



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Modelo simplificado para el cálculo de grados-día con escala de tiempo variable

Simplified model for the calculation of degrees-day with variable time scale

Ovidio Rodríguez Santos , Oscar Cruz Fonticiella , Alfredo Leyva Céspedes 

Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní km 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 27/01/2020
Aceptado: 19/03/2021

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Ovidio Rodríguez Santos
ovidio@uclv.edu.cu



RESUMEN

En este trabajo, los autores proponen un modelo simplificado para el cálculo de grados-día para diferentes escalas de tiempo y temperatura base variable. Se resume en seis expresiones que dan como resultado un modelo simple, compacto y fácil de programar en cualquier hoja de cálculo. Su principal ventaja radica en el cálculo integrado de grados-día para escalas de tiempo: diario, mensual y anual, lo que lo hace atractivo para su aplicación en sectores estratégicos de la economía como el electro-energético, de la construcción y el de la agricultura. Es aplicable a regiones para las que previamente se han fijado los valores de los coeficientes de regresión, necesarios para la determinación de la temperatura equivalente, (parámetro definido por los autores, válido para una determinada región geográfica). Estos coeficientes han sido determinados para las áreas aledañas a la estación meteorológica Yabú, perteneciente a la provincia de Villa Clara, para el territorio que abarca dicha provincia y para todo el territorio del archipiélago cubano. Se presentan dos versiones del modelo, una versión base y una extendida; la primera utiliza como variables de entrada la temperatura media, la temperatura media mínima y la temperatura media máxima, según la escala de tiempo a considerar, la segunda permite su aplicación introduciendo la temperatura media como única variable de entrada. La diferencia de precisión entre estas versiones no es significativa, por lo que ambas son recomendables.

Palabras clave: agricultura, gestión energética, integral térmica, tiempo térmico, unidades de calor

ABSTRACT

In this paper, the authors propose a simplified model for the calculation of degree days for different time scales and variable base temperature. It is summarized in six expressions that result in a simple, compact and easy to program model in any spreadsheet. Its main advantage lies in the integrated calculation of degree days for daily, monthly and annual time scales, which makes it attractive for its application in strategic sectors of the economy such as the electro-energy, construction and agriculture sectors. It is applicable to regions for which the values of the regression coefficients necessary for the determination of the equivalent temperature (parameter defined by the authors, valid for a given geographical region) have been previously fixed. These coefficients have been determined for the areas surrounding the Yabú meteorological station, belonging to the province of Villa Clara, for the territory covered by this province and for the whole territory of the Cuban archipelago. Two versions of the model are presented, a base version and an extended one; the first one uses as input variables the mean temperature, the mean minimum temperature and the mean maximum temperature, according to the time scale to be considered, the second one allows its application by introducing the mean temperature as the only input variable. The difference in accuracy between these versions is not significant, so both are recommended.

Keywords: agriculture, energy management, thermal integral, thermal time, heat units

INTRODUCCIÓN

Los Grados-día constituyen un indicador climatológico muy utilizado en diversas aplicaciones de sectores estratégicos de la economía, tales como: el electro-energético, el de la construcción, el agrícola, etc., (Peña Suárez y Del Campo, 2019). Tienen su origen en trabajos relacionados al crecimiento de los cultivos, temática en la que se les reconoce también por las acepciones: grados-día de desarrollo o crecimiento, integral térmica, tiempo térmico, unidades de calor, etc., (Hamid *et al.*, 2019).

Mediante su aplicación, se posibilita evaluar las respuestas provocadas en el rendimiento agrícola, producto de las variaciones de las temperaturas durante el ciclo de un cultivo (Martín y Jerez, 2017). Bajo la denominación de integral térmica, se utilizan en la determinación de índices bioclimáticos (Aranguren *et al.*, 2015) y bajo la denominación de tiempo térmico, para el mejoramiento del rendimiento de los cultivos (Ferrer *et al.*, 2016). Encuentran también aplicación, en trabajos relacionados con el mejoramiento del rendimiento del riego y el control de plagas (Chaves y Gutiérrez, 2017).

