

68

Fecha de presentación: diciembre, 2021

Fecha de aceptación: enero, 2022

Fecha de publicación: marzo, 2022

DESHIDRATACIÓN DEL CEDRÓN

CON UN SECADOR SOLAR, REGULANDO LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE AL INTERIOR DEL COLECTOR

DEHYDRATION OF THE LEMON VERBENA WITH A SOLAR DRYER, REGULATING THE TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY OF THE AIR INSIDE THE COLLECTOR

Javier Herrera Morales¹

E-mail: javier.herrera@unh.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4818-5326>

¹ Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Herrera Morales, J. (2022). Deshidratación del cedrón con un secador solar, regulando la temperatura y humedad relativa del aire al interior del colector. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 579-587.

RESUMEN

El secado de las hierbas aromáticas o medicinales se realizan exponiéndolos al sol o al flujo del aire caliente, y para calentar el flujo del aire se realiza por: el intercambio de calor al quemar combustible, al calentar resistencia eléctrica o al calentar colectores metálicos a la radiación solar; se cumplió con los objetivos de la investigación: la regulación de la temperatura a 40°C, la regulación de la humedad relativa a 11% en el interior del colector solar y se consiguió una masa seca del cedrón menor al 30% de su peso original en un tiempo de cuatro horas con 40 minutos, con el secador solar plano con control PID de la temperatura y humedad relativa en el interior del secador; el circuito electrónico de medición de la temperatura y humedad relativa permitió la recolección de datos en tiempo real en un indicador de cristal líquido LCD, pasando la información a un registro de la hoja de cálculo, con los datos y el software SPSS se validaron las hipótesis de la investigación.

Palabras clave: Secador solar, deshidratación del Cedrón, control de temperatura, humedad relativa.

ABSTRACT

The drying of aromatic or medicinal herbs is carried out by exposing them to the sun or to the flow of hot air, and to heat the flow of air it is carried out by: heat exchange when burning fuel, heating electrical resistance or heating metal collectors to the solar radiation; The objectives of the research were met: temperature regulation at 40°C, relative humidity regulation at 11% inside the solar collector and a dry mass of lemon verbena less than 30% of its original weight was achieved. in a time of four hours and 40 minutes, with the flat solar dryer with PID control of the temperature and relative humidity inside the dryer; the electronic circuit for measuring the temperature and relative humidity allowed the collection of data in real time on an LCD liquid crystal indicator, passing the information to a spreadsheet record, with the data and the SPSS software the hypotheses were validated of the investigation.

Keywords: Solar dryer, Cedrón dehydration, temperature control, relative humidity.

INTRODUCCIÓN

En la vegetación que crece en el planeta, se encuentran una diversidad de hierbas y plantas de las cuales se distinguen las aromáticas las que se usan en la condimentación de los alimentos y las medicinales las que son usadas para algunas apaciguar algunas dolencias comunes, su cultivo se realiza de forma familiar para su consumo y otras crecen en el campo de forma natural (Banchero, et al., 2007); su consumo y comercialización de las hierbas en su mayoría es en forma deshidratada para los tés en infusión, por ser una forma tradicional de prolongar el tiempo de conservación, su consumo en forma fresca es muy poco y solo en temporadas de producción, para una buena calidad del producto se debe considerar algunas características importantes como el color, sabor y aroma, por lo que se deben considerar actividades previas a la cosecha y la forma de su deshidratación y almacenamiento (Almada M, Cáceres M, Machaín Singer M, Claude Pulfer J y Rodas A. 2005) .

