

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE NAVES INDUSTRIALES

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Telly Yarita Macías Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Fausto Roberto Andrade Badillo**  
<https://orcid.org/0000-0001-6949-6591>

**Adrián Adalberto Hernández Solís**  
<https://orcid.org/0000-0003-1028-4169>

**Roque Alexander Mendoza Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0001-7659-8975>

**Carlos José Junquí Vélez**  
<https://orcid.org/0000-0001-5519-308X>

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN INDUSTRIAL SHIP CONDITIONING SYSTEM

**RESUMEN:** El presente proyecto se basa en el diseño y construcción de un sistema de acondicionamiento de aire Industrial para el mejoramiento del confort térmico laboral de los trabajadores que por diversas razones existe la tendencia del incremento

de temperatura corporal sean estos por las máquinas, equipos o las mismas actividades de trabajo, lo que incide en el desempeño productivo y posibles riesgos de salud. Durante el desarrollo se estudia la selección de los equipos mecánicos como el ventilador, bomba de agua, ductos de transportación de ventilación corroborando con altos índices de eficiencia Energética. Ante lo expuesto la alternativa socio económico ambiental se opta por la implementación del sistema de acondicionamiento tipo evaporativo, propicio para trabajar en lugares abiertos con el propósito de bajar la temperatura por la mano de obra y la tecnología instalada en las áreas de producción, así como también la extracción de humos derivados de los procesos productivos. La importancia del sistema de acondicionamiento evaporativo es derivar los mecanismos adecuados para aprovechar la transferencia de calor en superficie de un panel y serpentín de cobre y aluminio por medio del agua, y así aprovechar su diferencial de temperatura alcanzando los 25°C, con una humedad promedio de 66% y un consumo energético de 0.29 KW/h. Para la obtención de resultados se aplicó el método experimental de campo, muestreo

aleatorio por racimo, aplicación de fichas de observación experimental para el levantamiento de información diagnóstico de la situación actual del medio y del equipo.

**PALABRAS CLAVES:** acondicionamiento, confort térmico, evaporación, desempeño productivo, eficiencia energética.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El acondicionamiento de tipo evaporativo es un fenómeno natural que está presente en el medio ambiente debido al contacto que tiene el agua con el aire circundante logrando el intercambio de temperatura entre las dos fuentes, adquiriendo una reducción de temperatura final. (Flores, 2011).

El confort térmico es importante dentro del medio industrial y servicio, pues el avance tecnológico continuo hace imprescindible el entender y operar equipo o sistemas eco sustentables aportando a los recursos abióticos.

En decreto ejecutivo 2393 del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores en el artículo 54 nos indica que en los ambientes de trabajo por efecto de las máquinas y labores en los procesos productivos no debe de superar los valores máximos de temperatura permisible para el trabajador que está entre los 35 y 37°C, y si esta temperatura tiene aumentar deberá de incorporar aislantes para la reducción de calor de las máquinas o implementar sistemas climatizadores en los recintos. (IESS, 1986).

En la época de verano específicamente se alcanzan temperaturas elevadas, en la actividad industrial como en servicios sociales, alrededor del 34°C promedio el calor, temperatura del recinto entre 20 a 27°C y humedad entre el 30 y 70%; (Company, 2016) el humo y características generales ambientales caracterizan jornadas laborales duras y de cansancio logrando el decrecimiento en la producción de los trabajadores, siendo estos aspectos importantes de resolver para alcanzar nivel adecuados de productividad competitiva y así mismo responder a la legislación ambiental local e internacional.

Por otra parte, es importante mencionar que estos sistemas evaporativos cumplen la función de aireadores y enfriadores en áreas de producción con parámetros de alta eficiencia correlacionando con la normativa de eficiencia energética por la comisión europea, fundamental en muchos de los casos por la generación de gases productos de los procesos de fabricación lo que a su vez hace posibles sumideros peligrosos para la salud.

## 2 | MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Portoviejo – Manabí – Ecuador, posición 341° N, 170ft altura, 1 atm de presión atmosférica en las instalaciones

del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, con un diseño experimental basado en varias pruebas de testeo a intervalo de razón variable, aplicadas a un sistema de acondicionamiento que se pretende alcanzar temperaturas desde de 35°C máx. 24.5°C. min.