En el sector electro-energético, por ejemplo, los grados-día se aplican para establecer y

normalizar las líneas de base energética e índices de desempeño, aspectos estos asociados a la implementación de la norma cubana NC ISO 50001. Basado en dicha norma (Plasencia *et al.*, 2016), presenta un proyecto de implementación de Sistemas de Gestión Energética (SGE) en empresas cubanas de todo tipo. Para hoteles tropicales, se proponen nuevos índices de consumo energético (Molina *et al.*, 2017) y se valida un indicador de desempeño energético para un hotel de Varadero (Pazo *et al.*, 2018).

La selección de los modelos de cálculo de los grados-día se fundamenta, principalmente, en la escala de tiempo a considerar, la temperatura base y la exactitud de los resultados a obtener. La bibliografía especializada, reporta métodos y modelos que posibilitan su determinación, solamente, para una escala de tiempo única, ya sea: diaria, mensual o anual; sin embargo, dada la diversidad de aplicaciones que se les atribuyen, se hace necesario contar con modelos que integren el cálculo para una escala de tiempo variable.

A escala de tiempo diaria, uno de los métodos más utilizados es el llamado modelo de la temperatura media diaria, con el cual, los grados-día se determinan como la diferencia entre la temperatura media diaria y una

temperatura base o de referencia, los grados-día acumulados por encima de dicha temperatura, se reconocen como Grados-día de Enfriamiento (*GDE*) y los acumulados por debajo, como Grados-día de Calentamiento (*GDC*) (CIBSE, 2006).

En el sector agrícola, por ejemplo, se utilizan para evaluar el comportamiento del tiempo térmico y su relación con los rendimientos en plantaciones de caña de azúcar (Ferrer *et al.*, 2016) y para determinar los grados-día de crecimiento promedio para periodos mensuales, estacionales y anuales (Paparrizos y Matzarakis, 2017).

A escala de tiempo mensual, alcanzan gran aplicabilidad los modelos propuestos por (Hitchin, 1983) para el Reino Unido y (Schoenau y Kehrig, 1990) con un alcance más universal.

A escala de tiempo anual, se reportan modelos como el propuesto por (Mourshed, 2012), aplicable para dos temperaturas base específicas y por (Indraganti y Boussaa, 2017), aplicable solamente a determinadas regiones de Arabia Saudita. Ambos modelos, por su complejidad y las variables de entrada que requieren resultan poco prácticos.

En este artículo, se propone un modelo simplificado de cálculo de grados-día en dos versiones (base y extendida) que, de manera compacta y sencilla, integra el cálculo para diferentes escalas de tiempo y temperaturas base. El modelo se sintetiza en cinco de las expresiones reportadas en un artículo previo, publicado por los propios autores de este trabajo (Rodríguez *et al.*, 2018), en el cual, se presenta un modelo para el cálculo de los grados-día para una localidad geográfica específica y para la escala mensual, como única escala de tiempo a considerar.

El modelo que se propone, no solo resulta simplificado en sus dos versiones, sino también, perfeccionado, en cuanto posibilita extender el cálculo de los grados-día a las escalas de tiempo diaria y anual y determinar los grados-día para regiones geográficas más extensas, como la abarcada por todo el territorio nacional cubano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Modelo simplificado para el cálculo de los grados-día en sus dos versiones, base y extendida

El modelo simplificado propuesto en este trabajo, en sus dos versiones, base y extendida, hace referencia a las ecuaciones para al cálculo directo de los grados-día de enfriamiento y posibilita determinar los grados-día de calentamiento de manera indirecta (Rodríguez *et al.*, 2018).

