

La sensación de frío

BENITO FUENTES LÓPEZ, AEMET

La temperatura es una de las variables estrella de la meteorología pero también es esquiva y despechada. Esquiva porque presenta una variabilidad espacial y temporal tan alta que no resulta fácil ofrecer una serie de valores que sean representativos de la zona concreta que se está mostrando. Y despechada porque entre la población tiende a minusvalorarse pensando que las máximas y las mínimas de mi localidad suelen ser mucho mayores/menores de lo que en realidad se predice o se observa.

Así, sobre abusamos del microclima y apelamos a la sensación térmica usándolos como armas arrojadizas para jugar al y-tú-más defendiendo y exagerando los rigores invernales o estivales de una determinada zona. “Es verdad que en mi pueblo la temperatura es mayor en invierno pero al poseer más humedad relativa la sensación térmica es menor, así que en mi pueblo se pasa más frío que en el tuyo”. En primer lugar, el desconocimiento del gran público sobre la física que subyace a cualquier fenómeno meteorológico le hace caer a menudo en afirmaciones erróneas. Por ejemplo, cuando el 14 de mayo de 2015 se alcanzaron 42.6° C en el aeropuerto de Valencia, en las conversaciones de barrio se tendió a elevar aún más ese registro hasta casi los 60 en virtud de ser una zona costera. Pero en general se desconocía que para alcanzarse ese valor la humedad relativa tuvo necesariamente que descender por debajo del 10% merced a los vientos secos de poniente igualando la sensación térmica a la temperatura real. En segundo lugar el público en general también desconoce cuáles son los factores de los que se prescinde al calcular la sensación térmica: en concreto en verano se elimina el factor viento y en invierno el factor humedad relativa, puestos ambos como responsables de la sensación térmica en cualquier época del año.

Centrándonos en la sensación de frío, o *windchill*, su definición es precisamente ésa: cómo de fríos se sienten los animales y las personas cuando son expuestos a bajas temperaturas. En días ventosos la velocidad de evaporación desde la piel aumenta y con ello el calor que el aire extrae al cuerpo, lo que hace que una persona se sienta más fría de lo que en realidad está.

Los primeros intentos para correlacionar el poder de enfriamiento de la atmósfera con la sensación que provoca en el cuerpo datan de 1919^[1]. Sir Leonard Hill calentaba un termómetro ordinario (de mercurio o alcohol) a una temperatura T por encima de la corporal (98.4° F, 36.8° C) y, expuesto a una corriente de viento determinada y al abrigo de la radiación solar, medía el tiempo que tardaba el termómetro en enfriarse desde un grado superior a un grado inferior a la temperatura corporal, esto es, el tiempo necesario para pasar de 99.4° F a 97.4° F. De este modo estableció una velocidad de enfriamiento referida tanto para el termómetro seco (T) como para el húmedo (T’):

$$H = (0.15 + 0.182\sqrt{v})(98 - T)$$

$$H' = (0.06 + 0.47\sqrt{v})(98 - T')$$

Donde H (H’) es la potencia de enfriamiento (*cooling power*) expresada en milicalorías por centímetro cuadrado y segundo, v la velocidad en millas por hora (mph) y T (T’) está expresada en °F. Entre 1936 y 1949 Winslow, Herrington y Gag-

ge midieron la evaporación, radiación y temperatura de la piel y el recto del cuerpo humano cuando es sometido a diferentes condiciones atmosféricas. Por su parte, Siple (1939) fue el primero en introducir la expresión *Wind Chill Index* multiplicando la temperatura (sólo el caso negativo, en °C) por la velocidad del viento (m/s) y fue muy popular en el United States Antarctic Service (USAS) pese a sus evidentes imperfecciones –no incluía temperaturas positivas y el índice exageraba a velocidades altas–.

