los técnicos de LANDERELLO a desarrollar la producción de energía eléctrica en 1894 se hizo un experimento con una rueda automotriz de 9 HP. En 1905 comenzó por primera vez a aprovecharse la energía del vapor natural en un motor de émbolo de 35 HP el que accionaba a un generador eléctrico para dar iluminación a la fábrica. Fue hasta el año de 1914 cuando se instalaron los primeros generadores de importancia (2750 KW). La primera guerra mundial frenó el desarrollo de estas plantas, sin embargo, en 1919 se inauguraron unidades con una capacidad de 17.5 MW, a partir de esta fecha el crecimiento fue acelerado, hasta que en 1939 fueron otra vez suspendidas las actividades por motivo de la segunda guerra mundial, en esta ocasión los daños fueron considerables ya que las instalaciones fueron bombardeadas y destruidas totalmente.

Por estos mismos años, en San Francisco California, E.U. se realizaron algunas perforaciones en busca de vapor. Después de la segunda guerra mundial, continuó Italia con sus expertos, comenzando en 1945 a funcionar una planta de 15 KW, en 1946 empezó a operar

un grupo de 57 500 KW. A raíz de la recuperación Italiana otros países iniciaron investigaciones al respecto, entre ellos México donde en 1955 se fundó la Comisión de Energía Geotérmica.

Por otro lado, las primeras plantas eran alimentadas con vapor sobre calentado o seco. El uso del vapor húmedo tuvo lugar en 1953 en la planta Wairakei de Nueva Zelanda.

Muchos, países, entre ellos México, utilizan la energía geotérmica para la generación de electricidad mediante centrales geotermoeléctricas, sin embargo las repercusiones de la geotermia en el consumo energético son poco significativas a nivel mundial, por lo que esta energía no puede considerarse como una opción al consumo del petróleo, sino como un complemento, aunque en algunos países cuya demanda de energía no es elevada, la electricidad de origen geotérmico puede llegar a ser muy importante.

México tiene una larga historia de aprovechamiento de la geotermia para generar electricidad, misma que se inicia en la década los cincuenta cuando se instaló en Pathé, Hidalgo, la primera planta geotermoeléctrica en el continente americano.

La capacidad geotermoeléctrica de México es de 959.50 megawatts (MW), con la cual se generó 3.01% GWh de los 221,900 GWh que se produjeron al 31 de diciembre de 2006 [9]. El campo geotérmico de Cerro Prieto, el segundo más grande del mundo, representa el 75.03% de la energía geotermoeléctrica generada en el país, además produce el 87.24% de la electricidad que se distribuye en la red de Baja California, que es un sistema aislado del Sistema Eléctrico Nacional. La planta de Los Azufres, ubicada en Michoacán, es la segunda central geotermoeléctrica de importancia en México, generando el 20.32% de la energía geotermoeléctrica.

En la tabla 1.1 se indica la evolución de la capacidad geotermoeléctrica en México.

Tabla 1.1. Capacidad geotermoeléctrica instalada en México.

Nombre de la central.	Número de unidades.	Fecha de entrada en operación.	Capacidad efectiva instalada (MW).	Ubicación.
Cerro Prieto I	5	12-Oct-73	180	Mexicali, B.C.
Cerro Prieto II	2	01-Feb-84	220	Mexicali, B.C.
Cerro Prieto III	2	24-Jul-85	220	Mexicali, B.C.
Cerro Prieto IV	4	26-Jul-00	100	Mexicali, B.C.
Tres Vírgenes	2	02-Jul-01	10	Mexicali, B.C.S.
Los Azufres	15	04-Ago-82	195	Cd. Hidalgo, Mich.
Húmeros	7	30-May-91	35	Húmeros, Pue.

1.2 Objetivo

Elaborar un programa computacional en lenguaje de programación *Matlab*[®] que permita conocer el comportamiento de la potencia generada P_E por una central geotermoeléctrica basada en el proceso de evaporización instantánea, también conocido como flasheo, para ser utilizado con fines didácticos y/o industriales.

1.3 Justificación

Tomando en cuenta el alto potencial geotérmico de México y la creciente necesidad de generar energía eléctrica, resulta importante fomentar el uso de las fuentes alternas de energía como un complemento para satisfacer la demanda de los usuarios. Además, el utilizar un *software* que simule el comportamiento de una central geotermoeléctrica con flasheo permite experimentar con diversas condiciones de trabajo en este tipo de plantas sin correr el riesgo de accidentes o daños en un modelo físico.

En esta Tesis se presenta de una manera sencilla los procesos que implica generar electricidad aprovechando la energía geotérmica.

1.4 Metodología

Esta Tesis tiene el propósito de desarrollar un *software* de uso didáctico y/o industrial que permita analizar el comportamiento de las centrales geotermoeléctricas, en específico de las que utilizan el proceso de flasheo. Para lo cual se optó por usar el lenguaje de programación *Matlab*® ya que nos permite llevar a cabo cálculos numéricos casi de cualquier tipo, pudiendo manipular vectores y matrices con números tanto reales como complejos. Además, permite la elaboración de interfaces gráficas (*GUI*) y películas, lo cual ayuda a que este *software* sea más interactivo y capte de mayor manera la atención del usuario.

La información requerida para la elaboración de esta Tesis e implementación del simulador fue obtenida haciendo uso del *Internet*, libros de programación en *Matlab*® y en una mayor parte de las notas utilizadas en la materia de Máquinas Térmicas que se imparte en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la U.M.S.N.H. También fue necesario recabar información técnica de las centrales geotermoeléctricas de Los Azufres, Mich. y Cerro Prieto, B.C., estos datos fueron introducidos en el simulador para comparar los datos reales con los resultados obtenidos en la simulación para posteriormente realizar un análisis y establecer conclusiones. Toda la información está contenida en formato electrónico o impreso.

La computadora se utilizó como herramienta primordial para el desarrollo de este trabajo.

1.5 Contenido de la Tesis

En el Capítulo 1 se da una breve introducción a este trabajo, se presentan antecedentes de las centrales geotermoeléctricas en el mundo, así como la situación actual del aprovechamiento del potencial geotérmico en México.

En el Capítulo 2 se describen conceptos básicos del funcionamiento de los distintos tipos de centrales geotermoeléctricas. Haciendo énfasis en el análisis de aquellas que cuentan con una, dos o más etapas de flasheo.

En el Capítulo 3 se analiza el comportamiento de una planta de flasheo, además, se realizan pruebas de simulación y se analiza como se comporta el valor de la potencia generada P_E al variar las condiciones de trabajo. También se hace la simulación de dos plantas geotermoeléctricas reales.

En el Capitulo 4 se estructura la interfaz gráfica de usuario y se elaboran las películas que representan esquemáticamente el comportamiento de la central.

En el Capitulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones para trabajos posteriores.

Capítulo 2

Sistemas Geotérmicos

Los sistemas geotérmicos pueden encontrarse en regiones, con un gradiente geotérmico normal o levemente superior, especialmente en regiones alrededor de los márgenes de placas, donde el gradiente geotérmico puede ser significativamente más alto que el valor promedio. En el primer caso, los sistemas se caracterizarán por bajas temperaturas, normalmente inferiores a 100°C, a profundidades económicamente alcanzables (2-3 Km.); en el segundo caso las temperaturas podrían cubrir un amplio rango, desde bajas hasta muy altas e incluso sobre 400°C.

Un sistema geotérmico puede ser descrito esquemáticamente como “agua convectiva en la corteza superior de la Tierra la cual, en un espacio confinado, transfiere calor desde una fuente de calor hasta una abertura, usualmente la superficie libre” [10]. Esta agua a menudo contiene sustancias químicas disueltas y gases tales como CO₂, H₂S, etc. La Figura 2.1 es una representación muy simplificada de un sistema geotérmico ideal, se observa como el agua que cae sobre la tierra se filtra a través de una capa de roca permeable, llamada reservorio, por la cual fluye y se eleva su temperatura debido a la conducción térmica de una capa impermeable cuyo calor es proporcionado por el magma. Al encontrar una fisura en las placas el agua comienza a ascender y la presión a la que es sometida disminuye, y en determinado momento comienza el proceso de ebullición de la misma, y sale en forma de vapor de agua.

Un sistema geotérmico consiste en una fuente de calor, un fluido caliente y una capa de roca permeable, donde se almacena y circula el fluido, ver Figura 2.2. La fuente de calor es un magma cuyo ascenso hacia la superficie está estacionado a una profundidad entre 6 y 7 Km. A tal profundidad, (punto G de la Figura 2.2), su temperatura es de aproximadamente 600 °C. El calor de este magma se transmite por conducción hasta la roca impermeable que lo rodea, punto F, elevando su temperatura hasta unos 400°C. Al encontrar un bloque de rocas permeables el agua fría que desciende desde la superficie, punto A, a 10°C es calentado entonces por las rocas impermeables hasta temperaturas superiores a 200°C, punto C, después de esto asciende con pérdidas mínimas de calor, aproximadamente a entalpía constante, punto D, en la parte interior el agua se encuentra en estado líquido y sometida a altas presiones, a

medida que asciende disminuye la presión, de tal forma que en un punto dado se pueden dar las condiciones para que inicie la ebullición, saliendo a la superficie en forma de vapor de agua, punto E, manifestándose como fumarola. Como se observa el sistema geotérmico requiere de una capa superior de rocas impermeables o de personalidad menor, denominada capa sello.

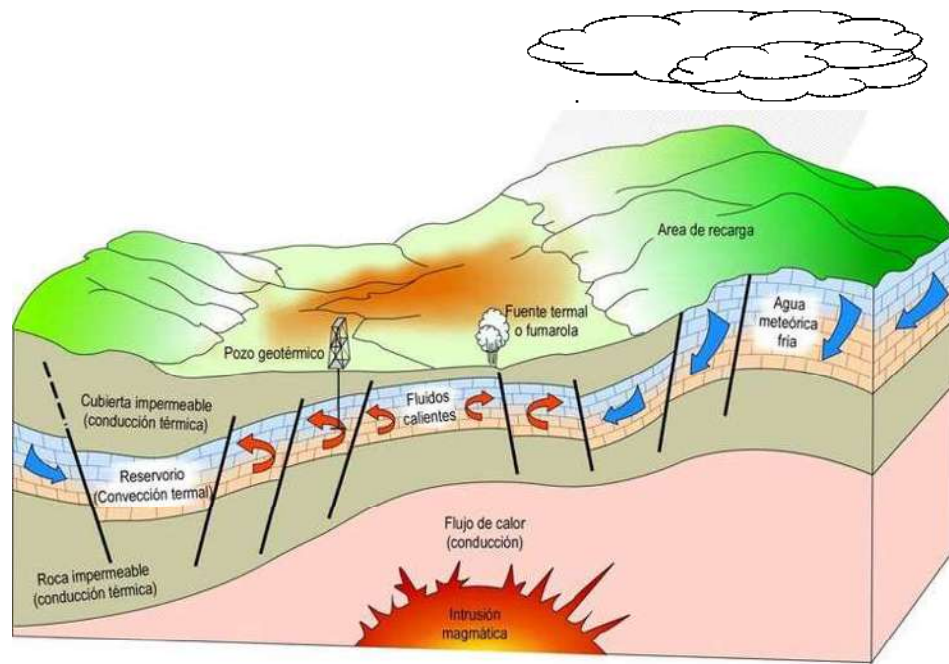


Figura 2.1. Representación esquemática de un sistema geotérmico ideal.

El fenómeno descrito puede parecer bastante simple pero la reconstrucción de un buen modelo de un sistema geotérmico real no es fácil de realizar. Ello requiere destreza en muchas disciplinas y una vasta experiencia, especialmente cuando se trata de sistemas de alta temperatura. Los sistemas geotérmicos también se encuentran en la naturaleza en una variedad de combinaciones de características geológicas, físicas y químicas, dando así origen a diferentes tipos de sistemas.

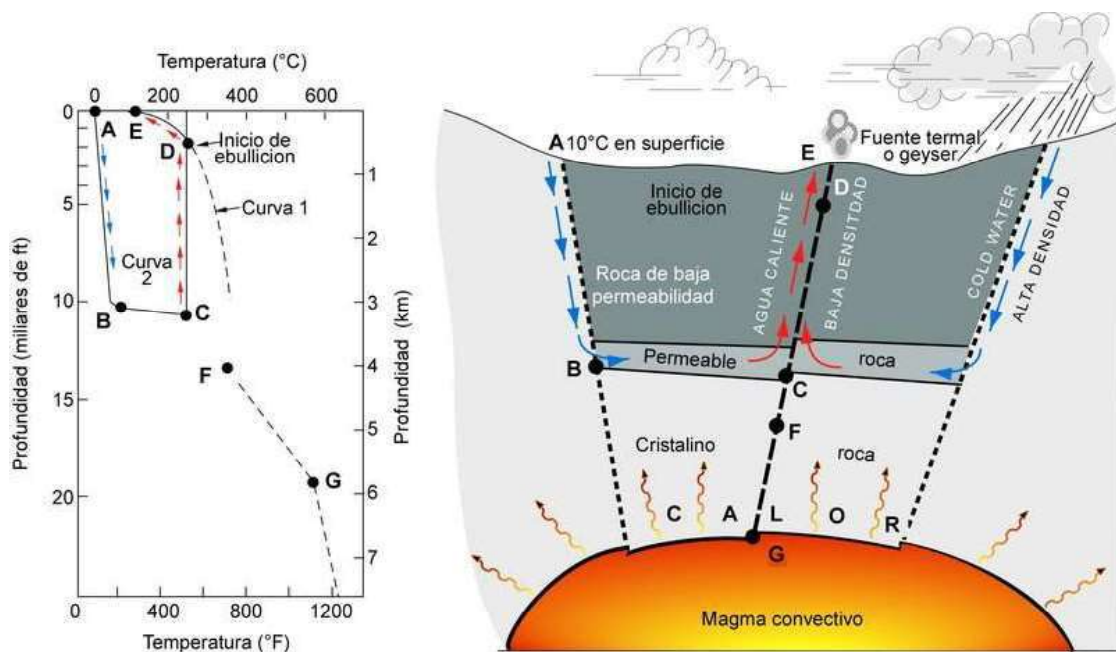


Figura 2.2. Modelo de un sistema geotérmico. La curva 1 es la curva de referencia para el punto de ebullición del agua pura. La curva 2 muestra el perfil de temperatura a lo largo de una típica ruta de circulación desde la recarga en el punto A hasta la descarga en el punto E [White, 1973].

De todos los elementos que constituyen un sistema geotérmico la fuente de calor es el único que debe ser natural. Si las condiciones son favorables, los otros dos elementos pueden ser “artificiales” por ejemplo los fluidos geotermales extraídos de un reservorio para accionar una turbina en una planta geotermoeléctrica podrían, después de su utilización, ser reinyectados al reservorio mediante pozos de inyección. De este modo, la recarga natural del reservorio está integrada además por una recarga artificial. Por muchos años la reinyección ha sido empleada en varias partes del mundo como una forma de reducir drásticamente el impacto ambiental de la operación de plantas geotérmicas. La recarga artificial mediante pozos de reinyección puede también ayudar a mantener campos geotérmicos “viejos o agotados”.

2.1 Tipos de plantas geotérmicas

El ciclo termodinámico que se sigue en las plantas geotérmicas es el ciclo *Ranking* [6], con una serie de innovaciones dependiendo fundamentalmente de las características del recurso geotérmico mismas que han dado lugar a diversos arreglos o tipos de plantas geotermoeléctricas.

Las turbinas de vapor convencionales, requieren fluidos a temperaturas de por lo menos 150°C y están disponibles con descarga atmosférica (*back-pressure*) o bien con descarga de condensación. Las turbinas con escape atmosférico son más simples y de menor costo. El vapor directamente de pozos de vapor seco o después de la separación, desde pozos de vapor húmedo, es pasado a través de la turbina y descargado a la atmósfera.

2.1.1 Plantas de vapor seco

Contienen o producen los pozos de estos campos vapor seco el cual se puede usar directamente en las turbinas para producir energía o bien readaptarlo a las exigencias de las máquinas. El vapor seco que brota directamente de estos yacimientos está a relativamente baja presión, por lo que para usarlo directamente se requieren dispositivos de gran tamaño para obtener potencias razonables, este tipo de plantas fueron las primeras que se usaron, sin embargo existen relativamente pocos yacimientos que producen vapor en estas condiciones.

2.1.2 Planta de flasheo o con proceso de evaporización instantánea

Estas plantas utilizan vapor húmedo o líquido saturado, si es el primer caso se lleva a un separador donde aprovechando las diferentes propiedades físicas del líquido y vapor, se separan ambos (Figura 2.3), alimentando con el vapor a la turbina, el líquido puede desecharse o si convienen, mediante una válvula reducir la presión con lo cual baja la temperatura de saturación y se convierte así en vapor (Figura 2.4).

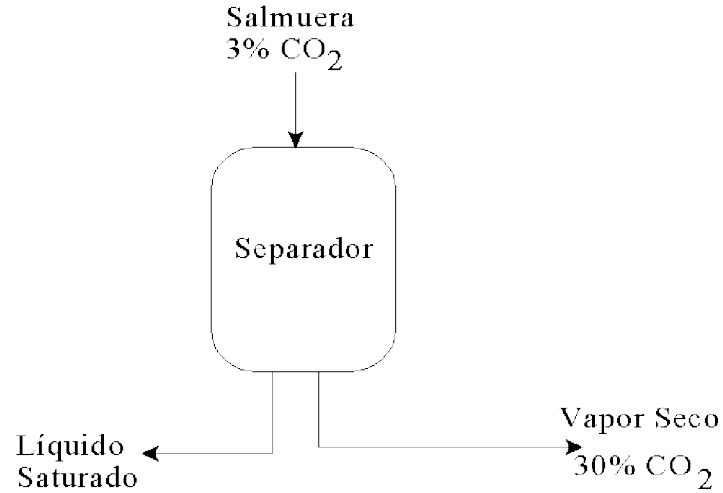


Figura 2.3. Incremento de la concentración de gases en el vapor saliente del separador.

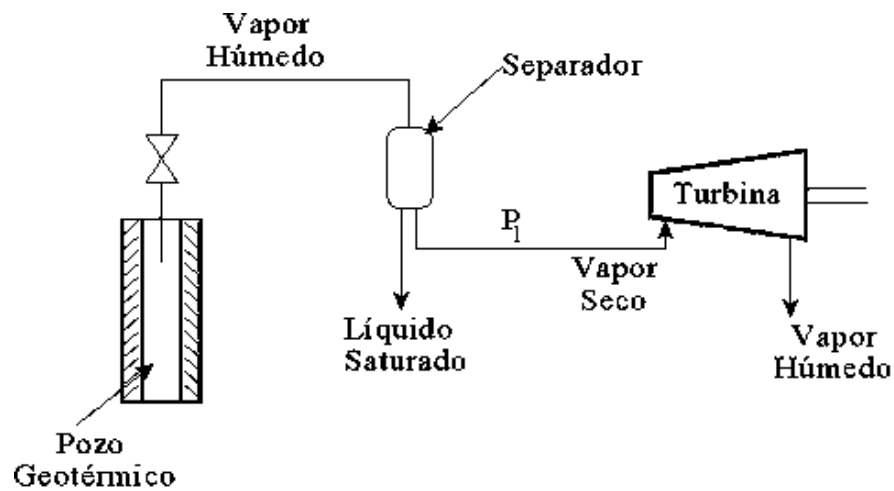


Figura 2.4. Proceso de evaporización instantánea.

Los sistemas que utilizan vapor de “flasheo” del líquido también conocido como salmuera usan separadores a presión constante donde el vapor es apartado del líquido; el líquido residual en cada descarga puede ser llevado a otra etapa de flasheo a una presión más baja y producir así más vapor para alimentar a otra turbina o bien a una segunda admisión de la misma máquina (Figura 2.5).

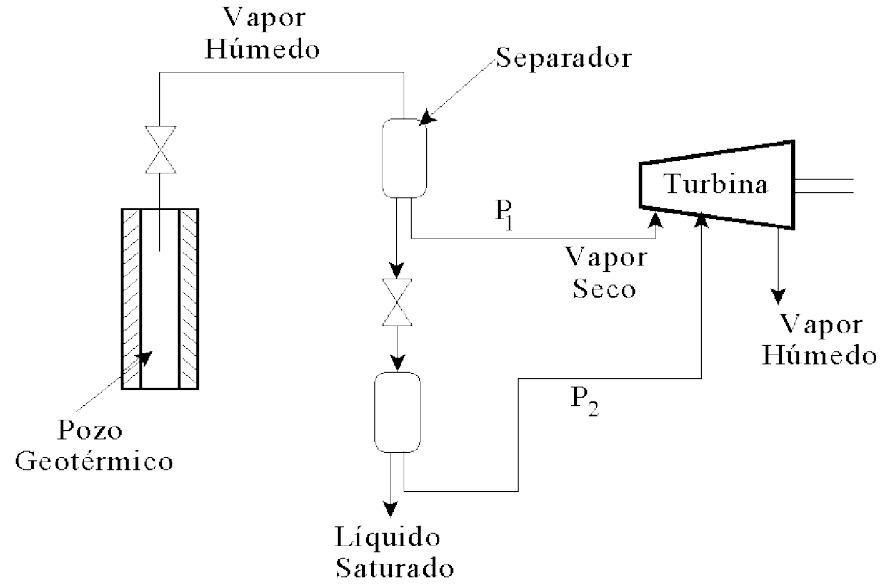


Figura 2.5. Ciclo Multiflasheo.

El sistema mostrado en la Figura 2.6, es un arreglo típico “multiflash” en el cual hay un separador que alimenta el vapor a cada turbina.

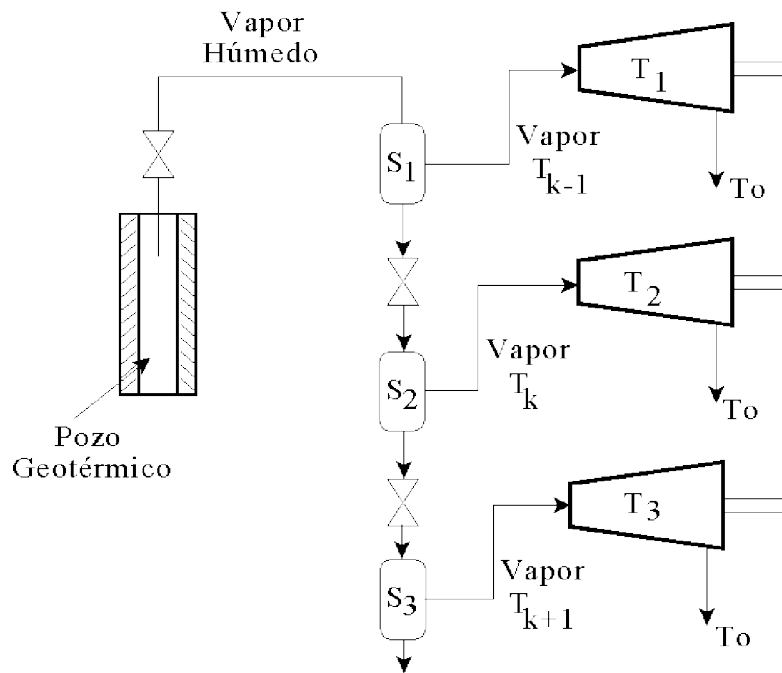


Figura 2.6. Sistema geotérmico “multiflasheo”.

La capacidad total de la planta puede ser expresada como:

$$w = \sum_{k=1}^n Ms_k Hls_k \eta_k \quad (2.1)$$

Donde:

Ms_k = Masa producida de vapor en las k etapas de flasheo.

Hls_k = Caída de entalpía insoentrópica, entre las condiciones de flasheo y el condensador.

η_k = Eficiencia isoentrópica.