Modelo simplificado en versión base

En la versión base, se establecieron como variables de entrada tres parámetros: la temperatura media t_m , la temperatura extrema máxima t_{max} y la temperatura extrema mínima t_{min} según el período de tiempo a considerar.

Se asumieron dos posibles intervalos de variación de la temperatura base t_b ; un primer intervalo para ($t_b < t_{min}$) y un segundo intervalo para ($t_{min} \leq t_b \leq t_{max}$).

Para cualquiera de los intervalos los *GDE* se calculan por la siguiente expresión:

$$GDE = N(\theta_{mee} - t_b) \quad (1)$$

Donde: N es el número de unidades de tiempo para el período que se tome (número de días) para las diferentes escalas y θ_{mee} se conoce como temperatura media equivalente de enfriamiento y debe ser determinada para cada intervalo.

Para el primer intervalo su valor se toma constante e igual a t_m .

Para el segundo intervalo, el término θ_{mee} se debe calcular mediante la siguiente expresión:

$$\theta_{mee} = (t_{me} - t_{max})e^{Ze(t_{me}-t_m)} + t_{max} \quad (2)$$

Donde: t_{me} es un parámetro auxiliar; se reconoce como temperatura media equivalente, a diferencia de θ_{mee} presenta un carácter lineal y se determina según la expresión (3) para los diferentes valores de la temperatura base que se asuman:

$$t_{me} = (t_b - t_{min}) \left(\frac{t_{max} - t_m}{t_{max} - t_{min}} \right) + t_m \quad (3)$$

Para el cálculo de la constante Z_e a sustituir en (2), se determina t_{me} mediante la expresión (3) para un valor de t_b igual a t_m y sustituye en la siguiente expresión:

$$Z_e = \frac{\ln \frac{|\theta_e - t_{max}|}{|t_{me} - t_{max}|}}{t_{me} - t_m} \quad (4)$$

Dónde: θ_e definido como temperatura equivalente de enfriamiento, (término que resulta específico para la región a considerar) se determina por la siguiente expresión:

$$\theta_e = a * t_m + b \quad (5)$$

Las constantes a y b en la expresión (5) resultan específicas para cada una de las escalas de tiempo y región a considerar.

Los grados-día de calentamiento se pueden calcular indirectamente mediante la siguiente expresión:

$$GDC = GDE - N(t_m - t_b) \quad (6)$$

Modelo simplificado en versión extendida

El modelo simplificado en su versión extendida, consideró todas las expresiones desde la (1) a la (6), no obstante, a diferencia del modelo en versión base, se tomó únicamente como parámetro de entrada el valor de la temperatura media para el período de cálculo, las temperaturas mínimas y máximas a sustituir en las correspondientes expresiones, se estiman mediante sendas ecuaciones de regresión, para las cuales, los coeficientes de regresión a y b se obtienen específicamente para la región de cálculo por las siguientes expresiones:

$$t_{min} = a * t_m + b \quad (7)$$

$$t_{max} = a * t_m + b \quad (8)$$

Las constantes a y b en las expresiones (7) y (8) son específicas para cada una de las escalas de tiempo considerar.

Exactitud del modelo simplificado. Error asociado

Para la evaluación del modelo presentado, se justifica cuantificar los errores mediante el error relativo δ (CIBSE, 2006); los GDE_{real}

representan los grados-día calculados a partir de las temperaturas medias horarias y considerados reales para establecer la comparación con los GDE , determinados mediante el modelo propuesto para las diferentes escalas.

$$\delta = \frac{GDE_{real} - GDE}{GDE_{real}} * 100\% \quad (9)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ejemplo de cálculo de grados-día mediante la versión extendida del modelo simplificado

A manera de ejemplo, mediante la versión extendida del modelo simplificado propuesto, se realizó el cálculo de los grados-día para las zonas aledañas a la estación meteorológica Yabú, perteneciente al Centro Meteorológico Provincial, Villa Clara, Cuba, localizado a los 22°26' de latitud norte (N), 79°59' de longitud oeste (W) y una altitud de 116,444 m.s.n.m., para el año 2016 y todos los días correspondientes a los meses de enero y agosto de ese propio año.