El primer estudio serio para establecer un índice WCT (*Wind Chill Temperature*) viene de la mano de Siple y Passel a principios de los años 40^[1]. Ambos trabajaban en el USAS y era evidente la necesidad de establecer en aquella zona, azotada por fuertes vientos y un frío extremo, una relación más precisa entre la temperatura y la capacidad de enfriamiento. Para ello construyeron un ‘termómetro de confort’ basado en agua y no en mercurio o alcohol ya que la velocidad de enfriamiento sería más cercana a la que sufre el cuerpo en el caso del agua que en los otros dos. Fabricaron un cilindro de acetato de celulosa de 5.7 centímetros de diámetro y 14.9 de longitud, lo llenaron con 250 gramos de agua de nieve recién fundida (0° C) y colocaron un termómetro de resistencia en su interior. Lo colgaron junto a otro termómetro de resistencia sin ningún tipo de abrigo y tomaron diferentes medidas de temperatura y viento. Conforme el cilindro se enfriaba el agua de su interior empezaba a congelarse; conociendo el valor del calor latente de fusión y midiendo el tiempo en el que se producía la congelación total establecieron un coeficiente de transferencia de calor (en kcal/m²hora° C) dado por la expresión: $h = 10\sqrt{v} + 10.45 - v$, siendo v el viento en m/s. Por otro, lado, la tasa de pérdida de calor del cuerpo humano puede expresarse como $Q = h(T_s - T)$ (en kcal/m²hora) siendo T la temperatura del termómetro seco en °C y T_s la temperatura de la piel (constante e igual a 33° C). Combinando ambas ecuaciones llegaron a la expresión final

$$K_0 = (10\sqrt{v} - v + 10.45)(33 - T)$$

Donde K₀ es el flujo de calor en kcal/m²hora. Su cálculo estaba enfocado para usarlo en el continente antártico de modo que no tuvieron en cuenta la evaporación ni la radiación solar porque en estas latitudes el contenido de humedad es muy bajo y durante cuatro meses el sol permanece por debajo del horizonte. Identificaron tres componentes principales de enfriamiento:

1. Radiación: la pérdida de calor debida a este fenómeno es una función de las temperaturas del cuerpo y del aire. Existen discrepancias en cuanto a la magnitud de esa pérdida, que

puede oscilar (en condiciones de viento en calma) entre 3 y 10 kcal/m²hora por cada grado centígrado.

2. Convección: la diferencia de temperatura entre el cuerpo humano y el aire más frío crea pequeñas corrientes convectivas que transportan el calor desde el primero hacia el segundo. Esta pérdida se incrementa conforme crece el gradiente de temperatura pero disminuye conforme lo hace la velocidad del viento.

3. Conducción y convección debida al aire: en condiciones de viento en calma el aire actúa como aislante gracias a su baja conductividad térmica disminuyendo la pérdida de calor. El aislamiento depende de la temperatura del aire y del espesor que rodea el cuerpo. Si se incrementa el viento, el aire cálido junto al cuerpo es desplazado y aumenta la pérdida de calor.

Pese a ser un índice muy aceptado y utilizado en su época, el principal inconveniente que ofrecía era que sus unidades



Figura 1: termómetro de confort suspendido en un mástil en el edificio de ciencias de Little America III, Antártida.
Fuente: Siple y Passel.

des eran poco intuitivas para el usuario en general. Para solventar este problema, en 1964 Charles Eagan expresó el WCT en forma de ‘temperatura equivalente’ de modo que el aire en calma y con esta temperatura T_{wc} tendría la misma capacidad de enfriamiento sobre una persona que el aire a la temperatura del termómetro seco T y velocidad $v^{[2]}$. El hecho de expresarlo en unidades celsius o fahrenheit –aun siendo dimensionalmente incorrecto– permite que incluso los usuarios poco formados en el tema puedan entender perfectamente el concepto de *windchill*. El viento en calma como tal es poco realista porque existen pequeñas corrientes convectivas que surgen entre el cuerpo y el aire y porque, incluso en reposo, el cuerpo presenta cierto movimiento. Así pues la calma está referida a una velocidad de 4 mph.

Veamos un ejemplo (figuras 2a y 2b): para una velocidad de 8.9 m/s y una temperatura de -10 °C el WCT es igual a 1350 kcal/m²hora. Este valor obtenido es el mismo que si consideramos viento en calma (4 mph) y -28 °C. Por tanto, la velocidad de enfriamiento es similar en ambos casos.

