



CONTINUACIÓN DE LA MÁQUINA DE CARLOS AGUERREVERE

- Ing. Carlos Aguerrevere

Resumen

Creo que sigo presentando un estudio original y novedoso del SI, con el aporte de lograr una explicación coherente sobre los fundamentos de todas las unidades de medidas bajo un mismo esquema científico aplicado a todas las disciplinas. Todo lo hago siguiendo la filosofía de la Máquina de Atwood, que es captar las leyes de la física en forma coherente, y así entrelazar las unidades del SI de forma tal que se reafirme que es un sistema de unidades y no una simple yuxtaposición de unidades.

Especialmente aprovecho la etapa de operación a velocidad constante de la Máquina de Atwood, donde la energía que paulatinamente deja de estar relacionada con la masa que está bajando se va transfiriendo a la masa de balance que está subiendo, y de esta manera se capta de la forma más sencilla el concepto de transmisión de potencia (que es la Primera Ley de la Física).

Además, intercalo entre los eslabones de transmisión de potencia mecánica equipos reversibles de otras disciplinas (hidráulica, eléctrica, neumática, térmica, oscilantes, radiantes) para siempre destacar que el concepto que agrupa los demás conceptos de todas las disciplinas de la física es el concepto de potencia.

Me permito citar la frase: "no tratamos de hallar leyes para predecir; tratamos sólo de dar con leyes que ordenen la experiencia con la que contamos", del investigador en física Norman Campbell. Porque expresa la razón de ser de este trabajo.

Preámbulo

La idea que procuro tomar para la continuación de mi máquina es la de **la mínima complicación**. Se debe observar que la unidad básica del SI para la masa es el kilogramo pero la unidad básica de corriente eléctrica es el amperio (coulombio/segundo). Así se pudiere pensar que si se tomare el camino de lo *más sencillo* se presentaría a discusión que la unidad básica eléctrica no debería ser el amperio sino el coulombio, pues este es un concepto análogo al del kilogramo.

Pero al tomar el camino de la mínima complicación, lo que hago es que en vez de exponer en base al kilogramo, desarrollo mi idea en base al flujo másico (kilogramos/segundo); que es un concepto análogo al del amperio (C/s). Esto me permite destacar analogías entre los conceptos de las unidades de la disciplina mecánica y los conceptos de las unidades de la disciplina eléctrica. Y manteniendo siempre este mismo criterio, paulatinamente voy tomando conceptos mecánicos que si bien no son los más sencillos, tienen la particularidad de ser análogos a los conceptos que se vayan considerando en todas las disciplinas de las unidades del SI.

Presento analogías originales que llegan al punto de ser controversiales, pero creo que finalmente se les aceptará. El caso más patético es que en la disciplina termodinámica presento una máquina que si bien es "atroz" bajo el punto de vista práctico, creo que se convendrá que es perfectamente considerable bajo el punto de vista de los laboratorios científicos y además se puede construir (aunque tenga una eficiencia mínima), y de esto creo se deriva que tiene buenos efectos pedagógicos para la reafirmación y para la adquisición de conocimientos. Una cosa son los conocimientos y otra cosa es la aplicación práctica de ellos. Para el uso práctico de los conocimientos hay muchos buenos libros; con el presente trabajo sólo aspiro a facilitar la adquisición de conocimientos.

Y volviendo a lo del flujo másico (kg/s) que por ser un concepto mecánico (palpable con las manos) lo uso para facilitar la comprensión del amperio, C/s, que también es algo real pero no tan palpable, hay que destacar que en el ámbito termodinámico el concepto análogo es el concepto del flujo de entropía (entropía/segundo); pero la entropía no es un concepto físico sino solamente es un concepto intelectual, aunque afortunadamente se puede ligar al desorden de los componentes de la masa (moléculas de un gas). Con todo esto a lo que quiero llegar desde este preámbulo es que en el ámbito de las radiaciones electromagné-

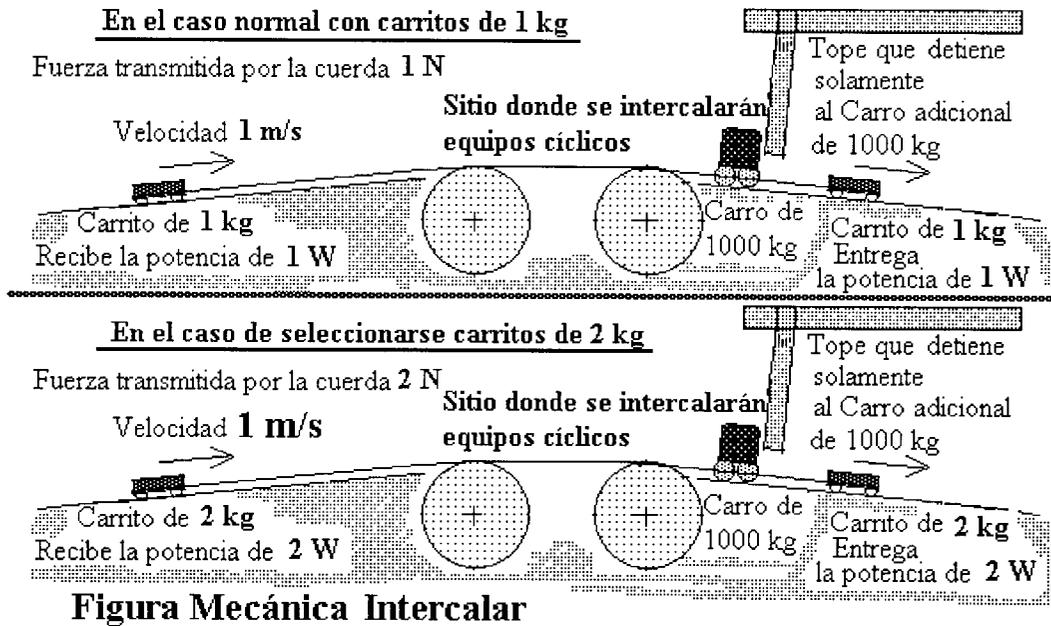
ticas no se tiene algún concepto análogo al del kilogramo por segundo (la radiación es un fenómeno que puede funcionar en el vacío, donde no hay ni kilogramos ni coulombios), y así como este trabajo es libre pensador me atrevo a criticar a la unidad básica de intensidad lumínica del SI, que es la candela. Pienso que a esta unidad se incluyó para poder incluir al aparato patrón físico que la produce; pero pienso que esto es un disparate porque no había necesidad de incluir al aparato *que además es incoherente con el criterio del SI*. Véase que a partir de la candela se deriva la unidad de flujo luminoso, el lumen, pero se tiene la incoherencia del factor de conversión 683 lumen/vatio.

Sinceramente creo que el párrafo anterior no se me aplica a mí como "la espada de Damocles", ya que manifiesto aprecio por los aparatos. Porque en mi ensayo anterior manifesté muy claramente que los conceptos que reproduce mi máquina (algo parecido a patrones) sólo sirven para facilitar la comprensión correspondiente, y se trata de una propuesta que presento para que eventualmente se la anexe al SI sin cambiar los documentos tradicionales. Y lo más bonito es que al considerar "finuras asintóticas" de construcción, como por ejemplo sería que las masas que transiten casi sin roce sobre los planos inclinados, lo hagan digamos sobre colchones de aire etc., mi máquina tiene franca tendencia de reproducir valores unitarios de las unidades; en fin, la parte de mi máquina ya publicada no presenta incoherencias.

De todas formas debo indicar que en el ensayo que ahora estoy presentando, en muchas oportunidades bajo la guardia en cuanto a reproducir valores unitarios de las unidades, pero siempre mantengo que mi máquina, que entrelaza los conceptos de las unidades, sirve para reafirmar que **el SI es un sistema de unidades y no una simple yuxtaposición**, como se puede pensar a partir de las tablas existentes.

Y como mi aspiración es de tipo inventiva, además presento unas máquinas mecánicas inéditas que son análogas a los transformadores y generadores eléctricos.

También tengo que aclarar que aunque en el presente documento y el anterior aparecen varias máquinas, el nombre sigue siendo sólo **MAQUINA DE CARLOS AGUERREVERE**, porque todo está derivado de mi interpretación de la filosofía de la MAQUINA DE ATWOOD.