El avance tecnológico en estos últimos tiempos es acelerado y en especial la importancia que tiene la utilización de las tecnologías limpias para el aprovechamiento de estas energías en especial la del Sol, además de la utilización de estas tecnologías limpias se está proliferando en todo el mundo porque se cuenta con una política de no contaminar el medio ambiente, en el Perú se están aprovechando la energía del sol, con la utilización de secadores solares en especial el de tipo plano para secar plantas medicinales en Huarochirí, para secar ají panca en toda la costa del norte del Perú, mango y otras frutas en la selva del Perú, desde los inicios de la civilización del hombre, las culturas en todos los continentes del mundo, la cultura china ha deshidratado las hierbas aromáticas como el té, y otras hierbas aromáticas, la cultura pre inca e inca ha deshidratado la hoja de coca para su consumo y podemos mencionar de otras culturas que han deshidratado las hierbas aromáticas y las hierbas medicinales para su preservación en el tiempo y uso posterior, en la actualidad la deshidratación de las hierbas medicinales y medicinales se hace a nivel familiar y en el nivel semi industrial de las familias campesinas de todo el Perú a fin de tener ingresos económicos en la venta de estos productos (Almonacid Paytan & Ramírez Rivera, 2016), la utilización de sistemas de secado solar controlado electrónicamente las variables temperatura y humedad relativa del aire en su interior, permite el secado en menos tiempo que la tradicional y con el aprovechamiento de la energía del sol se reduce económicamente el proceso de secado de la masa del cedrón en forma hermética y libre del polvo, pelusa o insectos que puedan posarse sobre la

hierba , a la utilización de otras energías convencionales (Clodoaldo Sivipauca, et al., 2008).

La investigación está enmarcado en la ingeniería electrónica, donde se logró conocer más información de los microcontroladores avanzados que incluyen e integran periféricos que permiten conectar sensores y actuadores en forma directa, en especial poner en práctica el arduino como una microcomputadora en el uso específico de la teoría de control proporcional integral derivativo de la humedad relativa al interior de un secador plano solar, tomando en cuenta algunos antecedentes (Valdéz Marín, 2008; Sánchez, 2009); del mismo modo permitió la investigación de los sensores lineales de temperatura y humedad relativa avanzados que se integran directamente con los microcontroladores.

En el desarrollo de la investigación se logró conocer los microcontroladores avanzados que incluyen e integran periféricos que permiten conectar sensores y actuadores en forma directa y entre ellos tenemos a los Arduinos, basado en el microcontrolador ATMEL en especial el Nanoarduino, del mismo modo nos permitió la investigación sobre los sensores lineales de temperatura y humedad relativa avanzados que trabajan directamente con los microcontroladores y se escogió el más adecuado ya sea discreta o integrada tales como el DHT22 que puede utilizarse por su eficiencia y buena resolución para el censado de la humedad relativa del interior del secador solar, y el DS18B20 para el censado de la temperatura en el interior; se utilizaron seis ventiladores (culer) de las computadoras, tres para el flujo del aire de control de la humedad relativa el mismo que se ubicó en la parte superior y los tres restantes se colocaron en la entrada, en la parte inferior para el control de la temperatura, el objetivo de la investigación fue encontrar la temperatura y humedad relativa en forma proporcional, integral y derivativo de la temperatura y humedad relativa al interior del secador solar plano; se logró la regulación de la temperatura a 40°C, la regulación de la humedad relativa del 11% , la reducción de la masa húmeda del cedrón mayo al 70 % del peso inicial y un tiempo promedio de secado de 4 horas con 40 minutos.

Se logró construir el secador solar plano de 1.0m de ancho, 1.45m de largo y 0.15 m de alto, de madera y el colector de latón de 0.9mx 1.45m de 2mm de espesor y una cubierta de vidrio simple.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado en la investigación es el científico, con una metodología experimental (Inductivo) basado en la observación de la humedad relativa al interior del secador

solar que es controlada por la inyección de aire del exterior al interior del secador, regulando su flujo por el arduino (control PID) a fin de mantener la humedad relativa en 11% al interior del colector solar; la observación de la humedad relativa se realizó con un sensor digital lineal, esta información es comparado con un valor de humedad relativa ideal almacenado en el arduino, manteniéndolo en lo ideal (Ogata, 2010).