Si se considera el calor específico constante durante el proceso de expansión, la capacidad específica puede ser aproximadamente la siguiente:

$$n_k Hls_k = Cp(T_k - T_0) \quad (2.2)$$

La cantidad de vapor liberada en el flasheo k es obtenida de la expresión:

$$Ms_k = \frac{(h_{f_{k-1}} - h_{f_k})}{h_{fg,k}} = \frac{(T_{k-1} - T_k)}{h_{fg,k}} \quad (2.3)$$

Donde h_f y h_{fg} es la entalpía del líquido saturado y entalpía de vaporización respectivamente. Ya que h_{fg} permanece esencialmente constante sobre el rango de temperatura de interés, Ms_k puede suponerse como una función únicamente de h_f y la expresión para la capacidad de la turbina queda de la manera siguiente:

$$w = C \sum_{k=2}^n (T_{k-1} - T_k)(T_k - T_0) \quad (2.4)$$

Donde C es la constante.

Para tener una capacidad máxima, las derivadas parciales de la capacidad respecto a cada temperatura de flasheo deben ser igual a cero. Esta condición lleva al siguiente grupo de ecuaciones donde T_R y T_0 son la temperatura inicial de la salmuera (temperatura del fluido al salir del pozo) y temperatura de condensación respectivamente.

$$\begin{bmatrix} 1-2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1-2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1-2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1-2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1-2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_R \\ T_1 \\ T_2 \\ 0 \\ T_{n-1} \\ T_n \\ T_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Por combinación de estas ecuaciones se obtiene la expresión:

$$T_R - T_1 = T_1 - T_2 = T_2 - T_3 = \dots T_{n-1} - T_n = T_n - T_0 \quad (2.5)$$

Entonces para una máxima potencia de salida de la turbina, los intervalos de temperatura entre las sucesivas etapas de flasheo deben ser iguales.

El efecto del número de etapas de flasheo en la capacidad de la turbina se observa en la Figura 2.7. Claramente se observan incrementos más pequeños a medida que aumenta el número de etapas, por lo que económicamente no se justifica un número alto.

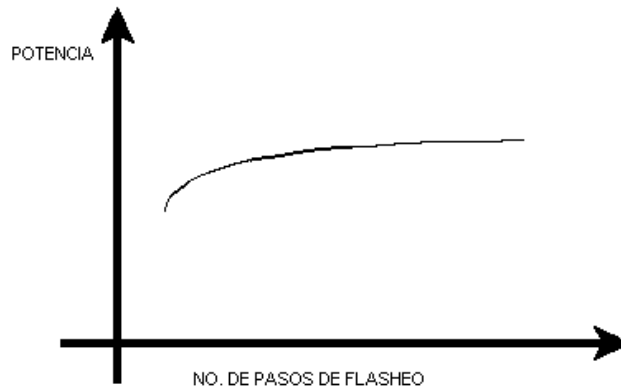


Figura 2.7. Influencia del número de etapas de flasheo en la potencia generada.

Para fines prácticos, tomando en consideración aspectos termodinámicos y económicos el número de etapas de flasheo se limita a dos. Instalaciones de este tipo se encuentran en Los Azufres.

Un inconveniente de este ciclo, cuando el contenido de gases no condensables es alto, es la gran potencia que requieren eyectores o compresores para la eliminación en el condensador de estos gases.

2.1.3 Ciclo con respiradero o de ventanilla

En el ciclo anterior se observa que si las condiciones de flasheo pueden ser controladas, la liberación de una pequeña cantidad de vapor de la salmuera es acompañada de una gran liberación de CO_2 (u otros gases).

Debido a la alta temperatura en la primera etapa de flasheo se libera aquí prácticamente todo el gas, por ejemplo, para una salmuera de 232.22°C por una liberación de vapor de 1.4% en peso, se liberara 85% de CO_2 . El gas puede ventilarse a la atmósfera y el vapor puede ser condensado mediante una cámara de rocío de contacto directo o indirecto mediante un intercambiador de calor de superficie y regresarlo al ciclo para recuperar su energía, tal como se aprecia en la Figura 2.8.

Ya que el vapor “flasheado” o producido de la salmuera residual en los siguientes pasos esta casi libre de gas, puede entonces ser utilizado directamente en la turbina.

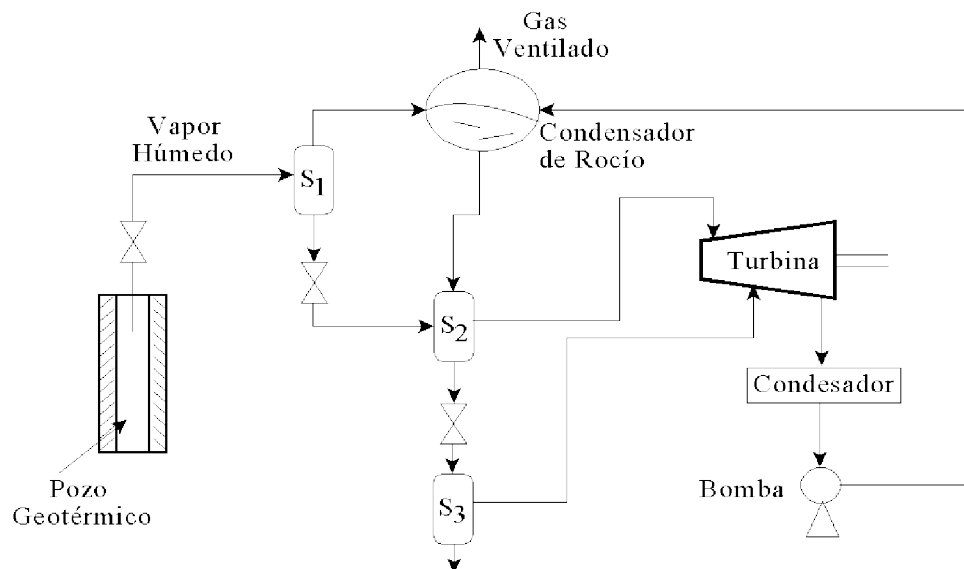


Figura 2.8. Ciclo de ventila.

2.1.4 Ciclo de vapor indirecto

En este ciclo el fluido producido por el pozo se flashea, si es necesario, y se lleva a un separador, la mezcla de gas y vapor producido se lleva a un cambiador de calor de superficie, en el cual se aprovecha la energía para producir vapor libre de gas y así alimentar a la turbina como se muestra en la Figura 2.9.

La salmuera residual del primer separador está libre de gas de tal manera que el vapor producido en los siguientes flasheos podrá usarse en la siguiente turbina.

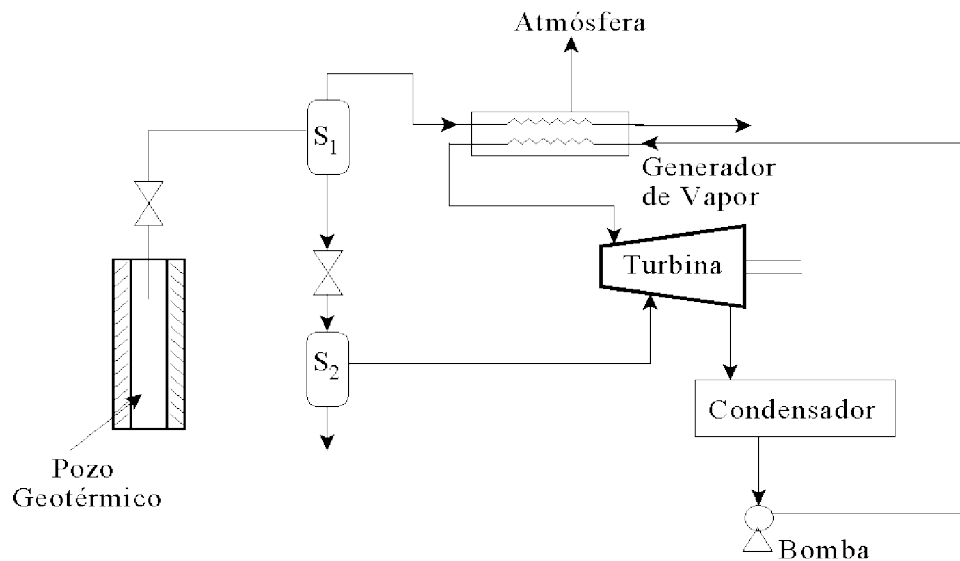


Figura 2.9. Ciclo de vapor indirecto.

2.1.5 Ciclo Bechtel

Un tercer ciclo modificado respecto al convencional analizado en esta sección se muestra en la Figura 2.10. Fue concebido inicialmente por *L. Awerbuck* y *C.T. Draney* de la *Bechtel Corporation* y se conoce simplemente como ciclo *Bechtel*. La configuración del flasheo primario esencialmente similar al del ciclo indirecto, el vapor contaminado que sale del primer separador es usado para producir vapor libre de gas del condensado, sin embargo, la salmuera residual del primer separador en vez de usarse para producir vapor libre de gas en otro flasheo, se usa para alimentar el evaporador de pasos múltiples de flasheo donde se calienta el condensado de la turbina.

Un flujo de vapor secundario para alimentar a la turbina es obtenido del líquido saturado del cambiador de calor identificado en el diagrama como generador de vapor. El evaporador de pasos múltiples consiste en una serie de recipientes divididos axialmente en varias partes. Cada parte, que es un cilindro y que a su vez es un paso del evaporador, está dividido en dos porciones o compartimentos comunicados entre si. Del primer separador de la parte inferior fluye líquido saturado el cual entra por el lado izquierdo al primer paso de evaporación, donde sufre una reducción de presión, debido a ello se evapora, el vapor producido es condensado en el derecho del separador mediante un pulverizador de condensado que viene de la siguiente etapa. El líquido residual de la primera etapa es liberado en la segunda y así se repite el proceso.

En estas condiciones el líquido condensado producido en el condensador y en algunos separadores, también alimenta al evaporador y es calentado hasta las condiciones de saturación antes de llegar al generador de vapor. Los condensados de la primera y segunda etapa de flasheo son utilizados en este proceso de calentamiento, como se muestra en el diagrama.

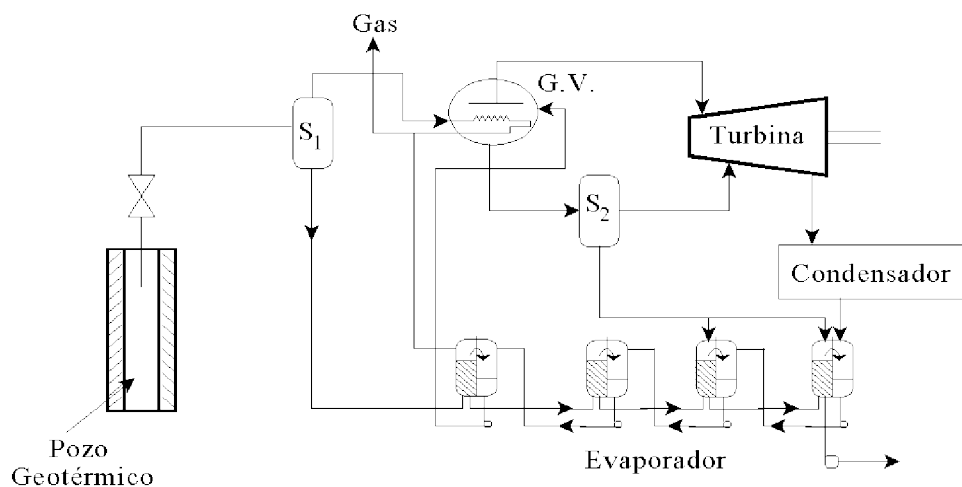


Figura 2.10. Ciclo de Vapor *Bechtel*. S-1, Separador 1. S-2, Separador 2. C, Condensador. GV, Generador de Vapor.

La eficiencia del ciclo crece a medida que aumenta el número de pasos del evaporador, sin embargo, al ir aumentando este último, la potencia adicional necesaria para poder bombear el condensado aumentará por lo que esto tiende a disminuir la ganancia obtenida en el calor

recuperado; por lo tanto, la necesidad del uso de bombas de circulación en el evaporador presenta serias desventajas para este ciclo.

Capítulo 3

Diseño del Esquema Básico de una Central Geotermoeléctrica con Proceso de Evaporización Instantánea

Antes de comenzar a implementar nuestro programa computacional, es necesario analizar y desarrollar el comportamiento de una planta de flasheo, es decir, determinar cada uno de los parámetros que intervienen en su funcionamiento.

3.1 Análisis de una central geotermoeléctrica

Para comenzar el análisis de la planta es necesario conocer las condiciones de operación de la misma.

- Producción de vapor de los pozos ($\dot{m}_{b_i}$).
- Calidad del vapor en la boca del pozo (x_i).
- Consumo de vapor por eyectores (cve).
- Eficiencia del turbogenerador (η_{tg}).
- Presión del vapor en la boca del pozo.

Una vez definidas las condiciones de operación se procede a desarrollar el análisis general para los diferentes tipos de arreglos que puede presentar una planta de flasheo.

La producción de los pozos es vapor húmedo con una calidad x_i . Este flujo entra al separador, del cual sale vapor seco que alimenta a la turbina y líquido saturado que puede ser desechado o ser aprovechado para una etapa de flasheo consecutiva.

El flujo de vapor que sale del separador para alimentar a la turbina se calcula mediante la ecuación:

$$\dot{m}_{v_i} = \dot{m}_{b_i} \cdot x_i - cve \quad (3.1)$$

El subíndice i representa el punto que se este analizando del proceso. Este puede tomar valores de $i = 1, 2, 3, \dots, n$, según sea el número de etapas de flasheo consideradas.

El cve es considerado para la primera etapa de flasheo, por lo tanto en las etapas sucesivas $cve = 0$. Así que la Ecuación 3.1 queda de la siguiente manera:

$$\dot{m}_{v_i} = \dot{m}_{b_i} \cdot x_i \quad (3.1a)$$

El flujo de líquido saturado ($\dot{m}_a$) se conoce mediante la siguiente expresión:

$$\dot{m}_{a_i} = \dot{m}_{b_i} - \left(\dot{m}_{v_i} + cve \right) \quad (3.2)$$

Para una segunda etapa de flasheo se reduce la presión mediante una válvula (Figura 3.1). Pero la entalpía se conserva constante si el proceso es adiabático, no hay incremento de calor (es decir, el sistema es aislado).



Figura 3.1. Válvula de expansión.

La anterior aseveración se puede analizar haciendo un balance de energía mediante la Primera Ley de la Termodinámica.

$$q - w = \frac{V_a^2 - V_b^2}{2} + g \cdot (Z_a - Z_b) + h_a - h_b \quad (3.3)$$

Esto en por unidad de masa.

Se considera para este caso

$q = 0$, proceso adiabático.

$w = 0$, no se realiza ningún trabajo.

$Z_a = Z_b$, la diferencia de altura es insignificante.

La Ecuación 3.3 se reduce a

$$\frac{V_a^2 - V_b^2}{2} + h_a - h_b = 0$$

Es posible hacer $V_a=V_b$ si se ajusta el diámetro del tubo en el punto a la ecuación de continuidad. Se tendrá entonces:

$$h_a = h_b = h_x \quad (3.4)$$

Reacuérdesse que en el punto **a** hay líquido saturado y en **b**, al reducir la presión, se obtendrá vapor húmedo. Así como el subíndice v indica que se tiene vapor seco.

$$h_x = hf_a + x_b \cdot hfg_a \quad (3.5)$$

$$x_i = \frac{h_a - hf_a}{hfg_a} \quad (3.6)$$

Además el flujo de líquido saturado que sale del separador 1 es el mismo que entra en el separador 2 pero como vapor húmedo.

En este caso hablamos de dos etapas de flasheo para una turbina de doble admisión (Figura 3.2). Esta recibe vapor seco a una presión P_1 de la primera etapa y vapor seco de la segunda etapa a una presión P_2 .

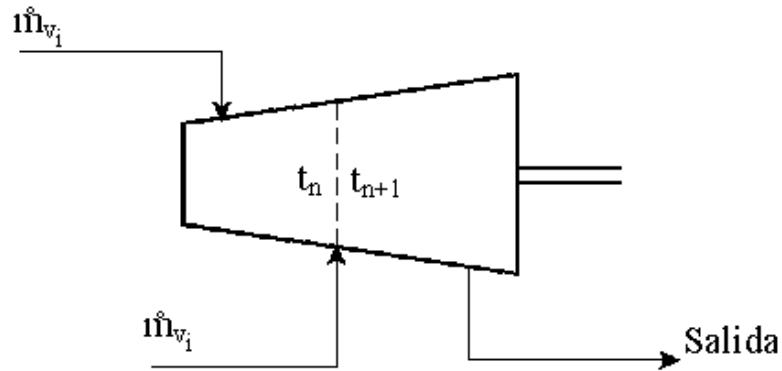


Figura 3.2. Turbina de doble admisión.

Del punto t_n (con $n = 1$) al punto t_{n+1} el proceso es isentrópico (a entropía constante).

$$s_i = s_{t_n} = sf_{t_n} + x_{t_n} \cdot sfg_{t_n} \quad (3.7)$$

$$sfg_i = sg_i - sf_i \quad (3.8)$$

$$x_{t_n} = \frac{s_{t_n} - sf_{t_n}}{sfg_{t_n}} \quad (3.9)$$

$$h_{t_n} = hf_i + x_{t_n} \cdot hg_i \quad (3.10)$$

En el punto t_{n+1} se unen los dos flujos de vapor húmedo que entran a la turbina (Figura 3.3A). Por lo que, mediante un balance de energía, se obtiene,

$$\dot{m}_{v_n} \cdot h_{t_n} + \dot{m}_{v_{n+1}} \cdot h_{n+1} = \left(\dot{m}_{v_n} + \dot{m}_{v_{n+1}} \right) \cdot h_{t_{n+1}} \quad (3.11)$$

Despejando $h_{t_{n+1}}$ de la Ecuación (3.11)

$$h_{t_{n+1}} = \frac{\dot{m}_{v_{n+1}} \cdot h_{t_n} + \dot{m}_{v_n} \cdot h_{n+1}}{\left(\dot{m}_{v_n} + \dot{m}_{v_{n+1}} \right)} \quad (3.12)$$

Al salir de la turbina tenemos que la entalpía en el vapor es igual a la entalpía que posee el flujo resultante de la suma de las diferentes etapas de admisión de la turbina. Por ejemplo en el flujo de vapor de la turbina de doble admisión (Figura 3.3A) tenemos que

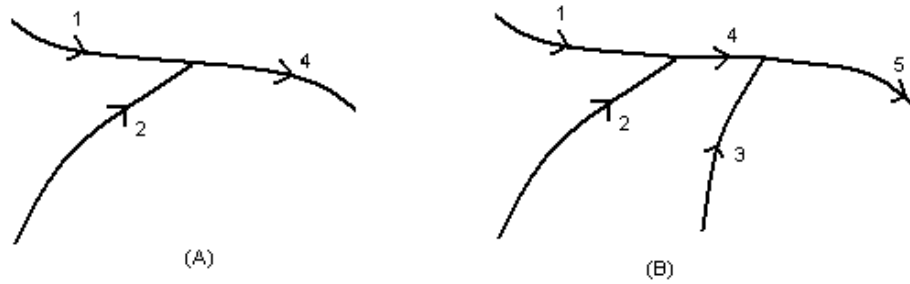


Figura 3.3. Flujo de vapor en una turbina de doble admisión (A) y una turbina de triple admisión (B).

$$S_{salida} = S_{t_n} \quad (3.13)$$

$$x_{salida} = \frac{S_{salida} - sf_{salida}}{sfg_{salida}} \quad (3.14)$$

Los valores de entalpía y entropía para las diferentes presiones se obtienen de las tablas de vapor [5].

Para calcular la potencia eléctrica generada por una planta con una etapa de flasheo se utiliza la expresión

$$P_E = \dot{m}_{v_n} \cdot (h_n - h_{salida}) \cdot \eta_{tg} \quad (3.15)$$

Para dos etapas de flasheo

$$P_E = \left[\dot{m}_{v_n} \cdot (h_n - h_{t_n}) + \left(\dot{m}_{v_n} + \dot{m}_{v_{n+1}} \right) (h_{t_{n+1}} - h_{salida}) \right] \cdot \eta_{tg} \quad (3.15a)$$

En el caso de tres etapas de flasheo

$$P_E = \left[\dot{m}_{v_n} \cdot (h_n - h_{t_n}) + \left(\dot{m}_{v_n} + \dot{m}_{v_{n+1}} \right) (h_{t_{n+1}} - h_{t_{n+2}}) + \left(\dot{m}_{v_n} + \dot{m}_{v_{n+1}} + \dot{m}_{v_{n+2}} \right) (h_{t_{n+3}} - h_{salida}) \right] \cdot \eta_{tg} \quad (3.15b)$$

Al agregar una o más etapas de flasheo se sigue una analogía similar a la anterior.

Si los valores de presión utilizados no aparecen en las tablas de vapor, pero si están dentro del rango de valores de las mismas, se realiza una interpolación lineal para poder determinar con precisión los valores de h y s correspondientes a las presiones establecidas.

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot (y_2 - y_1) \quad (3.16)$$

En donde:

x = valor de presión deseado.

y = valor que se desea conocer de h o s a una presión x .

x_1 = valor inmediato inferior a x .

x_2 = valor inmediato superior a x .

y_1 = valor inmediato inferior de h o s a una presión x_1 .

y_2 = valor inmediato superior de h o s a una presión x_2 .

Ejemplo 3.1

Se desea proyectar la construcción de una planta de generación de energía eléctrica, utilizando un yacimiento geotérmico, por lo cual se pide un análisis de una, dos y tres etapas de flasheo con una turbina (Fig. 3.4, Fig. 3.5 y Fig.3.6). Las condiciones del proyecto son las siguientes:

Producción de vapor de los pozos = 4000 Ton/hr.

Calidad del vapor al salir del pozo = 38%.

Eficiencia del turbo generador = 82%.

Presión del vapor al salir del pozo = 15 bar.

Presión de la segunda etapa de flasheo = 6 bar.

Presión de la tercera etapa de flasheo = 3 bar.

Presión del vapor al salir de la turbina = 0.5 bar.

Considérese un sistema ideal, por lo tanto no hay pérdidas.

Calcular para cada etapa de flasheo la potencia eléctrica generada y resumir los resultados en una grafica de No. etapas vs. Potencia.

Caso 1. Para una etapa de flasheo se puede disponer del arreglo siguiente:

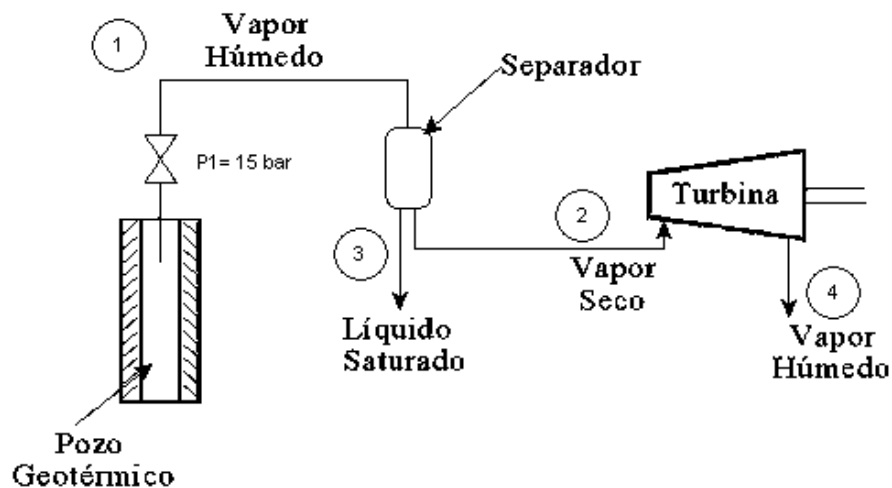


Figura 3.4. Geotermoelectrica con una etapa de flasheo.