Ambiente de Unidades Mecánicas y Ambiente General de todas las disciplinas

Como se indica en la Figura Mecánica Intercalar, a la máquina modificada de Atwood del ensayo anterior se la puede complicar al construirla con dos poleas en vez de una. **Entre estas dos poleas se intercalarán los equipos que se estudiarán en el presente ensayo.**

Por lo pronto se debe reafirmar que en las condiciones establecidas, donde las masas de 1 Kg. montadas sobre planos de $5,853^\circ$ de inclinación tienden a caer con la fuerza de 1 N, y se trasladan con la velocidad constante de 1 m/s, se tiene que el concepto fundamental que participa es el de la potencia de 1 W. La masa que baja por el plano inclinado de la derecha es un motor que está entregando la potencia de 1 W, para accionar a la masa de la izquierda, que es un equipo que está recibiendo la potencia de 1 W. El mejor ejemplo es el reloj de pesas (masas) de la sala de los abuelos, que

no tiene la complicación que en este ensayo es necesaria de los planos inclinados.

Y si a este equipo, en vez de montarle masas de 1 Kg, se le montan masas de 2 Kg, se tiene que la potencia transmitida es de 2 W. Es conveniente recordar que como la masa adicional es muchísimo mayor que las masas de balance, se tiene que al terminar de recorrer el trayecto de 0,5 m antes de resultar detenida por el tope, determina que las masas de balance queden trasladándose a la velocidad constante de 1 m/s.

La ecuación relacionada con todo esto es:

"cantidad" de potencia es igual a la "cantidad" de fuerza multiplicada por la "cantidad" de velocidad.

Y para el caso particular de montar masas de 1 Kg. relacionadas con la fuerza de 1 N, se tiene:

$$1 W = 1 N \cdot 1 m/s.$$

Y para el caso particular de montar masas de 2 Kg. relacionadas con la fuerza de 2 N, se tiene:

$$2 W = 2 N \cdot 1 m/s.$$

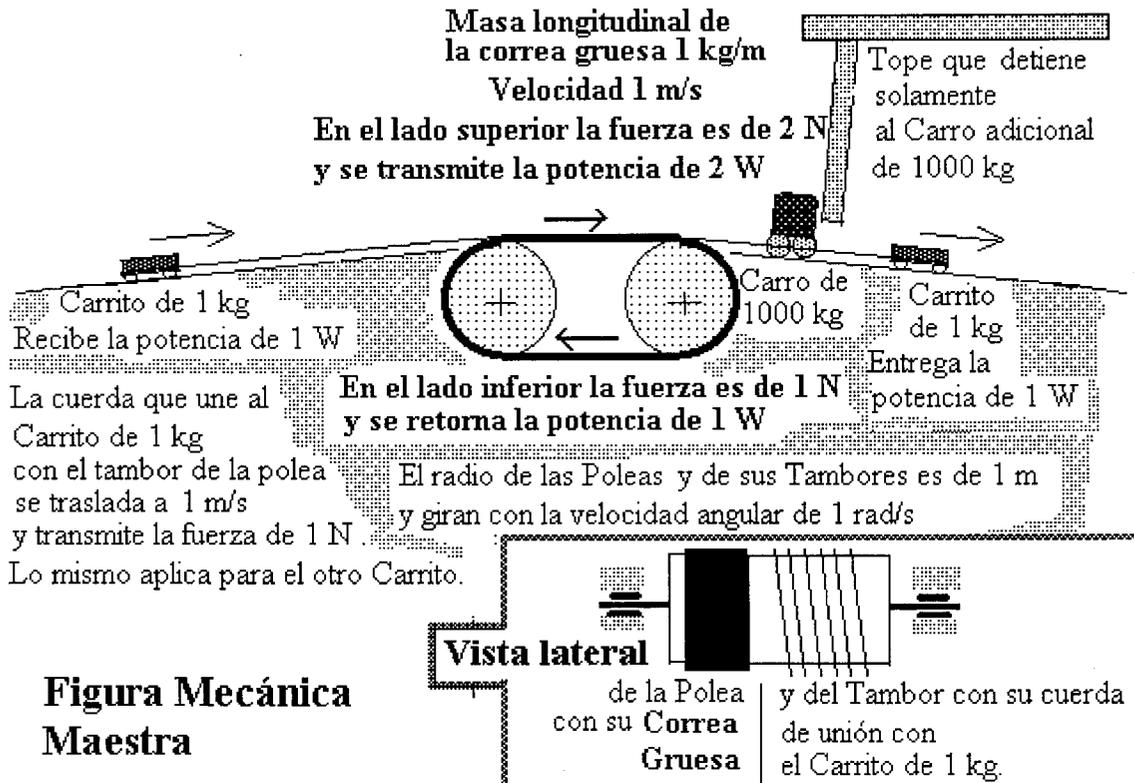


Figura Mecánica Maestra

Intercalación de Correa entre las dos poleas

Ahora según se indica en la Figura Mecánica Maestra, se puede modificar el aparato anterior de forma tal que se intercale una correa de acople entre las dos poleas, y se corte la cuerda que unía a las masas y los cabos se enrollen en tambores montados en cada uno de los ejes de las dos poleas.

Este aparato se puede ajustar desenganchando por un rato las masas de balance y separando la distancia entre las dos poleas hasta que la correa quede tensada con la fuerza de 1 N. Después, al volver a enganchar las masas de 1 Kg, se tiene que el lado superior de la correa queda tensado con la fuerza de 2 N y el lado inferior de la correa queda tensado con la fuerza de 1 N. Se pueden aplicar ajustes interactivos hasta que se alcancen los valores establecidos.

Con esta modificación se sigue teniendo que al operar el equipo con el proceso de siempre de arrancarlo con la participación momentánea de la

masa adicional, la cantidad de potencia transmitida entre las masas es de 1 W. **Pero la correa intercalada es un equipo cíclico que resultará el concepto básico para el estudio de equipos interdisciplinarios.**

La ecuación relacionada con todo esto es:

En el lado superior de la correa se transmite entre las dos poleas la potencia de 2 W, porque:

$$2 W = 2 N * 1 m/s$$

Pero en el lado inferior de la correa se regresa la potencia de 1 W, porque:

$$1 W = 1 N * 1 m/s$$

La diferencia de la potencia transmitida de 2 W menos la potencia regresada de 1 W determina que la potencia neta transmitida entre las masa de balance sea de 1 W. Este criterio de que la potencia neta transmitida es la diferencia entre la potencia que se transmite y la potencia que se regresa por medio de los eslabonamientos o lo similar de los

circuitos (ciclos) se mantendrá sistemáticamente en todo este ensayo; esto es especialmente útil para el estudio de ámbito termodinámico, donde en los casos prácticos se tiene la complicación de que no se regresa potencia, sino que se la aplica al ambiente, lo cual en el tiempo integra la energía no aprovechada (Segunda Ley de la Termodinámica).

Y ahora siguiendo el criterio de la mínima complicación, **se puede organizar que la masa longitudinal de la correa sea de 1 kg/m, /o cual resultará muy adecuado para el estudio interdisciplinario de este ensayo.** De esta forma se tiene que la potencia transmitida según se traslada (fluye, para lo interdisciplinario) la correa es:

En el lado superior de la correa la ecuación $2 W = 2 N \cdot 1 \text{ m/s}$ se puede complicar al multiplicar los términos del segundo lado de la ecuación en forma organizada por el inverso de la masa longitudinal y por la masa longitudinal. Con todo esto la ecuación queda:

$$2 W = 2 N \cdot 1 \text{ m/Kg} \cdot 1 \text{ m/s} \cdot 1 \text{ kg/m}$$

con simplificaciones queda:

$2 W = 2 N \cdot \text{m/Kg} \cdot 1 \text{ Kg/s}$. Y al tener en cuenta que al trasladar la fuerza de 2 N en la distancia de 1 m se hace es trabajo de transmitir la energía de 2 J, queda:

$$2 W = 2 \text{ J/Kg} \cdot 1 \text{ Kg/s}$$

Y ahora haciendo participar la cantidad de tiempo en el primer término del segundo lado de la ecuación, se tiene: $2 W = 2 \text{ J/s} \cdot 1 \text{ kg/s}$ Y al tener en cuenta que si se transfiere la energía de 1 J/s la potencia es de 1 W, se tiene :

$2 W = 2 W \cdot 1 \text{ kg/s}$. Y expresándolo en forma literaria se tiene que en el lado superior de la correa se transfiere continuamente la potencia de 2 W, porque en la disponibilidad (potencial, en otras disciplinas) de $2 W \cdot 1 \text{ kg/s}$ se hace el uso de trasladar (flujo másico en otras disciplinas) 1 kg cada segundo.