El principal inconveniente de este índice es que la congelación se produce antes en el agua que en la carne de modo que

TABLE I

Wind Velocity (mph) (meters/ sec)	Dry Bulb Ambient Temperature (°C)													
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	
	WIND CHILL (kcal/meter ² /hr)													
Calm	Calm	810	640	730	840	950	1060	1170	1280	1390	1500	1610	1720	1830
5	4.2	830	650	760	880	1000	1110	1230	1340	1460	1570	1690	1810	1930
10	4.5	620	760	890	1030	1170	1300	1440	1570	1710	1840	1980	2110	2250
15	6.7	680	830	980	1130	1270	1420	1570	1720	1870	2010	2160	2310	2460
20	8.9	720	890	1060	1230	1400	1570	1740	1910	2080	2250	2420	2590	2760
25	11.2	750	920	1090	1260	1430	1600	1770	1940	2110	2280	2450	2620	2790
30	13.4	770	940	1110	1280	1450	1620	1790	1960	2130	2300	2470	2640	2810
35	15.6	790	960	1130	1300	1470	1640	1810	1980	2150	2320	2490	2660	2830
40	17.9	800	980	1150	1320	1500	1670	1850	2020	2190	2370	2540	2720	2890
45	20.1	810	990	1160	1330	1510	1690	1870	2050	2230	2410	2590	2770	2950
50	22.4	820	990	1170	1340	1520	1700	1870	2050	2230	2410	2590	2770	2950
		LITTLE DANGER			INCREASING DANGER				GREAT DANGER					

a)

TABLE II

Wind Velocity (mph) (meters/ sec)	Dry Bulb Ambient Temperature (°C)													
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	
	EQUIVALENT TEMPERATURE (°C) (equivalent in cooling power on exposed flesh under calm conditions)													
Calm	Calm	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
5	4.2	9	4	-2	-7	-12	-17	-23	-28	-33	-38	-44	-49	-54
10	4.5	5	-1	-6	-14	-20	-26	-32	-38	-45	-51	-57	-63	-69
15	6.7	2	-5	-11	-18	-25	-32	-38	-45	-52	-58	-65	-72	-78
20	8.9	0	-7	-14	-21	-28	-35	-42	-50	-57	-64	-71	-78	-85
25	11.2	-1	-9	-16	-23	-31	-38	-46	-53	-61	-68	-75	-83	-90
30	13.4	-2	-10	-17	-25	-33	-40	-48	-56	-63	-71	-78	-86	-94
35	15.6	-3	-11	-18	-26	-34	-42	-50	-57	-65	-73	-81	-89	-97
40	17.9	-3	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-59	-67	-75	-82	-90	-98
45	20.1	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-51	-60	-67	-75	-83	-91	-99
50	22.4	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76	-84	-92	-100
		LITTLE DANGER			INCREASING DANGER				GREAT DANGER					

b)

Figura 2: a) Tabla de windchill para valores preestablecidos de temperatura y viento. b) Temperatura equivalente para valores preestablecidos de windchill. Fuente: Charles Eagan.

subestima el tiempo de congelación y sobreestima el efecto del viento. Además, el cálculo tampoco tuvo en cuenta los efectos de la resistencia del termómetro de manera que exageraba el efecto del enfriamiento. Pese a esto, gozó de gran aceptación y fue el índice más utilizado cerca de 60 años. En 1995, Randall Oszcewski construyó un modelo instrumental de una cabeza humana asumiendo que ésta es la parte del cuerpo más expuesta en invierno. El modelo incluía una fuente de calor para mantener una temperatura interna similar a la del cuerpo y las diferentes corrientes de aire eran generadas en un túnel de viento. Obtuvo que la transferencia de calor podía aproximarse a la de un cilindro apoyado en su base inmerso en una corriente de viento. Maurice Bluestein estudió ese mismo modelo pero desde el punto de vista teórico^[3].