Solución.

Punto 1. Tenemos vapor húmedo.

$$\dot{m}_{b1} = \left(4000 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}} \right) / (3.6) = 1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

$$x_1 = 0.38$$

De las tablas de vapor para una presión de 15 bar obtenemos los siguientes valores.

$$hg_1 = 2792.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hf_1 = 844.84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sf_1 = 2.315 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sg_1 = 6.4448 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Punto 2. El vapor seco llega a la turbina.

$$h_2 = hg_1$$

$$s_2 = sg_1$$

Calculamos el flujo de vapor que pasa por este punto utilizando la Ecuación (3.1).

$$\dot{m}_{v_2} = x_1 \cdot \dot{m}_{b_1} - \frac{cve}{3.6} = (0.38) \cdot \left(1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} \right) - 0 = 422.2222 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Punto 3. Líquido saturado (salmuera).

$$h_3 = hf_1$$

$$s_3 = sf_1$$

El flujo que pasa por este punto (Ecuación 3.2) es:

$$\dot{m}_{a_3} = \dot{m}_{b_1} - \left(\dot{m}_{v_2} + \frac{cve}{3.6} \right) = 1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} - 422.22 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} = 688.8889 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Punto 4. Al salir de la turbina tenemos vapor húmedo a una presión de 0.5 bar. En base a la Ecuación (3.13) tenemos que:

$$s_4 = s_2$$

De las tablas de vapor para una presión de 0.5 bar.

$$hf_4 = 340.49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hfg_4 = 2305.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sf_4 = 1.0910 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sg_4 = 7.5939 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Calculando

$$sfg_4 = sg_4 - sf_4 = (7.5939 - 1.0910) \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})} = 6.5029 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Con la Ecuación (3.9) calculamos la calidad del vapor al salir de la turbina,

$$x_4 = \frac{s_2 - sf_4}{sfg_4} = \frac{(6.4448 - 1.0910) \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}}{6.5029 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}} = 0.8233$$

Para calcular la entalpía en este punto utilizamos Ecuación (3.5).

$$h_4 = hf_4 + x_4 hfg_4 = 340.49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + (0.8233) \cdot \left(2305.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 2238.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Potencia eléctrica generada

De la Ecuación (3.15) tenemos que la potencia eléctrica generada es,

$$P_E = (h_2 - h_4) \cdot \dot{m}_2 \cdot \eta_{ig} = \left(2792.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2238.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \cdot \left(422.22 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} \right) \cdot (0.82) = 191,702.2354 \text{KW}$$

Caso 2. Para dos etapas de flasheo se tiene el arreglo siguiente:

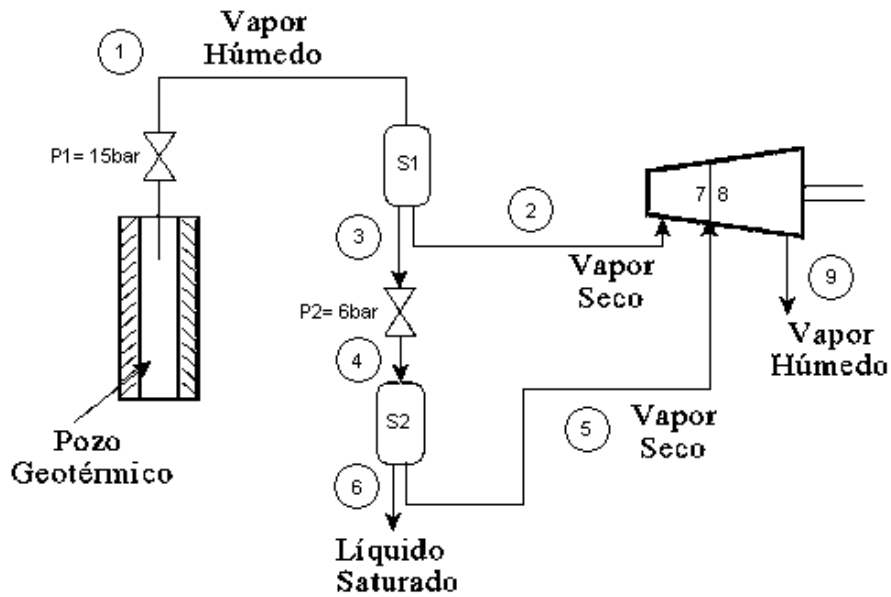


Figura 3.5. Geotermoelectrica con dos etapas de flasheo.

Solución.

Punto 1. Tenemos vapor humedo.

$$\dot{m}_{b1} = \left(4000 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}} \right) / (3.6) = 1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

$$x_1 = 0.38$$

De las tablas de vapor para una presión de 15 bar.

$$hg_1 = 2792.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hf_1 = 844.84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sf_1 = 2.315 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sg_1 = 6.4448 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Punto 2. El vapor seco de la primera etapa llega a la turbina.

$$h_2 = hg_1$$

$$s_2 = sg_1$$

El flujo de vapor (Ecuación 3.1) que pasa por este punto es:

$$\dot{m}_{v_2} = x_1 \cdot \dot{m}_{b_1} - \frac{cve}{3.6} = (0.38) \cdot \left(1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} \right) - 0 = 422.2222 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Punto 3. Líquido saturado.

$$h_3 = hf_1$$

$$s_3 = sf_1$$

El flujo que sale del separador 1 (Ecuación 3.2) es:

$$\dot{m}_{a_3} = \dot{m}_{b_1} - \left(\dot{m}_{v_2} + \frac{cve}{3.6} \right) = 1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} - 422.22 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} = 688.8889 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Segunda etapa de flasheo.

Punto 4. Después de la segunda válvula que reduce la presión a 6 bar se obtiene vapor húmedo (Ecuación 3.4).

$$h_4 = h_3$$

$$\dot{m}_{b_4} = \dot{m}_{a_3}$$

De las tablas de vapor para una presión de 6 bar.

$$hf_4 = 670.56 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hg_4 = 2756.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hfg_4 = 2086.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sg_4 = 6.760 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sf_4 = 1.9312 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Calidad del vapor (Ecuación 3.6).

$$x_4 = \frac{h_4 - hf_4}{hfg_4} = \frac{(844.84 - 670.56) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{2086.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0.08353$$

Punto 5. El vapor seco que sale del separador 2.

$$h_5 = hg_4$$

$$s_5 = sg_4$$

El flujo de vapor que llega a la turbina en esta etapa es de acuerdo a la Ecuación (3.1a).

$$\dot{m}_{v_5} = \dot{m}_{a_3} \cdot x_4 = \left(688.8889 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} \right) (0.08353) = 57.5466 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Punto 6. Líquido saturado (salmuera).

$$h_6 = hf_4$$

Flujo que sale del separador 2.

$$\dot{m}_{a_6} = \dot{m}_{a_3} - \dot{m}_{v_5} = (688.8889 - 57.5466) \frac{\text{kg}}{\text{seg}} = 631.3422 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

En la turbina tenemos vapor húmedo.

Punto 7.

$$s_{t_7} = s_2$$

$$sf_{t_7} = sf_4$$

$$sg_{t_7} = sg_4$$

$$sfg_{t_7} = sfg_4$$

$$hf_{t_7} = hf_4$$

$$hfg_{t_7} = hfg_4$$

$$\dot{m}_{t_7} = \dot{m}_{v_2}$$

Calidad del vapor (Ecuación 3.9).

$$x_{t_7} = \frac{s_{t_7} - sf_{t_7}}{sfg_{t_7}} = 0.9347$$

Calculamos la entalpía (Ecuación 3.5).

$$h_{t_7} = hf_{t_7} + x_{t_7} \cdot hfg_{t_7} = 2620.6767 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Punto 8.

$$sf_{t_8} = sf_{t_7}$$

$$sfg_{t_8} = sfg_{t_7}$$

$$hf_{t_8} = hf_{t_7}$$

$$hfg_{t_8} = hfg_{t_7}$$

En este punto se una $\dot{m}_{t_7}$ y $\dot{m}_{v_5}$,

$$\dot{m}_{t_8} = \dot{m}_{t_7} + \dot{m}_{v_5} = 479.7688 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Para calcular la entalpía en este punto utilizamos la Ecuación (3.12).

$$h_{t_8} = \frac{\dot{m}_{t_7} \cdot h_{t_7} + \dot{m}_{v_5} \cdot h_5}{\dot{m}_{t_8}} = 2637.0042 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Una vez que conocemos la entalpía podemos saber la calidad del vapor utilizando la Ecuación (3.6).

$$x_{t_8} = \frac{h_{t_8} - hf_{t_8}}{hfg_{t_8}} = 0.9425$$

Después con la Ecuación (3.7) podemos conocer la entropía.

$$s_{t_8} = sf_{t_8} + x_{t_8} \cdot sfg_{t_8} = 6.4825 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Punto 9. Al salir de la turbina tenemos vapor húmedo a una presión de 0.5 bar. Como lo indica la Ecuación (3.13) tenemos que:

$$s_9 = s_{t_8}$$

De las tablas de vapor para una presión de 0.5 bar.

$$hf_9 = 340.49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hfg_9 = 2305.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sf_9 = 1.091 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sg_9 = 7.5939 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Calidad del vapor (Ecuación 3.14).

$$sf g_9 = sg_9 - sf_9 = 6.5029 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$x_9 = \frac{s_9 - sf_9}{sf g_9} = 0.8291$$

Entalpía (Ecuación 3.5).

$$h_9 = hf_9 + x_9 \cdot hfg_9 = 2251.9099 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Potencia eléctrica generada

Con la Ecuación 3.15a calculamos la potencia eléctrica generada.

$$P_E = \left[(h_2 - h_{t_7}) \cdot \dot{m}_2 + (h_{t_8} - h_9) \cdot \dot{m}_8 \right] \cdot \eta_{ig} = 210,885.2991 \text{KW}$$

Caso 3. Para tres etapas de flasheo se tiene el arreglo siguiente:

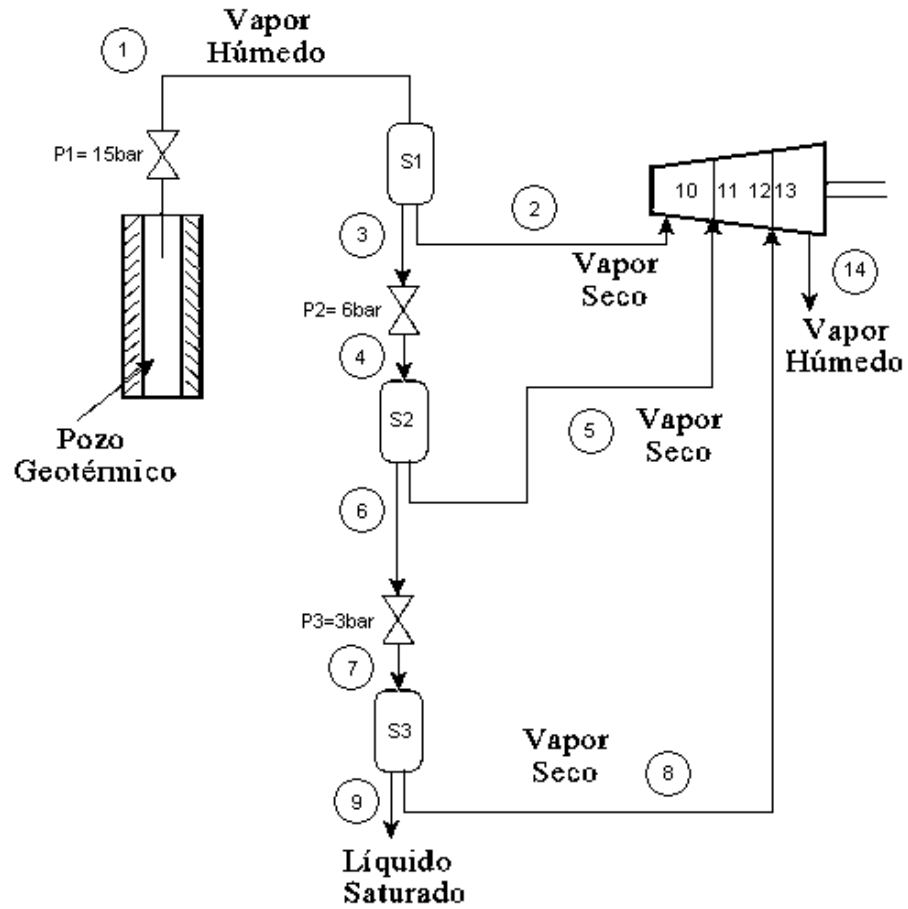


Figura 3.6. Geotermoeléctrica con tres etapas de flasheo.

Solución.

Punto 1. Tenemos vapor húmedo.

$$\dot{m}_{b1} = \left(4000 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}} \right) / (3.6) = 1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

$$x_1 = 0.38$$

De las tablas de vapor para una presión de 15 bar.

$$hg_1 = 2792.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hf_1 = 844.84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sf_1 = 2.315 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sg_1 = 6.4448 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Punto 2. El vapor seco de la primera etapa llega a la turbina.

$$h_2 = hg_1$$

$$s_2 = sg_1$$

El flujo de vapor (Ecuación 3.1) que pasa por este punto es:

$$\dot{m}_{v_2} = x_1 \cdot \dot{m}_{b_1} - \frac{cve}{3.6} = (0.38) \cdot \left(1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} \right) - 0 = 422.2222 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Punto 3. Líquido saturado.

$$h_3 = hf_1$$

$$s_3 = sf_1$$

El flujo que sale del separador 1 (Ecuación 3.2) es:

$$\dot{m}_{a_3} = \dot{m}_{b_1} - \left(\dot{m}_{v_2} + \frac{cve}{3.6} \right) = 1111.11 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} - 422.22 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} = 688.8889 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Segunda etapa de flasheo.

Punto 4. Después de la segunda válvula que reduce la presión a 6 bar se obtiene vapor húmedo (Ecuación 3.4).

$$h_4 = h_3$$

$$\dot{m}_{b_4} = \dot{m}_{a_3}$$

De las tablas de vapor para una presión de 6 bar.

$$hf_4 = 670.56 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hg_4 = 2756.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hfg_4 = 2086.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sg_4 = 6.760 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sf_4 = 1.9312 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Calidad del vapor (Ecuación 3.6).

$$x_4 = \frac{h_4 - hf_4}{hfg_4} = \frac{(844.84 - 670.56) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{2086.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0.08353$$

Punto 5. El vapor seco que sale del separador 2.

$$h_5 = hg_4$$

$$s_5 = sg_4$$

El flujo de vapor que llega a la turbina en esta etapa es de acuerdo a la Ecuación (3.1a).

$$\dot{m}_{v_5} = \dot{m}_{a_3} \cdot x_4 = \left(688.8889 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} \right) (0.08353) = 57.5466 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Punto 6. Líquido saturado (salmuera).

$$h_6 = hf_4$$

Flujo que sale del separador 2.

$$\dot{m}_{a_6} = \dot{m}_{a_3} - \dot{m}_{v_5} = (688.8889 - 57.5466) \frac{\text{kg}}{\text{seg}} = 631.3422 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Tercera etapa de flasheo.

Punto 7. Después de la tercera válvula que reduce la presión a 3bar se obtiene vapor húmedo.

$$h_7 = h_6$$

De las tablas de vapor para una presión de 3 bar.

$$hf_7 = 561.4700 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hg_7 = 2725.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hfg_7 = 2163.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sf_7 = 1.6718 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sg_7 = 6.9919 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Calidad del vapor.

$$x_7 = \frac{h_7 - hf_7}{hfg_7} = 0.0508$$

Punto 8. El vapor seco que sale del separador 3.

$$h_8 = hg_7$$

$$s_8 = sg_7$$

El flujo de vapor que llega a la turbina en esta etapa es:

$$\dot{m}_{v_8} = \dot{m}_{a_6} \cdot x_7 = \left(631.3422 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} \right) (0.0508) = 32.0922 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Punto 9. Líquido saturado (salmuera).

$$h_9 = hf_7$$

Flujo que sale del separador 3.

$$\dot{m}_{a_9} = \dot{m}_{a_7} - \dot{m}_{v_8} = (631.3422 - 32.0922) \frac{\text{kg}}{\text{seg}} = 599.2500 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

En la turbina tenemos vapor húmedo.

Punto 10. A una presión de 6 bar

$$s_{t_{10}} = s_2$$

$$sf_{t_{10}} = sf_4$$

$$sg_{t_{10}} = sg_4$$

$$sf_{g_{t_{10}}} = sf_{g_4} = sg_4 - sf_4$$

$$hf_{t_{10}} = hf_4$$

$$hfg_{t_{10}} = hfg_4$$

$$\dot{m}_{t_{10}} = \dot{m}_{v_2}$$

Calidad del vapor.

$$x_{t_{10}} = \frac{s_{t_{10}} - sf_{t_{10}}}{sf_{g_{t_{10}}}} = 0.9347$$

Entalpía.

$$h_{t_{10}} = hf_{t_{10}} + x_{t_{10}} \cdot hfg_{t_{10}} = 2620.6767 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Punto 11.

Flujo de vapor.

$$\dot{m}_{t_{11}} = \dot{m}_{t_{10}} + \dot{m}_{v_5} = 479.7689 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Entalpía.

$$h_{t_{11}} = \frac{\dot{m}_{t_{10}} \cdot h_{t_{10}} + \dot{m}_{v_5} \cdot h_{v_5}}{\dot{m}_{t_{11}}} = 2637 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$x_{t_{11}} = \frac{h_{t_{11}} - hf_{t_{11}}}{hfg_{t_{11}}} = 0.9426$$

Entropía.

$$s_{t_{11}} = sf_5 + x_{t_{11}} \cdot sf_{g_5} = 6.4826 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Punto 12. A una presión de 3 bar.

Entropía.

$$s_{t_{12}} = s_{t_{11}}$$

Calidad del vapor.

$$x_{t_{12}} = \frac{s_{t_{11}} - sf_7}{sf_{g_7}} = 0.9043$$

Entalpía.

$$h_{t_{12}} = x_{t_{12}} \cdot h_8 = 2464.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Punto 13.

Entalpía.

$$h_{t_{13}} = \frac{\left(\overset{\circ}{m}_{v_2} + \overset{\circ}{m}_{v_5} \right) \cdot h_{t_{12}} + \overset{\circ}{m}_{v_8} \cdot h_8}{\overset{\circ}{m}_{v_2} + \overset{\circ}{m}_{v_5} + \overset{\circ}{m}_{v_8}} = 2480.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Calidad del vapor.

$$x_{t_{13}} = \frac{h_{t_{13}} - hf_7}{hfg_7} = 0.8943$$

Entropía.

$$s_{t_{13}} = sf_7 + x_{t_{13}} \cdot sf_{g_7} = 6.4296 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Punto 14. Al salir de la turbina tenemos vapor húmedo a una presión de 0.5 bar.

$$s_{14} = s_{t_{13}}$$

De las tablas de vapor para una presión de 0.5 bar.

$$hf_{14} = 340.49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$hfg_{14} = 2305.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$sf_{14} = 1.091 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$sg_{14} = 7.5939 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

Calidad del vapor.

$$sf_{g_{14}} = sg_{14} - sf_{14} = 6.5029 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$$

$$x_{14} = \frac{s_{14} - sf_{14}}{sf_{g_{14}}} = 0.8210$$

Entalpía.

$$h_{14} = hf_{14} + x_{14} \cdot hfg_{14} = 2233.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Potencia eléctrica generada

$$P_E = \left[(h_2 - h_{t_{10}}) \cdot \dot{m}_{v_2} + (h_{t_{11}} - h_{t_{12}}) \cdot (\dot{m}_{v_2} + \dot{m}_{v_5}) + (h_{t_{13}} - h_{t_{14}}) \cdot (\dot{m}_{v_2} + \dot{m}_{v_5} + \dot{m}_{v_8}) \right] \cdot \eta_{tg} = 231,220 \text{KW}$$

En el ejemplo anterior se observa que al incrementar el número de etapas de flasheo en la planta se aprovecha de mayor manera el potencial geotérmico.

En cada etapa se reutiliza el líquido saturado que sale del separador posterior a la misma, este fluido se mantiene con pérdidas mínimas de temperatura y se somete a una menor presión para de esta manera lograr las condiciones de ebullición y así aprovechar la energía que aún posee el vapor e incrementar la potencia eléctrica generada.

Sin embargo, en cada etapa el incremento de energía eléctrica generada es cada vez menor, lo cual hace poco costeable invertir en la instalación de más de dos etapas de flasheo. Ver Figura 3.7.

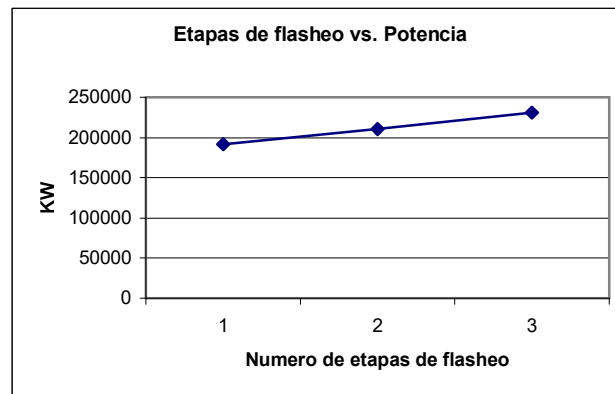


Figura 3.7. En esta gráfica se resumen los resultados obtenidos en el Ejemplo 3.1.

3.2 Programación de una planta geotermoelectrica

Después de haber analizado y comprendido totalmente el comportamiento de una planta geotermoelectrica podemos iniciar la programación de este sistema. *Matlab®* fue el lenguaje utilizado para elaborar el programa debido a que facilita la programación y que cuenta con métodos numéricos que realizan cálculos casi de todo tipo, manejo de vectores, matrices, números reales e imaginarios. Además *Matlab®* ofrece la opción de programación visual de manera práctica y sencilla.

3.2.1 Programación de una central geotermoelectrica con una, dos y tres etapas de flasheo

Se optó por limitar a tres el número de etapas de flasheo, debido a que simulamos una central geotermoelectrica real y tomando en cuenta que para fines prácticos el número de etapas de flasheo se limita a dos ya que los incrementos de P_E generada son cada vez más pequeños a medida que se aumentan las etapas lo cual no justifica su costo. El número de turbinas va de uno a tres, según sea el arreglo que se desea analizar.

Basándonos en el ejemplo 3.1, pero agregando dos etapas más de flasheo con el fin de observar de mejor manera el comportamiento antes mencionado de la generación de potencia para cada uno de los distintos casos de estudio, se tienen los resultados mostrados en las tablas 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1. Potencia generada con un turbogenerador.

Presión para cada válvula = 15 bar, 6 bar, 3 bar, 2.5 bar y 2 bar. $x = 0.38$, producción = 4000Ton/hr	
Número de Etapas de flasheo	Potencia (KW)
1	191,698.92
2	210,885.30
3	231,222.25
4	233,198.50
5	236,401.24

En base a los resultados obtenidos podemos observar que al incrementar las etapas de flasheo la P_E generada también se incrementa. Estos incrementos de potencia son más notables hasta la tercera etapa de flasheo (Fig.3.8), con más etapas la ganancia resulta cada vez menor y por lo tanto es poco costeable tener una central con estas características.