En el lado inferior de la correa aplica conceptualmente lo mismo, sólo que al quedar sustituida la fuerza de 2 N por la fuerza de 1 N, finalmente se tiene que la potencia que se regresa es:

$$1 W = 1 W \cdot 1 \text{ kg/s}$$

En forma genérica la ecuación donde participa la energía se puede expresar:

"c"W = "c"J/kg * "c"kg/s y la ecuación donde participa la potencia se puede expresar:

$$"c"W = "c"W \cdot "c"kg/s$$

El término "c"J/kg corresponderá a los conceptos de entalpía y de potencial eléctrico de otras disciplinas. Y en la forma de expresarlo "c"W /kg/s corresponde al concepto de flujo de entalpía.

Es interesante comentar que esta máquina siempre se puede construir con diseños más eficientes; por ejemplo, a las masas se le puede montar sobre un sistema de suspensión del tipo que se conoce como colchones de aire. Además, como lo importante es la captación de los conceptos de las unidades y se puede disminuir la pasión por la precisión, se puede organizar que la masa que sube por el lado izquierdo del aparato sea algo menor que la establecida para el balance, consiguiéndose de esta forma que el equipo quede operando a velocidad constante por un tiempo tanto mayor cuanto mayor sea la dimensión de construcción de los planos inclinados. Esta misma acotación aplica también para los aparatos que se estudian en los demás ámbitos; y sólo para el aparato del ámbito térmico se necesitará que la masa que sube sea mucho menor que la masa que baja. Lo importante es que los ciclos en estudio pueden funcionar por un tiempo razonable para que se puedan efectuar los estudios correspondientes.

Intercalación de engranajes entre los tambores

Ahora, según se indica en la Figura Mecánica Engranajes, se puede intercalar entre las cuerdas relacionadas con cada una de las masas la presente transmisión de potencia por medio de engranajes. La razón de ser de esta modificación es que se sigue en el caso ideal transmitiendo la potencia de 1 W, sólo que ahora varían sus componentes de fuerza y velocidad, y además, varían los conceptos relacionados de momento de torsión o de rotación y de velocidad angular.

Considero que la figura es bastante clara, pero tengo que reafirmar que en el presente caso el tambor de donde se desenrolla paulatinamente la cuerda de la masa que está bajando tiene un radio de 1 m, y el tambor donde se va enrollando la cuerda de la masa que sube tiene un radio de 2 m .

Con esto se tiene en el eje (1) que como la cuerda se traslada a 1 m/s la velocidad circunferencial del tambor es de 1 m/s y como su radio es de 1 m se tiene que la velocidad angular de este eje es de 1 radián/s. Además se tiene que en el eje de unión del

tambor con su engranaje el momento de rotación es de 1 N.m (que para que no se confunda con el concepto del julio, alguna veces se expresa 1 N.m radián/radián). Y la velocidad circunferencial del engranaje cuyo radio es de 2 m es de 2 m/s.

Esta velocidad circunferencial de 2 m/s la recibe el engranaje de 1 m de radio del eje (2) , y siguiendo los conceptos ya indicados, se tiene que la velocidad circunferencial del tambor de 2 m de radio de este eje es de 4 m/s .

Entre todas las partes mecánicas de los equipos de los aparatos del presente ensayo se pueden intercalar cajas de velocidades, para tener siempre en lo ideal la misma potencia pero con los componentes que deseen.

Ambiente de Unidades Hidráulicas

Ahora, según se indica en la Figura Hidráulica Maestra, se pueden intercalar entre los dos tambores de la Figura Mecánica Maestra, una bomba hidráulica y una turbina hidráulica, que sustituyan a las poleas y correa anteriores.

En las dos tuberías de unión de estos equipos se puede organizar que el flujo másico sea de 1 kg de agua por segundo.

En el caso ideal la bomba y la turbina tienen las mismas dimensiones. Según el oficio que se les asignen es que adquieren su nombre (son equipos reversibles).

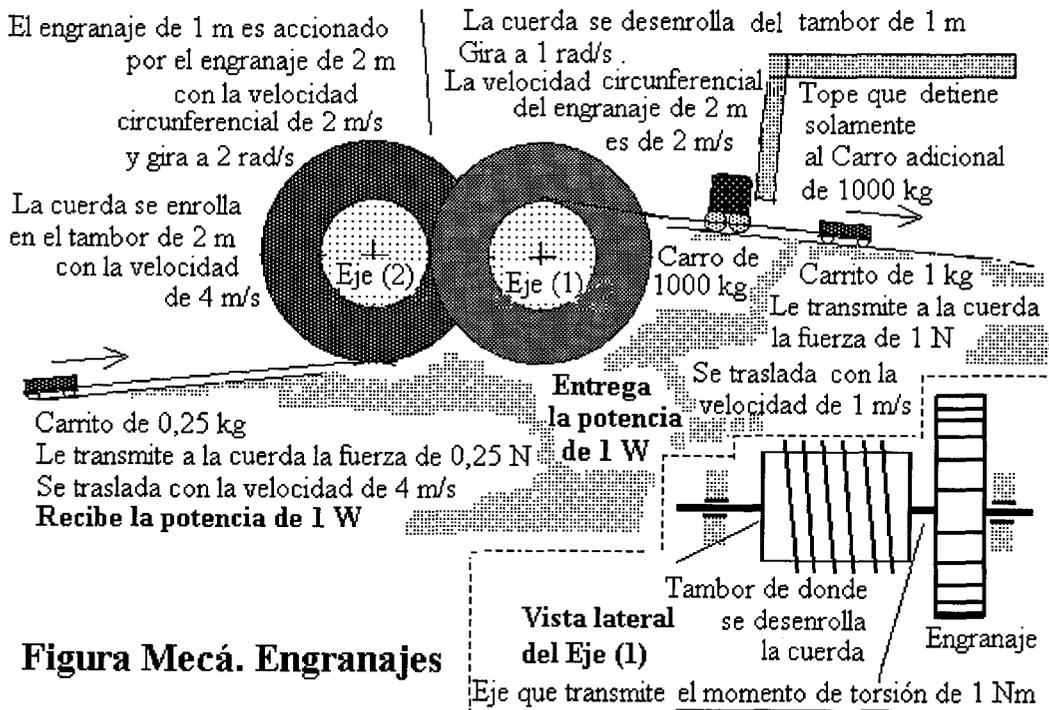
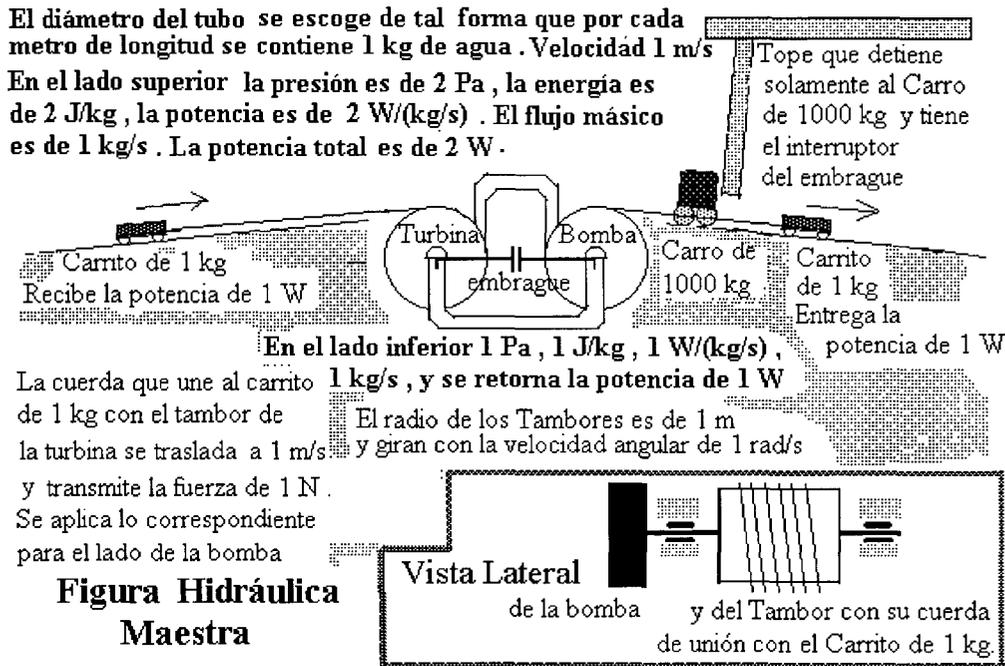


Figura Mecá. Engranajes



Y se puede organizar que la entalpía inicial en las tuberías antes de arrancar el aparato sea de 1 J/kg. Entonces además se organiza que al funcionar la bomba le aumente la entalpía al agua en 1 J/kg, que al sumarse a la entalpía inicial de 1 J/kg se tiene que la entalpía del agua fluyendo en el tubo superior es de 2 J/kg. Todo esto lo recibe la turbina y así se determina que la potencia ideal transmitida entre las masas de balance es de 1 W.

