

Ventilación Natural por Flotación Térmica Producida por Estratificación de Temperaturas

Emerson Aubín Cifuentes Heredia

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Mecánico

Director

Jabid Eduardo Quiroga Méndez

Magister en Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Bucaramanga

2021

### **Dedicatoria**

A mi padre, Delio Aubin Cifuentes, quien me ha enseñado el valor del esfuerzo, la perseverancia y con su ejemplo aprendí a no rendirme por más difícil que sea la situación.

A mi madre, María Eugenia Heredia, por sus constantes palabras que me llenaron de motivación para seguir luchando.

A mi hermana, Angela Julieth Cifuentes, quien ha sido un gran apoyo en las diferentes etapas de mi vida.

A mi sobrina Shara Melissa, por ser mi motor para luchar cada día.

En general a todas las personas que me apoyaron y creyeron en mí, con las cuales estaré inmensamente agradecido.

### **Agradecimientos**

En primer lugar a Dios por guiarme y ayudarme a culminar con satisfacción esta etapa de mi vida.

A mis padres por todo su esfuerzo y apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida y mi carrera universitaria.

A la Universidad Industrial de Santander, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, a mi director de proyecto y a todos sus docentes por la formación académica profesional.

En general a todas las personas que me apoyaron para culminar este proyecto.

Emerson Aubin Cifuentes Heredia.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos.....	13
1.1 Objetivo general.....	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2. Antecedentes .....	14
2.1 Solar chimneys: simulation and experiment .....	14
2.2 Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social clima ecuatorial .....	14
2.3 Simulation and measurements of wind interference on a solar chimney performance .....	14
2.4 Solar chimney optimization for enhancing thermal comfort in egypt: an experimental and numerical study.....	16
3. Referentes teóricos .....	17
3.1 Chimenea solar.....	17
3.2 Confort ambiental.....	18
3.3 Confort térmico .....	18
3.4 Radiación .....	20
3.4.1 Radiación directa.....	21
3.4.2 Radiación difusa.....	21
3.4.3 Radiación global:.....	21
3.5 Municipio del socorro.....	21
4. Método de diseño chimenea solar.....	22
4.1 diseño conceptual .....	22
4.2 selección de materiales .....	24
4.3 Construcción y montaje .....	25

4.4 Evaluación experimental .....	26
4.5 Evaluación costo del prototipo de la chimenea.....	30
4.6 Presupuesto opción de aire acondicionado .....	32
5. Presentación y análisis de resultados .....	35
5.1 Sistema de adquisición de datos.....	35
5.2 Análisis de datos .....	36
6. Conclusiones .....	49
7. Recomendaciones.....	50
Referencias .....	51

**Listado de Tablas**

Tabla 1. Sensación experimentada en función de IC .....	20
Tabla 2. Costos de la construcción de la chimenea solar .....	30
Tabla 3. Costos del recinto 2x2 .....	30
Tabla 4. Gastos varios .....	31
Tabla 5. Costos intelectuales .....	31
Tabla 6. Presupuesto asumido por el autor.....	31
Tabla 7. Presupuesto asumido por la universidad.....	31
Tabla 8. Costo total del proyecto .....	31
Tabla 9. Costos aire acondicionado a 10 años.....	34
Tabla 10. Dispositivos de adquisición de datos.....	35
Tabla 11. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 28 de enero y un área de 0.3mx0.1m.....	44
Tabla 12. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 28 de enero y un área de 0.3mx0.1m.....	45
Tabla 13. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 29 de enero y un área de 0.45mx0.15m. ....	45
Tabla 14. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 29 de enero y un área de 0.45mx0.15m. ....	45
Tabla 15. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 30 de enero y un área de 0.65mx0.25m. ....	46
Tabla 16. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 30 de enero y un área de 0.65mx0.25m. ....	46
Tabla 17. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 31 de enero y un área de 0.96mx0.35m. ....	46
Tabla 18. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 31 de enero y un área de 0.96mx0.35m. ....	47
Tabla 19. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 1 de febrero y un área de 0.96mx0.56m. ....	47
Tabla 20. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 1 de febrero y un área de 0.96mx0.56m. ....	47

### Listado de Figuras

Figura 1. Sección del modelo de chimenea solar.....	15
Figura 2. Sección esquemática de las pruebas del túnel de viento realizadas para medir los coeficientes de descarga .....	15
Figura 3. Diagrama de flujo de ventilación de una habitación individual con chimenea solar ....	16
Figura 4. Partes de la chimenea solar.....	17
Figura 5. Zona de confort térmico .....	19
Figura 6. Plano de la distribución de la chimenea solar.....	23
Figura 7. Plano de la distribución de la abertura de entrada chimenea solar. ....	24
Figura 8. Estructura de lámina galvanizada y lana mineral .....	25
Figura 9. Vidrio y pintura negra de la estructura de la chimenea solar.....	25
Figura 10. Construcción recinto de la Chimenea Solar.....	26
Figura 11. Construcción recinto de la Chimenea Solar.....	26
Figura 12. Pantalla principal software CBE Thermal Comfort .....	29
Figura 13. Regresión lineal 2016 a 2020.....	33
Figura 14. Pronostico 2021 a 2030 .....	33
Figura 15. Distribución de los dispositivos de adquisición de datos en la chimenea solar .....	36
Figura 16. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.....	37
Figura 17. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa de absorción.....	38
Figura 18. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.....	38
Figura 19. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa de absorción.....	39
Figura 20. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.....	40
Figura 21. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa absorción. ....	41

Figura 22. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.....	41
Figura 23. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa absorción .....	42
Figura 24. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.....	43
Figura 25. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa de absorción.....	44

## Resumen

**Título:** Ventilación natural por flotación térmica producida por estratificación de temperaturas\*

**Autor:** Emerson Aubín Cifuentes Heredia\*\*

**Palabras Clave:** Radiación global, prototipo, confort.

**Descripción:** En el mundo hay un aumento de la temperatura debido al cambio climático que ha surgido por diferentes causas, en su mayoría generadas por el hombre, lo que hace que las personas deseen estar en lugares confortables, debido a esto hay un aumento en el uso de aires acondicionados, si bien es cierto que estos sistemas brindan un ambiente de confort también generan un mayor consumo de energía eléctrica lo cual repercute en un aumento del dióxido de carbono y de la contaminación, es por esto que se busca el uso de las energías renovables y de sistemas amigables con el medio ambiente.

El objetivo de esta tesis es la construcción de un prototipo de chimenea solar donde se puede investigar el desempeño de la chimenea que provee un ambiente de confort mediante la ventilación natural del sistema variando el área de admisión de aire fresco, en la velocidad del aire dentro de la chimenea solar y comparar los resultados obtenidos con los estándares de confort establecidos por la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017.

Esta investigación muestra como la radiación global es un factor importante en el aumento de las velocidades del aire al interior del recinto y del canal de la chimenea solar y analiza cómo influye el área de la abertura de entrada con diferentes configuraciones de esta, en algunas de las variables de la chimenea solar y más aún con el cumplimiento de la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017.

---

\*Trabajo de Grado

\*\*Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Jabid Eduardo Quintero Méndez, Magister en Ingeniería Mecánica.

**Abstract**

**Title:** Natural thermal buoyancy ventilation produced by temperature stratification\*

**Author:** Emerson Aubín Cifuentes Heredia\*\*

**Key Words:** Global radiation, prototype, comfort.

**Description:** In the world there is an increase in temperature due to climate change that has arisen from different causes, mostly generated by man, which makes people want to be in comfortable places, due to this there is an increase in the use of air conditioners, although it is true that these systems provide a comfortable environment also generate a higher consumption of electricity which results in an increase of carbon dioxide and pollution, which is why the use of renewable energy and environmentally friendly systems is sought.

The objective of this thesis is the construction of a solar chimney prototype where it is possible to investigate the performance of the chimney that provides a comfort environment through the natural ventilation of the system by varying the fresh air intake area, in the air velocity inside the solar chimney and compare the results obtained with the comfort standards established by the ANSI/ASHRAE Standard 55-2017.

This research shows how global radiation is an important factor in the increase of air velocities inside the enclosure and the solar chimney channel and analyzes how the area of the intake opening with different configurations of this, influences some of the variables of the solar chimney and even more with the compliance of the ANSI/ASHRAE Standard 55-2017.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering. Director: Jabid Eduardo Quintero Méndez, Magister Mechanical Engineer

## Introducción

En el mundo hay un aumento de la temperatura debido al cambio climático que ha surgido por diferentes causas, pero que durante los últimos 100 años se puede decir que es netamente por la actividad humana, siendo la principal causa del componente de calor inducido por los humanos se debería al aumento de dióxido de carbono. La producción y el uso de la energía para satisfacer nuestras necesidades usa la quema de combustibles fósiles de manera irresponsable, con el fin de impedir más consecuencias ambientales, sociales y económicas, relacionadas con el aumento de temperatura, se considera necesario reducir el gasto energético mediante procesos amigables con el ambiente y además conseguir que esto sea económicamente viable. (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM, 2017)

Evidentemente para satisfacer la demanda energética, tenemos que optar por fuentes limpias perpetuamente disponibles y viables, como lo son ya las energías renovables como la solar, eólica, biomasa, mareomotriz, geotérmica, micro hidráulica, etc. En el caso de los sistemas de aire acondicionado que debido a las fluctuaciones de temperatura se hacen necesarios tanto para enfriar como para calentar espacios llámense hogar, oficina, transporte o industria, si bien es cierto que estos sistemas brindan un ambiente de comodidad también generan un consumo de energía eléctrica lo cual repercute en un aumento del dióxido de carbono y de la contaminación, es necesario promover en desarrollar, estudiar, investigar fuentes de energía que aporten al reemplazo de las ya establecidas.

Con respecto a lo anterior, la ventilación es importante ya que además de proveer comodidad, elimina los excesos de humedad, regula la temperatura interior y optimiza la calidad del aire, es por esto que se presenta esta propuesta de ventilación natural en la cual se hace un

aprovechamiento de la energía solar y además se propone una posibilidad para disminuir la contaminación que genera el exceso de uso de la energía eléctrica.

Entonces, la ventilación natural es una estrategia pasiva que ayuda a reducir las emisiones del dióxido de carbono, permitiendo ventilación hasta en espacios estrechos y pequeños con una exposición mínima a la intemperie, esta clase de ventilación mejora el porcentaje de enfriamiento y confort térmico con un mejor control de flujo de aire y corrientes de aire reducida.

Debido a esto, se plantea la construcción de un prototipo de chimenea solar que consta de un sistema de ventilación pasiva cuyo principio de funcionamiento se basa en aprovechar la radiación solar para generar un flujo de aire en el espacio que se desea ventilar. El proyecto de grado está enfocado en investigar el desempeño de la chimenea solar en latitudes tropicales desde un punto de vista experimental como alternativa de ventilación natural en recintos y edificaciones.

Este proyecto a su vez hace parte de una tesis de Maestría en Ingeniería Mecánica que estudia desde un enfoque analítico, numérico y experimental el desempeño de las chimeneas solares como alternativa de confort.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Construir un prototipo de chimenea solar en la ciudad de Socorro donde se puede aplicar la misión de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para investigar el desempeño de la chimenea que provee un ambiente de confort mediante la ventilación natural del sistema

### 1.2 Objetivos Específicos

1.2.1 Realizar el montaje del prototipo de chimenea solar según especificaciones de los planos (ver figuras 5 y 6)

1.2.2 Implementar un sistema de adquisición de datos que permita analizar en tiempo real el comportamiento de las variables medioambientales en la chimenea solar:

Radiación solar

Temperatura

Velocidad del aire

1.2.3 Estudiar experimentalmente la influencia que tiene el área de admisión de aire fresco (ancho x altura) y la altura sobre el piso, en la velocidad del aire dentro de la chimenea solar y comparar los resultados obtenidos con los estándares de confort establecidos por la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017.

## **2. Antecedentes**

### **2.1 Solar chimneys: simulation and experiment** (Afonzo & Oliveira, 2000)

Este artículo brinda información relevante sobre los espesores de las paredes los cuales se obtuvieron mediante simulaciones, el aporte importante a resaltar es que un grosor pequeño favorece la ventilación diurna y un grosor más alto a la ventilación nocturna, cuando el espesor es mayor a 10 centímetros no produce una diferencia significativa en la distribución del tiempo del caudal, también indica que aparatos se deben utilizar para la toma de datos como lo son anemómetros, termo-membranas, fluxómetros y piranómetros (uno para radiación global horizontal y uno para radiación solar vertical). Por último, muestra la importancia de aislar la chimenea y obtener una eficiencia de asistencia solar mayor al 60%.