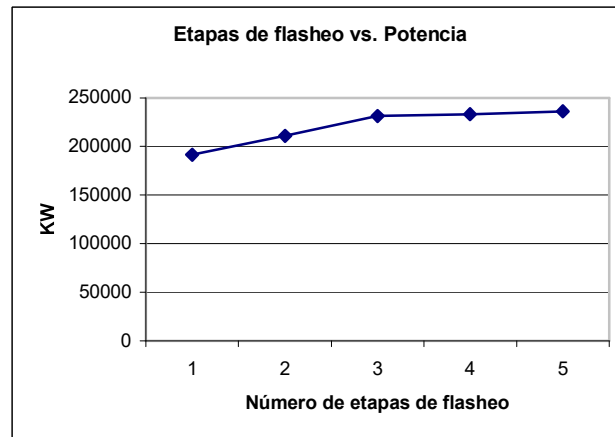


Figura 3.8. Potencia generada al utilizando de una a cinco etapas de flasheo para una sola turbina.

En los resultados mostrados en la Tabla 3.2 se observa que al trabajar con una o mas turbinas la P_E generada se incrementa, pero se presentan mas perdidas a comparación de cuando se usa una turbina de doble o n-admisión.

Tabla 3.2. Potencia eléctrica total generada utilizando de uno a cinco turbogeneradores.

Presión para cada válvula = 15 bar, 6 bar, 3 bar, 2.5 bar y 2 bar. x = 0.38, producción = 4000Ton/hr	
Número de Turbinas	Potencia (KW)
1	191,698.920
2	221,813.034
3	226,313.869
4	229,157.359
5	230,687.914

Los resultados de la Tabla 3.2 son mostrados de manera gráfica en la Figura 3.9.

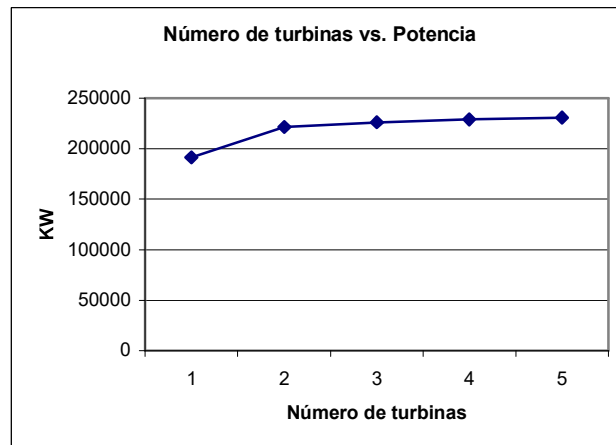


Figura 3.9. Potencia generada al utilizando de una a cinco turbinas.

El diagrama mostrado en la Figura 3.10 sintetiza el modelo del simulador.

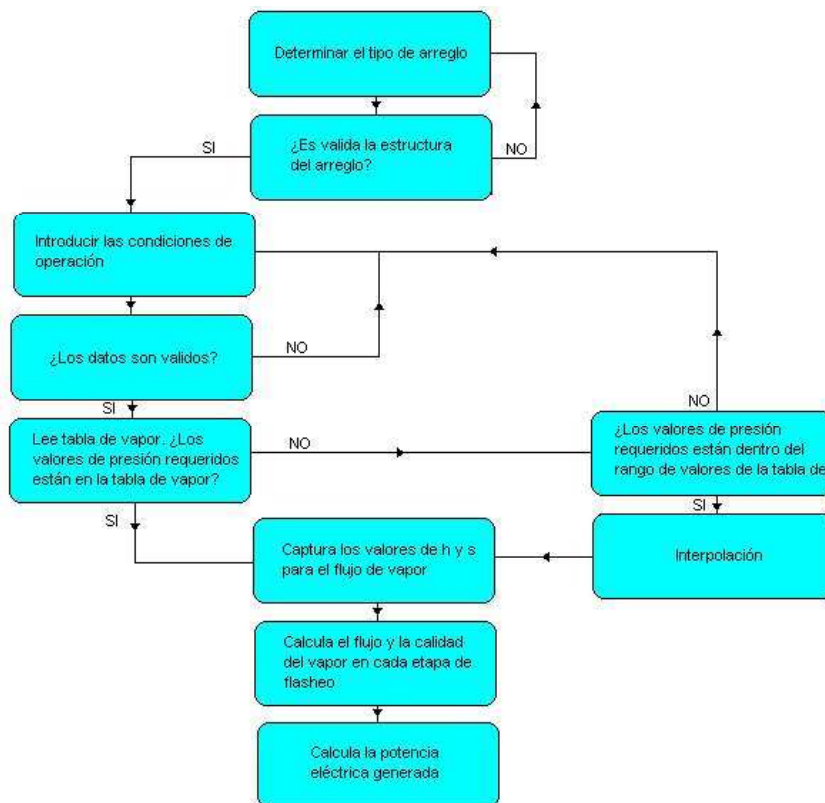


Figura 3.10. Pseudocódigo para la programación de una central geotermoeléctrica con proceso de flasheo.

3.3 Pruebas de simulación

En las pruebas realizadas se analizarán los resultados obtenidos al variar alguna de las condiciones de operación de la planta.

Para las siguientes pruebas utilizaremos un arreglo con un turbogenerador y una etapa de flasheo.

Prueba 1. Variar el valor de la calidad del vapor (x) desde cero a uno (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Variando el valor de x .

<i>Presión = 15 bar, etapas = 1</i> <i>producción = 4000Ton/hr</i>	
Calidad del vapor (x)	Potencia (KW)
0	0
0.1	50,447.083
0.2	100,894.700
0.3	151,341.250
0.4	201,788.330
0.5	252,235.120
0.6	302,682.500
0.7	353,129.580
0.8	403,576.670
0.9	454,023.750
1	504,470.830

La calidad del vapor que se expansiona en la turbina es un factor importante en el rendimiento y en la oxidación y corrosión de los álabes. Es conveniente que x tenga un valor alto, a fin de tener un buen rendimiento térmico. Ver Figura 3.11.

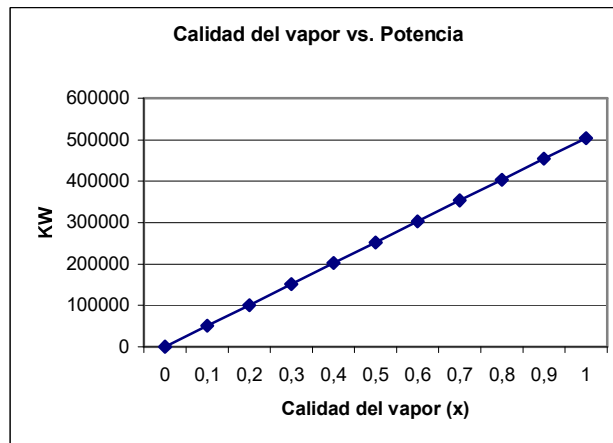


Figura 3.11. A mayor calidad de vapor corresponde mayor P_E generada.

Prueba 2. En este caso se varía la presión en la boca del pozo (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Variando la presión.

<i>$x = 0.38$, etapas = 1, producción = 4000Ton/hr</i>	
Presión del vapor en la boca del pozo (bar)	Potencia (KW)
1	39,034.702
5	130,438.060
10	169,449.150
15	191,698.920
20	206,979.260
25	218,462.370
30	227,508.810
35	234,792.760
40	240,875.690
45	245,964.060

De acuerdo con la Tabla 3.4, el rendimiento será más alto entre mayor sea el trabajo de la turbina. Así que es necesario que la presión de entrada sea alta. Ver Fig. 3.12.

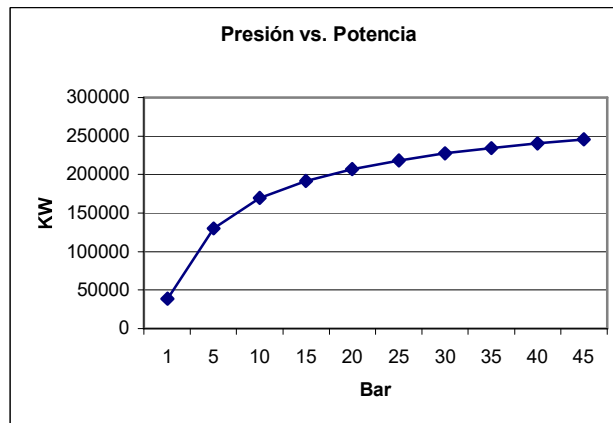


Figura 3.12. Presión vs. Potencia eléctrica generada.

Prueba 3. Variar la producción de vapor de los pozos (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Variando la producción de vapor.

<i>Presión = 15 bar, $x = 0.38$, etapas = 1</i>	
Producción de vapor de los pozos (Ton/hr)	Potencia (KW)
0	0
1000	47,924.729
2000	95,849.458
4000	191,698.920
6000	287,548.370
8000	383,397.830
10000	479,247.290
12000	575,096.750

Uno de los inconvenientes en la generación de energía geotermoeléctrica es el decaimiento de la producción de vapor en los pozos, así, cuanto más vapor produzca un pozo mayor será la energía que se pueda aprovechar del mismo (Fig. 3.13).

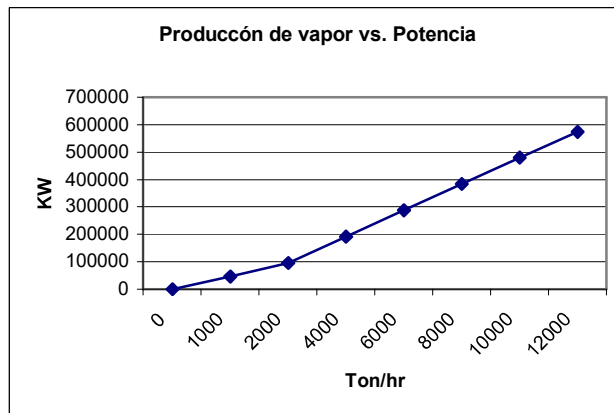


Figura 3.13. Potencia generada con respecto a la producción de vapor en los pozos.

3.3.1 Simulación de una central geotermoeléctrica real

Uno de los objetivos en esta Tesis es el poder simular una planta geotermoeléctrica real, para ello se recopiló información técnica de la C.G. Los Azufres y de la C.G. Cerro Prieto [1], ver Tabla 3.6. Como se puede observar la información corresponde a unidades que trabajan con una turbina y una etapa de flasheo, debido al decaimiento natural de los pozos de vapor la tendencia es diseñar unidades de este tipo.

Tabla 3.6. Información técnica de la C.G. Los Azufres y de la C.G. Cerro Prieto.

Información técnica.	Central Geotermoeléctrica	
	Los Azufres II	Cerro Prieto IV
Producción del vapor en la boca del pozo (Ton/Hr).	199.41	189.506
Consumo de vapor por eyectores (Ton/Hr).	5.8	8
Calidad del vapor en la boca del pozo (x)	0.97	0.9
Eficiencia del turbogenerador.	0.964*	0.964*
Presión en la boca del pozo (bar).	9	10,5
Presión en el escape de la turbina (bar).	0.118	0.1197
Temperatura (°C)	204	182
Potencia eléctrica generada.	25 MW	26,950KW

*Estos valores fueron tomados como referencia basándonos en los estándares de diseño de las turbinas de vapor ya que la información proporcionada no especifica dichos datos.

Tomando como muestra una unidad generadora de cada central e introduciendo la información de la misma en el simulador, obtenemos los siguientes resultados. Ver Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Comparación entre los valores de potencia reales y los valores de potencia obtenidos por el simulador.

Central Geotermoeléctrica	Real	Simulador
Los Azufres II	25MW	33.251MW
Cerro Prieto IV	26,950KW	29,697.618KW

Como podemos observar en la Tabla 3.7, los resultados obtenidos por el simulador difieren en un porcentaje a los resultados proporcionados en la información técnica. Este porcentaje de error se debe a diversas razones, por ejemplo: el que algunos de los datos son valores estándar y no los que realmente se tienen en la planta, posibles errores de medición de las condiciones de operación (x , P o la producción de vapor), la falta de precisión en las mediciones puede deberse a un factor humano, climático o al instrumento de medición que se

utilice; además debemos recordar que el simulador hace un análisis ideal del sistema [6], es decir, realiza un cálculo ideal.

Para poder obtener en nuestro simulador los valores de potencia para estas centrales, según da la información técnica, es necesario ajustar los datos que tomamos como estándar, en el caso la eficiencia del turbogenerador η_{tg} , sin rebasar los límites de diseño. Quedando nuestros datos de entrada como se ve en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Ajuste de Información.

Información técnica.	Central Geotermoeléctrica	
	Los Azufres II	Cerro Prieto IV
Producción del vapor en la boca del pozo (Ton/Hr).	199.41	189.506
Consumo de vapor por eyectores (Ton/Hr).	5.8	8
Calidad del vapor en la boca del pozo (x)	0.97	0.9
Eficiencia del turbogenerador.	0.725	0.875
Presión en la boca del pozo (bar).	9	10,5
Presión en el escape de la turbina (bar).	0.118	0.1197
Temperatura (°C)	204	182
Potencia eléctrica generada.	25 MW	26950KW

Ya con los ajustes realizados llevamos a cabo otra vez la simulación de cada una de las centrales geotermoeléctricas muestra.

Los resultados de este ajuste se presentan en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Resultados teóricos.

Central Geotermoeléctrica	Real	Simulador
Los Azufres II	25MW	25.007MW
Cerro Prieto IV	26,950KW	26,955.825KW

Debemos considerar que en realidad los valores de potencia generada varían, debido a que los valores proporcionados por CFE son precisos pero los obtenidos por el simulador son exactos.

Capítulo 4

Implementación de la Interfaz Gráfica de Usuario

4.1 Interfaz gráfica de usuario (GUI)

El ambiente de desarrollo de Interfaz de Usuario en *Matlab*[®] (*GUIDE*) contiene un conjunto de herramientas para crear interfaces graficas muy parecidas a las aplicaciones en *Windows* [11] Estas herramientas simplifican el proceso de creación y de programación.

Cuando se ejecuta un *GUI* (Interfaz Grafica de Usuario) con *GUIDE*, *Matlab*[®] despliega el editor de diseño (*Layout*).

En el área de diseño, también conocida como formulario, podemos colocar los elementos que se encuentran en las herramientas como un botón de comandos (*push botton*), menús desplegables (*popupmenu*), ejes (*exes*), etc. Ver Figura 4.1.

Al almacenar el diseño gráfico creado en la ventana *GUIDE*, *Matlab*[®] crea automáticamente el archivo “m” correspondiente, el cual tendrá el mismo nombre que el creado en *GUIDE*, el cual tiene la extensión *fig*. El archivo “m” contiene los *callback* correspondientes a cada componente.

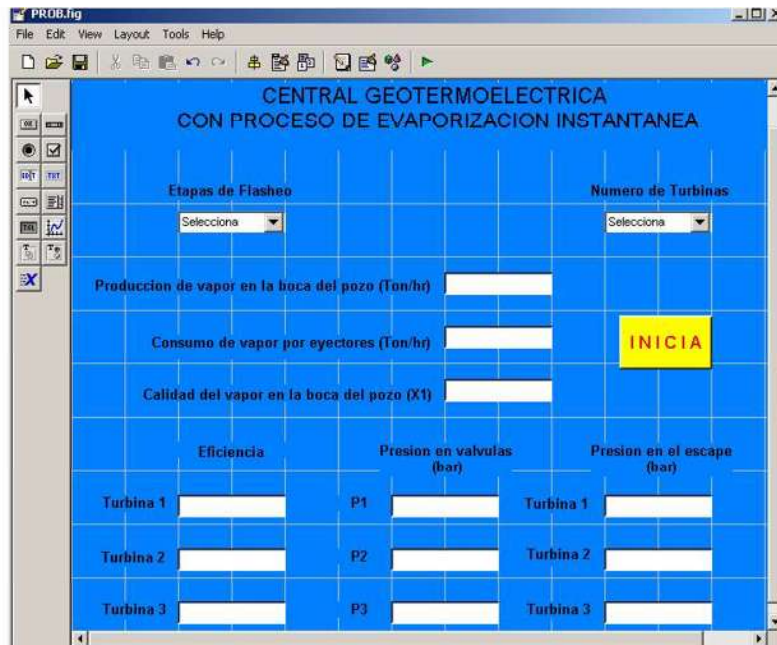


Figura 4.1. Editor de diseño y las herramientas que este nos ofrece. Como ejemplo podemos observar la estructura de la GUI diseñada para nuestro simulador.

4.2 Simulador

El simulador recibe los valores numéricos de las condiciones de operación de una central geotermoeléctrica. Estos valores son introducidos por medio de menús (Etapas de flasheo y Número de turbinas) y cuadros de texto (producción de vapor, consumo de vapor por eyectores, calidad del vapor en la boca del pozo, eficiencia del turbogenerador, presión en válvulas y presión en el escape). A cada cuadro de texto le corresponde una etiqueta que indica el dato que se debe introducir y la unidad de medida que le corresponde. Los menús ofrecen tres valores numéricos para estructurar los cinco tipos de arreglos diferentes que se pueden simular. Cada uno de los datos de entrada es almacenado en diferentes archivos de texto (Figura 4.2). Después, al ser presionado el botón INICIA, se tiene acceso a los valores almacenados y se realiza la conversión de los datos de tipo *string* a tipo *double*, en el archivo “m”, para poder ser utilizados en el análisis de la central geotermoeléctrica.

**CENTRAL GEOTERMoeLECTRICA
CON PROCESO DE EVAPORIZACION INSTANTANEA**

Etapas de Flasheo: Numero de Turbinas:

Produccion de vapor en la boca del pozo (Ton/hr):

Consumo de vapor por eyectores (Ton/hr): **INICIA**

Calidad del vapor en la boca del pozo (X1):

	Eficiencia	Presion en valvulas (bar)	Presion en el escape (bar)
Turbina 1	0.82	P1 15	Turbina 1 0.5
Turbina 2		P2 6	Turbina 2
Turbina 3		P3 3	Turbina 3

Figura 4.2. Interfaz grafica. Cada uno de los datos introducidos es almacenado en archivos con extensión txt.

Una vez terminado el análisis, cada uno de los resultados obtenidos es almacenado de manera ordenada, de acuerdo a las etapas de flasheo que se utilicen, en un archivo de texto según el tipo de dato, por ejemplo: potencia_generada.txt, flujo_de_vapor.txt, calidad_del_vapor.txt, entalpías.txt y entropías.txt. Estos archivos son creados en la unidad de memoria donde se este realizando la simulación. Para tener acceso a los resultados que arroje la simulación es necesario abrir los archivos generados (Figura 4.3).

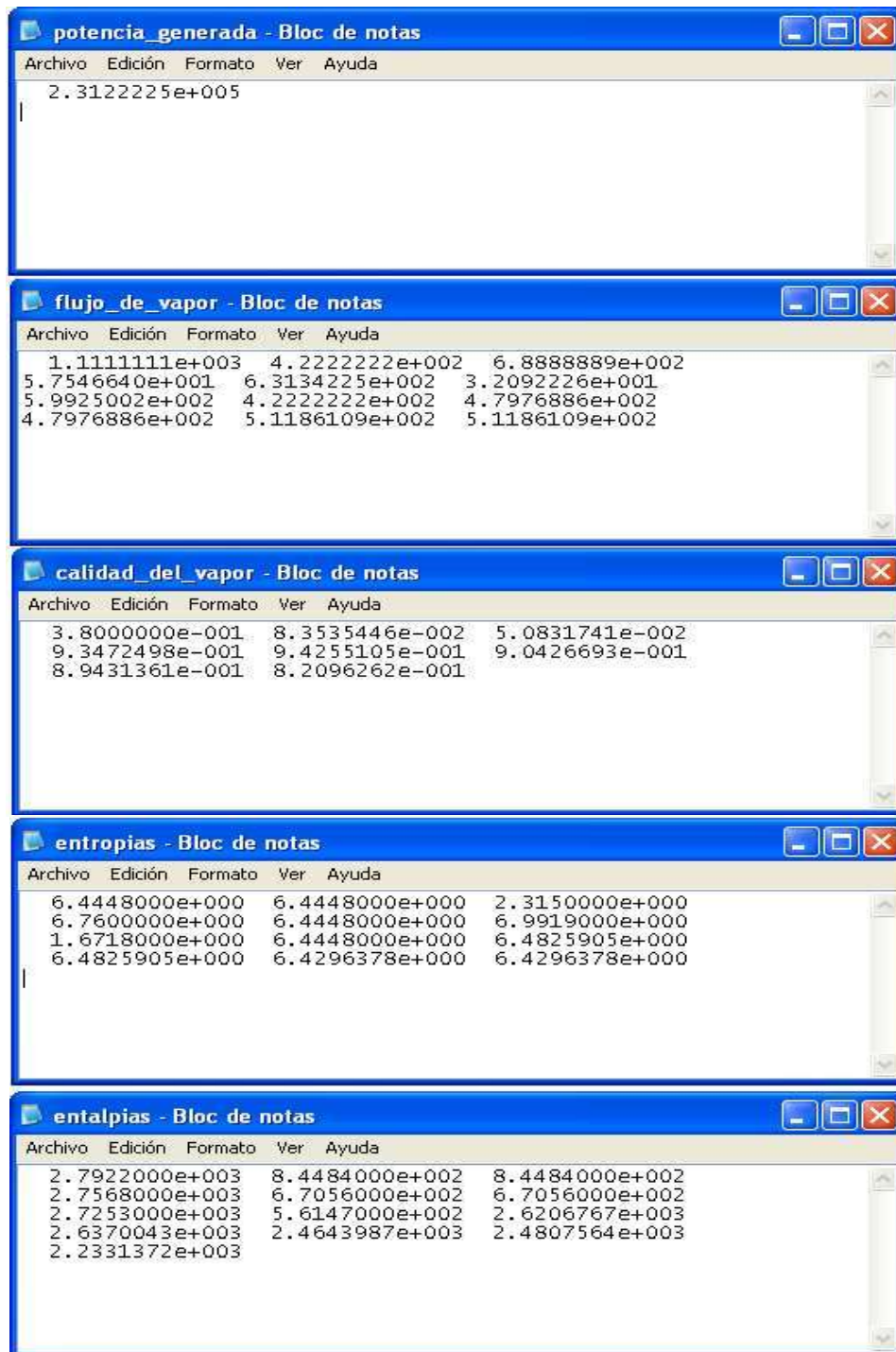


Figura 4.3. Los resultados de la simulación son almacenados en formato texto y con extensión txt.

Los valores que se almacenan en los archivos están ordenados de acuerdo al número de etapa de flasheo que le corresponde a cada uno y según a el punto que se este analizando en el turbogenerador. Las unidades de los resultados son de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades. Ver Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Unidades de medición en las que se expresan los resultados de la simulación.

Variables	Unidades (S.I.)
Potencia eléctrica generada	KW
Flujo de vapor	Kg/seg
Calidad del vapor	Adimensional
Entalpía	KJ/Kg
Entropía	KJ/(Kg·K)

4.3 Película

La película es un complemento que ofrece el simulador para el análisis de la central geotermoeléctrica, en ella se muestran los cambios de estado que sufre el flujo de vapor en cada una de las etapas de flasheo.

4.3.1 Preparación de películas (movies)

Para preparar pequeñas películas se utilizan las funciones *movie*, *moviein* y *getframe*. Una película se compone de varias imágenes, denominadas *frames*. La función *getframe* devuelve un vector columna con la información necesaria para reproducir la imagen que se acaba de representar en la figura o ventana grafica activa. El tamaño de este vector columna depende del tamaño de la ventana, pero no de la complejidad del dibujo. La función *moviein(n)* reserva memoria para almacenar n *frames*.

