

CALCULADORA PSICROMETRICA, SU RECODIFICACION Y PREPARACION PARA INTERNET

D. Saravia

INENCO: Universidad Nacional de Salta - CONICET

Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina

Fax : 54-387-4255489, E-mail: dsa@ciunsa.edu.ar

RESUMEN. En este trabajo se presenta una nueva versión de la calculadora psicrométrica Psicro. Esta versión distribuye en código fuente bajo la GPL (GNU General Public Licence: www.gnu.org) y consiste en varios módulos redactados en c, perl, yacc, y lex, utilizando herramientas de programación GNU. El núcleo del programa ha incluido mas variables que su anterior versión y se ha reescrito el solucionador de ecuaciones utilizando la librería científica GNU (GSL). Se provee una interfaz en perl del programa con Internet utilizando la tecnología CGI. Los programas están disponibles en Internet www.calcula.org, www.inenco.net.

PALABRAS CLAVE: Psicro, Humedad, Psicrometría, Calculadora, Internet

1.- INTRODUCCION.

En 1992, se presento en ASADES un programa para realizar cálculos psicroméricos. [Saravia, 1992] Dicho programa fue redactado en Quick Basic y funcionaba en sistemas del tipo DOS. Con varias dificultades podía ejecutarse en sistemas Windows, dado que utilizaba una librería de muy bajo nivel para acceder a ciertos elementos del hardware.

A fines del 1999 pareció oportuno reescribirlo a los efectos de:

- 1) redactarlo en C, lenguaje que puede instrumentarse en numerosas plataformas;
- 2) mejorar el motor de solución de ecuaciones, usando librerías numéricas publicas;
- 3) permitir buscar soluciones sobre mas variables, en particular incorporar la dimensión presión a su espacio de trabajo la versión anterior calcula en función de la presión, pero no iteraba sobre la misma;
- 4) permitir su uso a través de Internet;
- 5) estandarizar su funcionamiento como filtro, incorporando parsers;
- 6) dividir el sistema en varios programas específicos que cooperen entre si;
- 7) eliminar el uso de librerías de bajo nivel o no estándares.
- 8) utilizar otras unidades además de las SI.
- 9) si bien no se plantea en esta etapa, la idea es generalizar el motor de soluciones para que se pueda usar en otros sistemas, independizando al esquema de calculo de las particularidades del aire húmedo. En este sentido el aire húmedo, es un buen comienzo pues tiene un nivel de dificultad importante en un marco de pocas dimensiones.

Este trabajo describe los resultados de dicho programa.

2.- USO DEL PROGRAMA POR INTERNET

Se puede acceder a la calculadora en el sitio www.calcula.org seleccionando psicro. La versión que allí se encuentra todavía tiene algunas limitaciones en el motor de soluciones, pero permite responder cuestiones simples.

3.- ACCESO AL CODIGO FUENTE

Se ha decidido publicar el código fuente para permitir el re-uso y la mejora por terceros del código del psicro.

Paralelamente se decidieron usar herramientas de libre disponibilidad a los mismos efectos.

Todo el código se ha puesto bajo la licencia de distribución GPL (www.gnu.org)

4.- METODOLOGIAS Y LENGUAJES DE PROGRAMACION

A los efectos de lograr calidad, eficiencia y poder publicar su código fuente se están utilizando herramientas y programas de desarrollo GNU.

En particular:

- **gcc**: Compilador C de GNU;
- **gdb**: debugger GNU;
- **cvs**: sistema concurrente para manejo de versiones;
- **automake**: generador automático de archivos make;
- **autoconf**: autoconfigurador;
- **bison, flex**: analizadores sintácticos y de léxico.
- **plotutils**: herramientas para graficar.
- **bash**: interpretador de comandos;
- **GSL**: librería científica GNU,
- **units**: conversor de unidades. Todos ellos disponibles y descriptos en www.gnu.org.
- **PERL** : lenguaje de programación <http://www.cpan.org>.
- **Apache**: servidor WEB, <http://www.apache.org>

Se ha elegido el entorno de programación **GNU/Linux** (www.linux.org), si bien la utilización de codificación estándar permite portarlo a otros sistemas que dispongan de estas herramientas.

Se ha creado un repositorio **cvs** en el servidor Internet www.inenco.net.

5.- MODULOS

Se han escrito los siguientes componentes:

- 1) **psicro ejecutable** (en c, lex y bison): programa que lee datos de su entrada estándar y vuelca resultados en su salida estándar. Básicamente toma tres datos entre las variables posibles y entrega las soluciones solicitadas.
- 2) **psicro cgi** (en perl) programa que ingresa datos y presenta resultados del psicro en una pagina web.
- 3) **psicro plot** (en lenguaje shell) programa que toma un archivo de resultados y realiza un gráfico en PostScript de los mismos, tanto a pantalla como a impresora.