### 3 I ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para lograr este objetivo se seleccionaron los materiales descritos en la tabla 1, a continuación:

| Descripción                            | Cantidad         |
|--|------------------|
| Panel – Serpentin (cobre /aluminio)    | 1                |
| Plancha galv.1220x2440x0.90mm          | 5                |
| Ventilador Inducido ½ Hp 220 V         | 1                |
| Bomba de Agua 37.3 W, 127 V. AQUA 45W  | 1                |
| Remaches de 1/8                        | 1 lb             |
| Ventoletas 1/8 X L                     | 32               |
| Auxiliares de contactores              | 2                |
| Contactores de 9 amp de 220v           | 2                |
| Sensor de temperatura y humedad        | 1                |
| Controlador Arduino UNO                | 1                |
| Selector                               | 1                |
| Luces Piloto                           | 3                |
| Pantalla LCD                           | 1                |
| Caja para Gabinete de control y Fuerza | 1                |
| Cable #12                              | 10mts x 3 líneas |
| Codo de 1/4x 90°                       | 2                |
| Abrazaderas de ½                       | 2                |
| Cinta aislante.                        | 1                |
| Tubo plastigama 1/4x 2.5               | 4                |
| Silicona                               | 2                |
| Disco de cortes 4 ½"x 1/16".           | 2                |

Tabla 1. Materiales y equipos para la elaboración del sistema de acondicionamiento industrial y comercial

Fuente: Elaboración propia

## Descripción del sistema de acondicionamiento evaporativo

Los sistemas de acondicionamiento industrial tienen una central de transferencia de calor tipo panel serpentín, (ACR Latinoamérica, 2019) fluyendo en su interior agua y por la parte exterior se encuentra un surtidor de agua que baña desde la parte superior hasta la inferior del panel, acumulando en una piscina de reserva para cumplir el ciclo cerrado; por otra parte, para la recirculación mencionada se hará por medio de una bomba de agua de bajo consumo tipo sumergible.

El ventilador se encuentra en la parte inferior de la central de calor lo cual podrá funcionar en modo de ventilación y enfriador.

Para la transportación de aire se utilizó un sistema de tuberías, con aislamiento térmico de lana de vidrio en su alrededor para reducir la pérdida de calor por pared y tener un buen coeficiente de eficiencia energética. (Acero comercial del Ecuador S.A, 2019)

El sistema de monitoreo de temperatura y humedad relativa lo hace un controlador Arduino Uno (Arduino Corporation, 2019) a través de sensores dotado en el centro del ducto principal y su visualización en una pantalla tipo LCD que se encuentra en el gabinete de control y fuerza. A continuación, en la tabla 2 se cita la instrumentación empleada para la toma de datos.

| Descripción                                   | Características técnicas   |
|---|--|
| Medidor de temperatura y humedad, punto rocío | <i>Proskit MT-4616</i><br>PEAK METER MS6508  |
| Bulbo húmedo                                  | Rango: -20 a 60°C<br>4 °F/140.5°C<br>RH: 0 a 100%, precisión 2%  |
| Medidor de Temperatura de líquidos y sólidos  | TA288 Sonda de acero inoxidable<br>Rango: 50 ° C y 300 °C  |
| Medidor de velocidad de viento                | Especificaciones   |
| Anemómetro                                    | Velocidad del aire 0 - 30m/s, 0 - 90km/h, 0 - 5860ft/min,<br>0 - 65mph<br>Resolución: 0.1m/s, 0.3km/h, 19ft/min, 0.2mph<br>Precisión velocidad: +/- 5% |
| Sonómetro digital tipo II ANSI S1.4 IEC 651   | Rango de presión acústica: 30-130 dbA<br>Rango de frecuencia: 31.5 Hz – 8.5 KHz<br>Rango de precisión: + - 1.5%  |

Tabla 2. Especificaciones de instrumentación

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1, se muestra el esquema mecánico del sistema de acondicionamiento evaporativo.