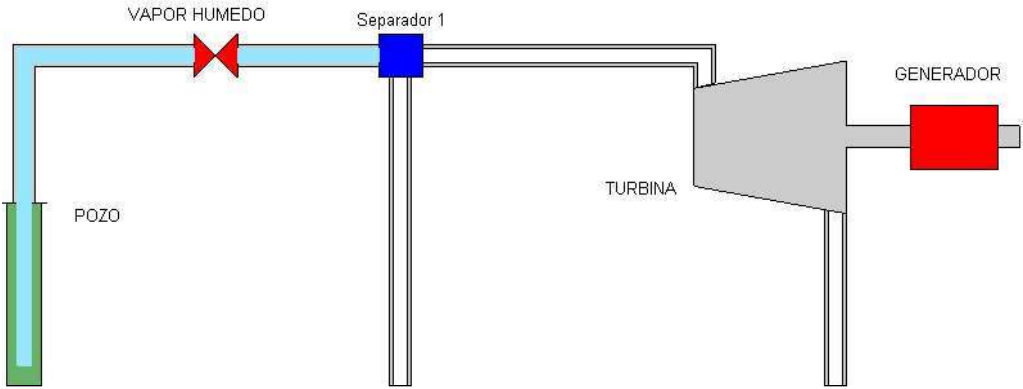
Hay que señalar que en *Matlab*®, no es lo mismo una *movie* que una animación. Una animación es simplemente una ventana gráfica que va cambiando como consecuencia de los comandos que se van ejecutando. Una *movie* es una animación grabada o almacenada en memoria previamente.

Para cada diseño que hagamos de una central geotermoeléctrica, al presionar el botón INICIA no sólo se hace el análisis de la planta, también se presenta en otro *frame* la película del diseño en cuestión.

Dichas películas muestran un esquema básico de la planta geotermoeléctrica con proceso de flasheo (generador, turbina, separadores, tubería y pozo). En ellas podemos observar el recorrido del flujo de vapor en cada punto del esquema, sus cambios de estado y el momento en que llega a la turbina para comenzar la generación de energía eléctrica.

En la Figura 4.4 se muestra un arreglo de una etapa de flasheo - una turbina, en ella se ilustra, con dos cuadros de esta película, cada una de las etapas necesarias para la generación de energía eléctrica.

UNA ETAPA DE FLASHEO - UNA TURBINA



UNA ETAPA DE FLASHEO - UNA TURBINA

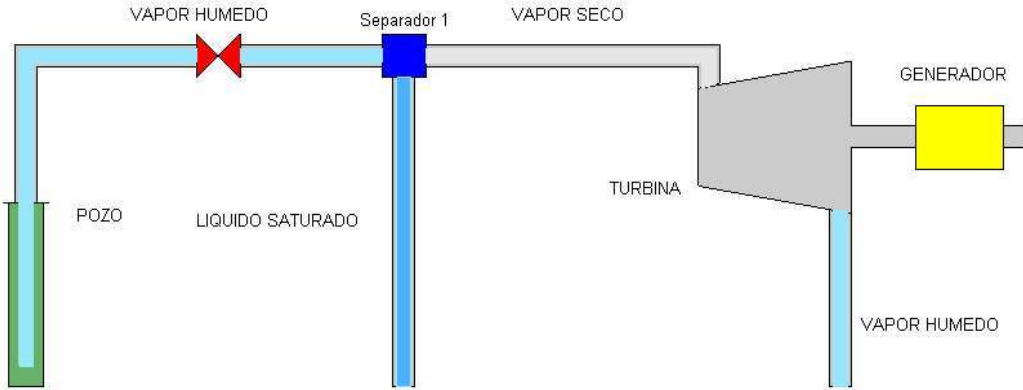


Figura 4.4. Una etapa de flasheo - Una turbina.

En el cuadro superior se puede observar la extracción del vapor húmedo del pozo y su entrada al separador. En el cuadro inferior se muestra al salir del separador la separación del vapor seco y del líquido saturado. El vapor seco es inyectado a la turbina y el generador comienza a trabajar. El líquido saturado (salmuera) se reinyecta al subsuelo. Se aprecia también que en el escape de la turbina se tiene nuevamente vapor húmedo.

En la Figura 4.5 se muestra un arreglo dos etapas de flasheo - una turbina. Ilustrando con dos cuadros de la película se observa la extracción del vapor húmedo del pozo, el cual se encuentra a una presión inicial alta, su entrada al separador, la separación del líquido saturado y del vapor seco que es inyectado a la turbina en una primera etapa (sin pérdida de presión). Cada cambio de estado está representado con un color diferente. En este caso el líquido saturado es reutilizado, por lo que en una segunda etapa de flasheo es sometido mediante una válvula a una presión menor a la que poseía para poder alcanzar su punto de ebullición y convertirse en vapor húmedo. Enseguida este fluido entra a un segundo separador, al salir el vapor seco que se extrae es inyectado a una segunda admisión de la turbina y el líquido saturado es reinyectado al subsuelo. Nuevamente se ve como comienza la generación de potencia eléctrica al inyectarle el vapor seco a la turbina.

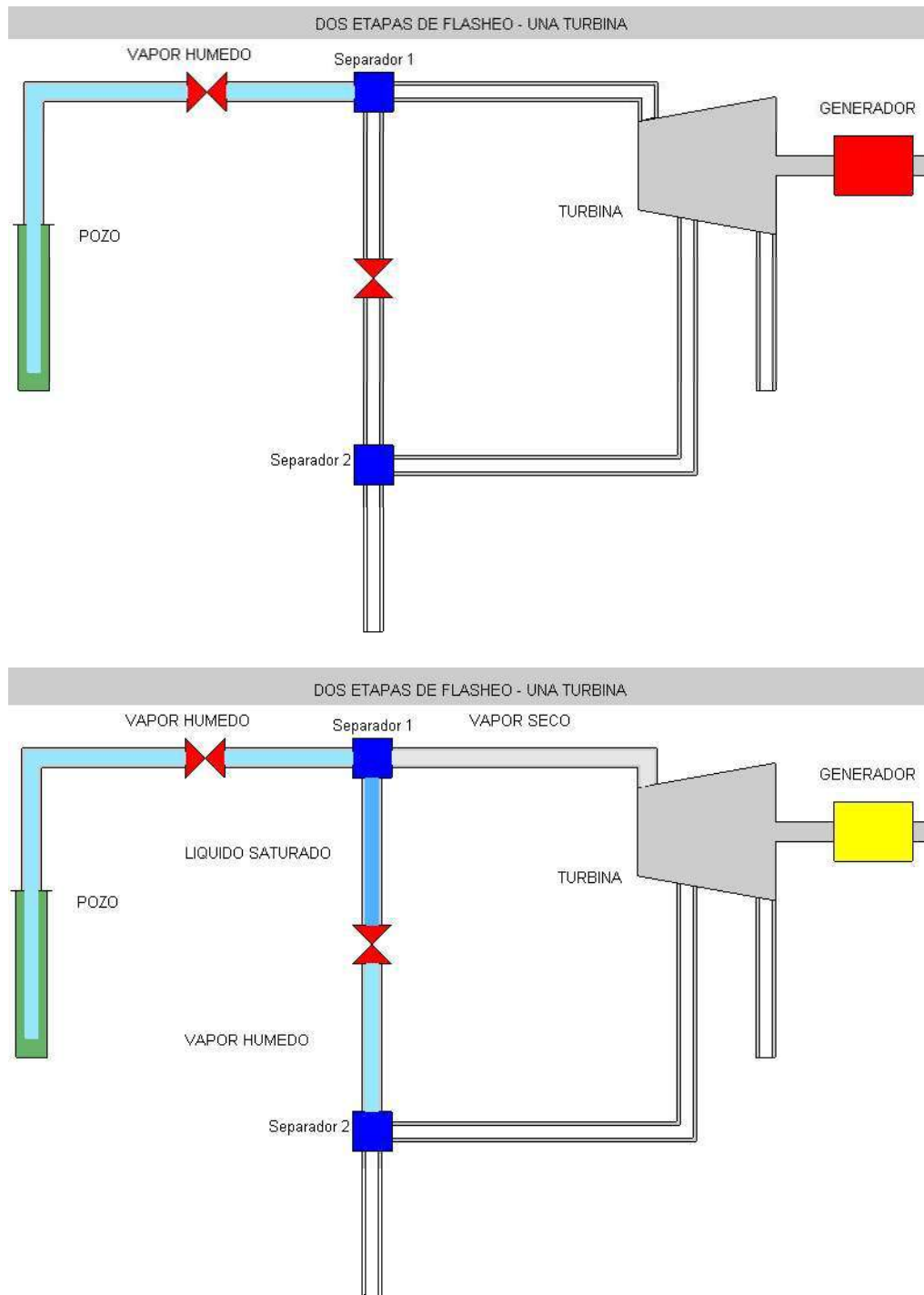


Figura 4.5. Dos etapas de flasheo - Una turbina.

En la Figura 4.6 se presenta un arreglo de tres etapas de flasheo - una turbina. Se observan los cambios de estado del fluido (vapor húmedo $\rightarrow$ vapor seco, vapor húmedo $\rightarrow$ líquido saturado $\rightarrow$ vapor húmedo) en cada etapa de flasheo y la reutilización del líquido saturado producto de etapas posteriores. Así como la triple inyección de vapor seco en una turbina para generar potencia eléctrica.

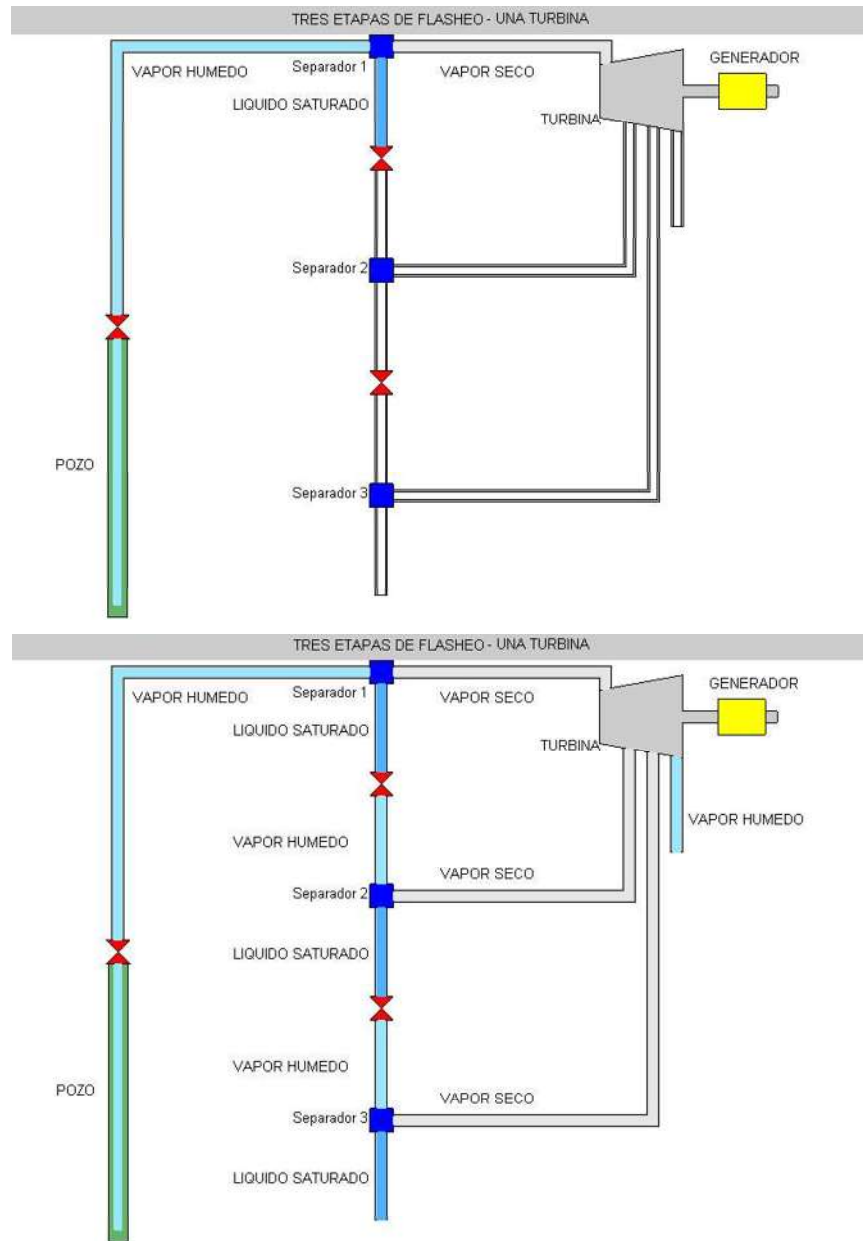


Figura 4.6. Tres etapas de flasheo - Una turbina.

Las Figuras 4.7 y Figura 4.8, presentan los esquemas para una central geotermoeléctrica variando tanto el número de etapas de flasheo como el número de turbinas. Se aprecia la inyección del vapor seco a la turbina seguido de la generación de energía por parte del generador.

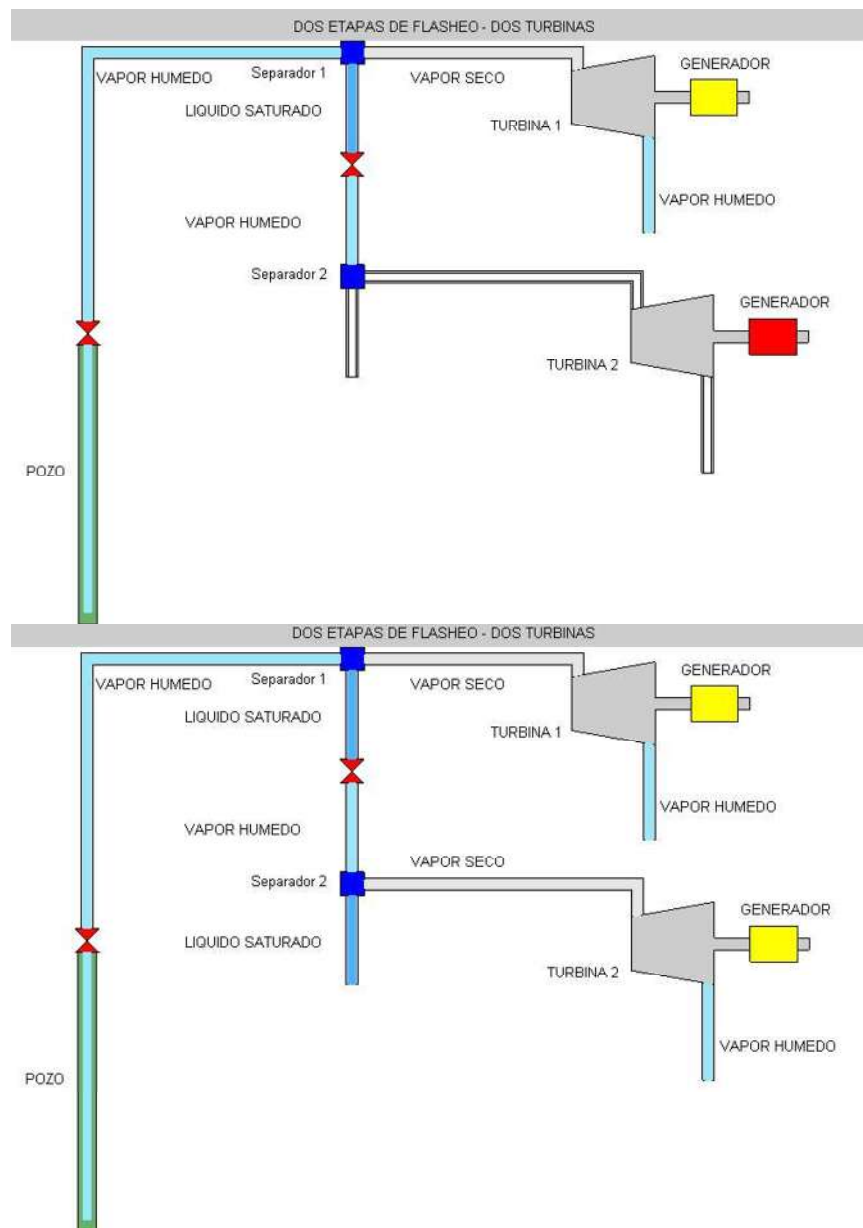


Figura 4.7. Dos etapas de flasheo - Dos turbinas.

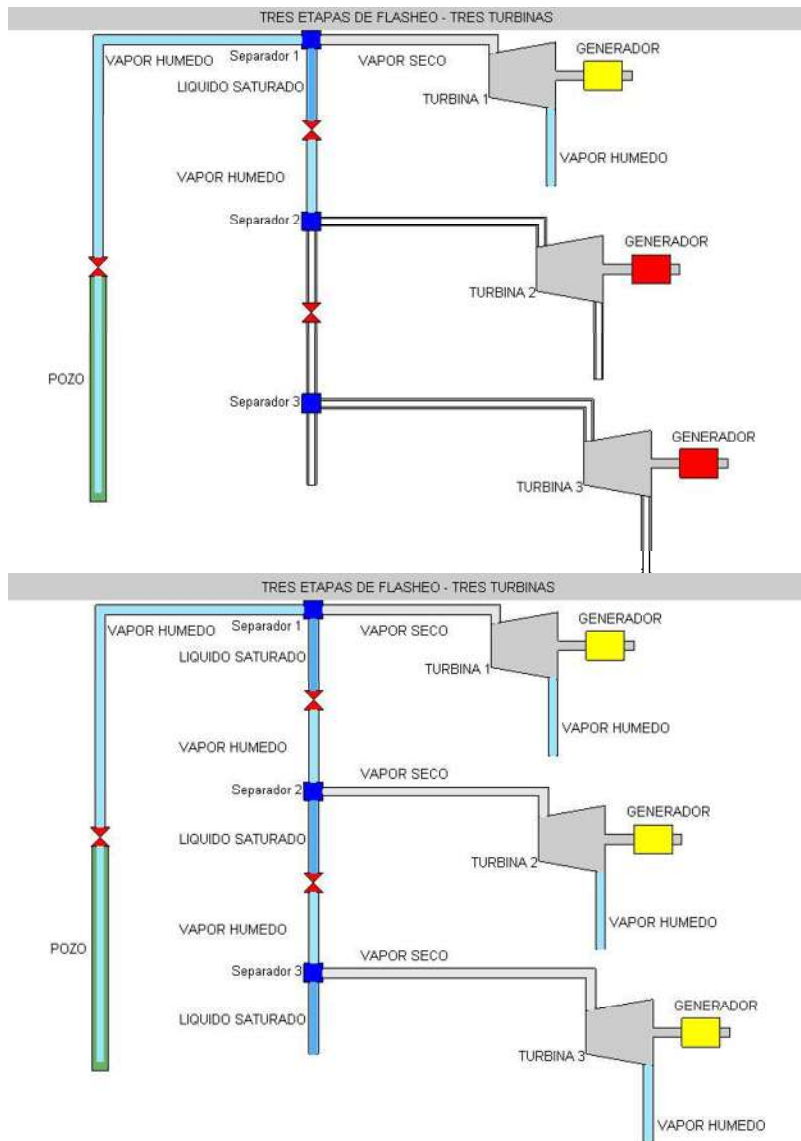


Figura 4.8. Tres etapas de flasheo - Tres turbinas.

En todas estas figuras podemos observar desde el momento en que el vapor húmedo es extraído del pozo con una presión inicial, para enseguida entrar a un separador en donde se separa el vapor seco y el líquido saturado, el vapor seco es inyectado a la turbina para generar energía mecánica que a su vez es transformada en energía eléctrica, mientras que el líquido saturado puede ser reinyectado al subsuelo (salmuera) o utilizado en etapas de flasheo posteriores según se requiera.

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

En esta Tesis se observa que conforme se incrementa el número de etapas de flasheo la potencia eléctrica generada aumenta. Este incremento en la generación de potencia eléctrica (P_E) es mas notorio en la primeras tres etapas de flasheo, en etapas posteriores se reduce el incremento en la ganancia de P_E lo cual no justifica el costo que representa invertir en plantas con más de tres etapas de flasheo.

Siendo una opción viable de generación de energía eléctrica, es necesario recabar y difundir toda la información que se tiene de la misma. Para ello, se deben desarrollar formas sencillas y que atraigan la atención de la gente. Una de las mejores maneras es mediante un programa de computo, que sirve como herramienta y no implica tener nociones de procesos termodinámicos, es decir, que cualquier persona con una computadora y sin ser experto en la materia pueda hacer uso de esta herramienta. Además, resulta de mucha ayuda para aquellos estudiantes que cursen la materia de Centrales Eléctricas ya que el uso de este programa reduce el tiempo que se invierte en el cálculo de los parámetros de una central geotermoeléctrica.

El hacer uso de *Matlab*® redujo en mucho el tiempo de programación, además, de que ofrece la implementación de la interfaz gráfica de una manera sencilla y muy completa. Esto es muy importante porque permite elaborar un programa ameno para el usuario y que mantenga la atención del mismo.

No obstante que la tendencia en el diseño de las plantas geotermoeléctricas con proceso de evaporización instantánea es utilizar una etapa de flasheo, el que este software realice cálculos para un diseño con hasta tres etapas de flasheo es muy conveniente debido a que permite comprobar como es que se comportaría la generación de potencia eléctrica con este tipo de arreglos, y así analizar el por que no es costeable su implementación de una manera real.

5.2 Recomendaciones para trabajos futuros

Aunque en esta Tesis se utiliza *Matlab*® como lenguaje para la programación de nuestro objeto de análisis, también podría utilizarse cualquier otro tipo de lenguaje como *Java*, *C*, etc., según elija el programador.

En trabajos futuros podría ofrecerse la opción de utilizar más de tres etapas de flasheo y/o turbinas para realizar la simulación.

El *software* implementado en esta Tesis representa sólo un tipo de planta geotermoeléctrica, resultaría interesante crear un programa en cual se pueda experimentar con todos los tipos de plantas generadoras de energía geotermoeléctrica, poder analizarlos y compararlos para de esta manera tener un visión más amplia en cuanto a generación de energía geotérmica se trata.

Bibliografía

1. **COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**
Subdirección de generación
Gerencia de Proyectos geotérmicos
Subgerencia de proyectos
2. **Graphics and GUIs with MATLAB**
Patrick Marchand
CRC Press
3. ***MATLAB®***
The Math Works Inc.
4. **Notas de Centrales Eléctricas**
Gilberto González Ávalos
Facultad de Ingeniería Eléctrica
U.M.S.N.H.
5. **Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química**
David M. Himmelblau
Prentice Hall
6. **Termodinámica**
Kenneth Wark, Jr.
McGraw-Hill
7. **Centrales eléctricas I**
Gilberto Harper
8. **Turbomáquinas de fluido compresible**
Manuel Polo Encinas
LIMUSA
9. **www.cfe.gob.mx**
10. **Hochstein, 1990**
11. **Instrucción a la programación visual con Matlab**
L.A. Torres

Apéndice A

Código del Simulador

```
%%%UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
%%%FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA
%%%ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE UNA CENTRAL GEOTERMoelectrica
%%%MARÍA GUADALUPE SEPÚLVEDA LEMUS
%//Archivo con extensión m correspondiente al diseño grafico creado en la
%ventana GUIDE.
function varargout = PROB(varargin)
% PROB M-file for PROB.fig
%   PROB, by itself, creates a new PROB or raises the existing
%   singleton*.
%   H = PROB returns the handle to a new PROB or the handle to
%   the existing singleton*.
%   PROB('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in PROB.M with the given input arguments.
%   PROB('Property','Value',...) creates a new PROB or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before PROB_OpeningFunction gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to PROB_OpeningFcn via varargin.
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
% Edit the above text to modify the response to help PROB
% Last Modified by GUIDE v2.5 09-May-2007 23:43:23
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @PROB_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @PROB_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [] , ...
    'gui_Callback', []);
if nargin & isstr(varargin{1})
```

```

    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before PROB is made visible.
function PROB_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to PROB (see VARARGIN)
% Choose default command line output for PROB
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% UIWAIT makes PROB wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = PROB_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Código correspondiente al menú para seleccionar el número de etapas de
%flasheo.
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.