La temperatura máxima en un día soleado en la ciudad de Pampas es de 20.7°C, este valor de temperatura se eleva en el interior del secador solar plano a 56°C, la radiación solar calienta el latón subiendo su temperatura casi 4 veces la temperatura ambiente, este calor del latón es transferido al aire por conducción y el aire caliente sube hacia la cámara secadora por convección, transfiriendo esta energía hacia la masa húmeda del cedrón, secándolo en él; el control de temperatura a 40 °C permite que el secado sea homogéneo en toda la masa (Roa & Ortega, 2011).

En el periodo de la experiencia la humedad relativa en la ciudad de Pampas fue de 79.82% en promedio, el sistema de secado requiere disminuir la humedad relativa muy baja en el interior del secador solar, esto se logra con el ingreso del aire del exterior y calentándola por encima de los 40 °C, el sistema logró disminuir a una humedad relativa al 11%, esta humedad permitió reducir el tiempo de sacado de la masa de la materia húmeda del cedrón en un promedio de 4 horas con 40 minutos, comparando con el tiempo de secado tradicional que es de 2 días en el mejor de los casos horas .

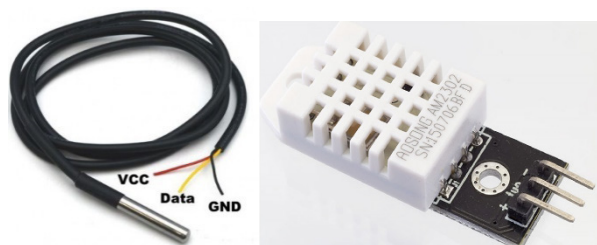


Figura 1. Sensores de temperatura DS18B20 y humedad relativa DTH.

Se ha implementado el secador solar plano en donde los sensores se han colocado al interior del colector, siendo TE el sensor de temperatura, HR es el sensor de la humedad relativa (figura 1), los datos son transferidos al controlador de temperatura y humedad relativa (HTIC) los que se registran en el indicador de cristal líquido, a la vez es comparado con la temperatura y humedad relativa de regulación 40°C y 11% respectivamente, el controlador proporcional integral derivativo realiza la regulación haciendo la apertura o cierre de flujo del aire con los

ventiladores colocados en la parte inferior y superior del colector solar.

La población objetivo a la cual fue dirigida este proyecto es la temperatura y humedad relativa en el interior del secador plano solar y se podría decir que la población es infinita si tomáramos los datos cada 10 minutos en las 5 horas diarias y durante 4 días soleados, tiempo que considero el proyecto de investigación. Podemos decir que la muestra en este caso fue de 122, los datos para una masa atmosférica de M1 (soleado).

El muestreo será aleatorio simple, por considerarse la población homogénea, se utilizó el muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple, para ello se utilizó el Excel para generar valores aleatorios del 1 al 122 que es el tamaño de la muestra.

Comando del Excel: = ALEATORIO.ENTRE(1,122), y con el comando =BUSCARV (DATO, RANGO,COLUMNA,0), encontramos el dato o la muestra aleatoria de los 54 datos aleatorios (Hernández, et al., 2010).



Figura 2. Cámara de secado del sistema secador.

Tabla 1. Datos aleatorios tomados de la humedad relativa (HR) del aire seco en el interior del colector solar.

N°	Aleatorio	HR (%)
1	97	12
2	118	10
3	61	9
4	66	10
5	54	10
6	25	11
7	67	10
8	50	10

9	70	11
10	31	11
11	27	10
12	103	9
13	32	11
14	94	13
15	35	10
16	44	10
17	73	11
18	76	13
19	95	13
20	87	14
21	114	11
22	115	10
23	80	13
24	22	10
25	37	11
26	52	9
27	69	10
28	119	10
29	10	12
30	88	13
31	82	13
32	65	10
33	113	11
34	86	14
N°	Aleatorio	HR (%)
35	116	10
36	98	12
37	7	11
38	49	10
39	5	13
40	3	11
41	63	10
42	14	12
43	59	9
44	18	11
45	74	11
46	89	13
47	78	13

48	39	11
49	8	12
50	6	11
51	29	11
52	107	9
53	45	10
54	20	10

En esta tabla 1 y figura 2 se nota la variación de la humedad relativa con respecto a la radiación en el interior del colector del secador solar.