Finalmente, durante el otoño de 2000 se puso en relieve la necesidad de revisar el WCT y bajo el auspicio de EEUU y Canadá se creó el Joint Action Group for Temperature Indices (JAG/TI) a cargo de Oszcewski y Bluestein para estandarizarlo^[4]. Seis hombres y seis mujeres con edades comprendidas entre 22 y 42 años tomaron parte en el experimento. Se colocaron transductores térmicos en la cara para medir el flujo de calor y la temperatura en las mejillas, la frente, la nariz y la barbilla mientras caminaban a 3 mph y eran expuestos a diferentes condiciones de viento (2,5 y 8 m/s) y temperatura (+10, 0 y -10° C). También se colocaron transductores térmicos en el recto para medir el flujo de calor desde el interior del cuerpo hacia la piel. Las principales características del índice revisado son las siguientes:

- Calcula la velocidad a 1.5 m (altura promedio de la cara) basada en lecturas de viento a 10m.

La sensación de frío

● Está basado en un modelo de rostro humano, que es asemejado a un cilindro de 18 cm de diámetro. Los sujetos iban vestidos con ropa invernal y solamente el rostro fue expuesto. La justificación que da el JAG/TI es que en invierno esa parte del cuerpo es la más expuesta puesto que lo más realista es que una persona camine por la calle con ropa adecuada.

● Incorpora una teoría más moderna de transferencia de calor.

● Rebaja el umbral de viento en calma de 4 a 3 mph.

● El caminar a 3 mph tiene por objeto simular otros efectos de pérdida de calor.

● No tiene en cuenta la radiación.

● No tiene en cuenta la humedad relativa. El índice tiene por objeto ser aplicado a temperaturas bajas, en las cuales el contenido de humedad es bajo. Los resultados mostraron que era un parámetro que afectaba al resultado final en $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y se decidió eliminarlo para simplificar la fórmula final.

La expresión del índice revisado es

$$\text{WCT} (^{\circ}\text{C}) = 13.12 + 0.6215T - 11.37V^{0.16} + 0.3965TV^{0.16}$$

Con T en $^{\circ}\text{C}$ y v en km/h. Cabe hacer algunas observaciones respecto al WCT:

1. No está definido por encima de 10°C (50°F). Aunque su uso se ha extendido a toda la población, en su origen estaba enfocado para ser utilizado en condiciones extremas de viento y temperatura, tales como bases antárticas o despliegues militares en invierno.

2. Su aplicación sólo tiene sentido en humanos y animales. No es aplicable a plantas ni objetos. En el caso de objetos que estuviesen a una temperatura mayor que el aire, el efecto del viento sería el de acelerar el equilibrio térmico objeto-aire. Por tanto, el WCT (mal) aplicado a objetos nos da información sobre la velocidad con la que se alcanza ese equilibrio.

3. El cuerpo humano sólo mostrará síntomas de congelación si la temperatura real es menor o igual a 0°C . Aunque la sensación térmica sea negativa ningún tejido se congelará si la temperatura real es positiva. Es algo obvio porque el equilibrio térmico del cuerpo humano se alcanza con la temperatura real del aire y no con la sensación que provoca. Por esta

misma razón no tiene sentido aplicar el índice a los cultivos porque el efecto de una noche con fuerte viento y temperatura positiva cercana a los 0°C no se asemeja al que provoca una helada con viento en calma.

4. No obstante, sí es posible sufrir hipotermia aunque la temperatura sea positiva ya que ésta tiene más que ver con la pérdida de calor corporal que con la temperatura en sí (obviamente temperaturas bajas acelerarán la aparición de hipotermia pero no son el único factor).



Figura 4: dos sujetos son sometidos a pruebas por el JAG/TI durante el verano de 2001 en el Defence and Civil Institute of Environmental Medicine de Toronto, Canadá. Fuente: NOAA.

El National Weather Service de EE.UU. y otros servicios meteorológicos nacionales – entre los que se encuentra AEMET – ofrecen el valor previsto de *windchill* junto con el de la temperatura ordinaria, humedad relativa y viento. Por su parte, Australia utiliza el AT, Apparent Temperature, que puede aplicarse tanto para calcular el *windchill* como para el heat index. Se basa en el modelo de Robert Steadman[5], el cual modela el cuerpo humano entero y no sólo la cara. Además, tiene en cuenta la cobertura y el tipo de ropa, la humedad relativa y la radiación solar.

$$\text{AT} = T + 0.33e - 0.7v - 4 \text{ (no incluye radiación)}$$

$$\text{AT} = T + 0.348e - 0.7v + 0.7Q/(v+10) - 4.25 \text{ (incluye radiación)}$$

Siendo T la temperatura del termómetro seco ($^{\circ}\text{C}$), e la presión de vapor (hPa), Q la radiación neta absorbida por el cuerpo (W/m^2) y U la humedad relativa (%).

