



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA

## Proceso irreversible vs. proceso reversible

<b>Apellidos, nombre</b>	Atarés Huerta, Lorena (loathue@tal.upv.es)
<b>Departamento</b>	Departamento de Tecnología de Alimentos
<b>Centro</b>	ETSIAMN (Universidad Politécnica de Valencia)



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



## 1 Resumen de las ideas clave

En este artículo vamos a comparar procesos irreversibles y procesos reversibles. Veremos cómo los procesos irreversibles son procesos habituales en la naturaleza que sólo pueden ocurrir en un sentido, y cómo los procesos reversibles, aun siendo una idealización de la realidad, ofrecen una ventaja importante frente a los irreversibles en el estudio de procesos termodinámicos.

## 2 Introducción

En termodinámica, se conoce como proceso termodinámico a cualquier transformación en la que el sistema (objeto de estudio) pasa de un estado inicial a un estado final, siendo estos dos estados de equilibrio (las variables termodinámicas permanecen constantes). En los procesos termodinámicos, los sistemas cerrados intercambian energía (en forma de calor y/o trabajo) con los alrededores. Estos procesos son en definitiva compresiones, expansiones, calentamientos o enfriamientos, y pueden ocurrir en condiciones concretas (a temperatura constante, a presión constante...).

Es importante señalar también la diferencia entre procesos reversibles e irreversibles. Mientras que los procesos irreversibles son frecuentes en la naturaleza y sólo pueden ocurrir en un sentido, los reversibles son una idealización y pueden ocurrir en ambos.

A continuación veremos dos descripciones detalladas de un proceso (en concreto una expansión) reversible e irreversible. Veremos que la diferencia más importante entre ambos es la permanencia o no del sistema en el estado de equilibrio. Esta es la clave para comprender la diferencia entre ambos procesos.

## 3 Objetivos

Con la redacción del presente artículo docente, se pretende que el alumnado sea capaz de:

- Comprender las diferencias entre proceso irreversible y reversible
- Comprender la utilidad de los procesos reversibles

## 4 Desarrollo

### 4.1 Proceso irreversible

A continuación, vamos a describir un proceso irreversible. Para ello, pensaremos en el caso concreto en una expansión. No hay un motivo particular para elegir una expansión, podríamos hacer esta misma explicación con una compresión, un calentamiento o un enfriamiento. Vamos a suponer que en la expansión, el

desplazamiento de la pared móvil tiene lugar sin rozamiento, de modo que no se va a disipar energía por este motivo.

Describamos una expansión irreversible: como punto de partida imagina una muestra de un gas ideal contenida en el interior de un recipiente con una pared móvil. Es importante que el recipiente tenga una pared móvil porque si no fuera así el gas no podría variar de volumen. Imagina el sistema en equilibrio mecánico con los alrededores, lo que quiere decir que la presión externa (la que tiene el entorno) es igual a la presión del gas (presión interna) y la pared móvil está en reposo. Por ejemplo, podría ser que  $P_{\text{ext}} = P_{\text{int}} = 2 \text{ atm}$ . Además, en esta situación de equilibrio, la presión en todos los puntos del sistema es la misma, porque las moléculas del gas están uniformemente distribuidas por todo el volumen disponible.

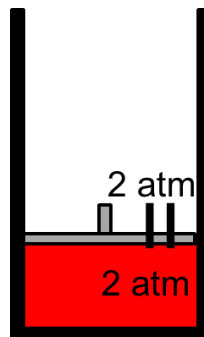


Figura 1. Sistema en equilibrio con los alrededores ( $P_{\text{ext}} = P_{\text{int}}$ )

Con esta situación en mente, pregúntate: ¿qué ocurriría si la presión externa descendiera de repente a 1 atm? El estado de equilibrio en el que estaba el sistema se perdería, porque ya no habría igualdad entre presión externa y presión interna. La presión interna sería mayor que la externa, y el gas del sistema aumentaría de volumen para conseguir de nuevo igualar su presión con la del entorno. Pero ¿cómo sería ese aumento de volumen? Coherentemente con el descenso repentino de  $P_{\text{ext}}$ , el sistema aumentaría de volumen de manera también repentina, lo que generaría bastante caos: habría turbulencias, zonas del recipiente con mayor presión, otras zonas con vacíos... el sistema se encontraría, podríamos decir "descontrolado", y durante unos momentos no sería posible caracterizarlo, porque no está en equilibrio. Pero date cuenta de esto: al cabo de cierto tiempo, el sistema alcanzaría un nuevo estado de equilibrio, en el que la presión externa y la interna se habrían igualado de nuevo y el gas estaría de nuevo homogéneamente distribuido por todo el volumen disponible.