Tabla 2. Datos aleatorios tomados de la temperatura en grados centígrados del aire seco en el interior del colector solar.

N°	Aleatorio	T°C
1	28	43.75
2	87	41.13
3	85	40.75
4	20	39.06
5	62	38.13
6	33	44
7	93	41.94
8	55	38.19
9	31	44.81
10	65	37.81
11	13	39.75
12	4	38.75
13	113	40.75
14	16	39.69
15	9	39.13
16	36	41.56
17	69	39.2
18	64	36.45
19	2	37.63
20	59	38.13
21	24	41
22	103	42.53
23	78	39.6
24	51	36.94
25	97	43.38
26	118	40.44

27	104	42.53
28	119	40.5
29	29	43.94
30	112	40.81
31	19	38.06
32	92	42.06
33	101	43.44
34	45	42.5
N°	Aleatorio	T°C
35	77	38.6
36	8	40.14
37	12	39.38
38	80	39.81
39	52	38.13
40	107	42.63
41	15	39.94
42	23	40.5
43	106	42.63
44	121	40.13
45	63	38.25
46	90	42.5
47	86	40.56
48	61	38.25
49	18	38.63
50	39	44.13
51	7	40.13
52	71	42
53	56	37.13
54	73	39.5

En esta tabla 2 se tiene la variación de la temperatura del aire seco con respecto a la radiación en el interior del colector del secador solar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ecuación analítica de la radiación de un día libre de nubosidad está dada por la siguiente ecuación 1:

(E1)

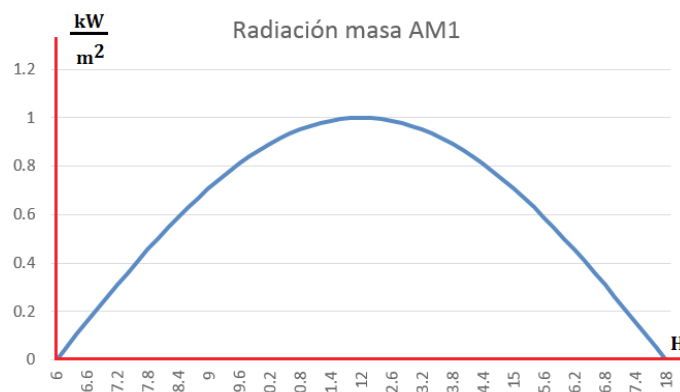


Figura 3. Radiación de masa M1.

El área bajo la curva de la ecuación de la figura 3 es la energía diaria recibida por el panel, que en este caso resulta: 7.6 kWh/m² (E2).

$$I_s = 2x \frac{12}{\pi} \int_6^{12} 1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \cos\left(\frac{\pi}{12}\right)(t - 12) dt \quad (E2)$$

Esta energía se transforma en calor en toda la superficie del latón, calentando el flujo de aire del interior del secador solar.

Siendo la ecuación de la temperatura del flujo de aire, la siguiente (E3):

$$T_{f(t)} = 0.005[T_{p(t)} + T_{cc}] \quad (E3)$$

La temperatura promedio ambiente en la ciudad de Pampas es T_{cc}=15°C

La ecuación anterior en función de la frecuencia (E4):

$$T_{f(s)} = 0.005[T_{p(s)} + \frac{T_{cc}}{s}] \quad (E4)$$

La temperatura del flujo de aire dentro del secador solar con el control PID, es la que se muestra en la figura 4.