El *windchill* tiene sus defensores y detractores. En las XXXIV Jornadas Científicas de la AME en Teruel se abrió un interesante debate acerca de la utilidad de este índice y de cómo debería divulgarse. Entrando en opiniones y valoraciones personales, creo que ofrecer la sensación térmica al gran público tiene sus ventajas e inconvenientes. Las ventajas son claras porque ofrecemos información adicional que puede ser útil al usuario. Está claro que todos hemos experimentado la diferencia cualitativa en la sensación de frío o calor según estemos en zonas costeras, de interior, ventosas o con predominio de calmas pero el principal inconveniente estriba en cómo cuantificamos esa diferencia. Expongo varios de esos problemas a continuación.

TABLE 2. The new Wind Chill Temperature (WCT) chart, with air temperature in $^{\circ}\text{C}$ and wind speed in km h^{-1} . Here, $\text{WCT} (^{\circ}\text{C}) = 13.12 + 0.6215T - 11.37V^{0.16} + 0.3965TV^{0.16}$. Shading indicates temperatures at which frostbite can occur.

		Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)												
		10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Wind Speed (km h^{-1})	Calm	9	3	-3	9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
	10	8	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
	15	7	1	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56	-62	-68
	20	7	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57	-64	-70
	25	7	0	-7	-13	-19	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
	30	6	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
	35	6	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
	40	6	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
	45	6	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-76
	50	5	-2	-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
	55	5	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	-64	-71	-78
60	5	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-59	-66	-73	-80	
70	4	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	
80	4	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	

Figura 3: tabla de WCT para determinados valores de temperatura y velocidad. El fondo azul indica valores de temperatura en los cuales existe riesgo de congelación. Fuente: Osczevski y Bluestein.

1. Radiación: es uno de los principales factores a tener en cuenta y, sin embargo, la mayoría de los índices no lo reflejan. Es verdad que si no aparece no es por capricho sino por la enorme complejidad que conlleva. Nos haría falta un modelo que incluya la cantidad de nubes, su tipo y su espesor así como el ángulo de elevación solar, el índice UVI, cantidad de aerosoles, etc. También tendría que tener en cuenta las zonas de sol y sombra que atravesamos mientras paseamos o el impacto diferente que la radiación provoca en el tipo y color de la ropa. Esto plantea muchas dificultades y es por ello que los modelos ignoran este efecto buscando una simplificación que de no llevarse a cabo haría imposible el cálculo. Sin embargo, en aras de poder obtener un modelo y un método de cálculo sacrificamos un factor que resulta clave, tanto que la NOAA estima que la radiación eleva la sensación térmica entre 6 y 10°C^[6].

2. Método de cálculo: aun obviando la contribución radiativa hay una diferencia sustancial entre los valores finales que dan diferentes índices. En la figura 5 se observa que incluso a velocidades de viento de 10 mph la diferencia entre algunos índices llega hasta los 8°C^[4].

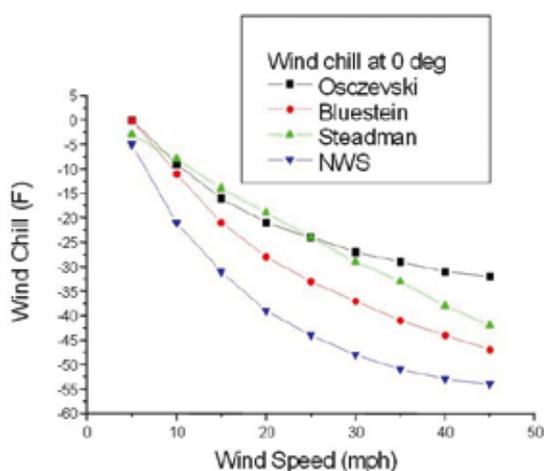


Figura 5: diferencia entre los valores de windchill en función de la velocidad del viento para una temperatura de 0°F en cuatro modelos diferentes. Fuente: JAG/TI.