```

```

% See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end

% --- Executes on selection change in popupmenu1.
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: CAPTURA ETAPAS DE FLASHEO
contents = get(hObject,'String'); %returns popupmenu1 contents as cell array
x=contents{get(hObject,'Value')}; %returns selected item from popupmenu1 número de etapas de flasheo
global flasheo;
flasheo=str2num(x);
save flasheo.txt -ascii flasheo %%El número de etapas es almacenado en el archivo flasheo.txt
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Código correspondiente al menú para seleccionar el número de turbinas.
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end

% --- Executes on selection change in popupmenu2.
function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
contents = get(hObject,'String'); %returns popupmenu2 contents as cell array
y=contents{get(hObject,'Value')}; %returns selected item from popupmenu2

```

```

global turbinas;
turbinas=str2num(y);
save turbinas.txt -ascii turbinas %%Se guarda el número de turbinas archivo turbinas.txt
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%//Cuadro de texto para introducir el valor de la producción de vapor del pozo.
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String'); %returns contents of edit1 as text
global produccion;
produccion=str2double(get(hObject,'String'));% returns contents of edit1 as a double
save produccion.txt -ascii produccion %%El valor de la produccion del vapor en el pozo es almacenado en el
archivo produccion.txt
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%//Cuadro de texto para introducir el valor del consumo de vapor por eyectores.
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else

```

```

        set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
    end
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String'); %returns contents of edit2 as text
global eyectores;
eyectores=str2double(get(hObject,'String')); %returns contents of edit2 as a double
save eyectores.txt -ascii eyectores %%Se guarda el valor del consumo de vapor por eyectores.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%//Cuadro de texto para introducir el valor de la calidad del vapor en la boca del pozo.
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String'); % returns contents of edit3 as text
global X;
X=str2double(get(hObject,'String')); %returns contents of edit3 as a double
save X.txt -ascii X %%Guarda el valor.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%//Cuadros de texto para introducir los valores de las eficiencias de los turbogeneradores.
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```

% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String');% returns contents of edit4 as text
global eficiencia1;
eficiencia1=str2double(get(hObject,'String'));% returns contents of edit4 as a double
save eficiencia1.txt -ascii eficiencia1 %%Guardar valor.
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String'); %returns contents of edit5 as text
global eficiencia2;
eficiencia2=str2double(get(hObject,'String')); %returns contents of edit5 as a double
save eficiencia2.txt -ascii eficiencia2 %%Guarda valor.
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String');% returns contents of edit6 as text
global eficiencia3;
eficiencia3=str2double(get(hObject,'String'));% returns contents of edit6 as a double
save eficiencia3.txt -ascii eficiencia3 %%Guardar valor.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Cuadros de texto para introducir los valores de las presiones en cada etapa.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%PRESION EN LA PRIMERA VALVULA (P1) %%%%%%%%%
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```



```

get(hObject,'String');% returns contents of edit7 as text
global P1;
P1=str2double(get(hObject,'String'));% returns contents of edit7 as a double
save P1.txt -ascii P1 %%%Guardar valor.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%PRESION EN LA SEGUNDA VALVULA (P2) %%%%%%%%%%%%%%%
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String');% returns contents of edit8 as text
global P2;
P2=str2double(get(hObject,'String'));% returns contents of edit8 as a double
save P2.txt -ascii P2 %%%Guardar valor.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%PRESION EN LA TERCER VALVULA (P3) %%%%%%%%%%%%%%%
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end

```

```

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String');% returns contents of edit9 as text
global P3;
P3=str2double(get(hObject,'String'));% returns contents of edit9 as a double
save P3.txt -ascii P3 %%Guardar valor.
%%%%%%%%PRESION EN EL ESCAPE DE LA TURBINA 1(Psalida1)%%%%%%%%
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String');% returns contents of edit10 as text
global Psalida1;
Psalida1=str2double(get(hObject,'String')); %returns contents of edit10 as a double
save Psalida1.txt -ascii Psalida1 %%Guardar valor.
%%%%%%%%PRESION EN EL ESCAPE DE LA TURBINA 2 (Psalida2)%%%%%%%%
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc

```

```

        set(hObject,'BackgroundColor','white');
    else
        set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
    end
function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String'); %returns contents of edit11 as text
global Psalida2;
Psalida2=str2double(get(hObject,'String'));% returns contents of edit11 as a double
save Psalida2.txt -ascii Psalida2  %%Guardar valor.
%%%%%%%%PRESION EN EL ESCAPE DE LA TURBINA 3 (Psalida3)%%%%%%%%
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%    See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
get(hObject,'String');% returns contents of edit12 as text
global Psalida3;
Psalida3=str2double(get(hObject,'String'));% returns contents of edit12 as a double
save Psalida3.txt -ascii Psalida3  %%Guardar valor.
%%%%%%%%
%//Botón INICIA.
% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton5 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
global correr;
correr=1;
save correr.txt -ascii correr
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Se leen los valores de la tabla "Propiedades del agua saturada: Tabla de Presión", almacenados previamente
%en archivos de texto.
[P,T,vl,vg,ul,ug,hf,hfg,hg,sf,sg]=textread('tabla_de_presion.txt','%f%f%f%f%f%f%f%f%f%f');
[flasheo]=textread('flasheo.txt','%f');
[turbinas]=textread('turbinas.txt','%f');
[produccion]=textread('produccion.txt','%f');
[eyectores]=textread('eyectores.txt','%f');
[X]=textread('X.txt','%f');
[eficiencia1]=textread('eficiencia1.txt','%f');
[P1]=textread('P1.txt','%f');
[P2]=textread('P2.txt','%f');
[P3]=textread('P3.txt','%f');
[Psalida1]=textread('Psalida1.txt','%f');
[correr]=textread('correr.txt','%f');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Especificar el tipo de análisis que deseamos hacer
%Se introducen los datos necesarios para comenzar nuestro análisis
    %El flujo de vapor que sale del separador 1 es:
    m1producción/3.6
    mv=(X*m1);
    %El vapor que llega a la turbina, suponiendo que del separador el vapor sale seco es:
    m2=(mv-(eyectores/3.6));
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Se inicia el análisis de la planta geotermoeléctrica
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Se asegura que el tipo de arreglo que se propone pueda ser simulado.
    if (turbinas==1&&flasheo==1)||((turbinas==1&&flasheo==2)||(turbinas==1&&flasheo==3))
        inicia=1;
    end
    if turbinas==2&&flasheo==2
        inicia=2;
    end

```

```

    if turbinas==3&&flasheo==3
        inicia=3;
    end
    if
(turbinas==2&&flasheo==1)||((turbinas==3&&flasheo==1)||((turbinas==3&&flasheo==2)||((turbinas==2&&flasheo
==3)

        disp('Arreglo no valido')
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Código para el análisis del arreglo UNA TURBINA-UNA ETAPA DE FLASHEO.
    if inicia==1
        %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
        if P1<=P(50,1) && P1>=P(1,1)
            rango=1;
        end
        %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
        if (P1>P(50,1)||P1<P(1,1))&&flasheo==1
            disp('No esta en la tabla')
            error=1;
        end
        %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
        if Psalida1>P1||Psalida1<P(1,1)
            disp('ERROR')
            error=1;
        end
    end
P;hf;hfg;hg;sf;sg;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Código para el análisis del arreglo UNA ETAPA DE FLASHEO-UNA %TURBINA.
if rango==1
    if flasheo==1
        for i=1:1:50
            if P(i,1)==P1
                ha=hf(i,1);
                hfg1=hfg(i,1);
                hg1=hg(i,1);
                sf1=sf(i,1);
                sg1=sg(i,1);
            end
            if i==50 && P(i,1)~=P1

```

```

        bandera=1;
    end
end
if bandera==1
    for z=1:1:50
        if P(z,1)<P1
            px1=P(z,1);
            hay1=hf(z,1);
            hfgy1=hfg(z,1);
            hgy1=hg(z,1);
            sfy1=sf(z,1);
            sgy1=sg(z,1);
            nz=z;
            punto_uno=1;
        end
    end
    r=nz+1;
    if punto_uno==1
        px2=P(r,1);
        hay2=hf(r,1);
        hfgy2=hfg(r,1);
        hgy2=hg(r,1);
        sfy2=sf(r,1);
        sgy2=sg(r,1);
        punto_dos=1;
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION.
    ha=hay1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hay2-hay1);
    hfg1=hfgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hfgy2-hfgy1);
    hg1=hgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hgy2-hgy1);
    sf1=sfy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sfy2-sfy1);
    sg1=sgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sgy2-sgy1);
    end%cierra bandera
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% SALIDA DE LA TURBINA.
    for ii=1:1:50
        if P(ii,1)==Psalida1

```

```

        has=hf(ii,1);
        hfg2=hfg(ii,1);
        hg2=hg(ii,1);
        sf2=sf(ii,1);
        sg2=sg(ii,1);
    end
    if ii==50 && P(ii,1)~=P1
        bandera=1;
    end
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if bandera==1
    for zz=1:1:50
        if P(zz,1)<Psalida1
            pxs1=P(zz,1);
            hasy1=hf(zz,1);
            hfgsy1=hfg(zz,1);
            hgsy1=hg(zz,1);
            sfsy1=sf(zz,1);
            sgisy1=sg(zz,1);
            nzz=zz;
            punto_unos=1;
        end
    end
    rr=nzz+1;
    if punto_unos==1
        pxs2=P(rr,1);
        hasy2=hf(rr,1);
        hfgsy2=hfg(rr,1);
        hgsy2=hg(rr,1);
        sfsy2=sf(rr,1);
        sgisy2=sg(rr,1);
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
has=hasy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hasy2-hasy1);
hfg2=hfgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hfgsy2-hfgsy1);
hg2=hgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hgsy2-hgsy1);

```

```

sf2=sfsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sfsy2-sfsy1);
sg2=sgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sgsy2-sgsy1);
end%cierra bandera
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 2 tenemos vapor seco a una presión P1.
s1=sg1
h2=hg1
s2=s1
m2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 3 tenemos Líquido Saturado a una presión P1.
h3=ha
s3=sfl
m3=m1-(m2+eyectores/3.6)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%//En la Turbina de Vapor.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 4 tenemos Vapor Húmedo a una Psalida<P1.
s4=s2
sfg2=sg2-sf2;
x4=(s4-sf2)/sfg2
h4=has+x4*hfg2
m4=m3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Potencia eléctrica generada
potencia=[(h2-h4)*m2]*eficiencia1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Se forman vectores con los resultados obtenidos de acuerdo al tipo de dato.
%%Estos vectores son guardados en archivos de texto.
entalpias=[h2 h3 h4];
entropias=[s1 s2 s3 s4];
flujom=[m1 m2 m3 m4];
calidad=[X x4];
presion=[P1 Psalida1];
save entalpias.txt -ascii entalpias
save entropias.txt -ascii entropias
save flujo_de_vapor.txt -ascii flujom
save calidad_del_vapor.txt -ascii calidad
save presion.txt -ascii presion

```



```

save potencia.txt -ascii potencia
save eficiencias.txt -ascii eficiencia1
end%cierra flasheo==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Código para el análisis del arreglo UNA TURBINA-DOS ETAPAS DE FLASHEO.
if flasheo==2
    for i=1:1:50
        if P(i,1)==P1
            ha=hf(i,1);
            hfg1=hfg(i,1);
            hg1=hg(i,1);
            sf1=sf(i,1);
            sg1=sg(i,1);
            siguiente=1;
        end
        if i==50 && P(i,1)~=P1
            bandera=1;
        end
    end
   %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if bandera==1
        siguiente=1;
        for z=1:1:50
            if P(z,1)<P1
                px1=P(z,1);
                hay1=hf(z,1);
                hfgy1=hfg(z,1);
                hgy1=hg(z,1);
                sfy1=sf(z,1);
                sgy1=sg(z,1);
                nz=z;
                punto_uno=1;
            end
        end
        r=nz+1;
        if punto_uno==1
            px2=P(r,1);
            hay2=hf(r,1);

```

```

        hfgy2=hfg(r,1);
        hgy2=hg(r,1);
        sfy2=sf(r,1);
        sgy2=sg(r,1);
        punto_dos=1;
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION.
    ha=hay1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hay2-hay1);
    hfg1=hfgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hfgy2-hfgy1);
    hg1=hgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hgy2-hgy1);
    sf1=sfy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sfy2-sfy1);
    sg1=sgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sgy2-sgy1);
    end%cierra bandera
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Checa que los valores de las condiciones de operación de la central geotermoeléctrica que se introdujeron
%%en los cuadros de texto se encuentren en las tablas.
    if siguiente==1
        if P2<P1 && P2>=P(1,1)
            dos=1;
        end
        if P2<P(1,1)
            disp('ERROR: P2 no esta en las tablas')
            error=1;
        end
        if P2>P1
            disp('ERROR: P2 debe ser menor que P1')
            error=1;
        end
    end
    end%cierra siguiente
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if dos==1
        for b=1:1:50
            if P(b,1)==P2
                ha2=hf(b,1);
                hfg2=hfg(b,1);
                hg2=hg(b,1);
                sf2=sf(b,1);
            end
        end
    end
end

```

```

        sg2=sg(b,1);
        siguiente=2;
    end
    if b==50 && P(b,1)~=P2
        bandera1=1;
    end
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if bandera1==1
    siguiente=2;
    for a=1:1:50
        if P(a,1)<P2
            px21=P(a,1);
            ha2y1=hf(a,1);
            hfg2y1=hfg(a,1);
            hg2y1=hg(a,1);
            sf2y1=sf(a,1);
            sg2y1=sg(a,1);
            n2=a;
            punto_uno2=1;
        end
    end
    nn=n2+1;
    if punto_uno2==1
        px22=P(nn,1);
        ha2y2=hf(nn,1);
        hfg2y2=hfg(nn,1);
        hg2y2=hg(nn,1);
        sf2y2=sf(nn,1);
        sg2y2=sg(nn,1);
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION.
    ha2=ha2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(ha2y2-ha2y1);
    hfg2=hfg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(hfg2y2-hfg2y1);
    hg2=hg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(hg2y2-hg2y1);
    sf2=sf2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(sf2y2-sf2y1);
    sg2=sg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(sg2y2-sg2y1);

```



```

        sfsy1=sf(zz,1);
        sgsy1=sg(zz,1);
        nzz=zz;
        punto_unos=1;
    end
end
rr=nzz+1;
if punto_unos==1
    pxs2=P(rr,1);
    hasy2=hf(rr,1);
    hfgsy2=hfg(rr,1);
    hgsy2=hg(rr,1);
    sfsy2=sf(rr,1);
    sgsy2=sg(rr,1);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%//INTERPOLACION.
    ha5=hasy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hasy2-hasy1);
    hfg5=hfgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hfgsy2-hfgsy1);
    hg5=hgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hgsy2-hgsy1);
    sf5=sfsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sfsy2-sfsy1);
    sg5=sgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sgsy2-sgsy1);
end%cierra bandera==2
end%cierra salio==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 2 tenemos vapor seco a una presión P1.
s1=sg1
h2=hg1
s2=s1
m2
sfg2=sg2-sf2;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 3 tenemos Líquido Saturado a una presión P1
h3=ha
s3=sfl
m3=m1-(m2+eyectores/3.6)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 4 tenemos Vapor Húmedo a una P2<P1

```

```

h4=h3
sfg2=sg2-sf2;
x4=(h3-ha2)/hfg2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 5 tenemos Vapor Seco P4=P5=P6
h5=hg2
m5=m3*x4
s5=sg2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 6 tenemos Líquido Saturado
h6=ha2
m6=m3-m5
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En la Turbina de Vapor P5=P7=P8=(P2).
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 7 tenemos Vapor Húmedo
s7=s2
x7=(s7-sf2)/sfg2
h7=ha2+x7*hfg2
m7=m2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 8 tenemos Vapor Húmedo
m8=m7+m5
h8=(m7*h7+m5*h5)/m8
x8=(h8-ha2)/hfg2
s8=sf2+x8*sfg2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 9 (salida de la turbina) tenemos vapor húmedo
s9=s8
sfg5=sg5-sf5;
x9=(s9-sf5)/sfg5
h9=ha5+x9*hfg5
m9=m8;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Potencia eléctrica generada
potencia=[m2*(h2-h7)+m8*(h8-h9)]*eficiencia1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Se ordenan los resultados en forma de vectores.
entalpias=[h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9];
entropias=[s1 s2 s3 s5 s7 s8 s9];

```

```

flujom=[m1 m2 m3 m5 m6 m7 m8 m9];
calidad=[X x4 x7 x8 x9];
presion=[P1 P2 Psalida1];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Los vectores son almacenados en archivos de texto.
save entalpias.txt -ascii entalpias
save entropias.txt -ascii entropias
save flujo_de_vapor.txt -ascii flujom
save calidad_del_vapor.txt -ascii calidad
save presion.txt -ascii presion
save potencia_generada.txt -ascii potencia
save eficiencias.txt -ascii eficiencia1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
end%cierra flasheo
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Código para el análisis del arreglo TRES ETAPAS DE FLASHEO - UNA TURBINA.
if flasheo==3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%PRIMERA ETAPA DE FLASHEO.
    for i=1:1:50
        if P(i,1)==P1
            ha=hf(i,1);
            hfg1=hfg(i,1);
            hg1=hg(i,1);
            sf1=sf(i,1);
            sg1=sg(i,1);
            siguiente=1;
        end
        if i==50 && P(i,1)~=P1
            bandera=1;
        end
    end
    if bandera==1
        siguiente=1;
        for z=1:1:50
            if P(z,1)<P1
                px1=P(z,1);
                hay1=hf(z,1);
            end
        end
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

        hfgyl=hfg(z,1);
        hgy1=hg(z,1);
        sfyl=sf(z,1);
        sgy1=sg(z,1);
        nz=z;
        punto_uno=1;
    end
end
r=nz+1;
if punto_uno==1
    px2=P(r,1);
    hay2=hf(r,1);
    hfgy2=hfg(r,1);
    hgy2=hg(r,1);
    sfy2=sf(r,1);
    sgy2=sg(r,1);
    punto_dos=1;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION

    ha=hay1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hay2-hay1);
    hfg1=hfgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hfgy2-hfgy1);
    hg1=hgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hgy2-hgy1);
    sf1=sfy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sfy2-sfy1);
    sg1=sgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sgy2-sgy1);
end%cierra bandera==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%SEGUNDA ETAPA %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if siguiente==1
    if P2<P1 && P2>=P(1,1)
        dos=1;
    end
    if P2>P1
        disp('ERROR:P2 debe ser menor que P1')
        error=1;
    end
    if P2<P(1,1)
        disp('ERROR:P2 no esta en tablas')
    end
end

```



```

        error=1;
    end
    end%cierra siguiente==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if dos==1
        for b=1:1:50
            if P(b,1)==P2
                ha2=hf(b,1);
                hfg2=hfg(b,1);
                hg2=hg(b,1);
                sf2=sf(b,1);
                sg2=sg(b,1);
                siguiente=2;
            end
            if b==50 && P(b,1)~=P2
                bandera1=1;
            end
        end
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if bandera1==1
        siguiente=2;
        for a=1:1:50
            if P(a,1)<P2
                px21=P(a,1);
                ha2y1=hf(a,1);
                hfg2y1=hfg(a,1);
                hg2y1=hg(a,1);
                sf2y1=sf(a,1);
                sg2y1=sg(a,1);
                n2=a;
                punto_uno2=1;
            end
        end
        nn=n2+1;
        if punto_uno2==1
            px22=P(nn,1);
            ha2y2=hf(nn,1);
            hfg2y2=hfg(nn,1);

```

```

        hg2y2=hg(nn,1);
        sf2y2=sf(nn,1);
        sg2y2=sg(nn,1);
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
        ha2=ha2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(ha2y2-ha2y1);
        hfg2=hfg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(hfg2y2-hfg2y1);
        hg2=hg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(hg2y2-hg2y1);
        sf2=sf2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(sf2y2-sf2y1);
        sg2=sg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(sg2y2-sg2y1);
    end%cierra bandera1==1
end %cierra dos==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% TERCERA ETAPA DE FLASHEO
    if siguiente==2
        if P3<P2 && P3>=P(1,1)
            tres=1;
        end
        if P3>P2
            disp('ERROR:P3 debe ser menor que P2')
            error=1;
        end
        if P3<P(1,1)
            disp('ERROR:P3 no esta en tablas')
            error=1;
        end
    end%cierra siguiente==2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if tres==1
        for c=1:1:50
            if P(c,1)==P3
                ha3=hf(c,1);
                hfg3=hfg(c,1);
                hg3=hg(c,1);
                sf3=sf(c,1);
                sg3=sg(c,1);
                siguiente=3;
            end
        end
    end
end

```

```

end
if c==50 && P(c,1)~=P3
    bandera2=1;
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if bandera2==1
    siguiente=3;
    for d=1:1:50
        if P(d,1)<P3
            px31=P(d,1);
            ha3y1=hf(d,1);
            hfg3y1=hfg(d,1);
            hg3y1=hg(d,1);
            sf3y1=sf(d,1);
            sg3y1=sg(d,1);
            n3=d;
            punto_uno3=1;
        end
    end
    nnn=n3+1;
    if punto_uno3==1
        px32=P(nnn,1);
        ha3y2=hf(nnn,1);
        hfg3y2=hfg(nnn,1);
        hg3y2=hg(nnn,1);
        sf3y2=sf(nnn,1);
        sg3y2=sg(nnn,1);
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %%INTERPOLACION.
    ha3=ha3y1+((P3-px31)/(px32-px31))*(ha3y2-ha3y1);
    hfg3=hfg3y1+((P3-px31)/(px32-px31))*(hfg3y2-hfg3y1);
    hg3=hg3y1+((P3-px31)/(px32-px31))*(hg3y2-hg3y1);
    sf3=sf3y1+((P3-px31)/(px32-px31))*(sf3y2-sf3y1);
    sg3=sg3y1+((P3-px31)/(px32-px31))*(sg3y2-sg3y1);
    end %cierra bandera2==1
end %cierra tres==1

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if siguiente==3
    if Psalida1<P3 && Psalida1>=P(1,1)
        salio=1;
    end
    if Psalida1>P3
        disp('ERROR:Psalida1 debe ser menor que P3')
        error=1;
    end
    if Psalida1<P(1,1)
        disp('ERROR:Psalida1 no esta en tablas')
        error=1;
    end
end%cierra siguiente==3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% SALIDA DE LA TURBINA
if salio==1
    for is=1:1:50
        if P(is,1)==Psalida1
            has=hf(is,1);
            hfg8=hfg(is,1);
            hg8=hg(is,1);
            sf8=sf(is,1);
            sg8=sg(is,1);
        end
        if is==50 && P(is,1)~=P1
            bandera=2;
        end
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if bandera==2
    for zz=1:1:50
        if P(zz,1)<Psalida1
            px81=P(zz,1);
            ha8y1=hf(zz,1);
            hfg8y1=hfg(zz,1);
            hg8y1=hg(zz,1);
            sf8y1=sf(zz,1);

```