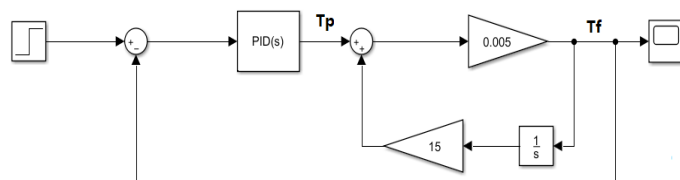


Figura 4. Sistema con control PID para la temperatura del fluido.

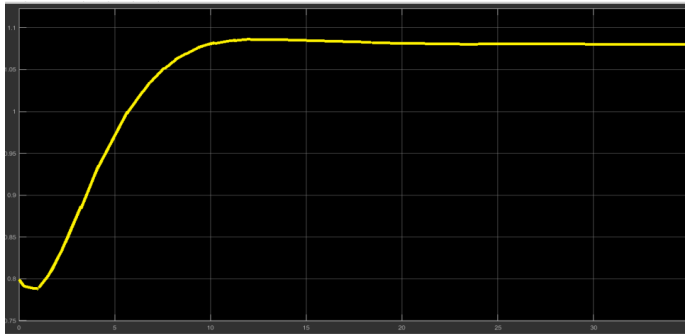


Figura 5. Respuesta al escalón unitario del sistema de control PID a la temperatura del aire.

Como se muestra en la figura 5, el sistema de control estabiliza la temperatura a los 40°C, a partir de 9:30 AM hasta 15:30PM. Se puede considerar la siguiente ecuación para la humedad relativa (E5).

$$HR = 100\%(0.5)e^{-0.01T_f} \text{ (E5)}$$

Para variaciones pequeñas de la temperatura (E6).

$$HR = 50(1 - 0.01T_f) \text{ (E6)}$$

En función de la frecuencia (E7)

Como se muestra en la figura 6 y 7 el sistema de control estabiliza la Humedad Relativa al 11%, a partir de 9:30 AM hasta 15:30PM.

Los datos de peso de las observaciones se muestran a continuación.

Tabla 3. Muestra de pesos.

Observación	Peso Inicio (gr)	Peso Final (gr)	Deshidratación (%)	Materia seca (%)
W1	200	60	70	30
W2	60	15	75	25
W3	60	10	83.3	17
W4	50	10	80	20
W5	100	20	80	20

La tabla 3 muestra cómo el secador solar controlado electrónicamente, deshidrata la materia hasta el 85% de la húmeda; la materia seca del cedrón es menor igual al 30% de la inicial. A continuación, se determina la ratio de secado del cedrón en el interior del secador solar controlado; para determinarlo se toman datos de tiempo de secado y de la masa húmeda del cedrón, hasta que la masa sea constante con el tiempo, se grafica el valor de la masa con el tiempo transcurrido, se determina la ecuación que lo gobierna y se toma la tangente de la curva.

Tabla 4. Masa húmeda con respecto al tiempo.

Hora	W	T	HR
10:30	100	58	17
11:00	60	55	15

$$HR_{(s)} = \frac{50}{s} - 0.01T_{f(s)} = 50\left(\frac{1}{s} - 0.0002T_{f(s)}\right) \text{ (E7)}$$

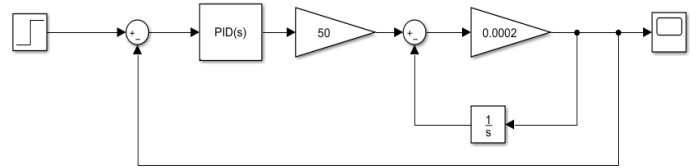


Figura 6. Sistema de control PID de la Humedad Relativa en el interior del secador dólar.