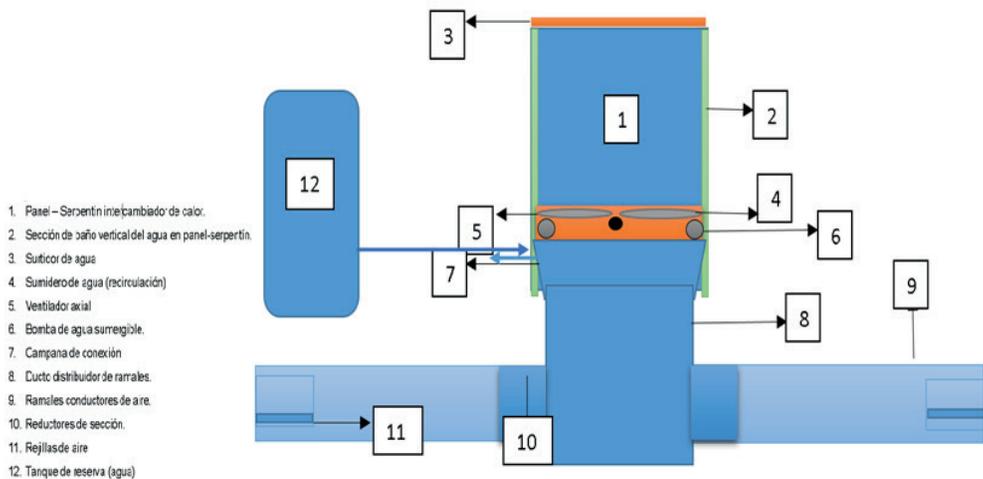


Figura 1. Esquema mecánico del sistema de acondicionamiento evaporativo

En la figura 2, se muestran imágenes del gabinete de control y fuerza.

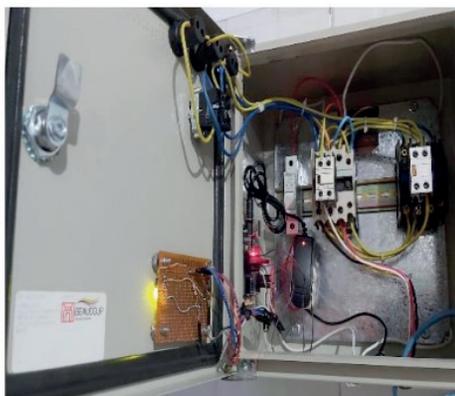


Figura 2. Gabinete de control y fuerza

En la figura 3, se observa el equipo mecánico del sistema, en (Av) Visor LCD de Panel de control y en (B) el sistema de ventilación y bombeo.

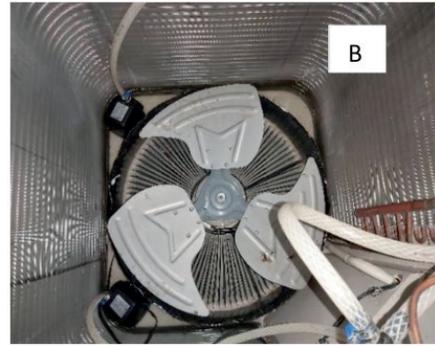


Figura 3. Equipo mecánico del sistema

Luego de la fase de experimentación se obtuvieron los datos técnicos de operación del sistema de acondicionamiento. En la figura6, se muestran los valores de la temperatura ambiental.

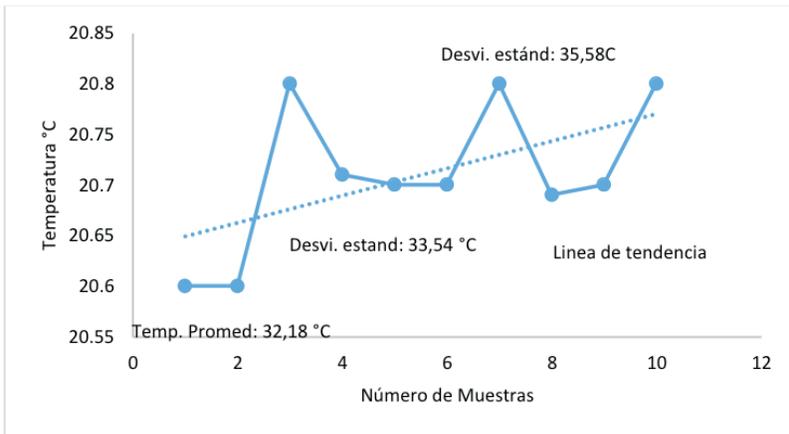


Figura 6. Temperatura ambiental

En la figura 7 se detalla la humedad relativa ambiental.