Los valores de los coeficientes a y b (Tabla 1) sustituidos en la expresión (5) para la determinación de la temperatura equivalente, se determinaron a partir de series anuales horarias para diferentes regiones del archipiélago cubano y de regiones caribeñas aledañas.

Tabla 1. Valores de los coeficientes de regresión a y b para el cálculo del parámetro θ_e

Región geográfica	Constantes	Escala de tiempo		
		Diaria	Mensual	Anual
Yabú, Santa Clara	a	1,010	1,007	
	b	1,152	1,243	
Provincia de Villa Clara	a	0,992	0,976	
	b	1,506	2,006	
Territorio nacional cubano	a	0,948	0,930	0,894
	b	2,652	2,856	4,233

Como valores de los coeficientes a y b para el ejemplo, se tomaron los correspondientes al territorio nacional cubano, comprendido entre las latitudes de 23° 17' y 19° 49' correspondientes a Cayo Cruz del Padre y Punta del Inglés, respectivamente, las longitudes oeste 74° 07' (punta de Maisí) y 84° 57' (Cabo de San Antonio) con una extensión superficial de 110 922 km².

Los valores de los coeficientes a y b a sustituir en las expresiones (7) y (8), para la determinación de las temperaturas mínimas y máximas para cada una de las escalas de tiempo, se determinaron por la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de las constantes a y b para el estimado de las temperaturas mínimas y máximas

Región geográfica	Territorio nacional cubano	Constantes	
		a	b
Diaria	$t_{\min} = a \cdot t_m + b$	1,111	-7,159
	$T_{\max} = a \cdot t_m + b$	0,995	6,240
Mensual	$t_{\min} = a \cdot t_m + b$	1,808	-27,376
	$T_{\max} = a \cdot t_m + b$	0,536	19,522
Anual	$t_{\min} = a \cdot t_m + b$	2,694	-55,787
	$T_{\max} = a \cdot t_m + b$	0,397	24,328

Los *GDE* se calcularon para un rango de temperaturas base de 20 a 25 °C y valores de las temperaturas medias diarias (t_m diaria) para todos los días del año 2016 y de los meses de enero y agosto, correspondientes a ese propio año.

En las Tablas 3, 4 y 5 que se presentan a continuación, las Tablas 3 y 4 relacionan los valores de los grados-día determinados para una escala de tiempo diaria, para cada día correspondiente a los meses de enero y agosto. La Tabla 5, presenta en la fila "sumatoria" la sumatoria de los grados-día calculados para todos los días del año, determinados a escala de tiempo diaria y los grados-día anuales, determinados a partir de la temperatura media anual (t_m anual) a escala de tiempo anual.

A manera de resumen, en las Tablas 3, 4 y 5 las filas denominadas "sumatoria" se refieren a la sumatoria de los grados-día calculados a escala de tiempo diaria; los errores relativos: δ % (sumatoria), δ % (t_m mensual) y δ % (t_m anual), están dados por la comparación de los grados-día reales (GD_{real}) con la sumatoria y con los grados-día calculados para las escalas de tiempo mensual y anual, según la escala de tiempo considerada.

Los errores relativos referidos a la escala de tiempo mensual, experimentan incrementos significativos, en la medida en que la diferencia de temperaturas entre la temperatura media y la

temperatura base se hace menor o negativa, sin embargo, aunque los porcentajes del error sean altos para estos casos, el valor numérico de los grados-día resulta pequeño.