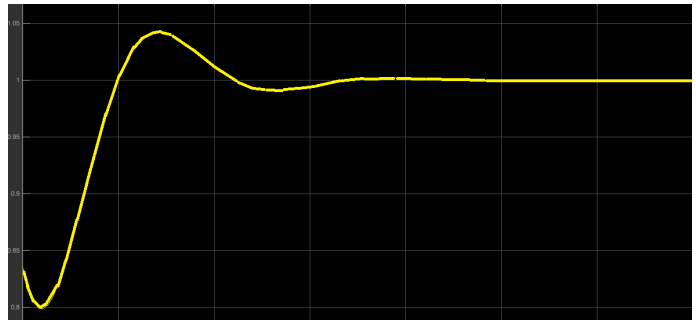


Figura 7. Respuesta al escalón unitario del sistema de control PID de la Humedad relativa.

11:38	50	55.75	15
11:48	45	52.8	15
12:18	40	51.69	15
12:33	35	51.33	15
13:03	30	54.21	17

De la tabla 4 se observa que la masa disminuye con respecto al tiempo de secado en el interior del secador solar (Figura 8).

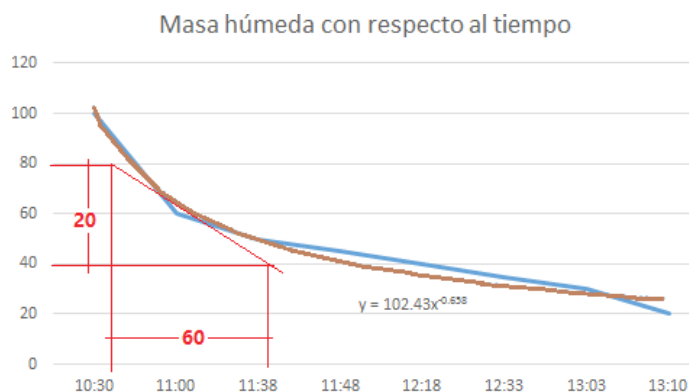


Figura 8. Masa húmeda con respecto al tiempo.

Ratio de secado será (E8):

$$\frac{dy}{dx} = 102.43 * (-0.658)X^{-1.658} = 0.33 \frac{gr}{min} \quad (E8)$$

Prueba de hipótesis de la temperatura

En seguida presentamos la hipótesis planteada: la temperatura del interior del secador solar con control PID es de 40°C.

¿El sistema de control PID de la temperatura, para secar la hierba aromática del Cedrón podrá ser regulado a 40°C?

Ho: El sistema de control PID de temperatura, controla la temperatura de secado de la hierba aromática a 40.0°C.

H1: El sistema de control PID de temperatura, no controla la temperatura de secado de la hierba aromática a 40.0°C.

Hipótesis estadística:

Ho: $\mu_0 = \mu_1$

H1: $\mu_0 \neq \mu_1$

Donde Ho es la hipótesis nula y H1 la hipótesis la alterna.

Con la prueba de "t" de medias poblacionales de los datos "μ" y tomando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, se determina el "t" de prueba "to", de la hoja de cálculo EXEL

utilizando el comando $to=INV.T.2C(0.025,53) = 2.3068$; calculando el valor de "t" de los datos tomados para la comparación, usando la siguiente ecuación (E9):

$$t = \frac{u_1 - u_0}{S/\sqrt{n}} = \frac{40.39 - 40}{2.09/\sqrt{53}} = 1.3584 \quad (E9)$$

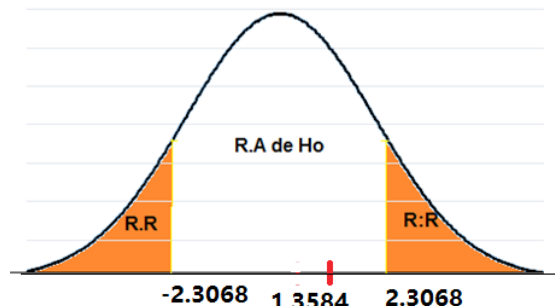


Figura 9. Ubicación de en la distribución normal "t" de la variable temperatura.