Archivos del código fuente:

- **psi_ele.c, psi_ele.h** : librería de funciones psicrométricas
- **psi.l, psi.y**: analizadores sintácticos y léxicos de la entrada
- **psi_lib.c, psi_lib.h**: librería de funciones vinculadas al motor de soluciones
- **psicro.c**: programa ejecutable.
- **Makefile.am** (uno por directorio), **configure.in**: archivos del sistema de automake y autoconf.
- **psicro.pl**: Programa cgi perl
- **psi_plot**: shell bash para graficar

Incluye documentación redactada en **sgml**, formato **DocBook**, que permite su fácil reproducción como rtf, latex, html, texto, info, man, etc..

6. - EL PROGRAMA PSICRO

Fundamentalmente psicro toma tres datos entre las variables conocidas y calcula el resto en función de ecuaciones constitutivas. Las ecuaciones son no lineales y no todas definidas en todo el espacio. Se utilizan métodos numéricos de búsqueda de soluciones. Se verifica la independencia de las variables introducidas y se proponen cambios en caso de no serlo. La anterior versión no incluía a la presión como variable, era solo un parámetro. Su incorporación permite por ejemplo utilizar la altura, o la temperatura de hervor del agua como variable en el esquema de calculo. Antes el esquema de búsqueda era casi siempre en una dimensión, para cada par de variables se usaba una solución prevista. Ahora psicro determina numéricamente el esquema de búsqueda habitualmente en todo el espacio de variables. Se tienen rutinas especiales para interpretar los resultados en caso de que estos pertenezcan a regiones donde alguna variable no esta definida.

La idea es generalizar lo mas posible este esquema para incorporar otros sistemas. De lograrse este objetivo psicro se convertiría en un resolvidor numérico general de sistemas de n ecuaciones no lineales y n+p variables, fijándose p de entre ellas, para cada problema en particular. Las ecuaciones no están definidas en todo el espacio y puede haber subsistemas que tengan sentido en algunos casos y no en otros. Este objetivo en términos generales es imposible de lograr, pero la idea es lograr aproximaciones útiles en sistemas de interés termodinámico.

6.1 –Variables y espacio de calculo

Psicro permite elegir tres variables independientes a los efectos de determinar un punto. Las variables son:

- **t**, temperatura;
- **x**, humedad;
- **p**, presión;
- **v**, volumen especifico;
- **h**, entalpia;
- **pv**, presión de vapor;
- **xs**, humedad de saturación;
- **wr**, humedad relativa;
- **alt**, altura sobre el nivel del mar;
- **s**, entropía;
- **td**, temperatura de rocío;
- **t_{bh}**, temperatura de bulbo húmedo;
- **gs**, grado de saturación;
- **th**, temperatura de hervor del agua; ebullición ζ ;
- **xbh**, humedad del bulbo húmedo;
- **ha**, entalpia en base aire seco;
- **sa**, entropía en base aire seco;
- **va**, volumen especifico en base aire seco.

6.2.- Independencia

Previo al cálculo psicro determina si las tres variables ingresadas son independientes. En caso de no serlo sugiere reemplazos. A tal efecto se calcula primero el Jacobiano de las funciones involucradas y posteriormente se encuentran las derivadas parciales de las variables con respecto a la base del espacio: t, x, p, únicas definidas para todas las condiciones.

Eligiendo los vectores correspondientes a la terna provista, verificando su determinante y los productos escalares entre los mismos, se presenta información útil al usuario, en caso de no poder resolver la requisitoria.

Dicha información consiste en identificar si algún componente de la base no esta contenido en la terna provista, o si dos componentes de la terna son dependientes entre si.

6.3 – Verificación

Realizado el cálculo se debe verificar si la solución encontrada pertenece a un ámbito posible de las propiedades. Debemos tener en cuenta que el aire húmedo tiene zonas de saturación donde las propiedades cambian abruptamente, e incluso hay variables que no se definen en todo el espacio.

6.4 -La entrada

La entrada se organiza en líneas, donde cada línea comprende la cantidad de datos necesarios para configurar un punto. Las líneas terminan con caracteres de fines de línea o con dos puntos. Los datos se separan con comas. Una línea vacía indica el fin de una serie de datos, lo que se usa para el graficador.