```

        sg8y1=sg(zz,1);
        nzz=zz;
        punto_unos=1;
    end
end
rr=nzz+1;
if punto_unos==1
    px82=P(rr,1);
    ha8y2=hf(rr,1);
    hfg8y2=hfg(rr,1);
    hg8y2=hg(rr,1);
    sf8y2=sf(rr,1);
    sg8y2=sg(rr,1);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
    ha8=ha8y1+((Psalida1-px81)/(px82-px81))*(ha8y2-ha8y1);
    hfg8=hfg8y1+((Psalida1-px81)/(px82-px81))*(hfg8y2-hfg8y1);
    hg8=hg8y1+((Psalida1-px81)/(px82-px81))*(hg8y2-hg8y1);
    sf8=sf8y1+((Psalida1-px81)/(px82-px81))*(sf8y2-sf8y1);
    sg8=sg8y1+((Psalida1-px81)/(px82-px81))*(sg8y2-sg8y1);
    end%cierra bandera==2
end%cierra salio==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 2 tenemos vapor seco a una presión P1.
s1=sg1
h2=hg1
s2=s1
m2
sfg2=sg2-sf2;%segunda valvula
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 3 tenemos Líquido Saturado a una presión P1.
h3=ha
s3=sf1
m3=m1-(m2+eyectores/3.6)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 4 tenemos Vapor Húmedo a una P2<P1.
h4=h3

```

$x4 = (h3 - ha2) / hfg2$
 %%%%%%%%%
 %%En el punto 5 tenemos Vapor Seco $P4 = P5 = P6$.
 $h5 = hg2$
 $m5 = m3 * x4$
 $s5 = sg2$
 %%%%%%%%%
 %%En el punto 6 tenemos Líquido Saturado.
 $h6 = ha2$
 $m6 = m3 - m5$
 $s6 = sf2$
 %%%%%%%%%
 %%En el punto 7 tenemos Vapor Húmedo.
 $h7 = h6$
 $s7 = s2$
 $x7 = (h6 - ha3) / hfg3$
 %%%%%%%%%
 %%En el punto 8 tenemos Vapor Seco $P7 = P8 = P9$.
 $h8 = hg3$
 $m8 = m6 * x7$
 $s8 = sg3$
 %%%%%%%%%
 %%En el punto 9 tenemos Líquido Saturado.
 $h9 = ha3$
 $m9 = m6 - m8$
 $s9 = sf3$
 %%%%%%%%%
 %//En la Turbina de Vapor.
 %%%%%%%%%
 %%En el punto 10 tenemos Vapor Húmedo $P11 = P5 = P10$.
 $s10 = s2$
 $x10 = (s10 - sf2) / sfg2$
 $h10 = ha2 + x10 * hfg2$
 $m10 = m2$
 %%%%%%%%%
 %%En el punto 11 tenemos Vapor Húmedo.
 $m11 = m5 + m2$
 $h11 = (m2 * h10 + m5 * h5) / m11$
 $x11 = (h11 - ha2) / hfg2$

```

s11=sf2+x11*sfg2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 12 tenemos Vapor Húmedo P12=P13=P8=P7=P9.
m12=m11;
sfg3=sg3-sf3;
s12=s11
x12=(s12-sf3)/sfg3
h12=x12*hg3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 13 tenemos Vapor Húmedo.
m13=m11+m8
h13=[(m2+m5)*h12+m8*hg3]/(m2+m5+m8)
x13=(h13-ha3)/hfg3
s13=sf3+x13*sfg3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 14 (salida de la turbina) tenemos Vapor Húmedo
s14=s13
sfg8=sg8-sf8;
x14=(s14-sf8)/sfg8
h14=ha8+x14*hfg8
m14=m13;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Potencia eléctrica generada.
potencia=[m2*(h2-h10)+(m2+m5)*(h11-h12)+(m2+m5+m8)*(h13-h14)]*eficiencia1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Se ordenan en vectores los resultados.
entalpías[h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14];
entropías=[s1 s2 s3 s5 s7 s8 s9 s10 s11 s12 s13 s14];
flujom=[m1 m2 m3 m5 m6 m8 m9 m10 m11 m12 m13 m14];
calidad=[X x4 x7 x10 x11 x12 x13 x14];
presion=[P1 P2 P3 Psalida1];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Se almacenan en archivos.
save entalpias.txt -ascii entalpias
save entropias.txt -ascii entropias
save flujo_de_vapor.txt -ascii flujom
save calidad_del_vapor.txt -ascii calidad
save presion.txt -ascii presion

```

```

save potencia_generada.txt -ascii potencia
save eficiencias.txt -ascii eficiencia1
    end%flasheo
end%rango
end%cierra inicia==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Código para el análisis de la central geotermoeléctrica con DOS ETAPAS
%DE FLASHEO - DOS TURBINA.
if inicia==2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Se accesa a los archivos que contienen los valores de eficiencia del segundo turbogenerador y la presión %en
el escape de este. Estos valores son almacenados en vectores.
    [eficiencia2]=textread('eficiencia2.txt','%f');
    [Psalida2]=textread('Psalida2.txt','%f');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% TURBINA 1.
    if P1<=P(50,1)&& P1>=P(1,1)
        rango=1;
    end
    if P1>P(50,1)||P1<P(1,1)
        disp('ERROR: P1 no esta en la tablas')
        error=1;
    end
    if Psalida1>P1
        disp('ERROR: Psalida 1 debe ser menor que P1')
        error=1;
    end
    if Psalida1<P(1,1)
        disp('ERROR: Psalida1 no esta en la tablas')
        error=1;
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if rango==1
        for i=1:1:50
            if P(i,1)==P1
                ha1=hf(i,1);
                hfg1=hfg(i,1);
                hg1=hg(i,1);

```



```

        sf1=sf(i,1);
        sg1=sg(i,1);
        siguiente=1;
        sal=1;
    end
    if i==50 && P(i,1)~=P1
        bandera=1;
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if bandera==1
    siguiente=1;
    sal=1;
    for z=1:1:50
        if P(z,1)<P1
            px1=P(z,1);
            hay1=hf(z,1);
            hfgy1=hfg(z,1);
            hgy1=hg(z,1);
            sfy1=sf(z,1);
            sgy1=sg(z,1);
            nz=z;
            punto_uno=1;
        end
    end
    r=nz+1;
    if punto_uno==1
        px2=P(r,1);
        hay2=hf(r,1);
        hfgy2=hfg(r,1);
        hgy2=hg(r,1);
        sfy2=sf(r,1);
        sgy2=sg(r,1);
        siguiente=1;
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
    ha1=hay1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hay2-hay1);

```

```

        hfg1=hfgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hfg2-hfgy1);
        hg1=hgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hgy2-hgy1);
        sfl=sfy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sfy2-sfy1);
        sgl=sgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sgy2-sgy1);
    end%cierra bandera==1
end%cierra rango==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SALIDA DE LA TURBINA 1%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if sal==1
    for is=1:1:50
        if P(is,1)==Psalida1
            hat=hf(is,1);
            hfgt=hfg(is,1);
            hgt=hg(is,1);
            sft=sf(is,1);
            sgt=sg(is,1);

            end

            if is==50 && P(is,1)~=Psalida1
                bandera=1;
            end
        end
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if bandera==1
        for zz=1:1:50
            if P(zz,1)<Psalida1
                pxs1=P(zz,1);
                hasy1=hf(zz,1);
                hfgsy1=hfg(zz,1);
                hgisy1=hg(zz,1);
                sfsy1=sf(zz,1);
                sgisy1=sg(zz,1);
                nzz=zz;
                punto_unos=1;
            end
        end
        rr=nzz+1;
        if punto_unos==1
            pxs2=P(rr,1);

```

```

        hasy2=hf(rr,1);
        hfgsy2=hfg(rr,1);
        hgsy2=hg(rr,1);
        sfsy2=sf(rr,1);
        sgsy2=sg(rr,1);
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% %INTERPOLACION
        hat=hasy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hasy2-hasy1);
        hfgt=hfgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hfgsy2-hfgsy1);
        hgt=hgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hgsy2-hgsy1);
        sft=sfsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sfsy2-sfsy1);
        sgt=sgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sgsy2-sgsy1);
        end%bandera==1
        end%cierra sal==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% SEGUNDA ETAPA DE FLASHEO
        if siguiente==1
            if P2<P1 && P2>=P(1,1)
                rango=2;
            end
            if P2>P(50,1)||P1<P(1,1)
                disp('ERROR: P2 no esta en la tablas')
                error=1;
            end
            if Psalida2>P2
                disp('ERROR:Psalida 2 debe ser menor que P2')
                error=1;
            end
            if Psalida2<P(1,1)
                disp('ERROR:Psalida 2 no esta en tablas')
                error=1;
            end
            end% cierra siguiente==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
        if rango==2
            for b=1:1:50
                if P(b,1)==P2

```

```

        ha2=hf(b,1);
        hfg2=hfg(b,1);
        hg2=hg(b,1);
        sf2=sf(b,1);
        sg2=sg(b,1);
        sal=2;
    end
    if b==50 && P(b,1)~=P2
        bandera1=1;
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if bandera1==1
    for a=1:1:50
        if P(a,1)<P2
            sal=2;
            px21=P(a,1);
            ha2y1=hf(a,1);
            hfg2y1=hfg(a,1);
            hg2y1=hg(a,1);
            sf2y1=sf(a,1);
            sg2y1=sg(a,1);
            n2=a;
            punto_uno2=1;
        end
    end
    nn=n2+1;
    if punto_uno2==1
        px22=P(nn,1);
        ha2y2=hf(nn,1);
        hfg2y2=hfg(nn,1);
        hg2y2=hg(nn,1);
        sf2y2=sf(nn,1);
        sg2y2=sg(nn,1);
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %%INTERPOLACION
    ha2=ha2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(ha2y2-ha2y1);

```

```

    hfg2=hfg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(hfg2y2-hfg2y1);
    hg2=hg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(hg2y2-hg2y1);
    sf2=sf2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(sf2y2-sf2y1);
    sg2=sg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(sg2y2-sg2y1);
    end%cierra bandera1==1
end %cierra rango==2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%SALIDA DE LA TURBINA 2.
    if sal==2
        for is=1:1:50
            if P(is,1)==Psalida2
                hatt=hf(is,1);
                hfgtt=hfg(is,1);
                hgtt=hg(is,1);
                sftt=sf(is,1);
                sgtt=sg(is,1);
            end
            if is==50 && P(is,1)~=Psalida2
                bandera=1;
            end
        end
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if bandera==1
        for zz=1:1:50
            if P(zz,1)<Psalida2
                pxs1=P(zz,1);
                hasy1=hf(zz,1);
                hfgsy1=hfg(zz,1);
                hgzy1=hg(zz,1);
                sfsy1=sf(zz,1);
                sgzy1=sg(zz,1);
                nzz=zz;
                punto_unos=1;
            end
        end
        rr=nzz+1;

        if punto_unos==1

```

```

        pxs2=P(rr,1);
        hasy2=hf(rr,1);
        hfgsy2=hfg(rr,1);
        hgsy2=hg(rr,1);
        sfsy2=sf(rr,1);
        sgsy2=sg(rr,1);
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION.
        hatt=hasy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hasy2-hasy1);
        hfgtt=hfgsy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hfgsy2-hfgsy1);
        hgtt=hgsy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hgsy2-hgsy1);
        sftt=sfsy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sfsy2-sfsy1);
        sgtt=sgsy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sgsy2-sgsy1);
    end%bandera==1
end %cierra sal==2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 2 tenemos vapor seco a una presión P1.
s1=sg1
h2=hg1
s2=s1
m2
sfg2=sfg2-sf2;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 3 tenemos Liquido Saturado a una presión P1.
h3=ha1
s3=sfl
m3=m1-(m2+eyectores/3.6)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//En la Turbina de Vapor 1.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 7(salida de la turbina 1)tenemos vapor húmedo.
s7=s2
sfgt=sgt-sft;
x7=(s2-sft)/sfgt
h7=hat+x7*hfgt
potencia1=((h2-h7)*m2)*eficiencia1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

%%En el punto 4 tenemos Vapor Húmedo a una  $P_2 < P_1$ .
h4=h3
sfg2=sg2-sf2;
x4=(h3-ha2)/hfg2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 5 tenemos Vapor Seco  $P_4=P_5=P_6$ .
h5=hg2
m5=m3*x4
s5=sg2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 6 tenemos Líquido Saturado.
h6=ha2
m6=m3-m5
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En la Turbina de Vapor 2.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 8(salida de la turbina 2) tenemos vapor húmedo.
s8=s5
sfgtt=sgtt-sftt;
x8=(s5-sftt)/sfgtt
h8=hatt+x8*hfgtt
potencia2=((h5-h8)*m5)*eficiencia2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Se forman los vectores y se guardan en archivos de texto.
entalpias=[h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8];
entropias=[s1 s2 s3 s5 s7 s8];
flujom=[m1 m2 m3 m5 m6];
calidad=[X x4 x7 x8];
presion=[P1 P2 Psalida1 Psalida2];
eficiencias=[eficiencia1 eficiencia2];
potencia=[potencia1 potencia2]
save entalpias.txt -ascii entalpias
save entropias.txt -ascii entropias
save flujo_de_vapor.txt -ascii flujom
save calidad_del_vapor.txt -ascii calidad
save presion.txt -ascii presion
save potencia_generada.txt -ascii potencia
save eficiencias.txt -ascii eficiencias
    %end %cierra sal==2

```

```

        end%cierra el caso dos inicia==2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//Código para el análisis de la central geotermoeléctrica con 3 TURBINAS 3 ETAPAS DE FLASHEO.
if inicia==3
    [eficiencia2]=textread('eficiencia2.txt','%f');
    [eficiencia3]=textread('eficiencia3.txt','%f');
    [Psalida2]=textread('Psalida2.txt','%f');
    [Psalida3]=textread('Psalida3.txt','%f');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%PRIMER ETAPA DE FLASHEO.
    if P1<=P(50,1)&& P1>=P(1,1)
        rango=1;
    end
    if P1>P(50,1)||P1<P(1,1)
        disp('ERROR: P1 no esta en la tablas')
        error=1;
    end
    if Psalida1>P1
        disp('ERROR: Psalida 1 debe ser menor que P1')
        error=1;
    end
    if Psalida1<P(1,1)
        disp('ERROR: Psalida1 no esta en la tablas')
        error=1;
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%TURBINA 1.
    if rango==1
        for i=1:1:50
            if P(i,1)==P1
                ha=hf(i,1);
                hfg1=hfg(i,1);
                hg1=hg(i,1);
                sf1=sf(i,1);
                sg1=sg(i,1);
                siguiente=1;
                sal=1;
            end

```



```

        if i==50 && P(i,1)~=P1
            bandera=1;
        end
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if bandera==1
    siguiente=1;
    for z=1:1:50
        if P(z,1)<P1
            px1=P(z,1);
            hay1=hf(z,1);
            hfgy1=hfg(z,1);
            hgy1=hg(z,1);
            sfy1=sf(z,1);
            sgy1=sg(z,1);
            nz=z;
            punto_uno=1;
        end
    end
    r=nz+1;
    if punto_uno==1
        px2=P(r,1);
        hay2=hf(r,1);
        hfgy2=hfg(r,1);
        hgy2=hg(r,1);
        sfy2=sf(r,1);
        sgy2=sg(r,1);
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
    ha1=hay1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hay2-hay1);
    hfg1=hfgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hfgy2-hfgy1);
    hg1=hgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(hgy2-hgy1);
    sf1=sfy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sfy2-sfy1);
    sg1=sgy1+((P1-px1)/(px2-px1))*(sgy2-sgy1);
    sal=1;
end %cierra bandera==1
end %cierra rango==1

```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%% SALIDA DE LA TURBINA 1.
```

```

if sal==1
    for is=1:1:50
        if P(is,1)==Psalida1
            hat=hf(is,1);
            hfgt=hfg(is,1);
            hgt=hg(is,1);
            sft=sf(is,1);
            sgt=sg(is,1);
        end
        if is==50 && P(is,1)~=Psalida1
            bandera=1;
        end
    end
end

```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```

if bandera==1
    for zz=1:1:50
        if P(zz,1)<Psalida1
            pxs1=P(zz,1);
            hasy1=hf(zz,1);
            hfgsy1=hfg(zz,1);
            hgsy1=hg(zz,1);
            sfsy1=sf(zz,1);
            sgisy1=sg(zz,1);
            nzz=zz;
            punto_unos=1;
        end
    end
    rr=nzz+1;
    if punto_unos==1

```

```

        pxs2=P(rr,1);
        hasy2=hf(rr,1);
        hfgsy2=hfg(rr,1);
        hgsy2=hg(rr,1);
        sfsy2=sf(rr,1);
        sgisy2=sg(rr,1);
    end
end

```

```

end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
    hat=hasy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hasy2-hasy1);
    hfgt=hfgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hfgsy2-hfgsy1);
    hgt=hgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hgsy2-hgsy1);
    sft=sfsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sfsy2-sfsy1);
    sgt=sgsy1+((Psalida1-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sgsy2-sgsy1);
    end%cierra bandera==1
    end%cierra sal==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% SEGUNDA ETAPA DE FLASHEO.
    if siguiente==1
        if P2<P1 && P2>=P(1,1)
            rango=2;
        end
        if P2<P(1,1)
            disp('ERROR: P2 no esta en la tablas')
            error=1;
        end
        if P2>P1
            disp('ERROR: P2 debe ser menor que P1')
            error=1;
        end
        if Psalida2>P2
            disp('ERROR:Psalida 2 debe ser menor que P2')
            error=1;
        end
        if Psalida2<P(1,1)
            disp('ERROR:Psalida 2 no esta en tablas')
            error=1;
        end
    end % cierra siguiente==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% TURBINA 2.
    if rango==2
        for b=1:1:50
            if P(b,1)==P2

```

```

        ha2=hf(b,1);
        hfg2=hfg(b,1);
        hg2=hg(b,1);
        sf2=sf(b,1);
        sg2=sg(b,1);
        siguiente=2;
        sal=2;
    end
    if b==50 && P(b,1)~=P2
        bandera1=1;
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if bandera1==1
    siguiente=2;

    for a=1:1:50
        if P(a,1)<P2
            px21=P(a,1);
            ha2y1=hf(a,1);
            hfg2y1=hfg(a,1);
            hg2y1=hg(a,1);
            sf2y1=sf(a,1);
            sg2y1=sg(a,1);
            n2=a;
            punto_uno2=1;
        end
    end
    nn=n2+1;
    if punto_uno2==1
        px22=P(nn,1);
        ha2y2=hf(nn,1);
        hfg2y2=hfg(nn,1);
        hg2y2=hg(nn,1);
        sf2y2=sf(nn,1);
        sg2y2=sg(nn,1);
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

%%INTERPOLACION
    ha2=ha2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(ha2y2-ha2y1);
    hfg2=hfg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(hfg2y2-hfg2y1);
    hg2=hg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(hg2y2-hg2y1);
    sf2=sf2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(sf2y2-sf2y1);
    sg2=sg2y1+((P2-px21)/(px22-px21))*(sg2y2-sg2y1);
    sal=2;
end%cierra bandera1==1
    end%cierra rango==2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% SALIDA DE LA TURBINA 2.
    if sal==2
        for is=1:1:50
            if P(is,1)==Psalida2
                hatt=hf(is,1);
                hfgtt=hfg(is,1);
                hg2tt=hg(is,1);
                sftt=sf(is,1);
                sg2tt=sg(is,1);
            end
            if is==50 && P(is,1)~=Psalida2
                bandera=1;
            end
        end
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if bandera==1
        for zz=1:1:50
            if P(zz,1)<Psalida2
                pxs1=P(zz,1);
                hasy1=hf(zz,1);
                hfgsy1=hfg(zz,1);
                hg2sy1=hg(zz,1);
                sfsy1=sf(zz,1);
                sg2sy1=sg(zz,1);
                nzz=zz;
                punto_unos=1;
            end
        end
    end

```

```

rr=nzz+1;
if punto_unos==1
    pxs2=P(rr,1);
    hasy2=hf(rr,1);
    hfgsy2=hfg(rr,1);
    hgsy2=hg(rr,1);
    sfsy2=sf(rr,1);
    sgsy2=sg(rr,1);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
    hatt=hasy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hasy2-hasy1);
    hfgtt=hfgsy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hfgsy2-hfgsy1);
    hgtt=hgsy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hgsy2-hgsy1);
    sftt=sfsy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sfsy2-sfsy1);
    sgtt=sgsy1+((Psalida2-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sgsy2-sgsy1);
end%cierra bandera==1
end%cierra sal==2
if siguiente==2
if P3<P2 && P3>=P(1,1)
    rango=3;
end
if P3<P(1,1)
    disp('ERROR: P3 no esta en las tablas')
    error=1;
end
if P3>P2
    disp('ERROR:P3 debe ser menor que P2')
    error=1;
end
if Psalida3>P3
    disp('ERROR:Psalida 3 debe ser menor que P3')
    error=1;
end
if Psalida3<P(1,1)
    disp('ERROR:Psalida 3 no esta en tablas')
    error=1;
end

```

```

end%cierra siguiente==2
if rango==3
    for i=1:1:50
        if P(i,1)==P1
            ha3=hf(i,1);
            hfg3=hfg(i,1);
            hg3=hg(i,1);
            sf3=sf(i,1);
            sg3=sg(i,1);
            sal=3;
        end
        if i==50 && P(i,1)~=P1
            bandera=1;
        end
    end
end
if bandera==1
    sal=3;
    for z=1:1:50
        if P(z,1)<P1
            px1=P(z,1);
            hay1=hf(z,1);
            hfgy1=hfg(z,1);
            hgy1=hg(z,1);
            sfy1=sf(z,1);
            sgy1=sg(z,1);
            nz=z;
            punto_uno=1;
        end
    end
    r=nz+1;
    if punto_uno==1
        px2=P(r,1);
        hay2=hf(r,1);
        hfgy2=hfg(r,1);
        hgy2=hg(r,1);
        sfy2=sf(r,1);
        sgy2=sg(r,1);
    end
end

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
    ha3=hay1+((P3-px1)/(px2-px1))*(hay2-hay1);
    hfg3=hfgy1+((P3-px1)/(px2-px1))*(hfgy2-hfgy1);
    hg3=hgy1+((P3-px1)/(px2-px1))*(hgy2-hgy1);
    sf3=sfy1+((P3-px1)/(px2-px1))*(sfy2-sfy1);
    sg3=sgy1+((P3-px1)/(px2-px1))*(sgy2-sgy1);
    end%cierra bandera==1
end%cierra rango==3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% SALIDA DE TURBINA 3.
    if sal==3
        for is=1:1:50
            if P(is,1)==Psalida3
                hattt=hf(is,1);
                hfgtt=hfg(is,1);
                hgtt=hg(is,1);
                sftt=sf(is,1);
                sgtt=sg(is,1);
            end
            if is==50 && P(is,1)~=Psalida3
                bandera=1;
            end
        end
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if bandera==1
        for zz=1:1:50
            if P(zz,1)<Psalida3
                pxs1=P(zz,1);
                hasy1=hf(zz,1);
                hfgsy1=hfg(zz,1);
                hgsy1=hg(zz,1);
                sfsy1=sf(zz,1);
                sgisy1=sg(zz,1);
                nzz=zz;
                punto_unos=1;
            end
        end
    end

```



```

rr=nzz+1;
if punto_unos==1
    pxs2=P(rr,1);
    hasy2=hf(rr,1);
    hfgsy2=hfg(rr,1);
    hgsy2=hg(rr,1);
    sfsy2=sf(rr,1);
    sgsy2=sg(rr,1);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%INTERPOLACION
    hattt=hasy1+((Psalida3-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hasy2-hasy1);
    hfgtt=hfgsy1+((Psalida3-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hfgsy2-hfgsy1);
    hgtt=hgsy1+((Psalida3-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(hgsy2-hgsy1);
    sftt=sfsy1+((Psalida3-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sfsy2-sfsy1);
    sgtt=sgsy1+((Psalida3-pxs1)/(pxs2-pxs1))*(sgsy2-sgsy1);
end%cierra bandera==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
end%cierra sal==3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 2 tenemos vapor seco a una presión P1.
s1=sg1
h2=hg1
s2=s1
m2
sfg2=sg2-sf2;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 3 tenemos Líquido Saturado a una presión P1.
h3=ha1
s3=sfl
m3=m1-(m2+eyectores/3.6)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//En la Turbina de Vapor 1.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 10(salida de la turbina 1)tenemos vapor húmedo.
s10=s2
sfgt=sgt-sft;
x10=(s2-sft)/sfgt
h10=hat+x10*hfgt

```