3. Variables somáticas: actúan en el cuerpo humano para alterar las condiciones básicas de confort. Siple y Passel^[1] reflejan algunas: aceleración o desaceleración del metabolismo, cantidad de circulación sanguínea en la zona de la piel afectada, evaporación, almacenamiento de calor en los tejidos, cantidad de circulación sanguínea en la zona de la piel afectada, alimentación, salud, etc. Por ejemplo, si aumenta el tiempo de exposición el enfriamiento de la piel reducirá la pérdida de calor al exterior pero el aumento de circulación contrarrestará el efecto. No obstante, el transporte de calor por la sangre no es igual de eficiente en las extremidades que en otras zonas del cuerpo lo que complica el problema. Parametrizar todo esto no es fácil y es por ello por lo que surgen diferentes índices que reflejan mejor unas situaciones que otras.

4. Bijección: a mi juicio, uno de los errores más comunes e inadvertidos es el de considerar el cuerpo humano como

un sistema único, es decir, “meter a todas las personas en el mismo saco” cuando es evidente que un episodio frío o cálido afecta de forma diferente a la población según sea su edad, género, corpulencia, forma física, raza, etc. Incluso habría que incluir la adaptación al clima local y el factor psicológico. Por ejemplo, en el cálculo del WCT modificado se tomó una muestra que solamente es representativa para un intervalo de edad. No es lógico que para comparar temperaturas de diferentes observatorios se tenga en cuenta la ubicación, el tipo de sensor, metodología, situación meteorológica, representatividad de la zona, etc. y, sin embargo, cuando se calcula la sensación térmica no se tenga en cuenta que un valor fijo de viento y temperatura puede afectar de manera diferente a la población. Es decir, a mi juicio no existe una correspondencia biunívoca entre (T,v) y WCT.

Por tanto, aun mostrándome a favor de la utilización del *windchill*, mantengo mis dudas en cuanto a si el valor que se da a la población es representativo o no para la mayor parte pues, según acabamos de exponer, el intervalo de error asociado a ese valor puede llegar a ser muy alto. ¿Qué podría hacerse desde los distintos servicios meteorológicos y medios de comunicación? Aparte de educar a la población en su uso y sus limitaciones, se me ocurren a priori dos soluciones. La primera es dar dos valores de *windchill*, uno para cielo despejado y otro para cielo cubierto. A su vez podrían dividirse en otros dos casos: uno para población en riesgo y otro para el resto y, si fuera necesario se subdividiría en más casos. Esta solución es poco aconsejable en cuanto no ofrece valor añadido e introduce confusión y complejidad. Quizás lo más recomendable sea acompañar un pequeño intervalo de error al valor de *windchill* ofrecido si éste se aleja mucho del valor de temperatura real de manera que así podríamos mejorar la representatividad tanto de población como de situación meteorológica.

Referencias

- [1] Siple, A., Passel, C., *Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Subfreezing Temperatures*, American Philosophical Society, Vol. 98, No. 1, pp. 177-199, 1945.
- [2] Eagan, C., *Effect of Air Movement on Atmospheric Cooling Power, Review of Research on Military Problems in Cold Regions*, pp. 147-156, 1964.
<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/457733.pdf>
- [3] Osczevski, R., Bluestein, M., *The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart*, Amer. Met. Soc, Vol. 86, pp. 1453-1458, 2005.
<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-86-10-1453>
- [4] *Report on Wind Chill Temperature and Extreme Heat Indices: Evaluation and Improvement Projects*, FCM-R19-2003.
http://www.ofcm.gov/jagti/r19-ti-plan/pdf/entire_r19_ti.pdf
- [5] Steadman, R., *Norm of Apparent Temperature in Australia*, Aust. Met. Mag., Vol. 43, pp. 1-16, 1994.
<http://www.bom.gov.au/jshess/docs/1994/steadman.pdf>
- [6] <http://www.nws.noaa.gov/om/winter/faqs.shtml>