CONCLUSIONES

El modelo propuesto en sus dos versiones, posibilita el cálculo de los grados-día para diferentes escalas de tiempo y temperatura base variable, para regiones donde previamente se hayan obtenidos los coeficientes a y b para el estimado de la temperatura equivalente θ_e . El valor del error relativo, para todas las escalas de tiempo, disminuye a medida que se incrementa la diferencia de temperaturas entre la temperatura media y la temperatura base. Para las escalas mensuales y anuales, para aplicaciones en las que la temperatura base, resulte mayor que la temperatura media, el cálculo de los grados-día se debe realizar a escala de tiempo diaria e integrar el resultado mediante sumatoria.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Ovidio Rodríguez Santos: Formuló y conceptualizó los objetivos generales de la investigación. Contribuyó en la aplicación de las técnicas estadísticas utilizadas para el análisis de datos y a la redacción del borrador del manuscrito. Contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado. Creó los modelos utilizados.

Oscar Cruz Fonticiella: Hizo la revisión crítica del borrador y recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo. Contribuyó en la aplicación de las técnicas estadísticas utilizadas para sintetizar los datos de estudio obtenidos. Participó en la revisión de los modelos utilizados.

Alfredo Leyva Céspedes: Responsable de la conservación de los datos y anotaciones tomadas en el transcurso de la investigación, participó en la revisión de los modelos utilizados. Contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado.

Tabla 3. Grados-día de enfriamiento calculados para el mes de enero del año 2016, en °C día

Nº de días	t_m diaria (en °C)	Temperatura base, en °C					
		20	21	22	23	24	25
1	24,1	4,2	3,4	2,7	2,0	1,5	1,0
2	23,2	3,5	2,8	2,1	1,6	1,1	0,6
3	23,2	3,5	2,8	2,2	1,6	1,1	0,6
4	20,7	2,0	1,4	1,0	0,6	0,3	0,1
5	20,7	2,0	1,4	1,0	0,6	0,3	0,1
6	21,7	2,5	1,9	1,4	0,9	0,5	0,2
7	20,6	1,9	1,4	0,9	0,5	0,3	0,1
8	22,9	3,3	2,6	2,0	1,4	0,9	0,5
9	24,1	4,2	3,4	2,7	2,0	1,5	1,0
10	23,4	3,7	2,9	2,3	1,7	1,2	0,7
11	22,7	3,1	2,5	1,9	1,3	0,8	0,5
12	22,7	3,1	2,5	1,9	1,3	0,8	0,5
13	21,6	2,5	1,9	1,3	0,9	0,5	0,2
14	20,4	1,8	1,3	0,9	0,5	0,2	0,1
15	24,0	4,1	3,3	2,6	2,0	1,4	0,9
16	23,9	4,0	3,3	2,6	1,9	1,4	0,9
17	22,7	3,2	2,5	1,9	1,3	0,9	0,5
18	18,8	1,1	0,7	0,4	0,2	0,0	0,0
19	18,0	0,8	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0
20	19,0	1,2	0,8	0,4	0,2	0,0	0,0
21	19,6	1,4	1,0	0,6	0,3	0,1	0,0
22	21,3	2,3	1,7	1,2	0,8	0,4	0,2
23	19,5	1,4	0,9	0,6	0,3	0,1	0,0
24	16,9	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
25	16,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
26	21,0	2,1	1,6	1,1	0,7	0,3	0,1
27	24,2	4,2	3,5	2,7	2,1	1,5	1,0
28	24,4	4,4	3,6	2,9	2,2	1,6	1,1
29	20,6	1,9	1,4	0,9	0,6	0,3	0,1
30	18,4	0,9	0,6	0,3	0,1	0,0	0,0
31	21,6	2,5	1,9	1,3	0,9	0,5	0,2
Sumatoria		77,6	59,8	44,1	30,6	19,5	11,2
t_m mensual (26,60 °C)		70,4	49,8	31,3	15,10	1,5	0
GDE _{real}		66,2	47,0	33,1	23,7	16,8	11,1
δ % (sumatoria)		-17	-27	-32	-27	-15	1
δ % (t_m mensual)		-6	-6	5	36	91	100