Como $t=1.3584$ se ubica en la región de aceptación de la hipótesis nula figura 9, se acepta la hipótesis nula, podemos aseverar con una confianza del 95%, podemos afirmar que el sistema de control de temperatura y humedad relativa, ha sido adecuadamente regulada para el control de la temperatura a 40°C

Prueba de hipótesis de la humedad relativa

En seguida presentamos la hipótesis planteada: la humedad relativa del interior del secador solar con control PID es de 11%.

¿El sistema de control PID de la humedad relativa, para secar la hierba aromática del Cedrón podrá ser regulado a 11%?

Ho: El sistema de control PID de la humedad relativa, controla la de la humedad relativa de secado de la hierba aromática a 11%

H1: El sistema de control PID de la humedad relativa, no controla la de la humedad relativa de secado de la hierba aromática a 11%.

Hipótesis estadística:

Ho: $\mu_0 = \mu_1$

H1: $\mu_0 \neq \mu_1$

Siendo Ho y H1 la hipótesis nula y la alterna respectivamente.

Con la prueba de "t" de medias poblacionales de los datos "μ" y tomando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se determina el "t" de prueba "to", de la hoja de cálculo EXEL. utilizando el comando $to=INV.T.2C(0.025,53) = 2.3068$;

calculando el valor de “t” de los datos tomados para la comparación, usando la siguiente ecuación (E10)

$$t = \frac{u_1 - u_0}{S/\sqrt{n}} = \frac{11.02 - 11}{1.35/\sqrt{53}} = 1.10785 \quad (E10)$$

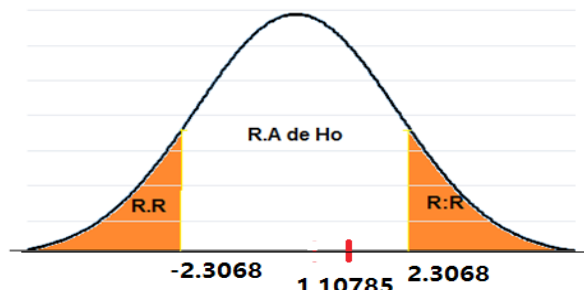


Figura 10. Ubicación en la distribución normal “t” de la variable HR.

Como $t=1.10785$ se ubica en la región de aceptación de la hipótesis nula figura 10, se acepta la hipótesis nula, podemos aseverar con una confianza del 95%, que el sistema de control de temperatura y humedad relativa, ha sido adecuadamente regulada para el control de la humedad relativa a 11%.

Prueba de hipótesis de la deshidratación de la masa húmeda

En la tabla 5 se presenta la hipótesis planteada: El secador solar con control PID de la temperatura y humedad relativa, deshidrata la masa de la hierba aromática mayor al 70%.

Tabla 5. Muestra de pesos.

Observación	Peso Inicio (gr)	Peso Final (gr)	Deshidratación (%)	Materia seca (%)
W1	200	60	70	30
W2	60	15	75	25
W3	60	10	83.3	17
W4	50	10	80	20
W5	100	20	80	20

¿El secador solar plano con control PID de temperatura y humedad relativa, deshidrata la masa de la hierba aromática mayor al 70%?

Ho: El secador solar plano con control PID de temperatura y humedad relativa, deshidrata la masa de la hierba aromática menor al 70%

H1: El secador solar plano con control PID de temperatura y humedad relativa, deshidrata la masa de la hierba aromática mayor al 70%.

Hipótesis estadística:

Ho: $\mu_0 = 70\%$

H1: $\mu_1 > 70\%$

Siendo Ho y H1 la hipótesis nula y la alterna respectivamente

Con la prueba de “t” de medias poblacionales de los datos “ μ ” y tomando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, se determina el “t” de prueba “to”, de la hoja de cálculo EXCEL. utilizando el comando $t_0 = \text{INV.T}(0.05,4) = 2.13$; calculando el valor de “t” de los datos tomados para la comparación, usando la siguiente ecuación (E11):

$$t = \frac{u_1 - u_0}{S/\sqrt{n}} = \frac{77.66 - 70}{5.21/\sqrt{4}} = 2.94 \quad (E11)$$