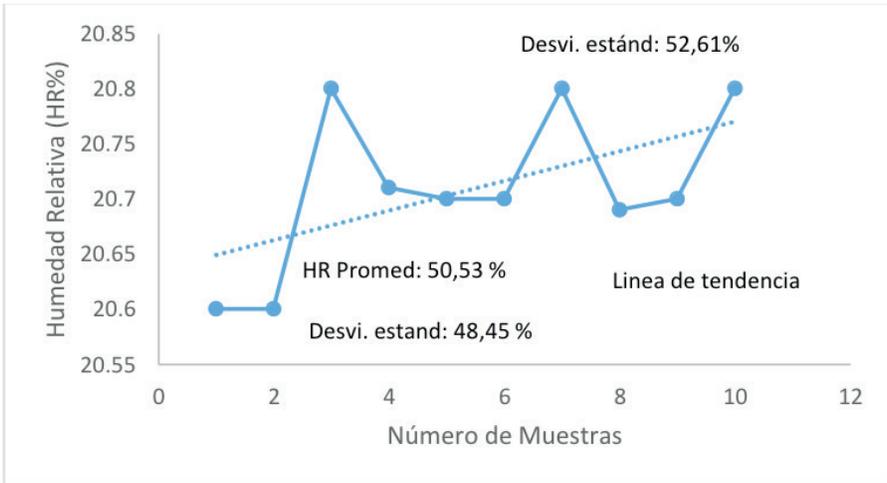


Figura 7. Humedad relativa ambiental

En la figura 8 se muestran los resultados obtenidos en las mediciones de temperatura de punto de rocío ambiental.

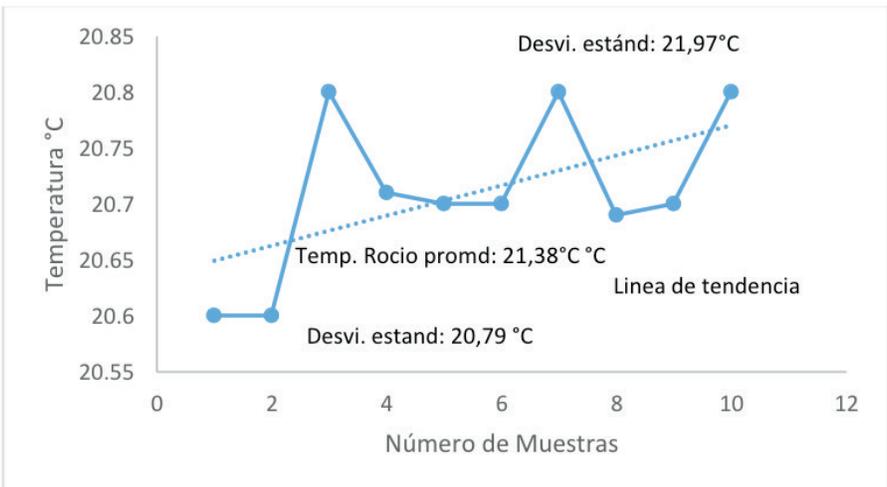


Figura 8. Temperatura punto de rocío ambiental.

En la figura 9 se observa la temperatura del bulbo húmedo ambiental.