### **2.2 Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial**

(Giraldo & Herrera , 2017)

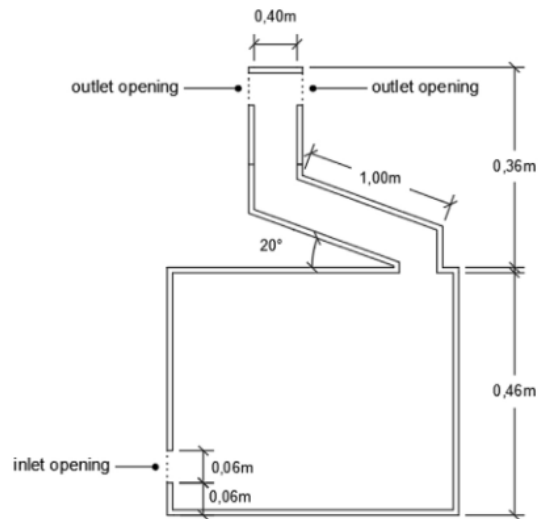
Este artículo hace el análisis de chimeneas solares en viviendas de interés social en Cali (Colombia) y brinda una información más amplia sobre las chimeneas en estas edificaciones y así se analizaron los temas de confort para los habitantes, el diseño de las viviendas y el presupuesto usado para la fabricación de estas. Aportando en el acercamiento del proyecto a la vida real.

### **2.3 Simulation and measurements of wind interference on a solar chimney performance** (De

Oliveira Neves & Marquez da Silva , 2018)

El artículo determina la eficiencia de manera experimental y teórica de la inclinación óptima del absorbedor, para la latitud que corresponde a Colombia la inclinación esta entre 40° y 60°. Así mismo, como se observa en la figura 1, indica la sección transversal de una chimenea solar vertical adaptándose esta al prototipo de chimenea que se va a fabricar.

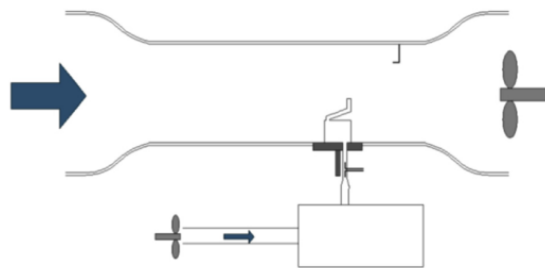
Figura 1. Sección del modelo de chimenea solar



Fuente: Simulation and measurements of wind interference on a solar chimney performance.

Por último, esta investigación es una de las 9 investigaciones entre 161 que hablan sobre el viento y la importancia de este en el análisis del prototipo. Este artículo a su vez hace un estudio en un túnel de viento proponiendo cambios en la velocidad y dirección de entrada usando un ventilador como se verá en la figura 2 y muestra como el viento afecta la chimenea tanto positivamente como negativamente y la importancia de hacer esta investigación de la incidencia del viento en la chimenea.

Figura 2. Sección esquemática de las pruebas del túnel de viento realizadas para medir los coeficientes de descarga

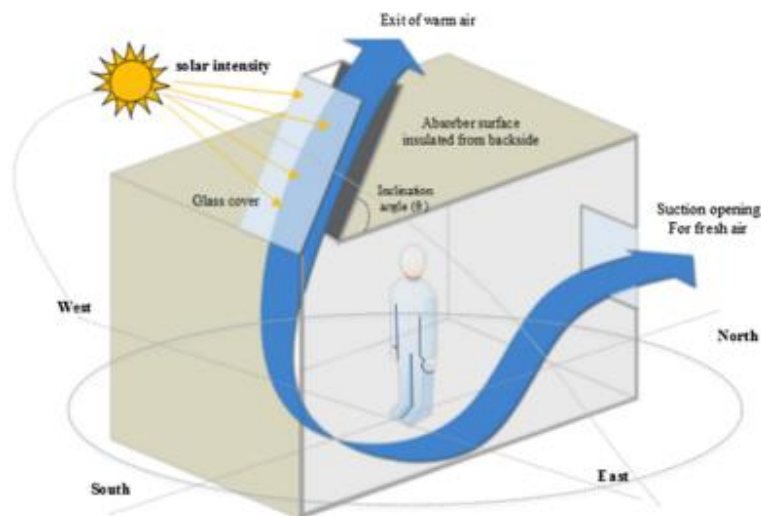


Fuente: Simulation and measurements of wind interference on a solar chimney performance.

**2.4 Solar chimney optimization for enhancing thermal comfort in Egypt: An experimental and numerical study** (Ahmed Abdeen, Serageldin, Abbas El-Zafarany, Ookawara, & Murata, 2019)

La investigación indica las partes más relevantes para la construcción de la chimenea solar, muestra al ancho de la chimenea como el parámetro más influyente, seguido del ángulo de inclinación del absorbedor y luego el espacio de aire y la altura que poco influye, por otro lado muestra estudios previos de edificios con ventilación natural confirmando que el aumento de las velocidades elevadas del aire pueden establecer aumentos de temperatura interior al eliminar el calor sensible y latente del espacio y tiene en cuenta que la norma ASHRAE para confort indica que la temperatura operativa no puede ser mayor a  $3^{\circ}\text{C}$  por encima de los valores de la zona de confort y que la velocidad del viento no debe ser superior a  $0,8\text{ m/s}$  y concluye con la importancia de la velocidad como se observa en la figura 3.

Figura 3. Diagrama de flujo de ventilación de una habitación individual con chimenea solar



Fuente: Solar chimney optimization for enhancing thermal comfort in Egypt: An experimental and numerical study

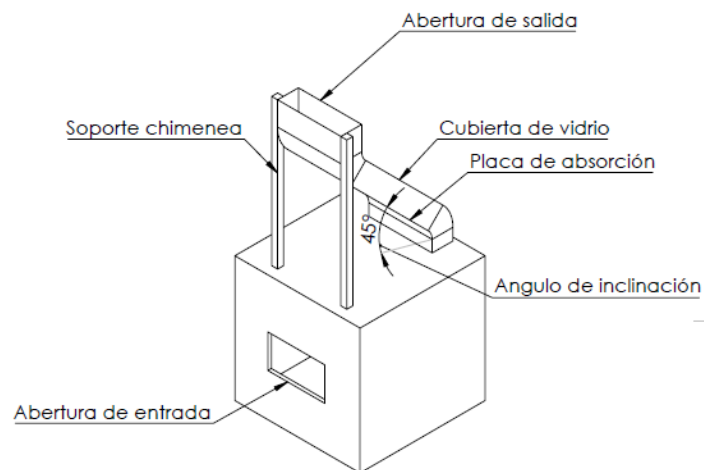
### 3. Referentes teóricos

#### 3.1 Chimenea Solar

Una de las fuentes de energía más prometedora actualmente es la energía solar gracias a que es renovable, fácil de obtener y sin causar impacto al medio ambiente. La chimenea solar es un dispositivo que usa el aprovechamiento de la radiación solar para incrementar el confort térmico mediante ventilación natural aprovechando la radiación solar para calentar el aire al interior de la chimenea, que a su vez se expande y disminuye la densidad, así el aire caliente sube y sale de la chimenea consiguiendo una pérdida de volumen de aire en el recinto, permitiendo la entrada de aire por la apertura. Con esto se puede decir que a mayor aprovechamiento de la radiación mayor flujo de aire.

La chimenea solar comprende las siguientes partes: la placa de absorción, canal, cubierta de vidrio, apertura de salida, apertura de entrada, soporte de la chimenea, ángulo de inclinación de la chimenea y el aislante térmico que va in el interior de la chimenea en las partes que lo necesita como debajo de la placa de absorción.

Figura 4. Partes de la chimenea solar.



### **3.2 Confort Ambiental**

El ser humano busca adaptarse a su entorno al punto de que requiera un mínimo de energía, las condiciones bajo las cuales lo logra se le conoce como zona de confort. Hay varios elementos que inciden directamente en el cuerpo humano como lo son la luz, el sonido, el clima y el espacio, con el fin de buscar un equilibrio biológico este puede absorber o contrarrestar sus efectos provocando así algunas reacciones físicas o psicológicas, en términos generales el confort ambiental es el punto de equilibrio entre el ser humano y su entorno.

Dicho lo anterior se debe tener en cuenta factores ambientales tales como: la temperatura ambiente, la temperatura radiante, la velocidad del aire o las corrientes de aire, la variación en la irradiación de calor desde distintas direcciones, la humedad, la estratificación del calor.

### **3.3 Confort Térmico**

La función de la chimenea solar es generar movimiento de aire y así mejorar la sensación térmica en el interior del recinto, es decir la chimenea influye en la sensación de confort térmico.

La zona de confort puede ser descrita como el punto en el cual el hombre puede adaptarse al ambiente con el gasto mínimo de energía (Olgay, 1963). Una síntesis de este fenómeno puede ser concebida como la sensación de bienestar con respecto a la temperatura, la cual depende de la relación constante que existe entre el calor producido por el ser humano y las pérdidas de calor de las superficies envolventes. Para fluctuar entre las variables que intervienen el cuerpo humano utiliza un mecanismo de autorregulación llamado homeostasis.

Los factores más influyentes en el confort térmico según estudios previos son la radiación solar y la humedad relativa, velocidad y temperatura del aire (ver figura 4). De este modo se presenta un método para calcular el confort térmico en base a una temperatura efectiva que

depende de variables medioambientales (Missenard, 1937). Dicha temperatura efectiva es calculada según la Ecuación (1).

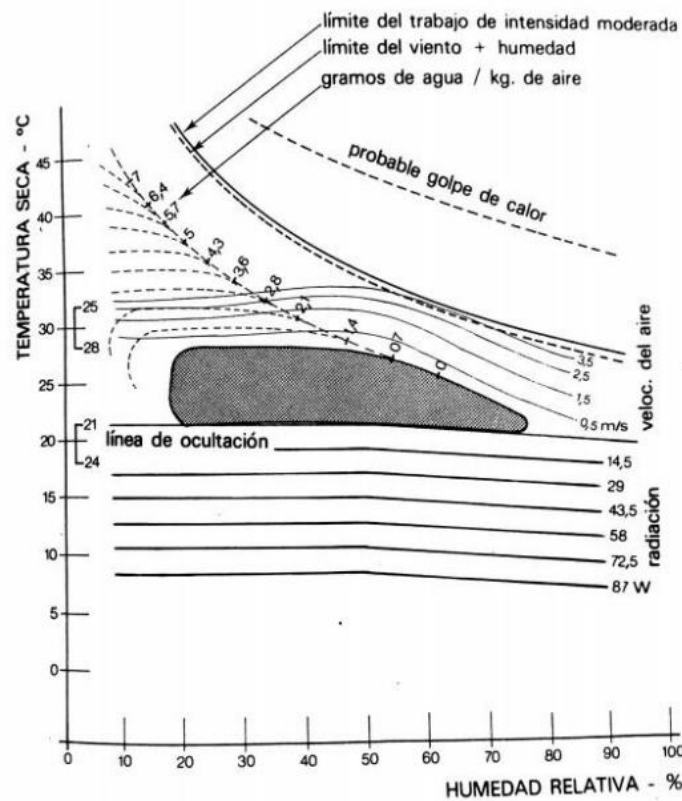
$$T_e = T_a - 0.4(T_a - 10)(1 - Rh/100) \quad (1)$$

En donde  $T_e$  es la temperatura efectiva en (°C),  $T_a$  es la temperatura del aire en (°C) y Rh es la humedad relativa en porcentaje (%). Missenard definió una nueva fórmula de temperatura efectiva ( $T_e$ ) teniendo en cuenta la influencia del movimiento del viento.

$$T_e = 37 - \frac{37 - T_a}{0.68 - 0.0014Rh \left( \frac{1}{1076 + 1.4v^{0.75}} \right)} - 0.29T_a(1 - Rh/100) \quad (2)$$

Siendo v la velocidad del viento a 1.5 m sobre el suelo en (m/s).

Figura 5. Zona de confort térmico



Fuente: Clima y arquitectura (Olgyay V. , 1968)

El IDEAM propone un método para estimar el confort térmico, así se tienen tres variantes de cada una de las fórmulas dependiendo de la altura del lugar de la siguiente manera:

$$IC = (36.5 - T_a) (0.05 + 0.04 v + Rh/250) \quad (3)$$

para elevaciones inferiores a 1.000 metros

$$IC = (34.5 - T_a) (0.05 + 0.06 v + Rh/180) \quad (4)$$

para elevaciones entre 1.000 y 2.000 metros

$$IC = (33.5 - T_a) (0.05 + 0.18 v + Rh/160) \quad (5)$$

para elevaciones superiores a 2.000 metros

Siendo IC el índice de confort (adimensional),  $T_a$  la temperatura del aire en ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $v$  la velocidad del aire en (m/s) y  $Rh$  la humedad relativa en (%). La Tabla 1 muestra la clasificación del IC según la sensación experimentada:

Tabla 1. Sensación experimentada en función de IC

$IC$	Sensación experimentada
0.0 – 3.0	Muy caluroso
3.1 – 5.0	Caluroso
5.1 – 7.0	Cálido
7.1 – 11	Agradable
11.1 – 13	Algo frío
13.1 – 15	Frío
Más de 15	Muy frío

### 3.4 Radiación

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas y se genera en las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y es emitida por la superficie solar. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. (IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales., s.f.)