Para que todo esto funcione se tiene un **embrague** entre el eje de la bomba y el eje de la turbina, que está acoplado durante todo el tiempo de operación acelerada donde participa la masa adicional, y se desacopla cuando comienza la etapa de operación a velocidad constante, en el instante en que la masa adicional resulta detenida por el tope.

Tengo que aclarar enfáticamente que hablar de entalpía del agua en vez de presión y flujo másico de agua en vez de flujo volumétrico es perfectamente racional, además, en la práctica es indispensable aplicarlo por ejemplo para el caso particular de la bomba de alimentación de agua de las calderas de las grandes Plantas Termoeléctricas, porque el agua en las condiciones del caso es un fluido compresible.

Lo de considerar en la disciplina hidráulica al concepto de presión y al concepto de flujo volumétrico

son simplificaciones muy prácticas que se pueden ejecutar **porque en las condiciones normales** el agua generalmente es un fluido incompresible. Estas simplificaciones se detallarán en los próximos párrafos, pero se comenzó por lo complicado relacionado con la entalpía y el flujo másico porque así se mantiene coherencia de criterio entre los ámbitos de las unidades de todas las disciplinas.

Las ecuaciones relacionadas con el flujo hidráulico son exactamente las mismas que se estudiaron con la transmisión de potencia por medio de la correa entre poleas. Lo único que cambia es que el eslabón sólido flexible de la correa resulta sustituido por el agua confinada dentro de los tubos.

Con todo esto se tiene que la ecuación de la potencia hidráulica que se transmite por la tubería superior es:

$2 W = 2 W /kg/s * 1 kg/s$. Y la ecuación de la potencia hidráulica que se regresa por la tubería inferior es:

$1 W = 1 W /kg/s * 1 kg/s$. Y la simplificación correspondiente para el caso hidráulico, exponiéndola en forma genérica en vez de unitaria es la siguiente:

Haciendo algunos regresos sobre la ya expuesto, la ecuación de la potencia pasa a ser:

"c"W = "c"J/kg * "c" kg/s . Y continuando con el análisis, se tiene:

"c"W = "c"N.m/kg * "c"kg/s . Y al multiplicar al primer término del segundo lado de la ecuación por la densidad (kg/m³) y al segundo término por el volumen específico (m³/kg), que como es el inverso no se altera la ecuación, se tiene:

"c"W = "c"N.m/kg * (kg/m³) * "c"kg/s * (m³/kg) . Y al simplificar en varios pasos, se tiene:

"c"W = "c"N/m² * "c" m³/s. Y al tener en cuenta que la presión de 1 N/m² en el SI recibe el nombre especial de pascal, Pa, se tiene:

"c"W = "c" Pa * "c" m³/s. Que es la ecuación: cantidad de potencia es igual a la cantidad de presión multiplicada por el flujo volumétrico, común que se suele considerar en hidráulica.

Y la cual, según la "jerga" de esta disciplina, suele expresarse: cantidad de potencia es igual a la cantidad de altura de elevación piezométrica multiplicada por la densidad y teniendo en cuenta el campo gravitacional de fuerza, y esto siempre multiplicado por el flujo volumétrico; se tiene:

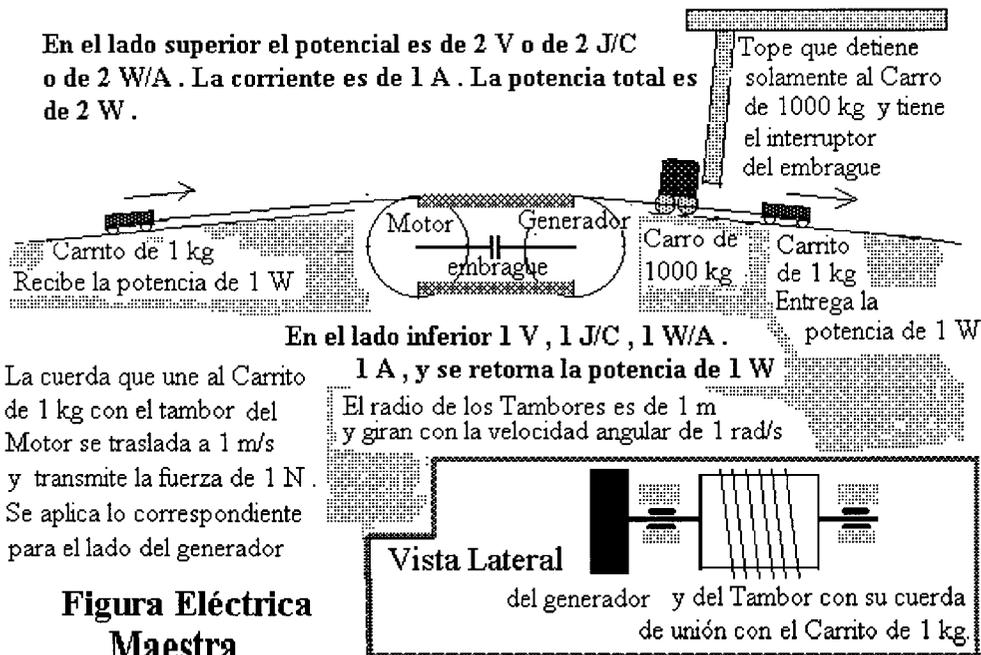
"c"W = 9,80665 N/kg * 1 kg/m³ * "c"m * "c" m³/s, esto, aplicando la simbología que en hidráulica se suele usar y reorganizando términos, corresponde a que la potencia hidráulica es Q (flujo volumétrico) multiplicada por gama (peso específico, densidad

multiplicada por campo gravitacional) y multiplicando por h (altura piezométrica).

Ambiente de Unidades Eléctricas

En este ámbito la figura principal es la Figura Eléctrica Maestra, que corresponde a sustituir en la Figura Mecánica Maestra, a las poleas y la correa por el generador eléctrico y por el motor eléctrico y conectarlos por medio de sus cables, conductores eléctricos. Para poder ejecutar el funcionamiento práctico de lo relacionado con los equipos de este aparato, se necesita el mismo **embrague** entre ejes que se vio en el ámbito hidráulico. En el presente caso, durante la etapa acelerada de arranque, el eje del generador eléctrico y el eje del motor eléctrico están acoplados; y luego, al comenzar y continuar la etapa de velocidad constante, se desacopla el embrague entre los ejes.

En lo matemático las ecuaciones del ámbito eléctrico son exactamente iguales a las ecuaciones que se expusieron en el ámbito mecánico. En lo físico, lo único que hay que hacer es sustituir a la cantidad de masa, cantidad de kilogramos, "c"kg , por la cantidad de carga eléctrica, cantidad de coulombios, "c"C .



Así, tomando la ecuación: $2 W = 2 J/kg * 1 kg/s$, o tomando la ecuación: $2 W = 2 W /kg/s * 1 kg/s$ Y ejecutando la sustitución indicada y expresando en forma genérica, se tiene: $"c"W = "c"J/C * "c"C/s$ o si se desea en otra forma:

$"c"W = "c"W /C/s * c" C/s$. Y al tener en cuenta que en el SI la $"c"C/s$ recibe el nombre de cantidad de amperios, $"c"A$, se tiene:

$"c"W = "c"J/C$. $"c"A$, o se tiene $"c"W = "c"W /A * c"A$; y al tener en cuenta que además en el SI a la $"c"J/C$, que es lo mismo a la $"c"W/A$ se le asigna el nombre especial de cantidad de voltios, $"c"V$, se tiene:

$"c"W = "c"V * "c"A$; que es la ecuación común de la potencia en la disciplina eléctrica.

siquiera hay que hacerles ajustes de simbología. En lo físico lo único que hay que tener en cuenta es que el flujo mecánico del eslabón flexible de la correa queda sustituido por el flujo de aire confinado dentro de la tubería. Para el funcionamiento de este aparato también es imprescindible la participación del **embrague**, el cual está acoplado durante la etapa de operación acelerada, y se desacopla en la etapa de operación a velocidad constante.