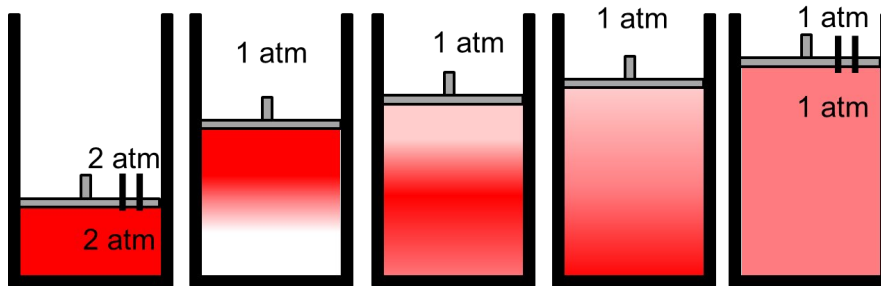


Figura 2: esquema que representa una expansión irreversible

Ahora hazte esta otra pregunta: el proceso que acabamos de describir, ¿podría ocurrir en el sentido contrario? ¿Te parece posible que moléculas de gas que inicialmente estén homogéneamente distribuidas generen vacíos y turbulencias de manera espontánea? Obviamente esto no es posible, y por tanto el proceso que acabamos de describir es un **proceso irreversible**.

Como conclusión diremos que los procesos irreversibles son procesos en los que un sistema **evoluciona hacia el equilibrio**. Durante un proceso irreversible, el sistema no está en equilibrio.

Los procesos irreversibles son habituales en la naturaleza: los gases se expanden en el vacío pero no hacen lo contrario, se mezclan espontáneamente pero no se separan... Puedes reconocer como proceso irreversible cualquier transformación que, observada en sentido contrario al habitual, te resultara chocante (un objeto cayendo hacia arriba, una persona rejuveneciendo, una reacción química alejándose de su equilibrio...).

Volviendo a nuestro sistema sencillo: aunque los procesos irreversibles son la realidad, presentan una desventaja importante para el estudio de sistemas termodinámicos. Para que comprendas esto observa de nuevo la figura 2 y piensa: ¿cuál es la presión del sistema a lo largo del proceso? ¿Se puede dar una respuesta concreta a esa pregunta? No se puede puesto que, al no encontrarse el gas homogéneamente distribuido en el recipiente, el sistema no presenta una presión uniforme:  $p$  sería diferente dependiendo de dónde se midiera. Este caos generado por la irreversibilidad en el proceso hace que sea imposible conocer la presión del sistema. En otras palabras, durante un proceso irreversible el sistema no está perfectamente caracterizado (el estado del sistema está indefinido). Por el contrario, al inicio y al final, cuando las presiones externa e interna son iguales y el gas se ha distribuido perfectamente por el recipiente, sí que se puede caracterizar al sistema. Sólo en los estados de equilibrio podemos tener el estado del sistema perfectamente descrito, porque sólo en los estados de equilibrio, la presión tiene un valor definido.

## 4.2 Proceso reversible

Quédate con esta idea: es necesario que el sistema esté en equilibrio para tenerlo perfectamente descrito. En otras palabras, es necesario que el gas tenga un único valor de presión, que esté homogéneamente distribuido, para poder tenerlo

perfectamente caracterizado. Con esto en mente, veamos cómo sería una expansión reversible.

Imagina de nuevo una muestra de gas ideal en el interior de un recipiente con una pared móvil. De nuevo, consideremos que esa pared móvil va a poder desplazarse sin rozamiento, de modo que no se pierda energía en forma de calor por esta causa. La presión externa es igual a la interna y el gas está homogéneamente distribuido en todo el volumen: tu sistema está en equilibrio, perfectamente caracterizado.

Ahora pensemos en cómo tendría que tener lugar una expansión para que el sistema permaneciera en estado de equilibrio. Para que el gas permanezca perfectamente distribuido en el recipiente, y que la presión externa e interna sean iguales en todo momento, la presión externa tendría que disminuir muy lentamente. Cuanto más lentamente fuera bajando la presión externa, más paulatinamente aumentaría de volumen el sistema y antes se igualaría la presión interna con la externa. En definitiva, ambas presiones irían descendiendo manteniéndose iguales entre sí.