3.4.1 Radiación directa: es la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra en forma de rayos provenientes del Sol sin haber sufrido difusión, ni reflexión alguna. Esta radiación llega a la superficie de la Tierra, sin cambios de dirección.

3.4.2 Radiación difusa: es la componente de la radiación solar que, al encontrar pequeñas partículas en suspensión en la atmósfera en su camino hacia la tierra e interactuar con las nubes, es difundida en todas las direcciones; el flujo con el cual esta energía incide sobre una superficie horizontal por segundo es lo que llamamos radiación solar difusa. También es definida como la cantidad de energía solar que incide sobre una superficie horizontal desde todos los lugares de la atmósfera diferente de la radiación solar directa. Cuando no hay nubes en el cielo, la radiación difusa se produce por medio del proceso de difusión a través de partículas atmosféricas.

3.4.3 Radiación global: la radiación global es toda la radiación solar que llega a la tierra y que se mide sobre una superficie horizontal en un ángulo de 180 grados, resultado de la componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa. El aporte de cada componente a la radiación global varía con la altura del Sol, la transparencia de la atmósfera y la nubosidad.

### **3.5 Municipio del Socorro**

Las coordenadas geográficas de Socorro son latitud:  $6,468^{\circ}$ , longitud:  $-73,260^{\circ}$ , y elevación: 1.234 m, la temperatura promedio es de  $24^{\circ}\text{C}$  con una temperatura máxima de  $33^{\circ}\text{C}$  y una humedad de 76%

La velocidad promedio del viento por hora en Socorro no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos 0,3 kilómetros por hora de 4,0 kilómetros por hora a 10 metros sobre el suelo.

#### **4. Método de diseño Chimenea Solar**

Se presenta en forma exacta el aporte del desarrollo del trabajo en concordancia a la justificación presentada. Se describe en forma lógica, los resultados del trabajo, dando respuesta a los objetivos o propósitos planteados. Basado en los resultados recolectados, incluido el tratamiento estadístico o cualitativo. Se muestra en forma concisa los productos y/o resultados y se resaltan las contribuciones del trabajo al contexto local, regional, nacional e internacional, cuando aplique.

##### **4.1 Diseño conceptual**

Teniendo en cuenta estudios previos sobre la chimenea solar, el estudiante de Maestría Omar Andrés Ardila Sánchez de la Escuela de Ingeniería Mecánica de Universidad Industrial de Santander, como parte del proyecto de grado Chimeneas Solares como Alternativa de Confort en Bucaramanga diseño los planos para el prototipo de la chimenea solar (figuras 5 y 6), en donde aplico un modelo matemático para calcular el ángulo de inclinación de la chimenea y concluye que la mayor velocidad del viento según la latitud del municipio de Socorro es de  $45^\circ$ .

Según estudios del comportamiento del viento de Victor Olgyay observó que fijando la abertura de salida en una posición media y variando la ubicación de la abertura de entrada en tres posiciones: alta, media y baja. En la posición alta la tendencia del flujo de aire es hacia arriba, por la presión que ejercen las corrientes exteriores en ese sentido; en la posición media se obtiene un flujo intermedio con una ligera tendencia hacia abajo; y en la posición inferior el efecto es de un barrido laminar a la altura del suelo, teniendo en cuenta esta investigación se ubica la posición de la abertura de entrada en una zona intermedia (León Vázquez, 2013).

Figura 6. Plano de la distribución de la chimenea solar

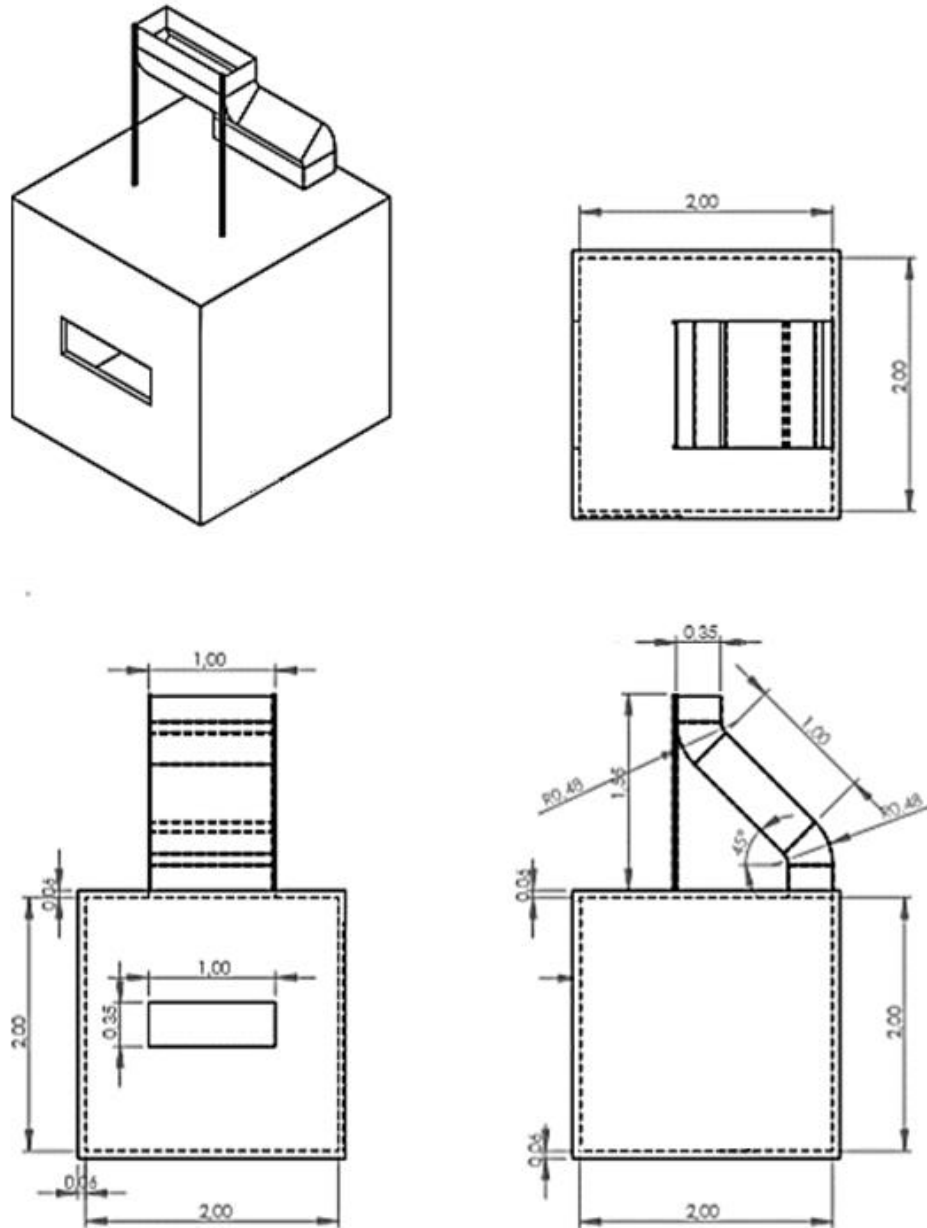
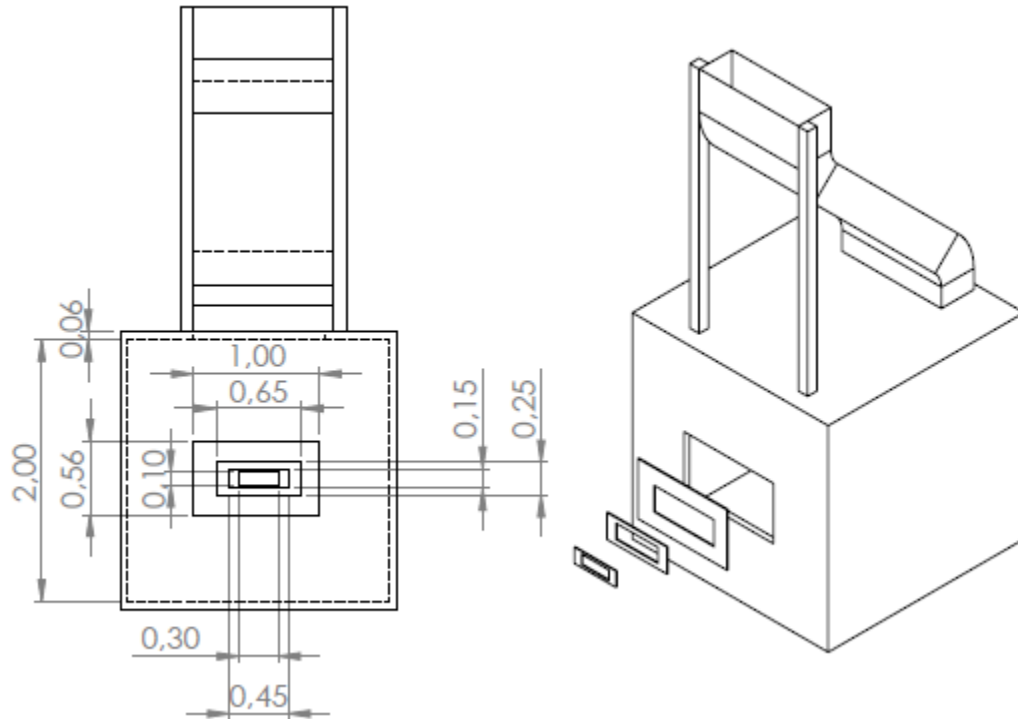


Figura 7. Plano de la distribución de la abertura de entrada chimenea solar.



#### 4.2 Selección de materiales

Para el captador solar se usa un colector de placa plana de la marca Chromagen debido a que la chimenea solar necesita una superficie de alta absorptividad y baja emisividad, también se necesita un aislante térmico en este caso lana mineral que se pone debajo de la placa de absorción con el objetivo de que el captador no pierda calor, por el contrario requiere que lo transmita al interior del aire de la chimenea, el vidrio permite que la radiación directa pase fácilmente y ayuda a que se presente el efecto invernadero al interior de la chimenea, la radiación pasa el vidrio y llega a la placa de absorción en donde esta absorbe el 90% aproximadamente de la radiación y no la refleja debido a su baja emisividad que es cercana a cero. Para la chimenea la estructura se hizo en lámina galvanizada y siguiendo los planos. La selección de materiales estuvo basada en una matriz de decisión que generó la elección debido a factores económicos, de disponibilidad en el mercado colombiano y de eficiencia energética.

### 4.3 Construcción y montaje

En un taller de ornamentación se hizo el canal de la chimenea teniendo en cuenta los planos y se puso la lana mineral y la placa de absorción. A continuación, se observa la estructura de lámina galvanizada.

Figura 8. Estructura de lámina galvanizada y lana mineral



Luego se instaló el vidrio y se pintó de negro para que la chimenea quedara lista para su instalación sobre el recinto.

Figura 9. Vidrio y pintura negra de la estructura de la chimenea solar



La construcción del recinto consta de paredes hechas en bloque H10, y una plancha sobre las paredes de un grosor de 6 centímetros. Luego del secado se hizo el montaje del canal de la

chimenea sobre la placa y finalmente se realizó el acabado final del recinto como se muestra en la Figura 10 y 11.

Figura 10. Construcción recinto de la Chimenea Solar



Figura 11. Construcción recinto de la Chimenea Solar



#### 4.4 Evaluación experimental

Teniendo en cuenta los factores más influyentes en el confort térmico como es la humedad relativa, velocidad y temperatura del aire del Municipio del Socorro que está a 1300 m s. n. m. se

calcula el confort térmico con el método del IDEAM, se toma la ecuación 4 para elevaciones entre 1.000 y 2.000 metros de la siguiente manera:

$$IC = (34.5 - T_a) (0.05 + 0.06 \sqrt{v} + Rh/180) \quad (4)$$

Para los cálculos del IC en Socorro se utilizó los datos promedios de  $v=1.11\text{m/s}$ ,  $T_a=25^\circ\text{C}$  y una  $Rh=76\%$ .

$$10.52 = (34.5 - 25) (0.05 + 0.06 \sqrt{v} + 0.76/180) \quad (4)$$

Siendo IC el índice de confort (adimensional),  $T_a$  la temperatura del aire en ( $^\circ\text{C}$ ),  $v$  la velocidad del aire en (m/s) y  $Rh$  la humedad relativa en (%). La Tabla 1 muestra la clasificación del IC según la sensación experimentada.