Pero es muy importante comenzar a aclarar que cuando entre el compresor y la turbina se cambia la variación de presión, no siempre la variación de potencia es lineal, como se tiene en el caso hidráulico, de fluidos incompresibles. O sea, aquí normalmente no se puede hacer la simplificación práctica por la cual la potencia era la presión por el flujo volumétrico. Aquí hay que buscar la entalpía por otros procedimientos, generalmente tablas, porque según sea el valor de la entropía en consideración es diferente la variación de entalpía entre la misma variación de presión. Esto se verá con más detalles en el ámbito de unidades térmicas.

Ambiente de Unidades Neumáticas

Ahora de acuerdo con lo indicado en la Figura Neumática Maestra, se tiene que las primeras ecuaciones del ámbito neumático son exactamente iguales a las ecuaciones del ámbito mecánico, y ni

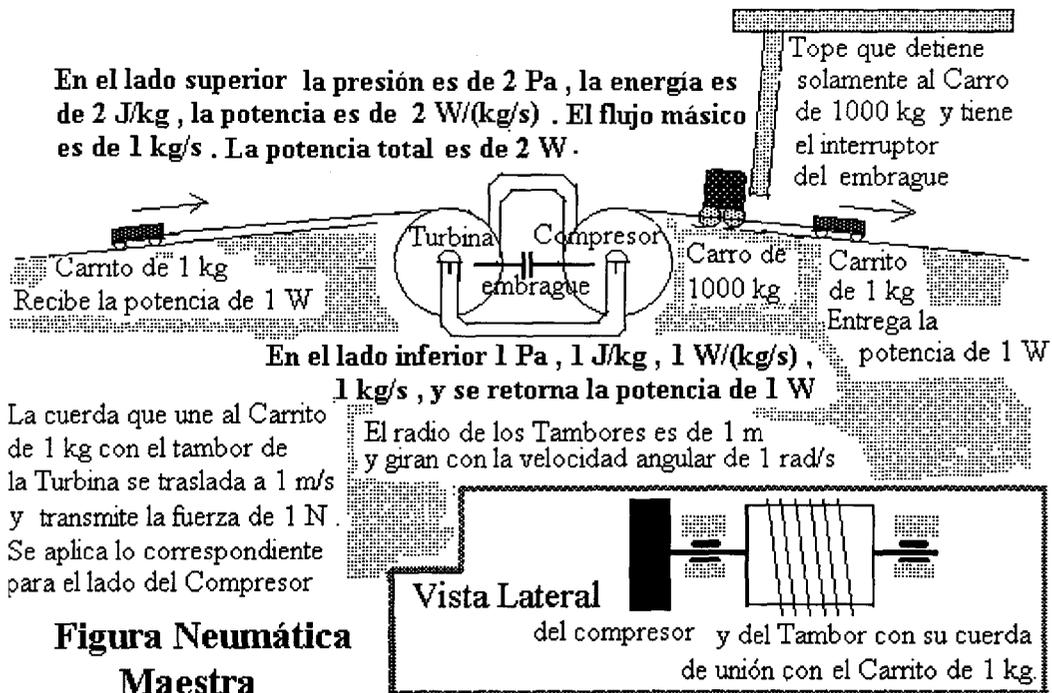


Figura Neumática Maestra

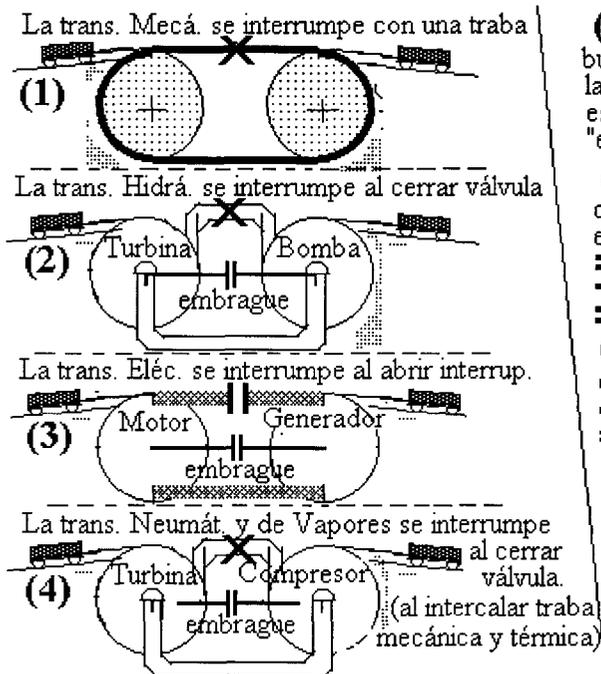


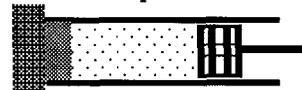
Figura Térmica Aprestamiento 1

(5) Pero si la traba mecánica rígida es buena conductora térmica, no se detiene la trans. de potencia porque entra en escena la transmisión de entropía "empujada" por medio de la temperatura

(6) Si se le disminuye el volumen a la cámara de resortes lo único que sucede es que se aumenta la presión



(7) Si se le disminuye el volumen a la cámara de gases o de vapores, sucede que además de aumentarse la presión se aumenta la temperatura



Ambiente de Unidades Térmicas

Este es el ámbito más difícil de comprender porque entran en escena el concepto de temperatura y sus conceptos relacionados.

Para este ámbito se puede comenzar estudiando la Figura Térmica Aprestamiento 1, donde se destaca la evidencia de que si en la correa de transmisión mecánica se intercala una traba, sucede que deja de producirse el fenómeno de la transmisión de potencia entre la masa que baja y la masa que sube. Lo mismo sucede exactamente igual si en un tubo de la transmisión de potencia hidráulica se intercala una válvula, la cual se cierra. Lo mismo también sucede en la transmisión eléctrica, si intercala un interruptor, el cual se abre. Y lo mismo, en primera instancia también sucede si en la transmisión de potencia neumática se intercala una válvula que se cierra.

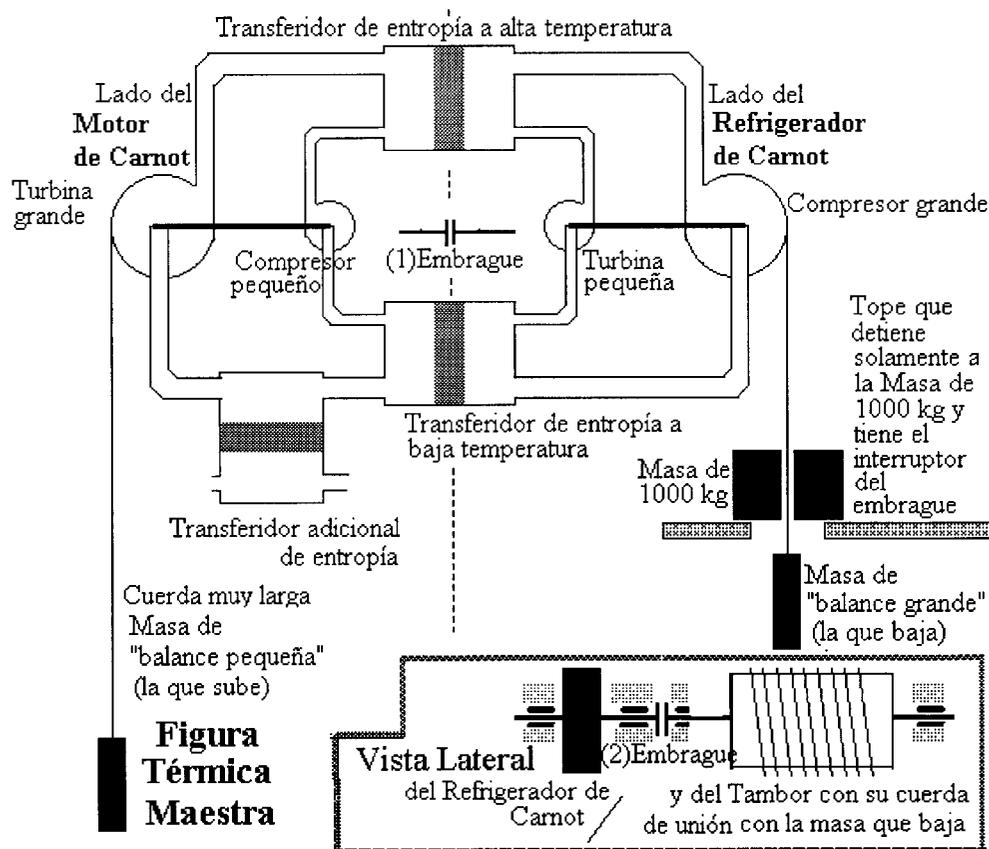
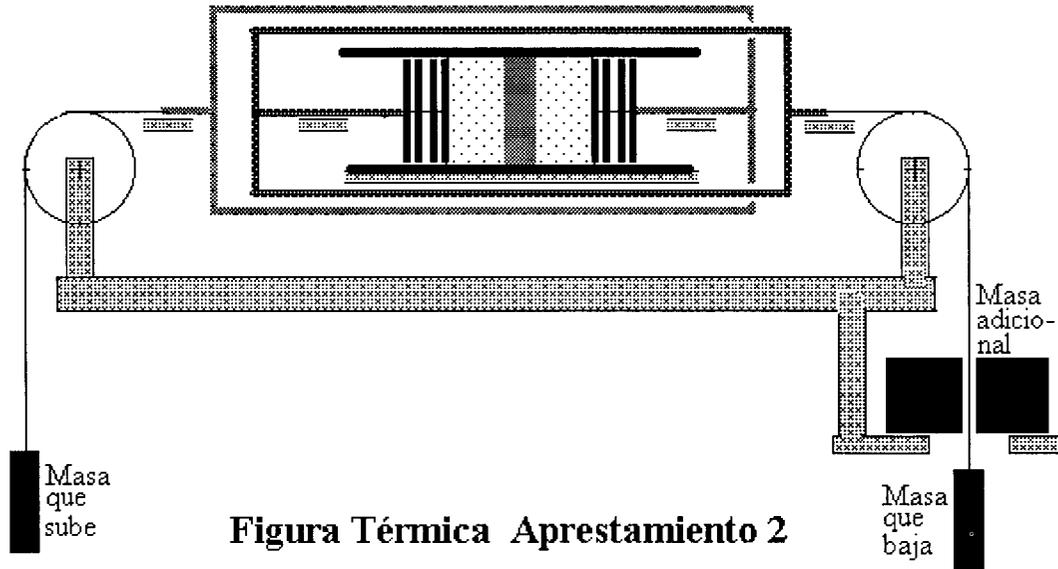
Pero se tiene un caso muy interesante en la transmisión de potencia neumática, y esto corresponde al fundamento de la termodinámica. El caso es que si la traba que se intercala en la tubería neumática es físicamente rígida **pero es un conductor en lo ideal perfecto térmico**, puede continuar la