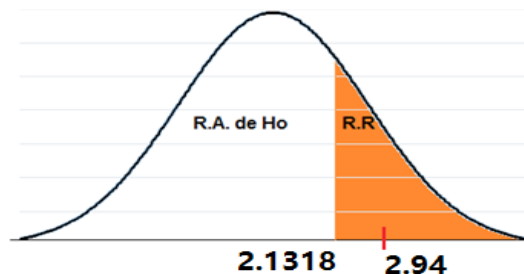


Figura 11. Ubicación de en la distribución normal “t” de la variable masa humedad del cedrón.

Como $t=2.94$ se ubica en la región de rechazo de la hipótesis nula figura 11, se acepta la hipótesis alterna, podemos aseverar con una confianza del 95%, que el sistema de control de temperatura y humedad relativa, deshidrata la masa de cedrón a mayor del 70%.

Tiempo de secado de la masa del cedrón

En la tabla 6 se muestra el tiempo de secado.

Tabla 6. Tiempo de secado de la materia húmeda.

Observación	Peso Inicio (gr)	Peso Final (gr)	Tiempo (H)
W1	200	60	5.3
W2	60	15	5.25
W3	60	10	4.18
W4	50	10	4.16
W5	100	20	4.45

De la tabla se obtiene el promedio de secado en horas de la masa húmeda del cedrón es de 4.67 que es equivalente a 4 horas con 40 minutos, para secar una masa húmeda del cedrón mayor al 70% del peso inicial.

CONCLUSIONES

El sistema secador solar plano con control PID de la temperatura y humedad relativa al interior del secador, controla la temperatura a 40 °C en su interior en el proceso de secado o deshidratación del cedrón en la ciudad de Pampas.

El sistema secador solar plano con control PID de la temperatura y humedad relativa al interior del secador, controla la humedad relativa en 11% en su interior en el proceso de secado o deshidratación del cedrón en la ciudad de Pampas.

El secador solar plano con control PID de la temperatura y humedad relativa al interior del secador, deshidrata la masa del cedrón mayor al 77.66% en su interior, en el proceso de secado o deshidratación de la masa humedad del cedrón en la ciudad de Pampas.

El secador solar plano con control PID de la temperatura y humedad relativa al interior del secador, proporciona una materia seca de cedrón menor al 22.34% de la masa inicial en la ciudad de Pampas.

Se puede aprovechar la energía solar, en especial su poder calorífico para el secado de otros tipos de hierbas aromáticas y medicinales como: Culantro (*Coriandrum sativum*), Hinojo (*Foeniculum vulgare*), Hierba buena, (*Menta spicata*), Huacatay (*Tajetes minuta*), Llantén (*Plantago major*) y Manzanilla (*Chamomilla recutita*); con sistemas de secado solar controlando la temperatura y humedad relativa en su interior, en la ciudad de Pampas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almonacid Paytan, E., & Ramírez Rivera, F. H. (2016). *Sistema de control de temperatura y de humedad para el secado de carne (charqui) en la ciudad de Huancavelica*. (Trabajo de titulación). Universidad nacional de Huancavelica.
- Banchero, L., Carballo, S., & Telesca, J. (2008). Manual de secado solar de especies medicinales y aromáticas para predios familiares. Instituto de Nacional de Investigación Agropecuaria. <http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/18429090512093946.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderno*. Pearson educación, S.A. .
- Roa, G., & Ortega, D. (2011). *Diseño y Construcción de un Secador Solar por Convección de Aire Caliente Automatizado de Pequeña Escala, para el Secado de café para la Universidad Nacional de Loja*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja.
- Sánchez, J. (2009). *Diseño y construcción de un secador solar para cochinilla de 300kg/mes de capacidad de producción*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Valdéz Marín, P. (2008). *Manual de deshidratación I*. <http://manualdeshidratacion.blogspot.pe>