El IC es igual a 1.134 el cual tomando como referencia la tabla 1 da como resultado que la sensación experimentada es muy caluroso.

Para saber si la chimenea cumple con la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 se usó la aplicación CBE Thermal Comfort Tool, esta aplicación pertenece al Center For The Built Environment (Centro para el entorno construido) un centro de investigación de la Universidad de California, Berkeley (Tartarini, Schiavon, Cheung, & Hoyt, 2020).

Esta aplicación utiliza el método gráfico de zona de confort utilizando el modelo PMV (voto medio previsto) que es un índice que predice el valor medio de los votos de sensación térmica de un grupo de personas en una escala de sensación térmica, esta escala desarrollada por la ASHRAE Standard 55-2017 se define de la siguiente manera:

+3 Caliente

+2 Cálido

+1 ligeramente cálido

0 Neutral

-1 Ligeramente fresco

-2 Fresco

-3 Frío

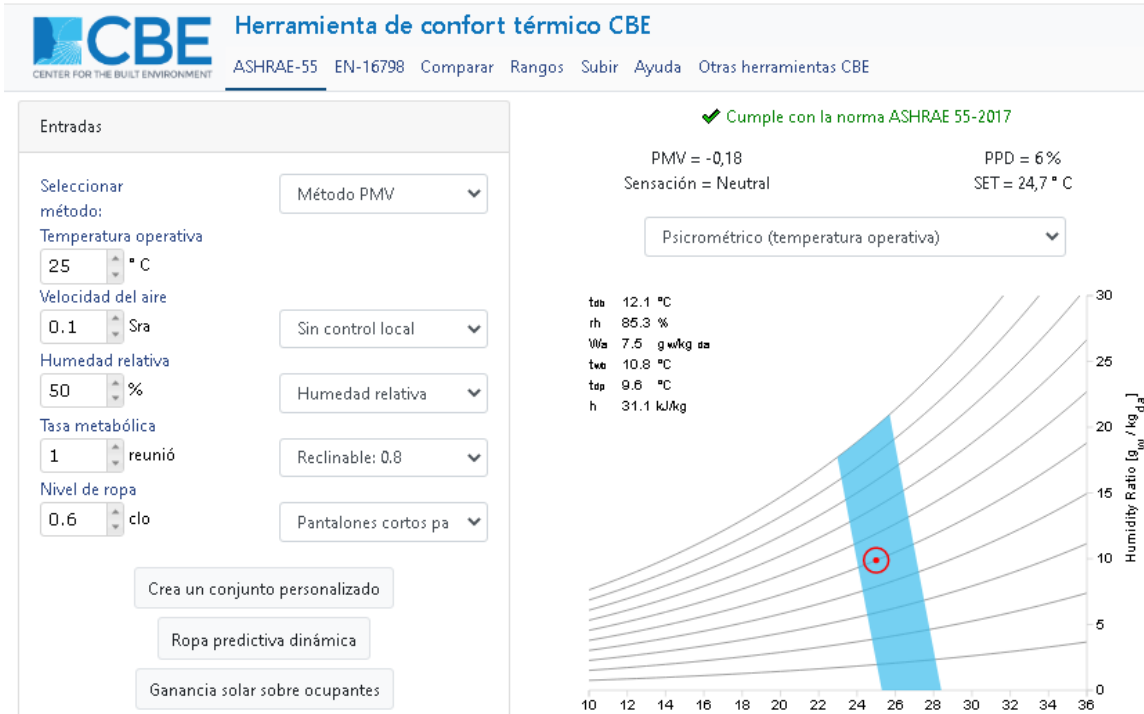
El porcentaje previsto de insatisfechos (PPD) es el índice que establece una predicción cuantitativa del porcentaje de personas insatisfechas térmicamente determinado a partir del PMV.

El entorno térmico aceptable para comodidad general según la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 se da cuando  $PPD < 10$  con un rango de PMV entre  $-0,5 < PMV < 0,5$ .

El modelo PMV se calcula a través de mediciones de parámetros físicos del entorno como lo son la temperatura del aire y la temperatura radiante, la tasa metabólica, el aislamiento de la ropa, la velocidad del aire y la humedad relativa. Si el valor PMV resultante generado está dentro del rango recomendado entonces las condiciones están dentro de la zona de confort.

La aplicación utiliza factores como la velocidad de aire, la humedad relativa, la tasa metabólica que se encuentra en un rango de 0,8 a 4,0 la cual asigna un valor según la actividad que está realizando la persona que se encuentra dentro del recinto siendo 0,8 reclinado y 4,0 manipulación de sacos de 45kg. Otro factor de esta aplicación es el nivel de ropa el cual está en un rango de 0,36 a 1,0, siendo 0,36 pantalones cortos para caminar, camisa manga corta y 1,0 ropa típica de invierno.

Figura 12. Pantalla principal software CBE Thermal Comfort



Por último, se determina un factor que tiene en cuenta la temperatura operativa ( $T_o$ ) que es igual al promedio de la temperatura radiante media ( $T_{rm}$ ) y la temperatura seca ( $T_s$ ), la temperatura radiante media se obtiene a partir de los valores medidos de la temperatura seca, la temperatura de globo y la velocidad relativa del aire. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE, 2009)

$$T_{rm} = T_{glo} + 1,9 \sqrt{v} (T_{glo} - T_s). \text{ Método Fanger. (6) (Castejón Vilella , 1983)}$$

Para la toma de datos se hizo diferentes configuraciones de la abertura de entrada como se muestra en la Figura 6. Plano de la distribución de la abertura de entrada chimenea solar., haciendo toma de datos desde las 9:30am hasta las 2:30pm para cada una de estas configuraciones.

#### 4.5 Evaluación costo del prototipo de la chimenea

A continuación, se muestra la relación de costos asumidos por el autor y la universidad para llevar a cabo la realización del proyecto, teniendo en cuenta la selección de materiales, el sistema de adquisición de datos y las especificaciones del proyecto.

Tabla 2. Costos de la construcción de la chimenea solar

COSTOS CHIMENEA SOLAR				
ítem	cant	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	1	Lamina galvanizada calibre 20	\$ 360.000,00	\$ 360.000,00
2	1	Colector solar de placa plana	\$ 800.000,00	\$ 800.000,00
3	1	Mano de obra soldadura	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
4	1	Estructura de soporte (materiales)	\$ 105.000,00	\$ 105.000,00
5	1	Soldadura de estructura	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
6	1	Gorro chino (materiales e instalación)	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
7	1	Mano de obra instalación chimenea	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
8	3	Pintura negro mate termoresistente	\$ 10.000,00	\$ 30.000,00
9	1	Acarreos	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00
10	1	Silicona de alta temperatura	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
11	1	Aislante térmico	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
12	1	Gastos varios(tornillería, pistola de silicona y otros)	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 1.705.000,00</b>

Tabla 3. Costos del recinto 2x2

COSTOS RECINTO 2x2				
ítem	cant	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	230	Bloques H-10 (rojos)	\$ 950,00	\$ 218.500,00
2	20	1/2 h-10 (rojos)	\$ 475,00	\$ 9.500,00
3	6,5	Bultos de cemento Corona	\$ 23.600,00	\$ 153.400,00
4	0,25	Metro de arena amarilla	\$ 78.000,00	\$ 19.500,00
5	0,25	Soldadura de estructura	\$ 84.000,00	\$ 21.000,00
6	3	Bultos triturado	\$ 4.000,00	\$ 12.000,00
7	15	Sacos	\$ 550,00	\$ 8.250,00
8	2	Metros de tabla (0.25X3) mts	\$ 50.000,00	\$ 100.000,00
9	0,5	Malla de 4 mm (electrosoldada)	\$ 84.000,00	\$ 42.000,00
10	1	Mano de obra	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
11	1	Galón Corona fachada flexible	\$ 84.900,00	\$ 84.900,00
12	2	Latas de arena negra	\$ 2.000,00	\$ 4.000,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 1.073.050,00</b>

Tabla 4. Gastos varios

GASTOS VARIOS				
ítem	cant	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	1	Papelería (fotocopias, empastes e impresiones)	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
2	1	Gastos de transporte	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
3	1	Otros gastos e imprevistos	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
4	1	Sistema de adquisición de datos	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00
5	200	Horas trabajadas en el computador	\$ 800,00	\$ 160.000,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 2.220.000,00</b>

Tabla 5. Costos intelectuales

COSTOS INTELECTUALES				
ítem	cant	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	1	Desarrollo intelectual del proyecto por parte del autor	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
2	1	Asesoría ing Javid Eduardo Quiroga Mendez	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
3	1	Libros y artículos	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 5.000.000,00</b>

Tabla 6. Presupuesto asumido por el autor

COSTOS ASUMIDOS POR EL AUTOR DEL PROYECTO				
ítem	cant	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	1	COSTOS CONSTRUCCIÓN CHIMENEA SOLAR	\$ 1.705.000,00	\$ 1.705.000,00
2	1	Costos del recinto 2x2	\$ 1.073.050,00	\$ 1.073.050,00
3	1	GASTOS VARIOS	\$ 2.220.000,00	\$ 2.220.000,00
4	1	Desarrollo intelectual del proyecto por parte del autor	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 5.998.050,00</b>

El costo asumido por el autor el proyecto es de \$4.054.400 pesos

Tabla 7. Presupuesto asumido por la universidad

COSTOS ASUMIDO POR LA UNIVERSIDAD				
ítem	cant	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	1	Asesoría ing Javid Eduardo Quiroga Mendez	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
2	1	Libros y artículos	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 4.000.000,00</b>

El costo asumido por la universidad es de \$ 4.000.000 pesos.

Tabla 8. Costo total del proyecto

COSTO TOTAL				
ítem	cant	Descripción	precio	
1	1	Costos intelectuales	\$ 5.000.000,00	
2	1	Costos de la construcción de la chimenea solar	\$ 1.705.000,00	
3	1	Costos del recinto 2x2	\$ 1.073.050,00	
4	1	Gastos varios	\$ 2.220.000,00	
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 9.998.050,00</b>

El costo total del proyecto es de \$ 9.998.050 pesos.

De acuerdo a la tabla 6, el presupuesto asumido por el autor fue de \$ 5.998.050 pesos y el costo asumido por la universidad fue de \$ 4.000.000 pesos como se observa en la tabla 7, teniendo así un costo total del proyecto de \$9.998.050 pesos.

#### 4.6 Presupuesto opción de aire acondicionado

Se plantea el escenario de una oficina de  $9 m^2$  con un aire acondicionado Classic On-off 9.000 BTU/h marca Samsung, el cual funcionara durante los días laborales, estos corresponden a un promedio de 22 días al mes con una intensidad horaria de 9 horas diarias

Teniendo en cuenta a capacidad y el EER se calcula la potencia instalada requerida para el funcionamiento del aire acondicionado se halla con la siguiente formula:

$$\text{potencia} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{EER}} \quad (7)$$

$$\text{potencia} = 2,64/2,84$$

$$\text{potencia} = 0.9296 \text{ kW}$$

Con la potencia requerida del aire calculamos el consumo de kWh mensual del aire acondicionado de la siguiente manera:

$$\text{Consumo mes} = 22\text{días} * 9\text{h} * 0,9296 \quad (8)$$

$$\text{Consumo mes} = 184,06 \text{ kWh}$$

Teniendo en cuenta que el costo del kWh promedio según la empresa ESSA es de \$530,79, se calculó el costo del consumo anual

$$\text{Consumo anual} = 184,06 \text{ kWh} * 12 \quad (9)$$

$$\text{Consumo anual} = 2208,73\text{kWh}$$

$$\text{Costo anual} = 2208,73 * 530,79$$

$$\text{Costo anual} = \$ 1.172.351,34$$

Con lo anterior, se muestra una tabla con una proyección a 5 años de los costos del aire acondicionado con un valor agregado al primer año por la compra e instalación del aire acondicionado el cual tiene un costo en el mercado \$979.900, con una capacidad de 2.64 KW y el costo de la instalación de promedio \$500.000, para un valor total de \$1.479.000

Teniendo en cuenta, los precios históricos del kWh del 2016 al 2020 se proyecta los costos del 2021 al 2030 considerando el aumento del kWh anual, haciendo una regresión lineal como se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Regresión lineal 2016 a 2020