transmisión de potencia, al hacer circular otro eslabón conceptual que se llama entropía, el cual se mueve por la diferencia de temperatura, igual que los eslabones mecánicos se mueven por la diferencia de fuerzas o de presiones.

Así se debe informar que si se sitúan dentro de un émbolo abierto a la atmósfera unos resortes paralelos, se tiene que si se hunde el vástago **lo único que sucede es que se aumenta la presión**. Pero si el émbolo contiene en forma hermética un gas o un vapor, se tiene que al hundir el vástago, **además de aumentarse la presión se aumenta la temperatura**.

Esto es el fundamento de la termodinámica, y para seguirla estudiando ahora se debe ver la Figura Térmica Aprestamiento 2. Aquí se muestra una Máquina original de Atwood, porque como lo que se quiere transmitir es el concepto de las unidades sin llegar a la finura de valores unitarios, ahora se quitó la complicación de los planos inclinados. Pero se intercala la complicación de la transmisión por vía térmica de la potencia.

El acople entre los yugos se desacopla cuando la masa adicional pega contra el tope



Así, viendo la figura en consideración se debe constatar la presencia del equipo que en la jerga de la disciplina termodinámica se llama intercambiador de calor, **pero aquí se lo debe llamar transmisor de entropía**. Esto funciona de la siguiente forma: si se hunde el pistón de uno de los lados del émbolo, sucede que entre otras cosas se aumenta la temperatura; pero este aumento de temperatura, como la pared intercalada es un transmisor térmico perfecto, determina que en la otra cámara del émbolo aumente la presión, y entonces se aumenta el volumen trasladándose el vástago de esta segunda cámara.

Y considerando todo esto intercalado en la Máquina de Atwood, accionándose los pistones por medio de unos yugos como se muestra en la citada figura, se tiene que la etapa de operación acelerada es la sencilla de siempre, porque se puede intercalar un acople entre los dos yugos, y así la transmisión de potencia es la muy simple mecánica. Pero al chocar la masa adicional con el tope se tiene un circuito que desacopla la unión de los yugos; y entonces la transmisión de potencia continúa por la vía térmica, de la cual espero estar convencido al respecto.

Al concepto intelectual del **eslabón térmico** que al trasladarse entre las cámaras del émbolo mostrado determina que entre las masas de la máquina en consideración se siga transmitiendo la potencia se lo llama **entropía**. Lo más útil de este concepto es que es similar al concepto de la cuerda de la Figura Mecánica Intercalar, la cual puede transmitir distintas potencias; aquí también si a las masas se les sustituye por unas masas mayores, para la misma transmisión de entropía se transmite mayor cantidad de entalpía, la cual considerándola en el tiempo corresponde a mayor transmisión de potencia. En la máquina mecánica, al ponerse masas mayores, la cuerda funciona estando más tensa; en la máquina térmica, al ponerse masas mayores, la entropía funciona en mayor condición de temperatura, y en ambos casos se transmite mayor cantidad de potencia.

Con todo esto se puede pasar a estudiar la Figura Térmica Maestra, donde se pone en ciclo todo lo anteriormente estudiado. En el lado derecho de esta figura entra en escena el denominado REFRIGERADOR DE CARNOT, el cual "**bombea a la entropía**" en forma que es conceptualmente equivalente a lo que hace la polea del lado derecho de la Figura Mecánica Maestra, la cual determina la circulación de la correa; que también corresponde a la **bomba hidráulica** de la Figura Hidráulica Maestra, esta determina la circulación del agua; que también corresponde al generador eléctrico de la Figura Eléctrica Maestra, promoviendo la circulación de la

corriente; y también corresponde al compresor de la Figura Neumática Maestra, que determina la circulación del aire.

En el lado izquierdo de esta misma Figura Térmica Maestra suceden los conceptos "espejos" de lo indicado en el párrafo anterior. Ahora lo correspondiente a la polea izquierda, que luego es la turbina hidráulica, que luego es el motor eléctrico, que luego es la turbina neumática, es el MOTOR DE CARNOT.

Para continuar estudiando esta figura ahora se debe constatar que se tienen dos tipos de embragues: El denominado 1° embrague corresponde al acople que se ha venido estudiando en las figuras anteriores; pero el denominado 2° embrague entra en escena esta oportunidad, y se lo tiene tanto entre el tambor y el Refrigerador de Carnot como entre el tambor y el Motor de Carnot.

Estos embragues se incluyeron para comenzar con el estudio que normalmente se hace del Teorema de Carnot. De esta forma, se comienza con los tres embragues acoplados en la etapa acelerada determinada por la participación de la masa adicional, pero justo al chocar esta gran masa con el tope se desacoplan los embragues tipo (2) (con lo cual caen las masas de balance, pero se toman las previsiones correspondientes para recibir las), lo ideal sería el Refrigerador de Carnot y el Motor de Carnot quedaran funcionando con movimiento continuo.

Con el montaje anterior se puede expresar el teorema de Carnot en la siguiente forma: tanto el Refrigerador de Carnot como el motor de Carnot son equipos reversibles que toman su nombre según el oficio que se les asigne, y por ejemplo el motor de Carnot no puede ser más eficiente que el equipo reversible del caso, porque se llevaría al recipiente de alta temperatura (que es la pared transmisora de entropía) más entalpía que la que se toma, y se produciría el movimiento continuo sin aporte externo de entalpía. lo cual es imposible. Todo esto se expresa dentro de la Segunda Ley de la Termodinámica indicando que la energía térmica, potencia térmica en el tiempo, sólo puede fluir del recipiente de alta temperatura al recipiente de baja temperatura; y esto es igual a lo correspondiente a las diferencias de fuerzas del ámbito mecánico, y lo mismo sucede en el ámbito eléctrico, donde la energía fluye por la diferencia del potencial eléctrico.

Por lo tanto, la configuración anteriormente indicada para el aparato, donde está acoplado el primer embrague pero están desacoplados los segundos embragues, pronto deja de funcionar.

Pero como a este trabajo le quiero dar el "toque inventivo", ahora el estudio corresponde a que en la etapa acelerada están acoplados los tres embragues, pero en la etapa de operación a velocidad constante se desacopla el 1° embrague. **De esta forma todo se corresponde a los estudios anteriores**, donde en el caso ideal las masas de balance quedan trasladándose a velocidad constante. Y lo mejor de todo esto es que el aparato mostrado se puede construir y operarlo en la realidad, porque con sólo sustituir a la masa de balance que sube por el lado izquierdo por una masa bastante menor, resultan saldadas la cuenta de los roces y demás circunstancias que le disminuyen la eficiencia a este aparato.