```

potencia1=((h2-h10)*m2)*eficiencia1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 4 tenemos Vapor Húmedo a un P2<P1.
h4=h3
sfg2=sg2-sf2;
x4=(h3-ha2)/hfg2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 5 tenemos Vapor Seco P4=P5=P6.
h5=hg2
m5=m3*x4
s5=sg2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 6 tenemos Líquido Saturado.
h6=ha2
m6=m3-m5
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//En la Turbina de Vapor 2.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 11(salida de la turbina 2)tenemos vapor húmedo.
s11=s5
sfgtt=sgtt-sftt;
x11=(s5-sftt)/sfgtt
h11=hatt+x11*hfgtt
potencia2=((h5-h11)*m5)*eficiencia2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 7 tenemos Vapor Húmedo a un P3<P2.
ha3;
hfg3;
h7=h6
sfg3=sg3-sf3;
x7=(h6-ha3)/hfg3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 8 tenemos Vapor Seco P7=P8=P9.
h8=hg3
m8=m6*x7
s8=sg3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 6 tenemos Líquido Saturado.
h9=ha3

```

```

m9=m6-m8
s9=sf3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%En el punto 12 (salida de la turbina 2) tenemos vapor húmedo.
s12=s8
sfgttt=sgttt-sfttt;
x12=(s8-sfttt)/sfgttt
h12=hattt+x12*hfgttt
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Potencia eléctrica generada por el tercer turbogenerador.
potencia3=((h8-h12)*m8)*eficiencia3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Formación de vectores y almacenamiento en archivos de texto.
entalpias=[h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12];
entropias=[s1 s2 s3 s5 s8 s9 s10 s11 s12 ];
flujom=[m1 m2 m3 m5 m6 m8 m9];
calidad=[X x4 x7 x10 x11 x12];
presion=[P1 P2 Psalida1 Psalida2 Psalida3];
eficiencias=[eficiencia1 eficiencia2 eficiencia3];
potencia=[potencia1 potencia2 potencia3]
save entalpias.txt -ascii entalpias
save entropias.txt -ascii entropias
save flujo_de_vapor.txt -ascii flujom
save calidad_del_vapor.txt -ascii calidad
save presion.txt -ascii presion
save potencia_generada.txt -ascii potencia
save eficiencias.txt -ascii eficiencias
    end %cierra inicia==3
if error==1
    disp('Revisa si los datos son correctos')
end
end %corre
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%//PELICULA.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%UNA ETAPA DE FLASHEO-UNA TURBINA.
[correr]=textread('correr.txt','%f');
figure%%crea otro frame
while correr==1 && error~=1

```

```

    if flasheo==1 && turbinas==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%SEPARADOR
v4=[-1 1.5 1;-1 -1.5 1;1 -1.5 1;1 1.5 1];
f4=[1 2 3 4];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(-0.6,2.51,'S1')
title('UNA ETAPA DE FLASHEO - UNA TURBINA')
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%salida del pozo
v4=[-17 0.5 1;-17 -0.5 1;-31.6 -0.5 1;-31.6 -28 1;-32.6 -28 1;-32.6 0.5 1];
f4=[1 2 3 4 5 6];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%DESPUES DE LA VALVULA
v2=[-1 0.5 1;-1 -0.5 1;-14 -0.5 1;-14 0.5 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%salida a la turbina
v=[1 0.5 1;1 -0.5 1;27.5 -0.5 1;27.5 -2.02 1;28.5 -1.71 1;28.5 0.5 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Salmuera
hold on
v1=[-0.5 -1.5 1;0.5 -1.5 1;0.5 -15 1;-0.5 -15 1];
f1=[1 2 3 4];

```

```

fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Válvula 1
v3=[-14 1 1;-14 -1 1;-17 1 1;-17 -1 1];
f3=[1 2 3 4];
fvc3=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v3,'Faces',f3,'FaceVertexCdata',fvc3,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Pozo
v5=[-33.5 -13 1;-33 -13 1;-33 -30 1;-31.2 -30 1;-31.2 -13 1;-30.7 -13 1];
f5=[1 2 3 4 5 6];
fvc5=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v5,'Faces',f5,'FaceVertexCdata',fvc5,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(-30,-14,'POZO')
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Turbina
text(27,-11,'TURBINA')
v6=[26 -2.5 1;34 0 1;34 -4 1;40 -4 1;40 -6 1;34 -6 1;34 -10 1;26 -7.5 1];
f6=[1 2 3 4 5 6 7 8];
fvc6=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v6,'Faces',f6,'FaceVertexCdata',fvc6,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Escape
hold on
v1=[33 -9.6875 1;34 -10 1;34 -25 1;33 -25 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Generador

```

```

hold on
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
text(36,-1,'GENERADOR')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Eje
v7=[46 -4 1;46 -6 1;47 -6 1;47 -4 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%// PELICULAS.
for z=1:0.1:1000
    while z<=1000
        %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
        %%Al salir del pozo
        M1=moviein(5)
        text(-21,2,'VAPOR HUMEDO')
        for j=1:5
            v4=[-17 0.15 1;-17 -0.15 1;-31.95 -0.15 1;-31.95 -28 1;-32.25 -28 1;-32.25 0.15 1];
            f4=[1 2 3 4 5 6];
            fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
            patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','m')
            view(2);axis equal
            M1(:,j)=getframe;
            %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
            %%Repintar M3
            v=[1 0.15 1;1 -0.15 1;27.85 -0.15 1;27.85 -1.911 1;28.15 -1.816 1;28.15 0.15 1];
            f=[1 2 3 4 5 6];
            fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
            patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','w')
            view(2);axis equal
            %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
            %%A la par
            v1=[-0.15 -1.5 1;0.15 -1.5 1;0.15 -15 1;-0.15 -15 1];

```

```

f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M5
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M4
v1=[33.35 -9.7969 1;33.65 -9.8906 1;33.65 -25 1;33.35 -25 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la válvula
M2=moviein(5)
for j=1:5
v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-14 -0.15 1;-14 0.15 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','m')
view(2);axis equal
M2(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después del separador
M3=moviein(5)
g=1
for j=1:5
v=[1 0.15 1;1 -0.15 1;27.85 -0.15 1;27.85 -1.911 1;28.15 -1.816 1;28.15 0.15 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];

```

```

patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%A la par
v1=[-0.15 -1.5 1;0.15 -1.5 1;0.15 -15 1;-0.15 -15 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','b')
view(2);axis equal
text(10,2,'VAPOR SECO')
text(3,-8,'LIQUIDO SATURADO')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Generador
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
M3(:,j)=getframe;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M1
v4=[-17 0.15 1;-17 -0.15 1;-31.95 -0.15 1;-31.95 -28 1;-32.25 -28 1;-32.25 0.15 1];
f4=[1 2 3 4 5 6];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Escape
M4=moviein(5)
for j=1:5
v1=[33.35 -9.7969 1;33.65 -9.8906 1;33.65 -25 1;33.35 -25 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','m')
view(2);axis equal
text(35,-24,'VAPOR HUMEDO')
M4(:,j)=getframe;

```



```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M2
v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-14 -0.15 1;-14 0.15 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
end
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%// 2 FLASHEO-1TURBINA
if flasheo==2 && turbinas==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Separador 1
v4=[-1 1.5 1;-1 -1.5 1;-1 -1.5 1;1 1.5 1];
f4=[1 2 3 4];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(-0.6,2.51,'S1')
title('DOS ETAPAS DE FLASHEO - UNA TURBINA')
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Separador 2
v4=[-1 -23 1;-1 -26 1;-1 -26 1;1 -23 1];
f4=[1 2 3 4];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(1,-22,'S2')
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Salida del pozo
v4=[-17 0.5 1;-17 -0.5 1;-31.6 -0.5 1;-31.6 -28 1;-32.6 -28 1;-32.6 0.5 1];
f4=[1 2 3 4 5 6];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','y')

```

```

view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la válvula
v2=[-1 0.5 1;-1 -0.5 1;-14 -0.5 1;-14 0.5 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Salida a la turbina del SEPARADOR 1
v=[1 0.5 1;1 -0.5 1;26 -0.5 1;26 -2.5 1;27 -2.1875 1;27 0.5 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Salmuera
v1=[-0.5 -1.5 1;0.5 -1.5 1;0.5 -10 1;-0.5 -10 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Válvula 1
v3=[-14 1 1;-14 -1 1;-17 1 1;-17 -1 1];
f3=[1 2 3 4];
fvc3=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v3,'Faces',f3,'FaceVertexCdata',fvc3,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Válvula 2
v3=[-1 -10 1;1 -10 1;-1 -13 1;1 -13 1];
f3=[1 2 3 4];
fvc3=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];

```

```

patch('Vertices',v3,'Faces',f3,'FaceVertexCdata',fvc3,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la válvula 2
v1=[-0.5 -13 1;0.5 -13 1;0.5 -23 1;-0.5 -23 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después del separador 2 (Salmuera)
v1=[-0.5 -26 1;0.5 -26 1;0.5 -36 1;-0.5 -36 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Salida a la turbina del SEPARADOR 2
v=[ 1 -24 1;1 -25 1;29.5 -25 1;29.5 -8.2812 1;28.5 -7.9687 1;28.5 -24 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Pozo
v5=[-33.5 -13 1;-33 -13 1;-33 -30 1;-31.2 -30 1;-31.2 -13 1;-30.7 -13 1];
f5=[1 2 3 4 5 6];
fvc5=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v5,'Faces',f5,'FaceVertexCdata',fvc5,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(-30,-14,'POZO')
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Turbina
v6=[26 -2.5 1;34 0 1;34 -4 1;40 -4 1;40 -6 1;34 -6 1;34 -10 1;26 -7.5 1];

```

```

f6=[1 2 3 4 5 6 7 8];
fvc6=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v6,'Faces',f6,'FaceVertexCdata',fvc6,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Escape
hold on
v1=[33 -9.6875 1;34 -10 1;34 -25 1;33 -25 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Generador
hold on
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
text(36,-1,'GENERADOR')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Eje
v7=[46 -4 1;46 -6 1;47 -6 1;47 -4 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%// PELICULAS
for z=1:0.1:1000
    while z<=1000
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Al salir del pozo
        M1=moviein(1)
text(-21,2,'VAPOR HUMEDO')
for j=1:1
v4=[-17 0.15 1;-17 -0.15 1;-31.95 -0.15 1;-31.95 -28 1;-32.25 -28 1;-32.25 0.15 1];
f4=[1 2 3 4 5 6];

```

```

fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','m')
view(2);axis equal
M1(:,j)=getframe;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M2
v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-14 -0.15 1;-14 0.15 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M3
v=[1 0.15 1;1 -0.15 1;26.35 -0.15 1;26.35 -2.3906 1;26.65 -2.2969 1;26.65 0.15 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%A la par
v1=[-0.15 -1.5 1;0.15 -1.5 1;0.15 -10 1;-0.15 -10 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M6
v1=[-0.15 -13 1;0.15 -13 1;0.15 -23 1;-0.15 -23 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M7
v=[1 -24.35 1;1 -24.65 1;29.15 -24.65 1;29.15 -8.4844 1;28.85 -8.3906 1;28.85 -24.35 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','w')
view(2);axis equal

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%A la par
v1=[-0.15 -26 1;0.15 -26 1;0.15 -36 1;-0.15 -36 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M5
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M4
v1=[33.35 -9.7969 1;33.65 -9.8906 1;33.65 -25 1;33.35 -25 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la válvula
M2=moviein(1)
for j=1:1
v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-14 -0.15 1;-14 0.15 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','m')
view(2);axis equal
M2(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después del separador
M3=moviein(1)
for j=1:1
v=[1 0.15 1;1 -0.15 1;26.35 -0.15 1;26.35 -2.3906 1;26.65 -2.2969 1;26.65 0.15 1];
f=[1 2 3 4 5 6];

```

```

fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%A la par
v1=[-0.15 -1.5 1;0.15 -1.5 1;0.15 -10 1;-0.15 -10 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','b')
view(2);axis equal
text(10,2,'VAPOR SECO')
text(-16.5,-5,'LIQUIDO SATURADO')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Generador
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
M3(:,j)=getframe;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M1
v4=[-17 0.15 1;-17 -0.15 1;-31.95 -0.15 1;-31.95 -28 1;-32.25 -28 1;-32.25 0.15 1];
f4=[1 2 3 4 5 6];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la válvula 2
M6=moviein(1)
for j=1:1
    v1=[-0.15 -13 1;0.15 -13 1;0.15 -23 1;-0.15 -23 1];
    f1=[1 2 3 4];
    fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','m')
    view(2);axis equal
    text(-15,-20,'VAPOR HUMEDO')

```

```

    M6(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después del separador 2
M7=moviein(1)
for j=1:1
    M7(:,j)=getframe;
    v=[1 -24.35 1;1 -24.65 1;29.15 -24.65 1;29.15 -8.4844 1;28.85 -8.3906 1;28.85 -24.35 1];
    f=[1 2 3 4 5 6];
    fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','c')
    view(2);axis equal
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %%A la par
    v1=[-0.15 -26 1;0.15 -26 1;0.15 -36 1;-0.15 -36 1];
    f1=[1 2 3 4];
    fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','b')
    view(2);axis equal
    text(10,-22.5,'VAPOR SECO')
    text(-16.5,-30,'LIQUIDO SATURADO')
    M7(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Escape
M4=moviein(1)
for j=1:1
    v1=[33.35 -9.7969 1;33.65 -9.8906 1;33.65 -25 1;33.35 -25 1];
    f1=[1 2 3 4];
    fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','m')
    view(2);axis equal
    text(35,-20,'VAPOR HUMEDO')
    M4(:,j)=getframe;
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %%Repintar M2
    v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-14 -0.15 1;-14 0.15 1];
    f2=[1 2 3 4];

```



```

fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
end
end
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%//TRES ETAPAS DE FLASHEO-UNA TURBINA
if flasheo==3 && turbinas==1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%% Separador 1
v4=[-1 1.5 1;-1 -1.5 1;-1.5 1;1 1.5 1];
f4=[1 2 3 4];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(1,-2,'S1')
title('TRES ETAPAS DE FLASHEO - UNA TURBINA')
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%% Separador 2
v4=[-1 -23 1;-1 -26 1;1 -26 1;1 -23 1];
f4=[1 2 3 4];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(1,-22,'S2')
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%% Separador 3
v4=[-1 -49 1;-1 -52 1;1 -52 1;1 -49 1];
f4=[1 2 3 4];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(1,-48,'S3')
hold on

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Salida del pozo
v4=[-17 0.5 1;-17 -0.5 1;-31.6 -0.5 1;-31.6 -28 1;-32.6 -28 1;-32.6 0.5 1];
f4=[1 2 3 4 5 6];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la válvula
v2=[-1 0.5 1;-1 -0.5 1;-14 -0.5 1;-14 0.5 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Salida a la turbina del separador 1
v=[1 0.5 1;1 -0.5 1;26 -0.5 1;26 -2.5 1;27 -2.1875 1;27 0.5 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Salmuera (S1)
v1=[-0.5 -1.5 1;0.5 -1.5 1;0.5 -10 1;-0.5 -10 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Válvula 1
v3=[-14 1 1;-14 -1 1;-17 1 1;-17 -1 1];
f3=[1 2 3 4];
fvc3=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v3,'Faces',f3,'FaceVertexCdata',fvc3,'FaceColor','r')
view(2);axis equal

```

```

hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Válvula 2
v3=[-1 -10 1;1 -10 1;-1 -13 1;1 -13 1];
f3=[1 2 3 4];
fvc3=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v3,'Faces',f3,'FaceVertexCdata',fvc3,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Válvula 3
v3=[-1 -36 1;1 -36 1;-1 -39 1;1 -39 1];
f3=[1 2 3 4];
fvc3=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v3,'Faces',f3,'FaceVertexCdata',fvc3,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la Válvula 3
v1=[-0.5 -39 1;0.5 -39 1;0.5 -49 1;-0.5 -49 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Después de la válvula 2
v1=[-0.5 -13 1;0.5 -13 1;0.5 -23 1;-0.5 -23 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Después del separador 2
v1=[-0.5 -26 1;0.5 -26 1;0.5 -36 1;-0.5 -36 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')

```

```

view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Después del separador 3 (Salmuera)
v1=[-0.5 -52 1;0.5 -52 1;0.5 -62 1;-0.5 -62 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%Salida a la turbina DEL SEPARDOR 2
v=[1 -24 1;1 -25 1;29.5 -25 1;29.5 -8.2812 1;28.5 -7.9687 1;28.5 -24 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%Salida a la turbina del separador 3
v=[1 -50 1;1 -51 1;32 -51 1;32 -9.375 1;31 -9.0625 1;31 -50 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%Pozo
v5=[-33.5 -13 1;-33 -13 1;-33 -67 1;-31.2 -67 1;-31.2 -13 1;-30.7 -13 1];
f5=[1 2 3 4 5 6];
fvc5=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v5,'Faces',f5,'FaceVertexCdata',fvc5,'FaceColor','g')
view(2);axis equal
text(-30,-14,'POZO')
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%Turbina
v6=[26 -2.5 1;34 0 1;34 -4 1;40 -4 1;40 -6 1;34 -6 1;34 -10 1;26 -7.5 1];
f6=[1 2 3 4 5 6 7 8];

```

```

fvc6=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v6,'Faces',f6,'FaceVertexCdata',fvc6,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Escape
hold on
v1=[33 -9.6875 1;34 -10 1;34 -25 1;33 -25 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Generador
hold on
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
text(36,-1,'GENERADOR')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Eje
v7=[46 -4 1;46 -6 1;47 -6 1;47 -4 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%PELICULAS %%%%%%%%%
for z=1:0.1:1000
    while z<=1000
        M1=moviein(1)
        text(-30,-2,'VAPOR HUMEDO')
        for j=1:1
            v4=[-17 0.15 1;-17 -0.15 1;-31.95 -0.15 1;-31.95 -60 1;-32.25 -60 1;-32.25 0.15 1];
            f4=[1 2 3 4 5 6];
            fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];

```

```

patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','m')
view(2);axis equal
M1(:,j)=getframe;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M2
v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-14 -0.15 1;-14 0.15 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M3
v=[1 0.15 1;1 -0.15 1;26.35 -0.15 1;26.35 -2.3906 1;26.65 -2.2969 1;26.65 0.15 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%A la par
v1=[-0.15 -1.5 1;0.15 -1.5 1;0.15 -10 1;-0.15 -10 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M6
v1=[-0.15 -13 1;0.15 -13 1;0.15 -23 1;-0.15 -23 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M7
v=[1 -24.35 1;1 -24.65 1;29.15 -24.65 1;29.15 -8.4844 1;28.85 -8.3906 1;28.85 -24.35 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

%%A la par
v1=[-0.15 -26 1;0.15 -26 1;0.15 -36 1;-0.15 -36 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M8
v1=[-0.15 -39 1;0.15 -39 1;0.15 -49 1;-0.15 -49 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Repintar M9
v=[1 -50.35 1;1 -50.65 1;31.65 -50.65 1;31.65 -9.2656 1;31.35 -9.1719 1;31.35 -50.35 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Ala par
v1=[-0.15 -52 1;0.15 -52 1;0.15 -62 1;-0.15 -62 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M5 (generador)
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];
fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','r')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M4
v1=[33.35 -9.7969 1;33.65 -9.8906 1;33.65 -25 1;33.35 -25 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];

```

```

patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la válvula
M2=moviein(1)
for j=1:1
%for x=1:1:14
%v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-x -0.15 1;-x 0.15 1];
v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-14 -0.15 1;-14 0.15 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','m')
view(2);axis equal
M2(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después del separador
M3=moviein(1)
for j=1:1
v=[1 0.15 1;1 -0.15 1;26.35 -0.15 1;26.35 -2.3906 1;26.65 -2.2969 1;26.65 0.15 1];
f=[1 2 3 4 5 6];
fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','c')
view(2);axis equal
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%A la par
v1=[-0.15 -1.5 1;0.15 -1.5 1;0.15 -10 1;-0.15 -10 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','b')
view(2);axis equal
text(10,-2,'VAPOR SECO')
text(-17,-5,'LIQUIDO SATURADO')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Generador
v7=[40 -3 1;40 -7 1;46 -7 1;46 -3 1];
f7=[1 2 3 4];

```



```

fvc7=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v7,'Faces',f7,'FaceVertexCdata',fvc7,'FaceColor','y')
view(2);axis equal
M3(:,j)=getframe;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Repintar M1
v4=[-17 0.15 1;-17 -0.15 1;-31.95 -0.15 1;-31.95 -60 1;-32.25 -60 1;-32.25 0.15 1];
f4=[1 2 3 4 5 6];
fvc4=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v4,'Faces',f4,'FaceVertexCdata',fvc4,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Después de la válvula 2
M6=moviein(1)
for j=1:1
    v1=[-0.15 -13 1;0.15 -13 1;0.15 -23 1;-0.15 -23 1];
    f1=[1 2 3 4];
    fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','m')
    view(2);axis equal
    text(-15,-20,'VAPOR HUMEDO')
    M6(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Después de la válvula 2
M7=moviein(1)
for j=1:1
    v=[1 -24.35 1;1 -24.65 1;29.15 -24.65 1;29.15 -8.4844 1;28.85 -8.3906 1;28.85 -24.35 1];
    f=[1 2 3 4 5 6];
    fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','c')
    view(2);axis equal
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %%A la par
    v1=[-0.15 -26 1;0.15 -26 1;0.15 -36 1;-0.15 -36 1];
    f1=[1 2 3 4];
    fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];

```

```

patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','b')
view(2);axis equal
text(10,-22.5,'VAPOR SECO')
text(-17,-30,'LIQUIDO SATURADO')
M7(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Después de la válvula 3
M8=moviein(1)
for j=1:1
    M8(:,j)=getframe;
    v1=[-0.15 -39 1;0.15 -39 1;0.15 -49 1;-0.15 -49 1];
    f1=[1 2 3 4];
    fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','m')
    view(2);axis equal
    text(-15,-44,'VAPOR HUMEDO')
    M8(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Después del separador 3
M9=moviein(1)
for j=1:1
    M9(:,j)=getframe;
    v=[1 -50.35 1;1 -50.65 1;31.65 -50.65 1;31.65 -9.2656 1;31.35 -9.1719 1;31.35 -50.35 1];
    f=[1 2 3 4 5 6];
    fvc=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v,'Faces',f,'FaceVertexCdata',fvc,'FaceColor','c')
    view(2);axis equal
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %% A la par
    v1=[-0.15 -52 1;0.15 -52 1;0.15 -62 1;-0.15 -62 1];
    f1=[1 2 3 4];
    fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
    patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','b')
    view(2);axis equal
    text(10,-49,'VAPOR SECO')
    text(-17,-57,'LIQUIDO SATURADO')

```

```

M9(:,j)=getframe;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Escape
M4=moviein(1)
for j=1:1
v1=[33.35 -9.7969 1;33.65 -9.8906 1;33.65 -25 1;33.35 -25 1];
f1=[1 2 3 4];
fvc1=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v1,'Faces',f1,'FaceVertexCdata',fvc1,'FaceColor','m')
view(2);axis equal
text(35,-20,'VAPOR HUMEDO')
M4(:,j)=getframe;
v2=[-1 0.15 1;-1 -0.15 1;-14 -0.15 1;-14 0.15 1];
f2=[1 2 3 4];
fvc2=[1 0 0;0 1 0;1 0 1;1 1 0];
patch('Vertices',v2,'Faces',f2,'FaceVertexCdata',fvc2,'FaceColor','w')
view(2);axis equal
end
end
end
end
end
end

```