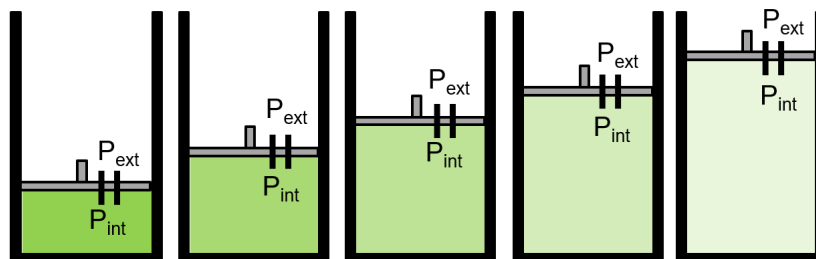


Figura 3: esquema que representa una expansión reversible

Este tendría que ser un proceso lento. En el límite de la idealidad, la presión externa pasaría de ser 1.0000... a 0.9999..., y a cada pequeño descenso infinitesimalmente pequeño le sucedería un lapso infinitamente largo. Obviamente esto en la realidad no es posible. Sin ser tan estrictos, es cierto que se podría realizar esta expansión sin alejar al sistema mucho del estado de equilibrio. Para poder hacer esto, reduciríamos  $P_{ext}$  un poco y esperaríamos, y así sucesivamente.

Ya hemos descrito la expansión reversible, ahora analicemos las propiedades de los procesos reversibles. Es cierto que estos procesos son lentos, pero lo importante no es eso... lo importante acerca de los procesos reversibles es que en ellos el sistema permanece muy cercano al estado de equilibrio, puesto que evoluciona con variaciones infinitesimales de presión (lo que no ocurría en los irreversibles). Justo por ese motivo, estos procesos pueden ocurrir en ambos sentidos. Si observas un proceso reversible en un sentido y en su opuesto, no habrá nada que te llame la atención. Es como si vieras un ascensor subir o bajar.

Aunque no sean (ni mucho menos) frecuentes en la naturaleza, los procesos reversibles nos ofrecen una ventaja importante en el estudio de los procesos termodinámicos: la posibilidad de tener a nuestro sistema perfectamente caracterizado a la vez que sufre cambios en sus propiedades.

### 4.3 ¿Qué ventaja ofrece suponer que un proceso es reversible?

Vamos a concretar un poco más esta última idea. Imagina que quisieras representar los dos procesos que hemos descrito en un diagrama P-V. Para poder hacer esa representación, necesitarías conocer la presión a la que se encuentra el sistema para cada valor de volumen.

En los procesos reversibles, al tener al sistema perfectamente descrito en todo momento, podrías conocer la presión para cada volumen. Por lo tanto **en el caso de procesos reversibles se puede representar la transformación que sufre el sistema en diagramas**. Esta podría tener, por ejemplo, la forma de la figura 1:

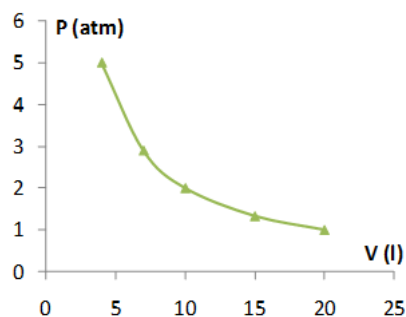


Figura 1: expansión isotérmica reversible

Como ves, en la Figura 1 para cada valor de volumen del sistema tenemos un valor de la presión. La sucesión de esos puntos p-V, cada uno de los cuales representa un estado de equilibrio, sería un proceso reversible, que se representa con una línea en el diagrama.

Pero, ¿qué ocurriría para el proceso irreversible? Es cierto que podríamos situar los puntos para los estados de equilibrio (al principio y al final), en los que la presión del gas es uniforme y tenemos el sistema perfectamente caracterizado. Por el contrario, para el resto de valores del volumen, nuestro sistema no tiene una presión definida y por lo tanto no podríamos dibujar una línea en el diagrama describiendo ese proceso irreversible.

## 5 Cierre

En este artículo docente hemos expuesto la diferencia entre proceso irreversible y proceso reversible. Los procesos irreversibles son procesos espontáneos en los que el sistema evoluciona, a través de estados de no equilibrio, hacia un nuevo estado de equilibrio. Los reversibles son idealizaciones en los que el sistema permanece



infinitamente cercano al estado de equilibrio al mismo tiempo que sus propiedades cambian.

No existe un límite concreto entre proceso reversible e irreversible, y un proceso real puede mostrar cierto grado de reversibilidad en la medida en que permita que el sistema permanezca próximo al estado de equilibrio. Los procesos perfectamente reversibles no existen, pero suponen una simplificación de la realidad muy útil (como siempre ocurre con los modelos en física) para poder cuantificar la energía intercambiada en los procesos.

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

[1] FISICOQUÍMICA. Levine, I. N. McGraw-Hill. 1991

[2] FISICOQUÍMICA. Metz, C.R. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. 1991