Se pueden usar comentarios al estilo c (*/* */*), o con #. Todo lo que sigue al # hasta fin de línea es un comentario y no aparece en la salida. Dos numerales seguidos constituyen un comentario que aparece en la salida como comentario simple, Tres numerales aparece “descomentado”.

Los datos son de la forma “variable=valor”, donde variable puede ser cualquiera de las definidas, y el valor una cantidad reconocible por el programa units.

La entrada incluye también comandos de configuración como:

- **test**: imprime un autotest;
- **html**: pone la salida en código html;
- **dp**: imprime tabla de derivadas parciales;
- **imp**: solo imprime en la salida una línea con la lista de variables solicitadas;
- **Ba**: calcula en base aire seco;
- **Bn**: calcula con base molar;
- **Bv**: calcula en base a volumen;
- **Bm**: calcula en base masa.

La entrada puede ser colocada en una variable de entorno, en la línea de comando como opciones o como archivos, en la entrada estándar del programa, en el archivo /etc/psicro.conf del sistema, o en el archivo .psicro del usuario. Todas estas posibilidades se leerán e interpretarán secuencialmente.

El esquema es muy flexible en el espíritu tradicional de las herramientas UNIX. La idea es que el ejecutable psicro pueda ser usado de la mayor cantidad de formas posibles de acuerdo a las necesidades e imaginación de sus usuarios.

El programa units se usa para tomar una expresión compuesta de números y unidades y convertirla en un número expresado en las unidades de referencia de la variable en cuestión. Por supuesto, las unidades de entrada deben ser conocidas por units y correcta su combinación, caso contrario se genera un error. Units reconoce más de 2000 unidades diferentes.

6.5- La Salida

Psicro entrega datos por su salida estándar, básicamente en tres formatos:

- a) Para ser mostradas en pantalla
- b) Como lista de resultados, para archivar o procesar (opción imp).
- c) Para ser usados en la web (opción html).

Si se lo pide (test) puede imprimir un largo test de cada una de sus funciones.

La opción dp imprime además de la solución solicitada una tabla de derivadas parciales de cada variable con respecto a la base t,x,p.

La salida puede ser usada (opción imp) por el graficador para representar gráficamente los puntos solicitados. El programa psicro.pl puede interactuar con la web usando la opción html del ejecutable psicro.

6.6 – Ejemplo

Ejecutando:

```
psicro -pdp:t=47.87,tbh=29.07,p=87740
```

Donde lo que sigue a -p es tomado como archivo de entrada con dos líneas separadas por dos puntos. La primera línea indica que debe imprimirse la tabla de derivadas parciales, la segunda indica tres datos con las unidades de base: temperatura, temperatura de bulbo húmedo, y presión.

Se obtiene:

```
Tipos a calcular: P TBH T
Iteraciones: 4
```

Punto	T	X	H	S	V	PV
central:	47.87	0.02184	104940.28	403.98	1.08714	11091.91
rocio:	23.96	0.02184	79931.24	323.04	1.00618	2975.90
bulbo hum:	29.07	0.02987	105803.69	409.48	1.03625	4020.82
saturado:	47.87	0.09001	281533.77	973.07	1.20225	11091.91

```
Presion Atmosferica:      87740
  Altura est.:           1197.69
  Temperatura hervor:     96.02
  Humedad relativa:       0.2683
  Grado de Saturacion:    0.2426
```

```
Matriz de Derivadas Parciales
  T      X      P
V -8.206e-05 -4.354e-16 2.415e-07
H -2.915e+01 -4.516e+04 -0.000e+00
PV -1.888e+02 -0.000e+00 -0.000e+00
XS -1.863e-03 -3.442e-16 3.084e-07
WR 4.229e-02 5.821e+01 -1.020e-02
ALT -0.000e+00 -0.000e+00 8.323e-02
S -9.774e-02 -1.610e+02 8.206e-05
TD 4.573e-07 -1.459e+03 -1.442e-04
TBH -3.751e-01 -5.847e+02 -9.639e-05
GS 1.927e-02 -3.163e+01 -3.190e-06
TH -0.000e+00 -0.000e+00 -2.765e-04
XBH -4.009e-04 -6.250e-01 6.047e-08
HA -1.016e+03 -1.617e+06 -1.212e-05
```

```
SA -3.408e+00 -5.765e+03 2.862e-03
VA -2.862e-03 -8.618e-01 8.420e-06
```

6.7 – Estructura interna

Las funciones elementales del sistema de aire humedo adoptan la siguiente forma. Por ejemplo la presion se establece como funcion de la altura. El valor de retorno se utiliza para indicar algún error, que en este caso no se usa.

```
int
psicro_prop_p(double alt, double *resul) {
    *resul= pstd * pow(288.15/(288.15-0.006500*alt),-5.255977);
    return 0;
}
```