Tabla 4. Grados-día de enfriamiento calculados para el mes de agosto del año 2016, en °C día

Nº de días	t_m diaria (en °C)	Temperatura base, en °C					
		20	21	22	23	24	25
1	27,39	7,39	6,39	5,39	4,39	3,52	2,76
2	26,31	6,31	5,31	4,31	3,49	2,75	2,06
3	26,70	6,70	5,70	4,70	3,79	3,02	2,30
4	27,24	7,24	6,24	5,24	4,24	3,41	2,66
5	26,34	6,34	5,34	4,34	3,51	2,76	2,08
6	25,83	5,83	4,83	3,91	3,14	2,43	1,78
7	26,95	6,95	5,95	4,95	3,99	3,20	2,47
8	26,80	6,80	5,80	4,80	3,87	3,09	2,37
9	26,93	6,93	5,93	4,93	3,97	3,18	2,45
10	28,24	8,24	7,24	6,24	5,24	4,24	3,38
11	27,00	7,00	6,00	5,00	4,03	3,23	2,50
12	26,70	6,70	5,70	4,70	3,79	3,02	2,30
13	25,26	5,26	4,28	3,49	2,75	2,08	1,48
14	25,91	5,91	4,91	3,98	3,20	2,48	1,83
15	26,84	6,84	5,84	4,84	3,90	3,11	2,39
16	26,63	6,63	5,63	4,63	3,73	2,96	2,26
17	25,73	5,73	4,73	4,83	3,07	2,36	1,73
18	26,86	6,86	5,86	4,86	3,92	3,13	2,41
19	27,35	7,35	6,35	5,35	4,35	3,49	2,74
20	27,53	7,53	6,53	5,53	4,53	3,63	2,86
21	27,71	7,71	6,71	5,71	4,71	3,78	2,99
22	27,69	7,69	6,69	5,69	4,69	3,76	2,97
23	27,68	7,68	6,68	5,68	4,68	3,75	2,96
24	27,28	7,28	6,28	5,28	4,28	3,44	2,68
25	27,70	7,70	6,70	5,70	4,70	3,77	2,98
26	28,13	8,13	7,13	6,13	5,13	4,13	3,30
27	24,71	4,71	3,85	3,09	2,40	1,77	1,22
28	24,05	4,13	3,36	2,65	2,00	1,43	0,93
29	24,24	4,28	3,50	2,77	2,11	1,52	1,01
30	24,31	4,34	3,55	2,82	2,16	1,56	1,08
31	26,78	6,78	5,78	4,78	3,85	3,07	2,35
Sumatoria		205	175	145	118	93	71
t_m mensual (21,36 °C)		205	174	144	116	89	65
GDE _{real}		205	174	143	113	88	68
δ % (sumatoria)		0,01	-0,45	-1,62	-4,08	-5,76	-4,76
δ % (t_m mensual)		0,00	0,00	-0,70	-2,65	-1,14	4,41

Tabla 5. Grados-día de enfriamiento calculados para el año 2016 a escala de tiempo anual, en °C día

	Temperatura base, en °C					
	20	21	22	23	24	25
Sumatoria	1713	1415	1138	888	668	480
t_m anual (24,31 °C)	1695	1411	1145	897	670	465
GDE _{real}	1682	1377	1097	852	649	488
δ % (sumatoria)	-1,8	-2,8	-3,7	-4,2	-2,9	1,6
δ % (t_m anual)	-0,8	-2,5	-4,4	-5,3	-3,2	4,7