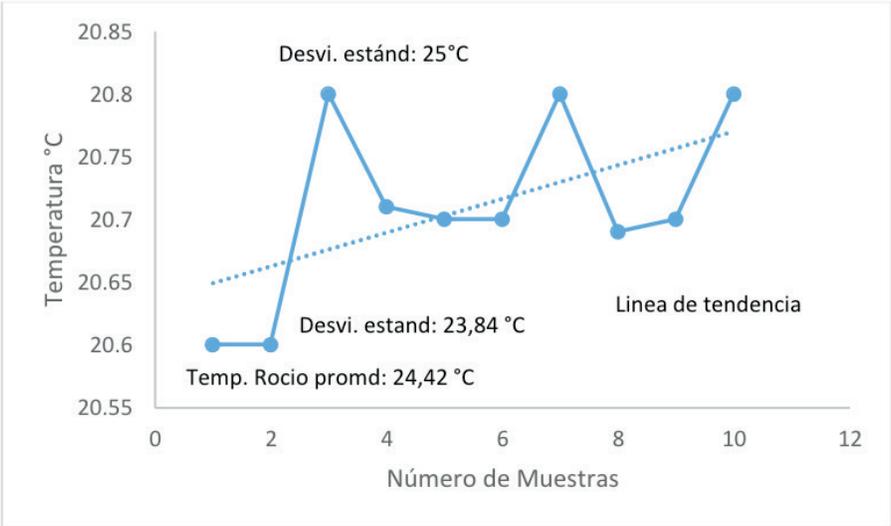


Figura 9. Temperatura bulbo húmedo ambiental.

En la figura 10 se muestra la temperatura del aire del sistema

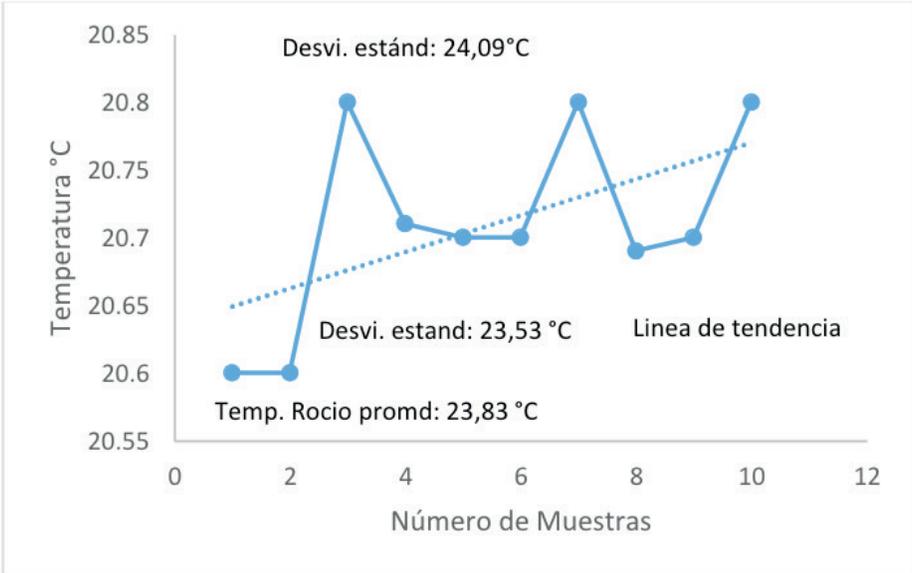


Figura 10. Temperatura de aire del sistema

En la figura 11 se observa la humedad relativa del sistema de acondicionamiento diseñado.