La principal causa que le disminuye la eficiencia a este aparato no es la conocida de los roces y lo similar que le disminuye la eficiencia a los equipos indicados en los ámbitos anteriores, sino que como la pared de intercambio térmico de los transmisores de entropía no es perfecta, se genera entropía adicional que envía energía a otros receptores térmicos, y no se la transfiere a energía mecánica.

Para continuar con el estudio ahora uno se debe imaginar que en la Figura Térmica Maestra solo se muestra lo correspondiente al motor de Carnot. Así, si en la pared conductora térmica del transmisor de entropía a alta temperatura se aplica un depósito de energía térmica a alta temperatura, **que suele ser simplemente la llama de los motores**, y los dos receptores de entropía a baja temperatura mostrados se los sustituye por uno, se tiene que se le puede entregar por ejemplo a un agua de enfriamiento o a la atmósfera una cantidad de entropía que en lo ideal sería la misma suministrada por transmisor de alta temperatura pero que es mayor por las circunstancias de eficiencias. Y todo esto opera en forma análoga a lo correspondiente en los ámbitos anteriores. Como el caso más sencillo es el transmisor de potencia por medio de la correa, basta con indicar que lo mismo que allá con el mismo flujo de la correa se transmiten diferentes potencias mecánicas según lo tensa que esté la correa, aquí se transmite más potencia térmica por medio del aparato de entropía de alta temperatura que la devuelta (pierde en lo práctico) por medio del aparato de entropía que funciona a baja temperatura.

Esta diferencia de potencia térmica el Motor de Carnot la convierte en potencia mecánica, según el siguiente procedimiento:

El compresor del motor sólo le aumenta la entalpía al vapor por la vía de aumentarle la presión, pero en la cámara de combustión (cámara de transferencia

de entropía) al vapor se le aumenta además la entalpía por la vía de recepción de entropía a alta temperatura. De esta forma la turbina de potencia funciona como mayor diferencia de entalpía que la que recibe el compresor, quedando el remanente de potencia mecánica para poder ser aprovechado por el eje de la máquina.

El Refrigerador de Carnot funciona en la forma contraria correspondiente al Motor de Carnot ya explicado. Lo interesante es reafirmar que estos equipos quedan acoplados por medio del eslabón intelectual de la entropía, y aunque como dije desde el Preámbulo, esto es atroz bajo el punto de vista de la ingeniería, que es el reino de la aplicación práctica de los conceptos; resulta que es perfectamente considerable desde el punto de vista de los laboratorios de los científicos, y en resumen considero que este aparato es un aporte pedagógico pues facilita la captación de los conceptos. Este aparato es atroz porque es muchísimo menos eficiente que otros aparatos transmisores de potencia y además es muchísimo más caro; pero reafirmo que lo considero muy pedagógico, porque contribuye a la captación de los conocimientos, que es la razón de ser de este ensayo, en el cual se aprovechan analogías entre disciplinas.

Es muy interesante comentar que si el equipo anteriormente indicado que funciona con vapor es sustituido por uno donde la sustancia de trabajo sea el aire (por cierto el aire es el vapor sobrecalentado del aire líquido), se tiene que el Motor (Ciclo) de Carnot se convierte en uno de sus derivados, que es el Ciclo de Brayton, de uso en las turbinas de los aviones, donde el tubo de baja presión está abierto a la atmósfera y no se tiene el equipo receptor de entropía a baja temperatura porque la atmósfera se encarga de su función. Lo interesante es verificar que la gente suele comentar que no comprende el funcionamiento de estos equipos de los aviones. Comentan que comprenden el funcionamiento de los motores de Ciclo de Otto (que se suele usar en los automóviles de gasolina) y comprenden el funcionamiento de los motores de Ciclo de Diesel (de los camiones), porque en ambos la carrera de potencia del pistón del émbolo se realiza a *presiones* muy superiores que las otras carreras. Lo único que hay que informarle a estos amigos es que si bien la turbina de potencia funciona con diferencia de presiones igual o ligeramente inferior a la que levanta el compresor, **se tiene que hay mayor energía para convertirse en energía mecánica, siempre debida al aporte de energía que llega por la vía de la entropía a alta temperatura.**

Por todo esto es que acoté en el estudio del ámbito neumático, que la potencia del compresor y la potencia de su equipo espejo reversible, que es el motor neumático, son muy diferentes según sea la entropía de aire que en diversas oportunidades se tome en consideración.

Las ecuaciones relacionadas con la transmisión de potencia en el ámbito térmico se pueden deducir complicando un poco las ecuaciones relacionadas con la transmisión de potencia en el ámbito mecánico. **Para ello hay que elaborar en el ámbito mecánico un concepto equivalente al concepto de entropía del ámbito térmico.**

Con esto se tiene que a la ecuación

$W = J/kg * kg/s$, se le puede analizar el término J/kg para que quede $N.m/kg$ y luego se cambia la forma para que quede $m/kg * N$ y si

ahora se multiplica por 1 N tanto el numerador como el denominador de la fracción m/kg se tiene $N.m/kg.N$ que corresponde a $J/kg.N$. Con todo esto la ecuación original queda:

$W = J/kg.N * N * kg/s$. Y como en el ámbito térmico la cantidad de fuerza guarda alguna relación con la cantidad de temperatura, se tiene al sustituir la N por la K , lo siguiente:

$$W = J/kg.K * K * kg/s$$

El término $J/kg.K$ es la cantidad de entropía, y la combinación $J/kg.K * K$ es la cantidad de entalpía, que se mide en J/kg .

Es importante aclarar que la entropía no es lineal (como se desprendería de la analogía mecánica que usé para explicarla) y uno de los desenvolvimientos más comunes para los cálculos es buscar su valor por medio de tablas elaboradas al respecto.

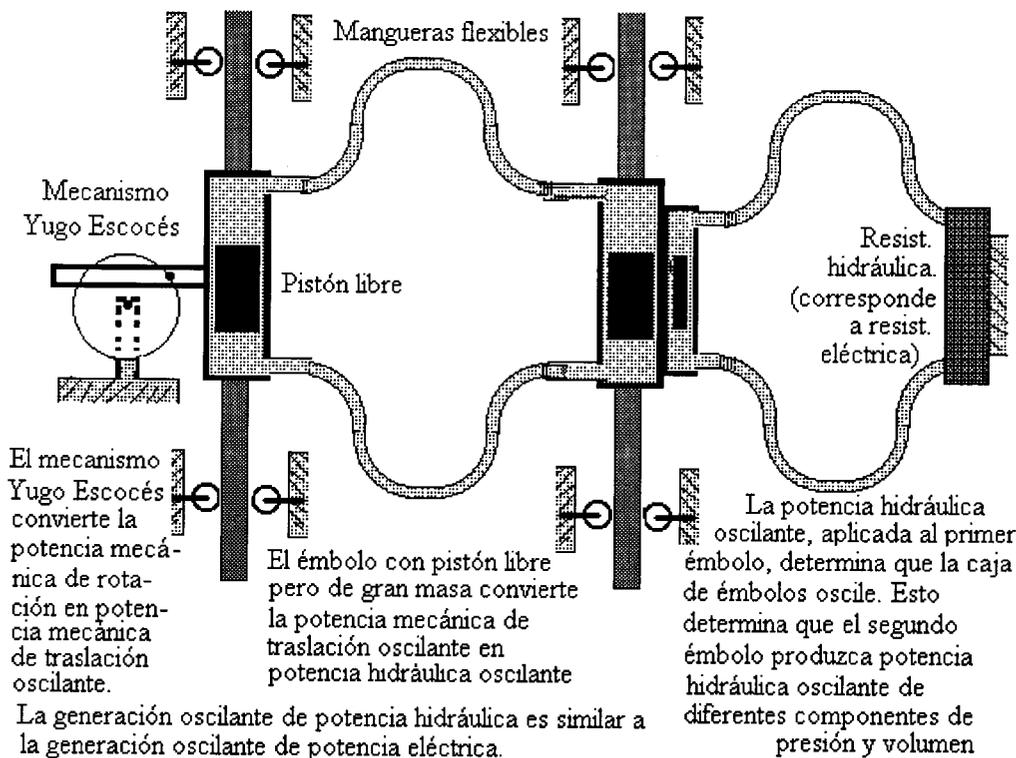


Figura Transf. Eléctricos

La transformación de los componentes de la potencia hidráulica oscilante es similar a la transformación de componentes de la potencia eléctrica oscilante.