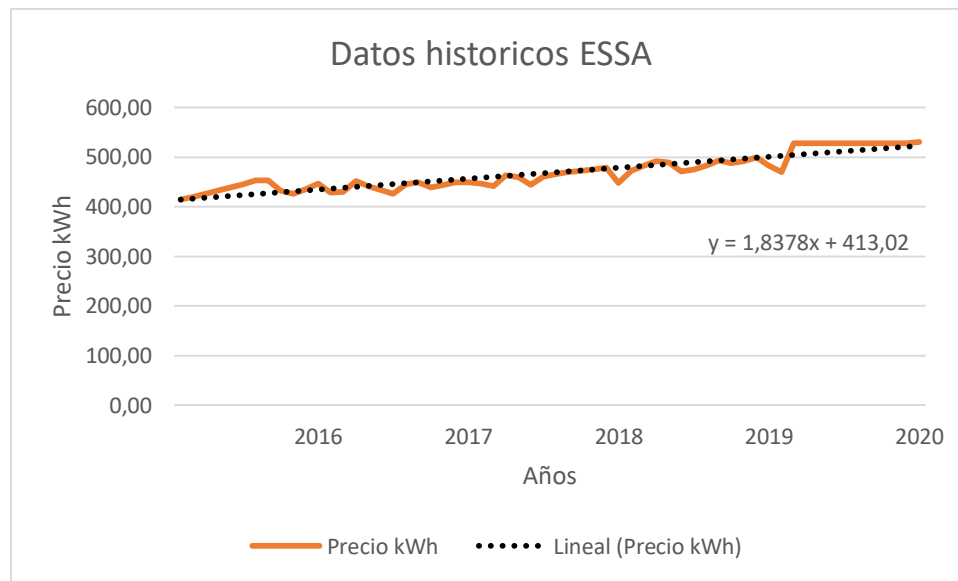
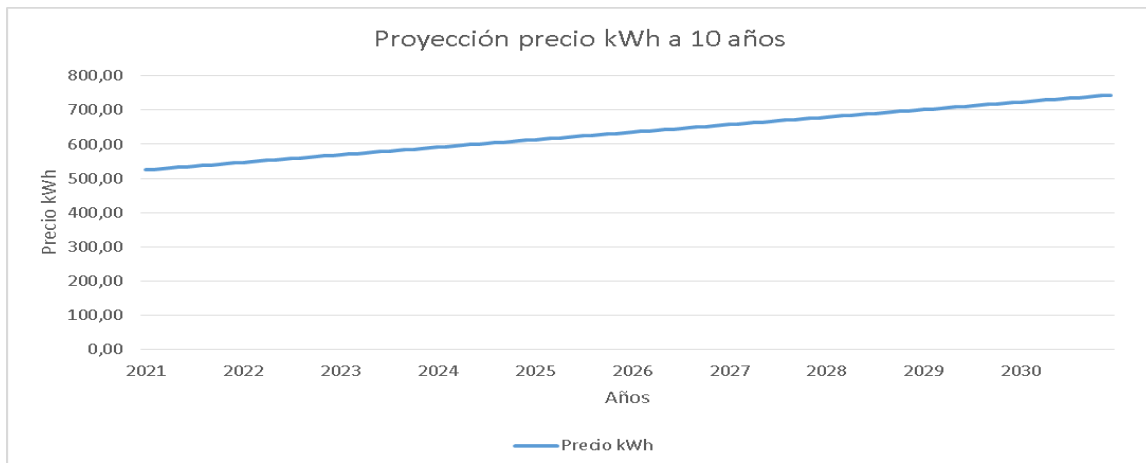


Figura 14. Pronostico 2021 a 2030



A continuación, se presenta una tabla con los costos anuales durante 10 años ya que la vida útil es aproximadamente entre 10 a 12 años. Teniendo como referencia la línea de tendencia se asumió para cada año el precio kWh del mes de diciembre del año anterior y un mantenimiento preventivo cada 6 meses (COPCO ingeniería, 2021).

Tabla 9. Costos aire acondicionado a 10 años.

AÑOS	2021	2022	2023	2024	2025
Costo anual kWh	\$ 1.172.351,34	\$ 1.204.491,22	\$ 1.253.201,37	\$ 1.301.911,52	\$ 1.350.621,68
Mantenimiento	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
Compra equipo	\$ 979.900,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo instalación	\$ 500.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>	<b>\$ 2.802.251,34</b>	<b>\$ 1.354.491,22</b>	<b>\$ 1.403.201,37</b>	<b>\$ 1.451.911,52</b>	<b>\$ 1.500.621,68</b>
AÑOS	2026	2027	2028	2029	2030
Costo anual	\$ 1.399.331,83	\$ 1.448.041,98	\$ 1.496.752,13	\$ 1.545.462,29	\$ 1.594.172,44
Mantenimiento	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>	<b>\$ 1.549.331,83</b>	<b>\$ 1.598.041,98</b>	<b>\$ 1.646.752,13</b>	<b>\$ 1.695.462,29</b>	<b>\$ 1.744.172,44</b>

Teniendo en cuenta la tabla 2 y la tabla 9 donde se obtuvo un costo total del sistema de aire acondicionado para un recinto de  $9m^2$  de \$ 16.746.237,80 durante los 10 años y para el prototipo de la chimenea solar un costo de \$1.705.000,00 más un mantenimiento anual de \$50.000,00 con un costo total de \$2.205.000,00 para este mismo periodo, observando de manera directa su viabilidad económica.

## 5. Presentación y análisis de resultados

### 5.1 Sistema de adquisición de datos

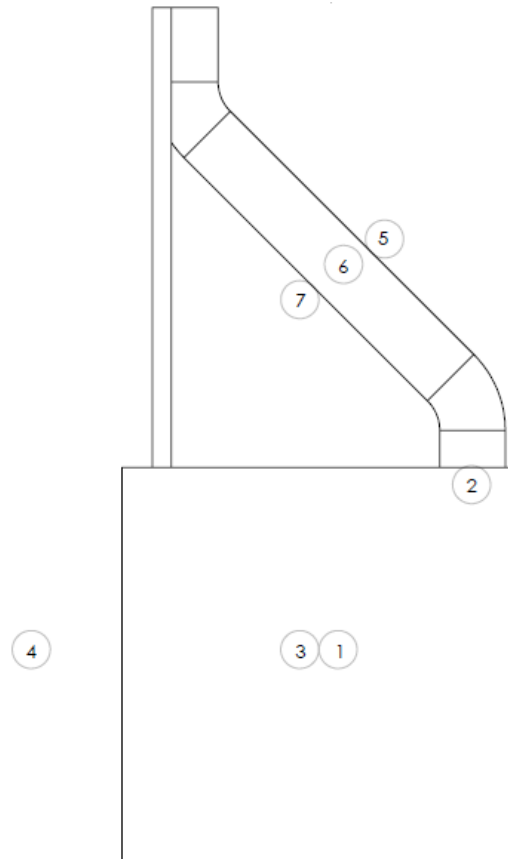
A continuación, se presentan los dispositivos que se utilizaron para la adquisición de datos como se muestra en la tabla 9 y su distribución en la chimenea solar como se observa en la figura 15.

Tabla 9. Dispositivos de adquisición de datos

Ítem	Nombre	Analiza
1	Anemómetro UT 363 BT	Temperatura seca, velocidad del aire
2	Anemómetro UT 363 BT	Velocidad del aire del canal de la chimenea
3	Sensor DS18B20 y flotador de cobre	Temperatura de globo
4	Termocupla MAX 667	Temperatura ambiente
5	Sensor DS18B20	Temperatura cubierta de vidrio
6	Sensor DS18B20	Temperatura del aire al interior del canal de la chimenea
7	Sensor DS18B20	Temperatura de la placa de absorción
8	Piranómetro TSE 1333	Radiación global

El piranómetro se ubicó a un lado de la chimenea solar con la misma inclinación del ángulo del canal de la chimenea solar de tal manera que el recinto o la chimenea solar no presente sombras y que los datos no fueran erróneos.

Figura 15. Distribución de los dispositivos de adquisición de datos en la chimenea solar

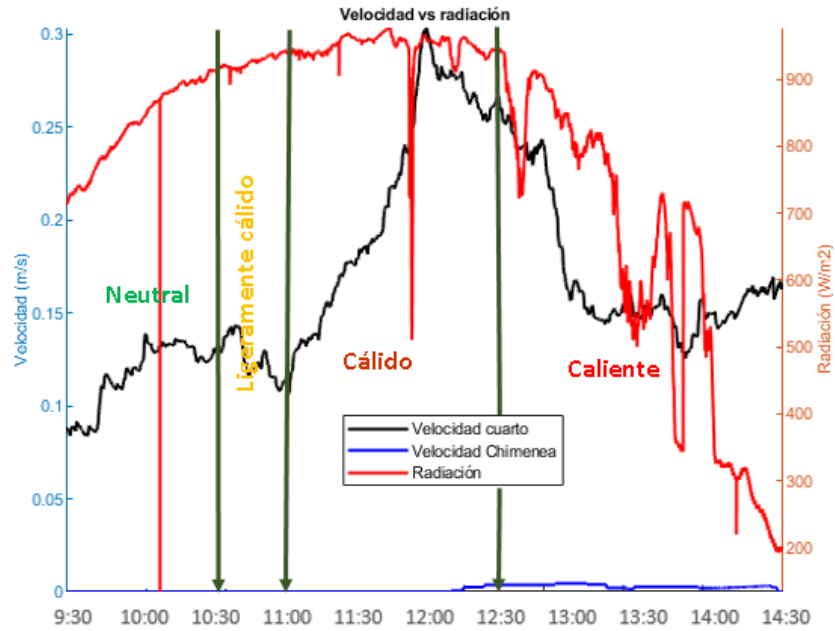


## 5.2 Análisis de datos

Para el análisis de datos es necesario entender que son diversas variables las que se tienen en cuenta, por tal motivo se analizarán los temas de radiación solar, velocidad del viento y la temperatura operativa haciendo énfasis en la variación de las áreas y su respectiva relación con la misma, no obstante cabe aclarar que se toman algunas variables como constantes con fines de comparar y delimitar la investigación, otro factor importante es la nubosidad que se presenta durante el transcurso del día haciendo que la radiación tenga un cambio considerable, adicionalmente las gráficas mostrarán la sensación térmica según el método gráfico de zona de confort de la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 aplicando el método PMV en la aplicación CBE Thermal Comfort Tool.

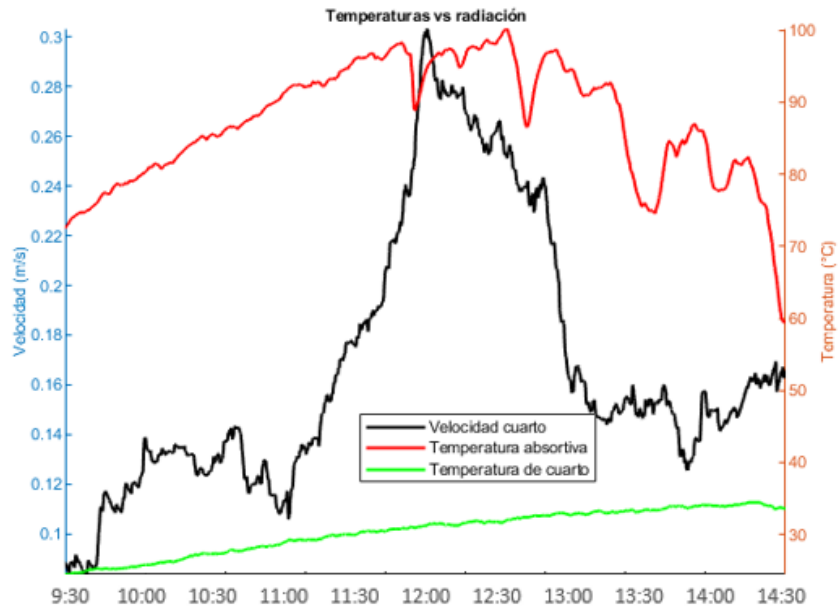
Datos 28 de enero área de la abertura de entrada de 0.3mx0.1m

Figura 16. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.