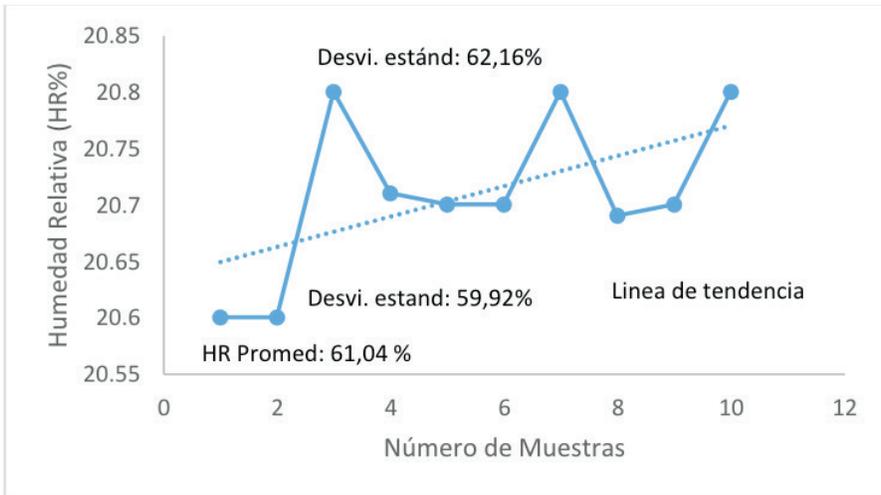


Figura 11. Humedad relativa del sistema

En la figura 12 se detalla la temperatura de rocío calculada para el sistema.

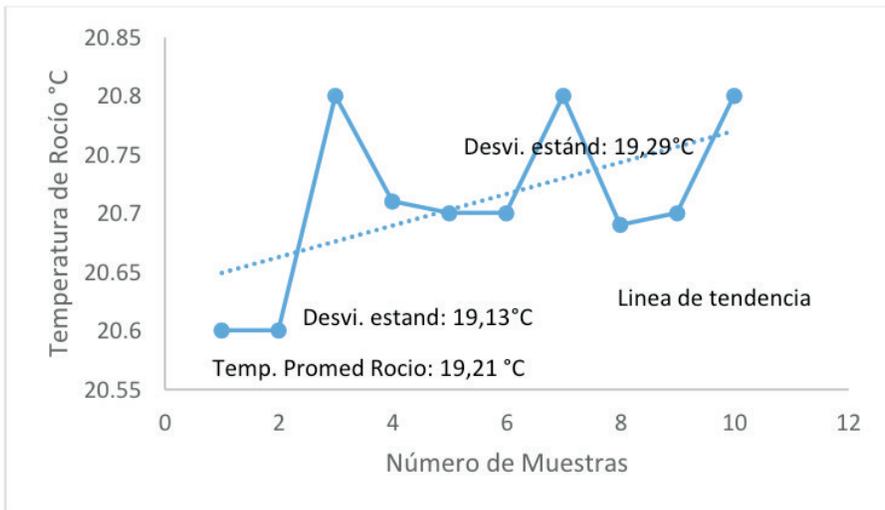


Figura 12. Temperatura de rocío del sistema

En la figura 13 se muestra la variación de la temperatura de bulbo húmedo.

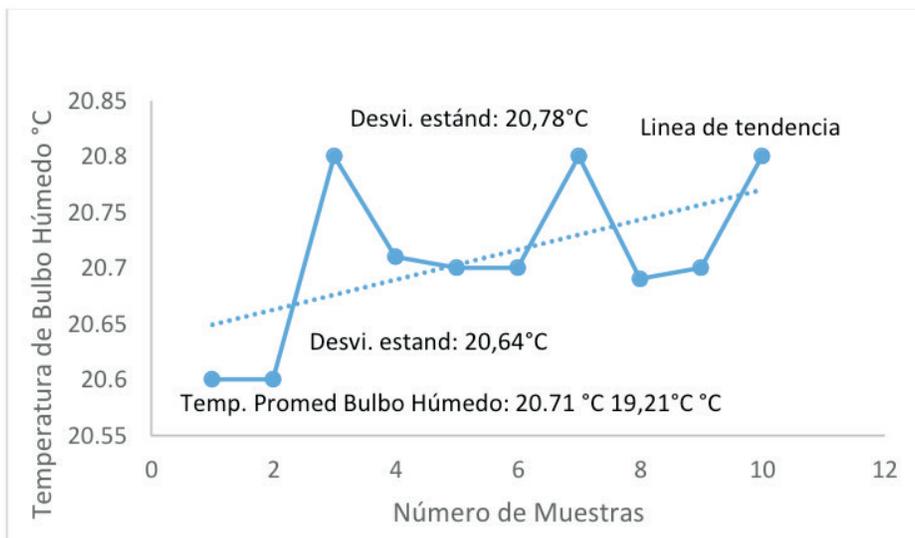


Figura 13. Temperatura de bulbo húmedo del sistema

En la tabla 3 se describen los parámetros de eficiencia energética del equipo de acondicionamiento.