Ambiente de Unidades de Equipos Oscilantes

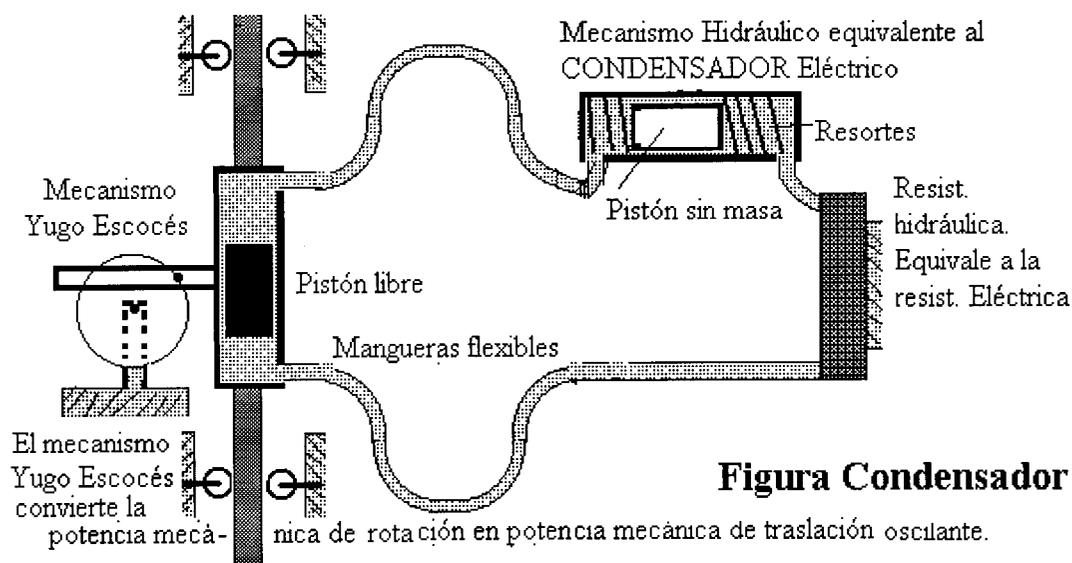
Ahora se debe examinar la Figura Transformadores Eléctricos. La literatura está incluida en la figura en consideración y sólo hay que agregar que al concepto mecánico de mover en forma oscilante a la caja del émbolo que es parte del mecanismo Yugo Escocés, corresponde el concepto del flujo magnético del weber, Wb. De la misma forma de que el pistón tiene una determinada área, al concepto magnético del Wb/m^2 en el SI recibe el nombre especial de tesla, T. Y al concepto de que según sea mayor la masa del pistón este aparato funciona mejor, en lo magnético corresponde al concepto de inductancia, henry, H.

Todo esto aplica tanto en el equipo equivalente al generador eléctrico cuanto al equipo equivalente al transformador eléctrico. Lo importante sigue siendo que en lo ideal el generador eléctrico convierte toda la potencia mecánica que recibe en potencia eléctrica. Y el transformador eléctrico en lo ideal recibe y entrega la misma potencia eléctrica; lo único que se transforma son las componentes de la cantidad de voltios y la cantidad de amperios entre los bornes de entrada y los bornes de salida.

Cabe comentar que en lo mecánico sería mejor que el pistón de la bomba mostrada sea parte del eslabón oscilante del Yugo Escocés y el émbolo sea parte del eslabón fijo. Pero esto no se hizo porque en el ámbito electromagnético no existe el concepto de fuerzas (potenciales) relacionadas con eslabones fijos, y siempre hay que usar el concepto de variar en forma acelerada la corriente aplicada a las inductancias. Esto en lo mecánico corresponde a la fuerza inercial, la cual en el ensayo anterior insistí en que la considero un ente real y nunca ficticio.

Ahora se debe ver la Figura Condensadores Eléctricos donde se muestra un equipo mecánico equivalente a los condensadores eléctricos. En este equipo es muy importante reafirmar que se considera que el pistón no tiene masa y las únicas fuerzas relacionadas las produce el resorte.

Según se desplaza el flujo en este mecanismo se necesita aplicar mayor presión, pero se puede manejar mayor flujo según sea mayor el área del pistón, y siempre hay mayor desplazamiento según sea menor la constante de proporcionalidad del resorte. Esto corresponde al concepto eléctrico del Faradio, mientras de mayor capacidad sea el condensador se puede desplazar mayor cantidad de carga, coulombios, para el mismo aumento de potencial, voltios.



Ambiente de Unidades de Radiación

En este ámbito no se incluyó una figura porque basta con indicar que la energía se desliga de la materia cuando se difunde en la forma electromagnética radiante. Se debe considerar que en muchos equipos magnéticos se disponen piezas de acero o de hierro, pero el magnetismo funciona incluso en el vacío, y a esto se lo llama entrehierros. Y también se debe considerar que el dieléctrico de los condensadores puede ser de materiales especiales, pero también puede ser vacío. Todo esto induce a pensar que en el vacío se tienen conceptos parecidos a las inductancias y capacitancias, que determinan que la energía pueda fluir en forma radiante.

No conozco la causa por la cual en el SI se incluyó como equipo patrón para la potencia radiante luminosa a la Candela. Opino que esto es contrario al criterio del SI donde cada concepto se mide en todos los ámbitos con la misma unidad. El caso más descriptivo del criterio del SI es el de la unidad de potencia, vatio, que se aplica tanto en la disciplina eléctrica cuanto en la disciplina mecánica y en la disciplina térmica y en todas las disciplinas. De la misma forma que ya en lo térmico no existe el equivalente mecánico de calor porque no se incluyen las unidades que se llamaban caloría BTU etc. sino sólo existe el julio, J, y fluyendo el vatio, W, se debería eliminar a la unidad la candela y todas sus unidades derivadas como el lumen y lux.

La intensidad lumínica puntual, potencia radiante puntual, se puede medir tanto en vatios cuanto en candelas. El flujo luminoso, flujo radiante, se puede medir tanto en lúmenes cuanto en vatios. A la iluminación, potencia radiante aplicada por unidad de área, se la puede medir tanto en luxes cuanto en vatios por metro cuadrado.

Se suele considerar como equivalente lumínico 683 lumen/vatio. Lo que se debería hacer es indicar la cantidad de vatios radiados en el rango luminoso por la cantidad de vatios entregados.

Una cosa muy interesante del ámbito radiante, luminoso, es que la potencia recibiendo disminuye en forma cuadrática según el receptor se aleja de la fuente puntual; pero si en el mismo plano donde se sitúa la fuente puntual se sitúan al centro de cada uno de los infinitos cuadrados de 1 m^2 otras fuentes puntuales, se tiene que la potencia recibiendo es independiente de la distancia con respecto a la fuente puntual, porque según se aumenta la distancia se recibe el aporte de las fuentes vecinas. Esto

especialmente es cierto si a las fuentes puntuales se las sustituye por fuentes esparcidas en sus correspondientes áreas. Cuando los fotógrafos quieren retratar una cara y las circunstancias son que la mayor iluminación está atrás, acercan su exposímetro a la cara y después toman la foto aunque el fondo salga velado.

Conclusión

Espero que con mis máquinas, todas inspiradas de la Máquina de Atwood, presenté un estudio entrelazado de las unidades, y por lo tanto espero haber contribuido a reafirmar que el SI es un sistema de unidades y no una simple yuxtaposición. Me permito comentar que en los trabajos tradicionales al SI se lo expresa en base a tablas donde se yuxtaponen las unidades, pero en este trabajo lo expresé en base a máquinas que considero ayudan a su mejor captación porque sintetizan a las unidades. (Yo respeto la naturaleza abstracta matemáticamente precisa del SI, pero considero se le pueden anexar máquinas que solo faciliten la captación de todo lo relacionado). Además espero haber presentado un documento pedagógico, porque todas mis máquinas se pueden construir en la práctica, al agregarle a la ingeniería conceptual que he presentado la ingeniería de detalle correspondiente.

Bibliografía

- NORMAN CAMPBELL (1981). El descubrimiento y la explicación de las leyes científicas. Imprenta Universitaria de Caracas. UCV. Cota Q 171 C 35. En la página 24 en el primer párrafo, dentro de una oración anota: "no tratamos de hallar leyes para predecir; tratamos sólo de dar con leyes que ordenen la experiencia con la que contamos."
- JOSEBA LASCURAIN. El SI y las Leyes sobre Pesas y Medidas Parte 1. Revista Tekhne N° 4 — 2000. Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello. Ver también la bibliografía incluida en este artículo.