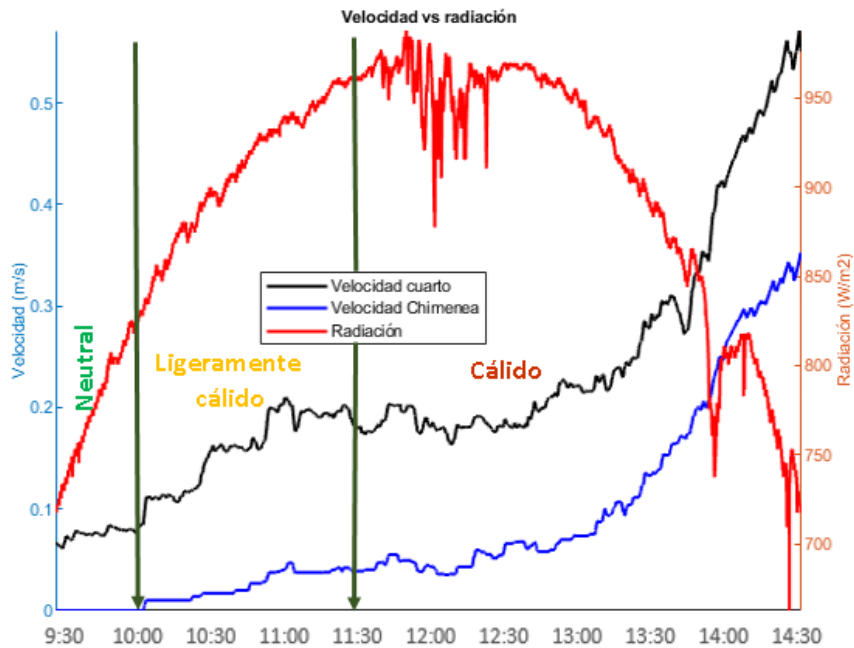
En la figura 16 se observa el punto máximo de tendencia de radiación global y de velocidad del viento al medio día, además se observa una baja velocidad de aire en el canal de la chimenea con el área de 0.3mx 0.1m.

Figura 17. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa de absorción



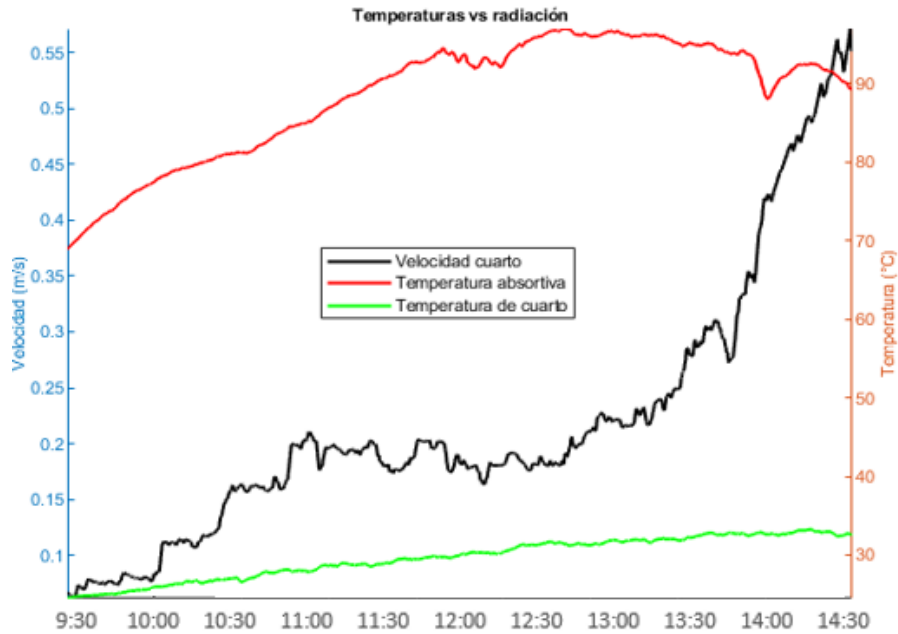
Datos 29 de enero área de la abertura de entrada de 0.45mx0.15m

Figura 18. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.



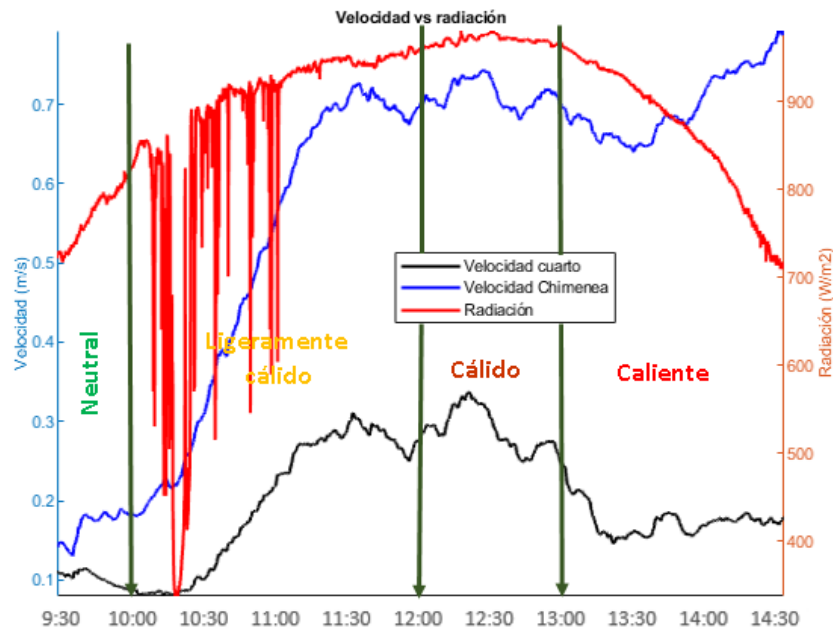
En la figura 18 se observa como la velocidad del canal aumenta al ampliar el área de la abertura de entrada y al final de la prueba se ve un gran aumento en las velocidades con la influencia del aumento de la velocidad del viento en el exterior del recinto.

Figura 19. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa de absorción.



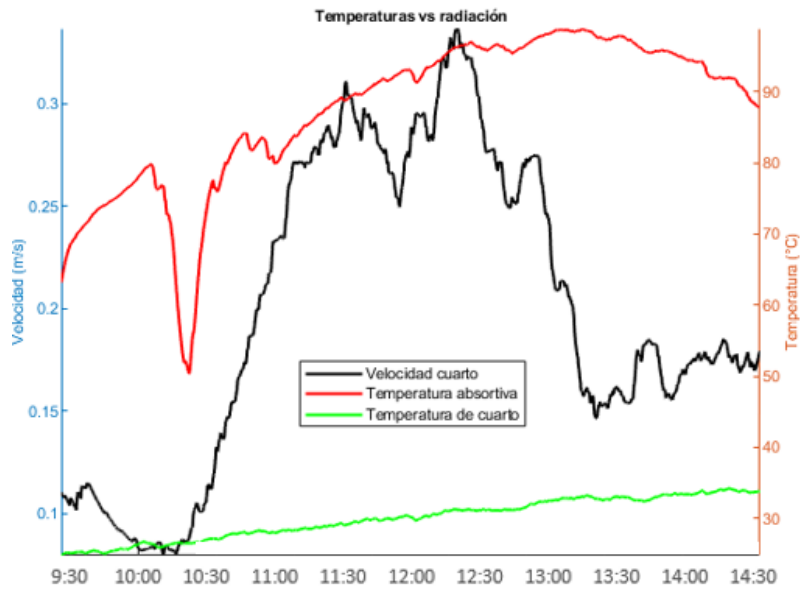
Datos 30 de enero área de la abertura de entrada de 0.65mx0.25m

Figura 20. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.



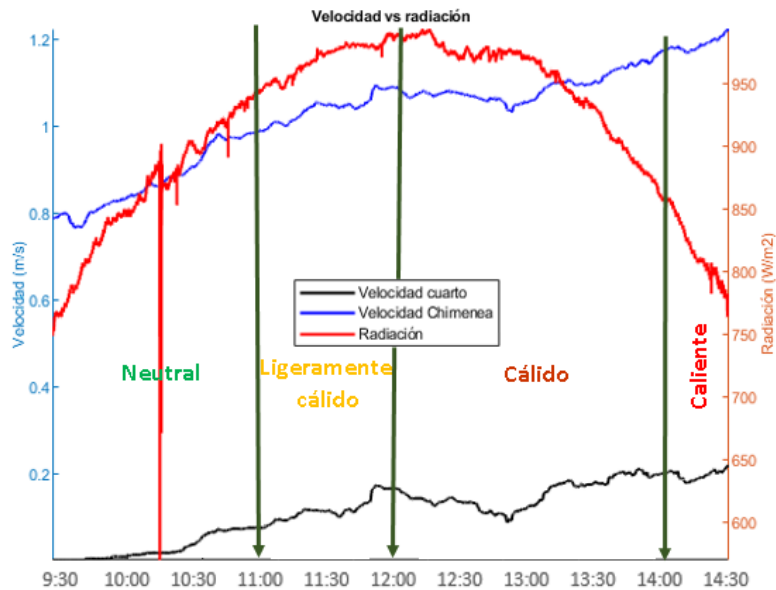
En la figura 20 se ve claramente como es la incidencia de la radiación sobre las velocidades del aire al interior del recinto y del canal de la chimenea, ya que después de unos minutos de producirse un descenso en la radiación global la velocidad tiene este mismo efecto.

Figura 21. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa absorción.



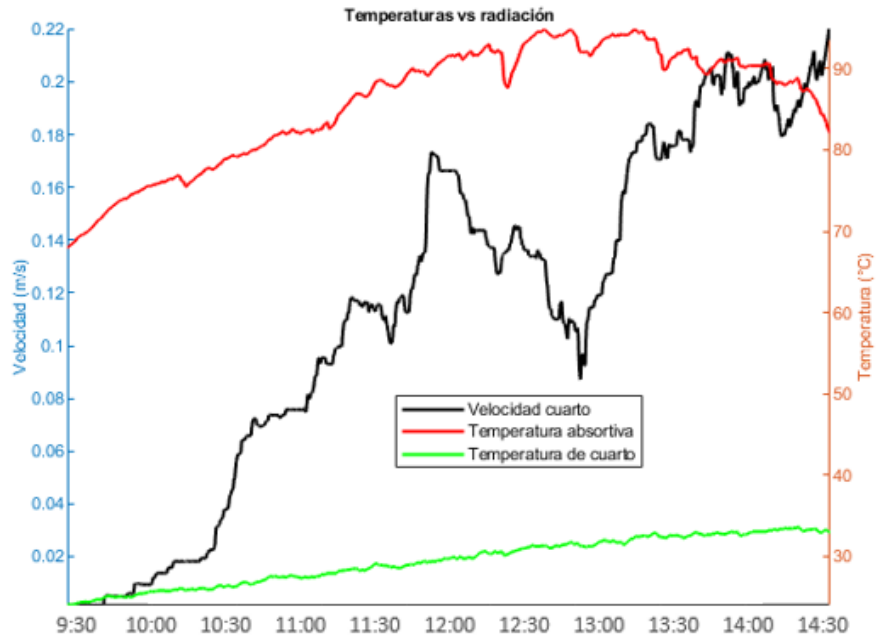
Datos 31 de enero area de la abertura de entrada de 0.96mx0.35m

Figura 22. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.



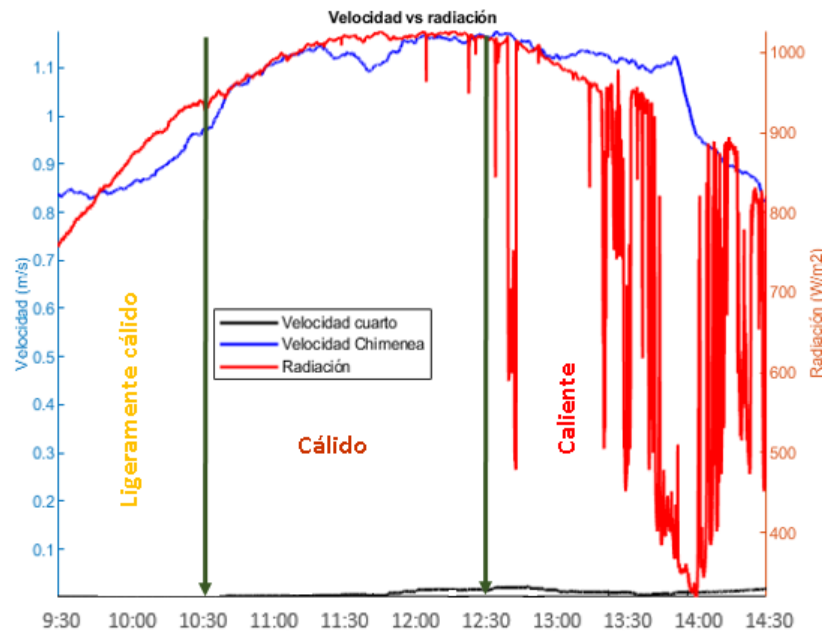
En la figura 22 muestra los puntos más altos de las velocidades después de media día, además se puede observar que después de las 10:15 am la velocidad en la mayoría del tiempo es superior a cero.