BIBLIOGRAFÍA

- ARANGUREN GONZÁLEZ, M., PÉREZ RODRÍGUEZ, J. y PÉREZ ACEBEDO, Y. 2015. Determinación de los índices bioclimáticos y tipo de clima para la vid en las condiciones de Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. *Centro Agrícola*, 42 (4): 75-83.
- CIBSE. 2006. TM41: Degree-days: theory and application (2006). CIBSE, London, UK., p 98, ISBN-13: 978-1-903287-76-7.
- CHAVES BARRANTES, N.F. y GUTIÉRREZ SOTO, M.V. 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28 (1): 255-271. Disponible en: DOI: [10.15517/am.v28i1.21904](https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904).
- FERRER REYES, M., ROQUE RODÉS, R., LAMELAS FELIPE, C., *et al.* 2016. Relación entre el tiempo térmico acumulado durante el gran periodo de crecimiento con los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar. *Centro Agrícola*, 43 (4): 73-78.
- HAMID, A., ALI AKBAR, M., JAFAR ULLAH, M., *et al.* 2019. Spatiotemporal Variations in Temperature Accumulation, Phenological Development and Grain Yield of Maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Science*, 12 (1): 46-57, DOI: [10.5539/jas.v12n1p46](https://doi.org/10.5539/jas.v12n1p46).
- HITCHIN, E. 1983. Estimating monthly degree-days. *Building Services Engineering Research and Technology*, 4 (4): 159-162, DOI: [10.1177/014362448300400404](https://doi.org/10.1177/014362448300400404).
- INDRAGANTI, M. and BOUSSAA, D. 2017. A method to estimate the heating and cooling degree-days for different climatic zones of Saudi Arabia. *Building Services Engineering Research and Technology*, 38 (3): 327-350, DOI: [10.1177/0143624416681383](https://doi.org/10.1177/0143624416681383).
- MARTÍN MARTÍN, R. y JEREZ MOMPIE, E. 2017. Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad romano. *Cultivos Tropicales*, 38 (1): 5-80.
- MOLINA GONZÁLEZ, A., VELARDE BEDREGAL, H.R., BORROTO NORDELO, A.E., *et al.* 2017. Nuevos índices de consumo energético para hoteles tropicales. *Ingeniería Energética*, 38 (3): 198-207.
- MOURSHED, M. 2012. Relationship between annual mean temperature and degree-days. *Energy and buildings*, 54: 418-425, DOI: [10.1016/j.enbuild.2012.07.024](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.024).
- PAPARRIZOS, S. and MATZARAKIS, A. 2017. Present and future responses of growing degree days for Crete Island in Greece. *Advances in Science and Research*, 14: 1-5, DOI: [10.5194/asr-14-1-2017](https://doi.org/10.5194/asr-14-1-2017).
- PAZO HERNÁNDEZ, L., GARCÍA MORALES, O.F. y DOGARGANES ESCALADA, O. 2018. Propuesta y validación de indicador de desempeño energético en un hotel de Varadero. *Retos turísticos*, 17 (2).

PEÑA SUÁREZ, J.N. and DEL CAMPO DÍAZ, V.J. 2019. Degree-days in a Caribbean and tropical country: the Dominican Republic's case. *International Journal of Ambient Energy*, 1-6, DOI: [10.1080/01430750.2019.1566175](https://doi.org/10.1080/01430750.2019.1566175).

PLASENCIA ÁLVAREZ-GUERRA, M., CABELLO ERAS, J., SANTOS SOUSA, V., *et al.* 2016. Innovación tecnológica en el sector turístico. Proyecto de implementación de Sistemas de Gestión Energética basados en la NC ISO 50001. Congreso Universidad, 5 (5). Disponible en: <http://www.congresouniversidad.cu/revista/>

index.php/congresouniversidad/index.

RODRÍGUEZ SANTOS, O., CRUZ FONTICIELLA, O. y LEYVA CÉSPEDES, A. 2018. Modelo de cálculo de grados-día mensuales de enfriamiento y calentamiento con temperatura base variable, para aplicaciones energéticas. *Centro Azúcar*, 45(1): 94-100.

SCHOENAU, G.J. and KEHRIG, R.A. 1990. Method for calculating degree-days to any base temperature. *Energy and Buildings*, 14(4): 299-302.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.