

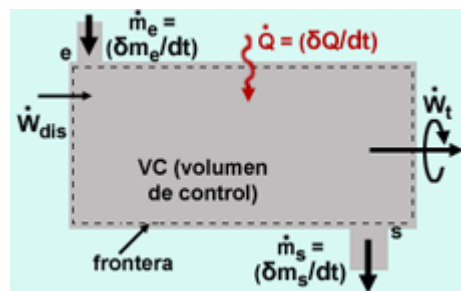
Balance de Energía

Modo de Análisis Volumen de Control: Hipótesis

- El sistema se encuentra en **régimen estacionario**: El **VC** no experimenta cambios en el tiempo.
- A través de la frontera del sistema hay flujos de masa a ritmo constante como sucede también con las transferencias de calor y trabajo.
- El único modo de trabajo termodinámico es el de expansión, **W_x** (sustancia pura PvT).

La expresión general del **primer principio**, en términos de potencia, para el **VC** de la figura será:

$$(\dot{d}U/dt)_{VC} = (\dot{Q} - \dot{W})_{front} + \dot{m}_e \cdot (u + c^2/2 + gz)_e - \dot{m}_s \cdot (u + c^2/2 + gz)_s$$



donde el trabajo que atraviesa la frontera del VC es, en el caso general, la suma del **W_x** y el **W_{dis}** (trabajo de expansión y trabajo disipativo).

Teniendo en cuenta que **$dW_x = dW_{técn} + dW_{flujo}$** y **$W_f = P_s \cdot V_s - P_e \cdot V_e$** , una simple manipulación en la expresión anterior, agrupando términos de entrada y términos de salida, permite reescribirla como:

$$(\dot{d}U/dt)_{VC} = (\dot{Q} - \dot{W}_{VC})_{front} + \dot{m}_e \cdot (h + c^2/2 + gz)_e - \dot{m}_s \cdot (h + c^2/2 + gz)_s$$

donde el término **trabajo de flujo** ha pasado a integrarse en la expresión de la energía que entra y sale con la masa escrita en términos de la variable entalpía, ya que **$h = u + P \cdot v$** . Con esto el **W** de la primera expresión se transforma en **W_{VC}** que, de acuerdo con lo anterior es:

$$W_{VC} = W_{técn} - |W_{dis}| = (W_x - W_{flujo}) - |W_{dis}|$$

Tras estas consideraciones, si aplicamos la primera hipótesis: **régimen estacionario**, tenemos

$$0 = (\dot{Q} - \dot{W}_{VC})_{front} + \dot{m} \cdot (h + c^2/2 + gz)_e - \dot{m} \cdot (h + c^2/2 + gz)_s \quad (1)$$

ya que no hay cambios en la energía interna **U_{VC}** del volumen de control y el flujo másico saliendo es igual al que entra.

En esta expresión, como ya se ha señalado, el **W_{VC}** que aparece es el trabajo que atraviesa la frontera **menos** el trabajo de flujo **$W_f = P_s \cdot V_s - P_e \cdot V_e$** que es el trabajo necesario para mantener el flujo de masa a través de la frontera del VC y no puede "utilizarse" para otro objetivo.

Si no hay disipación (proceso reversible), **$W_{VC} = W_{técnico}$** , o trabajo en el eje. En este caso (o si el proceso es cuasiestático) es posible el cálculo de la integral **$W_t = \int_{front} (-V \cdot dP)$** ya que tanto en el proceso cuasiestático como en el reversible la integral es calculable sobre el recorrido, por ser éste una trayectoria continua, y siempre que se conozca la expresión analítica del proceso.

Cuando hay **W_d** (trabajo disipativo), el valor de **W_{VC}** es la suma **$W_t + W_d$** cada uno con su signo interno de acuerdo con el convenio de signos adoptado. Como el **W_d** siempre entra en el **VC** este signo será negativo.

La expresión (1) cuando analizamos las transferencias por unidad de masa que fluye a través del VC, se transforma en:

$$0 = (q_{VC} - w_{VC}) + (h + c^2/2 + gz)_e - (h + c^2/2 + gz)_s$$

donde **$q_{VC} = (\dot{Q}_{VC} / \dot{m})$** y **$w_{VC} = (\dot{W}_{VC} / \dot{m})$**

Sobre el trabajo disipativo, W_d

Suele ser la incógnita del balance en una instalación pues los efectos disipativos son difíciles de cuantificar con un modelo sencillo. Una excepción es cuando es un trabajo tipo resistencia eléctrica o un trabajo de rozamiento del que conocemos la fuerza de rozamiento y el desplazamiento.

En todo caso, y sin entrar en los detalles de su origen, es un trabajo que producido por el propio sistema (dentro de los límites de la frontera) repercute en el balance de energía de modo equivalente a un flujo de calor que entra en el sistema. En ese sentido en nuestro análisis sólo entendemos como trabajo disipativo el que "vuelve" al interior. En ese sentido la fricción de un émbolo con las paredes del pistón al desplazarse sólo contaría en la medida en que ese trabajo de fricción repercutía en el sistema. Si una parte se disipaba en el entorno quedaría fuera del balance.