Figura 23. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa absorción



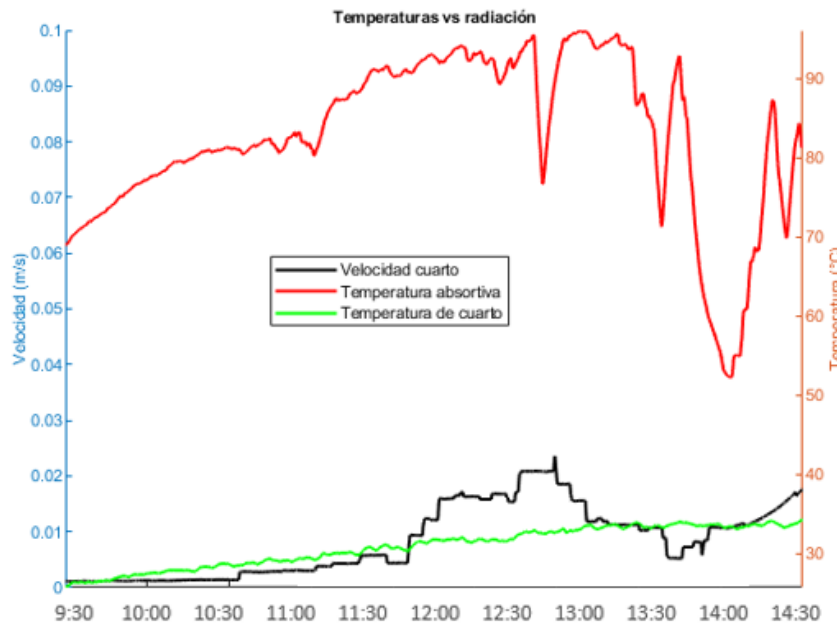
Datos 1 de febrero área de la abertura de entrada de 0.96mx0.56m

Figura 24. Grafica de la media móvil de la velocidad del viento en el canal y el recinto vs radiación global.



Como se observa en figura 24 anterior la velocidad al interior del recinto es muy baja pero la velocidad del canal es alta esto se debe a que el área de la abertura de entrada es mayor al área del canal de la chimenea, además se observa que el comportamiento de las velocidades es acorde a la radiación global.

Figura 25. Grafica media móvil de la velocidad del aire en el recinto vs temperatura operativa y temperatura placa de absorción



A continuación, se muestra las diferentes configuraciones utilizando la aplicación CBE Thermal Comfort Tool, para las diferentes áreas de la abertura de entrada verificando si cumple la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 utilizando promedios cada 30 minutos de la velocidad del aire al interior del recinto, la temperatura operativa (To) y una humedad relativa del 76%.

Tabla 10. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 28 de enero y un área de 0.3mx0.1m

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Indice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,000	24,405	1,4	0,57	0,43	9	X		Neutral
10:00 a. m.	0,089	24,863	1,4	0,57	0,28	7	X		Neutral
10:30 a. m.	0,150	26,215	1,4	0,57	0,47	10	X		Neutral
11:00 a. m.	0,100	27,859	1,4	0,57	1,03	28		X	Ligeramente cálido
11:30 a. m.	0,119	29,450	1,4	0,57	1,42	47		X	Ligeramente cálido
12:00 p. m.	0,234	30,732	1,4	0,57	1,57	55		X	Cálido
12:30 p. m.	0,368	31,751	1,4	0,57	1,71	62		X	Cálido
1:00 p. m.	0,159	32,566	1,4	0,57	2,09	81		X	Cálido
1:30 p. m.	0,165	33,306	1,4	0,57	2,42	92		X	Cálido
2:00 p. m.	0,133	33,960	1,4	0,57	2,68	96		X	Caliente
2:30 p. m.	0,166	34,502	1,4	0,57	2,78	98		X	Caliente

Tabla 11. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 28 de enero y un área de 0.3mx0.1m

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,000	24,405	1,1	0,57	0,05	5	X		Neutral
10:00 a. m.	0,089	24,863	1,1	0,57	0,16	6	X		Neutral
10:30 a. m.	0,150	26,215	1,1	0,57	0,43	9	X		Neutral
11:00 a. m.	0,100	27,859	1,1	0,57	1,15	33		X	Ligeramente cálido
11:30 a. m.	0,119	29,450	1,1	0,57	1,63	58		X	Cálido
12:00 p. m.	0,234	30,732	1,1	0,57	1,72	63		X	Cálido
12:30 p. m.	0,368	31,751	1,1	0,57	1,86	70		X	Cálido
1:00 p. m.	0,159	32,566	1,1	0,57	2,57	95		X	Caliente
1:30 p. m.	0,165	33,306	1,1	0,57	2,79	98		X	Caliente
2:00 p. m.	0,133	33,960	1,1	0,57	3,14	100		X	Caliente
2:30 p. m.	0,166	34,502	1,1	0,57	3,23	100		X	Caliente

Tabla 12. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 29 de enero y un área de 0.45mx0.15m.

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,000	24,405	1,4	0,57	0,43	9	X		Neutral
10:00 a. m.	0,067	24,876	1,4	0,57	0,35	8	X		Neutral
10:30 a. m.	0,092	26,206	1,4	0,57	0,62	13		X	Ligeramente cálido
11:00 a. m.	0,201	27,413	1,4	0,57	0,69	15		X	Ligeramente cálido
11:30 a. m.	0,204	28,654	1,4	0,57	1,02	27		X	Ligeramente cálido
12:00 p. m.	0,161	29,651	1,4	0,57	1,38	45		X	Ligeramente cálido
12:30 p. m.	0,204	30,717	1,4	0,57	1,61	57		X	Cálido
1:00 p. m.	0,159	31,693	1,4	0,57	1,98	76		X	Cálido
1:30 p. m.	0,283	32,275	1,4	0,57	1,96	75		X	Cálido
2:00 p. m.	0,301	32,973	1,4	0,57	2,02	78		X	Cálido
2:30 p. m.	0,551	33,416	1,4	0,57	1,95	75		X	Cálido

Tabla 13. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 29 de enero y un área de 0.45mx0.15m.

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,000	24,405	1,1	0,57	0,05	5	X		Neutral
10:00 a. m.	0,067	24,876	1,1	0,57	0,18	6	X		Neutral
10:30 a. m.	0,092	26,206	1,1	0,57	0,6	13		X	Ligeramente cálido
11:00 a. m.	0,201	27,413	1,1	0,57	0,67	14		X	Ligeramente cálido
11:30 a. m.	0,204	28,654	1,1	0,57	1,08	29		X	Ligeramente cálido
12:00 p. m.	0,161	29,651	1,1	0,57	1,54	53		X	Cálido
12:30 p. m.	0,204	30,717	1,1	0,57	1,79	66		X	Cálido
1:00 p. m.	0,159	31,693	1,1	0,57	2,26	87		X	Cálido
1:30 p. m.	0,283	32,275	1,1	0,57	2,18	84		X	Cálido
2:00 p. m.	0,301	32,973	1,1	0,57	2,42	92		X	Cálido
2:30 p. m.	0,551	33,416	1,1	0,57	2,32	89		X	Cálido

Tabla 14. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 30 de enero y un área de 0.65mx0.25m.

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,088	24,615	1,4	0,57	0,22	6	X		Neutral
10:00 a. m.	0,110	25,237	1,4	0,57	0,31	7	X		Neutral
10:30 a. m.	0,063	26,347	1,4	0,57	0,75	17		X	Ligeramente cálido
11:00 a. m.	0,139	27,513	1,4	0,57	0,84	20		X	Ligeramente cálido
11:30 a. m.	0,297	28,540	1,4	0,57	0,85	20		X	Ligeramente cálido
12:00 p. m.	0,291	29,697	1,4	0,57	1,19	35		X	Ligeramente cálido
12:30 p. m.	0,274	30,749	1,4	0,57	1,51	52		X	Ligeramente cálido
1:00 p. m.	0,315	31,585	1,4	0,57	1,71	63		X	Cálido
1:30 p. m.	0,153	32,773	1,4	0,57	2,28	88		X	Cálido
2:00 p. m.	0,166	33,185	1,4	0,57	2,38	91		X	Cálido
2:30 p. m.	0,179	33,992	1,4	0,57	2,6	95		X	Caliente

Tabla 15. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 30 de enero y un área de 0.65mx0.25m.

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,088	24,615	1,1	0,57	0,08	5	X		Neutral
10:00 a. m.	0,110	25,237	1,1	0,57	0,27	7	X		Neutral
10:30 a. m.	0,063	26,347	1,1	0,57	0,67	14		X	Ligeramente cálido
11:00 a. m.	0,139	27,513	1,1	0,57	0,9	22		X	Ligeramente cálido
11:30 a. m.	0,297	28,540	1,1	0,57	0,84	20		X	Ligeramente cálido
12:00 p. m.	0,291	29,697	1,1	0,57	1,25	38		X	Ligeramente cálido
12:30 p. m.	0,274	30,749	1,1	0,57	1,65	59		X	Cálido
1:00 p. m.	0,315	31,585	1,1	0,57	1,88	71		X	Cálido
1:30 p. m.	0,153	32,773	1,1	0,57	2,54	94		X	Caliente
2:00 p. m.	0,166	33,185	1,1	0,57	2,75	97		X	Caliente
2:30 p. m.	0,179	33,992	1,1	0,57	3	99		X	Caliente

Tabla 16. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 31 de enero y un área de 0.96mx0.35m.

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,059	23,773	1,4	0,57	0,09	5	X		Neutral
10:00 a. m.	0,067	24,488	1,4	0,57	0,25	6	X		Neutral
10:30 a. m.	0,092	25,720	1,4	0,57	0,49	10	X		Neutral
11:00 a. m.	0,201	26,873	1,4	0,57	0,55	11		X	Ligeramente cálido
11:30 a. m.	0,204	28,005	1,4	0,57	0,85	20		X	Ligeramente cálido
12:00 p. m.	0,161	29,166	1,4	0,57	1,25	38		X	Ligeramente cálido
12:30 p. m.	0,204	30,286	1,4	0,57	1,48	50		X	Ligeramente cálido
1:00 p. m.	0,159	31,386	1,4	0,57	1,89	71		X	Cálido
1:30 p. m.	0,283	32,290	1,4	0,57	1,97	75		X	Cálido
2:00 p. m.	0,301	32,972	1,4	0,57	2,02	78		X	Cálido
2:30 p. m.	0,551	33,537	1,4	0,57	1,99	76		X	Caliente

Tabla 17. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 31 de enero y un área de 0.96mx0.35m.

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,059	23,773	1,1	0,57	-0,16	6	X		Neutral
10:00 a. m.	0,067	24,488	1,1	0,57	0,05	5	X		Neutral
10:30 a. m.	0,092	25,720	1,1	0,57	0,44	9	X		Neutral
11:00 a. m.	0,201	26,873	1,1	0,57	0,49	10	X		Neutral
11:30 a. m.	0,204	28,005	1,1	0,57	0,86	21		X	Ligeramente cálido
12:00 p. m.	0,161	29,166	1,1	0,57	1,38	44		X	Ligeramente cálido
12:30 p. m.	0,204	30,286	1,1	0,57	1,64	58		X	Cálido
1:00 p. m.	0,159	31,386	1,1	0,57	2,15	83		X	Cálido
1:30 p. m.	0,283	32,290	1,1	0,57	2,19	85		X	Cálido
2:00 p. m.	0,301	32,972	1,1	0,57	2,42	91		X	Cálido
2:30 p. m.	0,551	33,537	1,1	0,57	2,37	90		X	Caliente

Tabla 18. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.4 del 1 de febrero y un área de 0.96mx0.56m.

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,000	25,655	1,4	0,57	0,75	17		X	Ligeramente cálido
10:00 a. m.	0,001	26,444	1,4	0,57	0,96	24		X	Ligeramente cálido
10:30 a. m.	0,001	27,747	1,4	0,57	1,31	41		X	Ligeramente cálido
11:00 a. m.	0,001	28,821	1,4	0,57	1,6	56		X	Cálido
11:30 a. m.	0,005	29,765	1,4	0,57	1,85	70		X	Cálido
12:00 p. m.	0,005	30,995	1,4	0,57	2,08	80		X	Cálido
12:30 p. m.	0,019	31,955	1,4	0,57	2,44	92		X	Cálido
1:00 p. m.	0,013	32,788	1,4	0,57	2,68	96		X	Caliente
1:30 p. m.	0,018	33,658	1,4	0,57	2,92	99		X	Caliente
2:00 p. m.	0,004	33,882	1,4	0,57	3	99		X	Caliente
2:30 p. m.	0,018	34,037	1,4	0,57	3,03	99		X	Caliente

Tabla 19. Combinación índice de ropa 0.57 y tasa metabólica 1.1 del 1 de febrero y un área de 0.96mx0.56m.