| Unidad           | Consumo (KWh) | Consumo (KW/h) | Consumo Anual (KW año) | Costo Industrial (\$) (KW) |
|------------------|---------------|----------------|------------------------|----------------------------|
| Ventilador axial | 0.22          | 0.22           |                        | 0.072                      |
| Bomba de Agua    | 0.036X2       | 0.072          |                        |                            |
| Consumo Total    |               | 0.29           | 6.96                   | 2540.4                     |

Tabla 3. Parámetros de eficiencia energética

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4 se describe las especificaciones técnicas del equipo propuesto.

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Condiciones de diseño:          |                  |
| País:                           | Ecuador          |
| Altitud:                        | 100 msnm         |
| Temperatura exterior promedio:  | 32.5° C          |
| HR:                             | 50.5%            |
| Temperatura de diseño interior: | 27° C            |
| Área de recinto:                | 20m <sup>2</sup> |

|                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| Temperatura                    | 24 a 25°C             |
| Humedad Relativa del sistema   | 60%                   |
| Temperatura Bulbo Húmedo       | 20.71 °C              |
| Temperatura Punto de Rocío     | 19.21 °C              |
| Consumo energético             | 0.29 KW h             |
| Capacidad de acondicionamiento | 20 m <sup>2</sup>     |
| Potencia frigorífica           | 2.1 Kw                |
| Voltaje                        | 110/220 V monofásicos |
| Nivel de presión acústica      | 80 dBA                |
| Consumo de agua                | 3 L/h                 |

Tabla 4. Especificaciones técnicas del equipo

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Sistema amigable con el medio ambiente (ecológico) Sistema de bajo consumo energético con el 0.44 KWh. Bajo decibel de operación reduciendo la contaminación auditiva Sistema de bajo costo de mantenimiento y operación. Amigable con la contaminación auditiva. (8 horas de exposición al ruido).

## REFERENCIAS

Acero comercial del Ecuador S.A. (15 de enero de 2019). *Acero comercial del Ecuador*. Obtenido de Tuberías y accesorios : [https://www.acerocomercial.com/productos/genericos/tuberia-y-accesorios/lana-de-vidrio-y-coquillas/lana-de-vidrio\\_coquillas/](https://www.acerocomercial.com/productos/genericos/tuberia-y-accesorios/lana-de-vidrio-y-coquillas/lana-de-vidrio_coquillas/)

ACR latinoamérica. (12 de Enero de 2019). *acrlatinoamerica.com*. Obtenido de <https://www.acrlatinoamerica.com/201503165787/articulos/aire-acondicionado-y-ventilacion/tendencia-hacia-los-serpentines-de-aluminio.html>

Arduino Corporation. (2019).

Bravo Hidalgo, «Eficiencia Energética en la climatización de edificaciones,» de *Eficiencia Energética en la climatización de edificaciones*, 2016, pp. 218-238.

Company, B. d. (22 de enero de 2016). *Enfriadores evaporativos*. Obtenido de Biocool de termigo: [www.biocool.es](http://www.biocool.es)

Energética, «Sistemas de obligaciones de eficiencia energética,» 2015.

Estrada M. (2007). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde. *Dialnet*, 20(3), 288-303.

Flávio Alves-Damasceno, Evaluación de la eficiencia de equipos de enfriamiento evaporativo. *DYNA*, 84(203), pp. 118-125, December, 2017, ISSN 0012-7353, 2017.

Flores, M. (2011). Acondicionamiento de espacios con enfriamiento evaporativo. *Ingeniería mecánica - tecnológica*, 4(1).

IESS, I. E. (noviembre de 1986). Decreto Ejecutivo 2393. *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Mc GRAW-HILL (2012). Transferencia de calor, de *Termodinámica*, Mexico D.F, S.A DE CV, 2012.

M. D. y C. García (2009). Aprovechamiento de los materiales de cambio de fasePM en la climatización, Madrid-España. 107-115

WEC (2019). World Energy Insights Brief - Global Energy Scenarios Comparison Review,» *Insights Brief Technical Annex*, 2019