Listado de encabezados de funciones de propiedades:

```
int psicro_var_talt(double alt, double *resul)
int psicro_prop_wr(double xw, double xws, double *resul)
int psicro_prop_xs(double pw, double p, double *resul)
int psicro_prop_gs (double gs,double xw,double xws,double *resul)
int psicro_prop_pw(double t, double *resul)
int psicro_prop_vol(double t,double xw,double p,int pre, double *resul )
int psicro_prop_h_aw(double t, double xw, double p, int pre,double *resul)
int psicro_prop_s_aw(double t, double xw, double p, double pw, int pre, double
*resul)
int psicro_prop_tbh(double t,double xw, double p,double h, double tbh, int
pre,double *resul,double *resul2)
int psicro_prop_xbh(double tbh, double *resul)
int psicro_prop_th(double p, double th,double *resul)
int psicro_prop_td(double xw, double p, double td,double *resul)
int psicro_prop_s_w(double t, double xw, double p, double pw, double *resul)
int psicro_prop_h_sw(double t, double xw, double p,double pw, double *resul)
int psicro_prop_h_wl(double t,double *resul)
```

Las funciones no siempre devuelven en *resul, el valor de la propiedad, por ejemplo en el caso de tbh, devuelven el error en la función de balance que lo define. Estas funciones no iteran, son usadas por el solucionador y su encabezado refleja el tipo de propiedades y variables para cada propiedad.

La siguiente función calcula todas las propiedades para cada iteracion, se pueden observar las estructuras de datos fundamentales. Las variables estan contenidas en un vector de la libreria GSL, los parametros en una estructura especial, y los resultados de las funciones anteriores en otro vector. Esta función llama a todas las anteriores y hace abstraccion de la estructura de datos específica del problema.

```
int airhum_f (const gsl_vector *incognitas, void *param, gsl_vector *resultado)
```

La función raiz es la encargada de encontrar la solución, en x, se ponen las condiciones iniciales y se entregan los resultados, la función es un puntero a la anterior, y en iter nos entrega cuantas veces tuvo que calcular todo el sistema.

```
int raiz(gsl_vector *x, gsl_multiroot_function * function, int *iter)
```

7. - GRADO DE AVANCE

Hasta la fecha se han cumplido una buena parte de los objetivos fijados para esta etapa, faltando:

- a) escribir el componente gráfico interactivo;
- b) ajustar el motor de búsqueda y sus rutinas de contingencias;
- c) presentar gráficas en la web;
- d) preparar el ploteador para graficar cartas completas.

8.- CONCLUSIONES

Psicro es una herramienta útil en el trabajo con sistemas de aire húmedo. Su reescritura permite utilizar nuevos medios como Internet, y continuar ejecutándolo en los sistemas operativos en uso. La incorporación de nuevas variables y la mejora en sus métodos de cálculo le permite brindar más servicios. Espero que la publicación de los códigos fuente y el uso de estándares en las metodologías de programación permita un mejor aprovechamiento del mismo por la comunidad a la que va dirigido. El uso de Internet es una herramienta fundamental en este esquema de ideas.

9.- REFERENCIAS

Saravia, D.; Lesino G; (1992). *Desarrollo de una Calculadora Científica*. Actas, 15 Reunión Nacional de Energía Solar y Fuentes Alternativas. ASADES, Tomo II, pp 447 - 453.

Gallasi, Mark; Davies, Jim; Theiler, James; Gough, Brian; Priedhorsky, Reid; Jungman, Gerard; Booth, Michael; Rossi, Fabrice. (2000). *GSL, The Gnu Scientific Library. Version 0.6*.

Loosemore, Sandra; Stallman, R.M.; Roland McGrath, Andrew Oram, Ulrich Drepper. (1999), *GNU C Library Reference Manual, ed. 0.08, FSF*, para glibc 2.1.

Mariano, Adrian. (1997) *Units Conversion*, FSF, 1997.

ABSTRACT . This paper introduces a new version of the PSICRO program. The Psychrometric calculator source code is distributed under the GPL (GNU Public License www.gnu.org). The new code is written in c, perl, yacc, and lex using GNU development software. The new PSICRO edition includes more variables and equations than the previous one and it uses the GNU Scientific Library (GSL). It also includes an Internet connection using a perl CGI interface. It' s available in www.calcula.org, and www.inenco.net.

KEY WORDS: Psicro, humidity, moisture, calculator, internet.