Hora	Velocidad (m/s)	To (°C)	Tasa metabólica	Índice de ropa	PMV	PPD (%)	CUMPLE	NO CUMPLE	Sensación
9:30 a. m.	0,000	25,655	1,1	0,57	0,48	10		X	Ligeramente cálido
10:00 a. m.	0,001	26,444	1,1	0,57	0,74	17		X	Ligeramente cálido
10:30 a. m.	0,001	27,747	1,1	0,57	1,19	35		X	Ligeramente cálido
11:00 a. m.	0,001	28,821	1,1	0,57	1,55	54		X	Cálido
11:30 a. m.	0,005	29,765	1,1	0,57	1,87	71		X	Cálido
12:00 p. m.	0,005	30,995	1,1	0,57	2,29	88		X	Cálido
12:30 p. m.	0,019	31,955	1,1	0,57	2,6	95		X	Cálido
1:00 p. m.	0,013	32,788	1,1	0,57	2,88	98		X	Caliente
1:30 p. m.	0,018	33,658	1,1	0,57	3,16	100		X	Caliente
2:00 p. m.	0,004	33,882	1,1	0,57	3,24	100		X	Caliente
2:30 p. m.	0,018	34,037	1,1	0,57	3,29	100		X	Caliente

Teniendo en cuenta las tablas que se obtuvieron a partir de las combinaciones realizadas en la aplicación CBE Thermal Comfort Tool, se puede observar que en las áreas de 0.3mx0.1m, 0.45mx0.15m y 0.65mx0.25m las sensaciones que más predominan son ligeramente cálido y cálido, en el área 0.96mx0.35m del día 31 de enero es el área donde más veces se cumplió la norma con una sensación neutral, mientras que el área de 0.96mx0.56m no cumplió en ningún momento la norma y por el contrario tuvo una sensación caliente en gran parte del tiempo.

## 6. Conclusiones

Se construyó un prototipo de chimenea solar con un recinto de 2m x 2m x 2m en la vía Socorro – Bucaramanga km 9, este prototipo busca medir el desempeño de la chimenea y la relación directa del área de entrada de aire y su relación con el ambiente de confort mediante un sistema de ventilación natural.

Se puede observar que entre mayor sea el área de la abertura de entrada habrá una mayor velocidad del aire en el canal de la chimenea, aunque cuando el área de la abertura de entrada supera el área del canal de la chimenea la velocidad del aire en el recinto disminuye considerablemente haciendo que estas áreas no sean funcionales para tener un confort térmico al interior del recinto.

Teniendo en cuenta las diferentes combinaciones realizadas en la aplicación CBE Thermal Comfort Tool, la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 se cumple durante ciertos periodos de tiempo que varían, dando como la mejor área de la abertura de 0.96mx0.35m la cual es la que cumple la norma ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 por mayor tiempo y muestra menos sensación caliente, con esta investigación se muestra que la chimenea solar puede ser una alternativa para aumentar el confort térmico al interior del recinto aunque cabe aclarar que se necesita de más estudios donde se amplíe el área del captador de la chimenea solar y manteniendo el área del canal y ver si se encuentra un área que cumpla la norma durante todo el día y no aumente tanto los costos.

## **7. Recomendaciones**

Según los costos comparativos entre la chimenea solar y el aire acondicionado, se evidencia que la chimenea tiene un costo menor al del aire, teniendo en cuenta que esta comparación se realizó para un recinto enfocado en los trabajos realizados en una oficina, para la chimenea solar se debe hacer una mayor investigación cambiando las variables del recinto como por ejemplo el uso de computador y demás condiciones que tendría una oficina real, para tener datos más reales del confort térmico que habrá en el recinto, también se recomienda usar un anemómetro el cual mida la velocidad en el exterior de la chimenea para verificar si esta tiene incidencia en el flujo de aire al interior de la chimenea. Hay que destacar que la chimenea solar es amigable con el medio ambiente y no utiliza ningún tipo de energía adicional a la radiación solar.

### Referencias

- Afonzo, C., & Oliveira, A. (2000). Solar chimneys: simulation and experiment. *Energy and buildings*, 32, 71-79.
- Ahmed Abdeen, A. A., Serageldin, M. G., Abbas El-Zafarany, I., Ookawara, S., & Murata, R. (2019). Solar chimney optimization for enhancing thermal comfort in Egypt: An experimental and numerical study. *Solar Energy*, 524-536.
- Castejón Vilella , E. (1983). NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación. *Centro de investigación y asistencia técnica*, 1-10. Recuperado el 14 de 12 de 2020, de [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_074.pdf/1a5d4655-f44d-4118-9516-281a452e820d](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_074.pdf/1a5d4655-f44d-4118-9516-281a452e820d)
- COPCO ingeniería. (15 de enero de 2021). *COPCOINGENIERIA*. Obtenido de <https://cutt.ly/yjSGQG6>
- De Oliveira Neves, L., & Marquez da Silva , F. (2018). Simulation and measurements of wind interference on a solar chimney performance. *Solar Energy*, 135-145.
- Giraldo, W., & Herrera , C. (Enero-Junio de 2017). Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial. *Ingeniería y desarrollo*, 35(1), 78-98.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s.f.). *IDEAM*. Recuperado el 5 de enero de 2021, de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>
- Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM. (2017). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climatico*. Bogotá: IDEAM. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <https://n9.cl/mrson2020>

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2009). *Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios*. Madrid: IDAE. Recuperado el 12 de diciembre de 2020, de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10540\\_Comentarios\\_RITE\\_GT7\\_07\\_2200d691.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Comentarios_RITE_GT7_07_2200d691.pdf)
- León Vázquez, J. C. (2013). Parámetros de diseño de la chimenea solar. *Projecte Final de Màster Oficial. UPC, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Departament de Construccions Arquitectòniques*. Recuperado el 3 de 12 de 2020, de <http://hdl.handle.net/2099.1/20593>
- Missenard, A. (1937). *L'Homme et le Climat. Eyrolles*.
- Olgyay, A. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism: Some Chapters Based on Cooperative Research*. Michigan: Princeton University Prss.
- Olgyay, V. (1968). *Clima y arquitectura en Colombia*. Cali. Recuperado el 15 de abril de 2020, de [https://www.academia.edu/33177556/Victor\\_Olgyay\\_ARQUITECTURA\\_Y\\_CLIMA\\_A\\_F\\_pdf](https://www.academia.edu/33177556/Victor_Olgyay_ARQUITECTURA_Y_CLIMA_A_F_pdf)
- Tartarini, F., Schiavon, S., Cheung, T., & Hoyt, T. (2020). *CBE Thermal Comfort Tool: herramienta en línea para cálculos y visualizaciones de confort térmico*. California: ELSEVIER. doi:<https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100563>

Anexos

Anexo A. Tabla de datos día 31 de enero.

TABLA DE DATOS - 31 DE ENERO AREA 0.96m x 0.35m											
Hora	Tabs (°C)	Tvi (°C)	Ta (°C)	Tglo (°C)	Tamb (°C)	Ts (°C)	Vcuarto (m/s)	rad (W/m <sup>2</sup> )	Trm (°C)	To (°C)	Vcanal (m/s)
9:30	67,94	44,06	37,75	23,69	25,10	24,00	0,06	749,22	23,547	23,77	0,40
9:31	68,09	44,40	37,68	23,72	24,98	24,02	0,00	716,01	23,694	23,85	0,40
9:32	68,38	44,69	36,55	23,78	25,24	23,98	0,00	724,74	23,753	23,87	0,40
9:33	68,59	44,79	36,63	23,79	25,55	24,03	0,00	729,20	23,767	23,90	0,00
9:34	68,98	44,72	36,83	23,83	25,83	24,14	0,00	731,45	23,796	23,97	0,00
9:35	69,28	44,59	36,54	23,88	25,80	24,24	0,00	736,91	23,843	24,04	0,00
9:36	69,54	44,58	36,37	23,92	25,57	24,31	0,00	740,37	23,878	24,09	0,00
9:37	69,66	44,55	36,95	23,97	25,93	24,33	0,00	735,73	23,950	24,14	0,00
9:38	69,88	45,00	37,33	24,03	25,92	24,37	0,00	735,14	24,033	24,20	0,00
9:39	70,11	45,08	36,99	24,06	26,32	24,32	0,00	737,82	24,043	24,18	0,00
9:40	70,39	45,02	36,99	24,11	25,89	24,44	0,00	744,26	24,081	24,26	0,40
9:41	70,73	45,11	36,89	24,19	26,13	24,53	0,00	751,13	24,163	24,35	0,40
9:42	71,10	45,46	36,96	24,24	26,06	24,62	0,00	760,46	24,221	24,42	0,40
9:43	71,42	46,15	37,16	24,30	26,20	24,62	0,00	767,71	24,270	24,45	0,40
9:44	71,70	46,40	37,44	24,34	26,87	24,68	0,00	775,60	24,319	24,50	0,80
9:45	72,05	46,35	37,41	24,41	26,97	24,88	0,00	781,15	24,395	24,64	0,40
9:46	72,39	46,02	36,96	24,50	26,72	25,02	0,00	783,08	24,503	24,76	0,40
9:47	72,72	46,13	37,19	24,56	26,30	25,06	0,00	782,12	24,510	24,78	0,40
9:48	72,98	46,96	37,24	24,63	26,06	25,00	0,00	788,30	24,599	24,80	0,40
9:49	73,25	47,56	37,33	24,67	25,91	24,95	0,00	795,13	24,646	24,80	0,40
9:50	73,49	47,71	37,03	24,69	26,08	24,96	0,00	796,84	24,695	24,83	0,40
9:51	73,73	46,92	36,97	24,74	25,28	25,00	0,00	799,65	24,717	24,86	0,00
9:52	73,87	46,64	37,14	24,76	25,70	24,99	0,00	805,28	24,749	24,87	0,00
9:53	74,01	46,88	37,11	24,80	26,20	24,95	0,00	809,94	24,787	24,87	0,00
9:54	74,08	47,07	37,51	24,82	26,47	24,95	0,00	816,13	24,807	24,88	0,40
9:55	74,34	47,20	37,76	24,83	25,85	24,96	0,00	821,68	24,833	24,90	0,40
9:56	74,57	47,30	36,82	24,85	26,22	24,97	0,00	827,44	24,843	24,91	0,40
9:57	74,72	47,30	37,01	24,90	26,55	25,13	0,00	832,36	24,890	25,01	0,80
9:58	74,82	47,29	36,80	24,95	26,78	25,27	0,00	834,21	24,924	25,10	0,40
9:59	74,95	47,36	36,69	25,01	26,35	25,37	0,00	834,64	24,986	25,18	0,40
10:00	75,14	47,68	37,20	25,05	26,56	25,38	0,00	834,64	25,018	25,20	0,80
10:01	75,33	47,74	37,20	25,10	26,48	25,44	0,00	833,78	25,071	25,26	0,80
10:02	75,52	47,71	36,72	25,17	26,51	25,49	0,00	837,12	25,138	25,32	0,80
10:03	75,56	47,75	36,77	25,24	27,02	25,61	0,00	842,73	25,208	25,41	0,40
10:04	75,66	47,80	36,74	25,29	26,91	25,63	0,00	847,37	25,276	25,45	0,80
10:05	75,77	48,00	36,84	25,31	26,73	25,63	0,00	855,26	25,299	25,47	0,80

10:06	75,85	47,98	36,89	25,35	26,31	25,69	0,00	858,63	25,350	25,52	1,00
10:07	75,99	47,89	36,96	25,39	26,13	25,75	0,00	862,38	25,361	25,55	0,80
10:08	76,07	48,02	37,88	25,46	26,23	25,75	0,00	865,65	25,435	25,59	1,00
10:09	76,07	48,65	38,24	25,48	26,15	25,72	0,00	867,04	25,458	25,59	0,80
10:10	76,31	48,95	39,33	25,50	26,18	25,69	0,00	858,81	25,492	25,59	0,80
10:11	76,45	49,06	39,24	25,55	26,80	25,71	0,00	876,46	25,536	25,62	1,00
10:12	76,47	49,47	38,44	25,58	26,67	25,80	0,00	879,02	25,577	25,69	0,80
10:13	76,68	50,06	37,96	25,63	26,72	25,86	0,00	878,59	25,608	25,73	0,80
10:14	76,83	50,15	37,51	25,67	27,28	25,89	0,00	882,51	25,654	25,77	0,80
10:15	76,54	50,15	36,08	25,72	27,41	26,00	0,14	882,46	25,522	25,76	0,80
10:16	76,10	49,86	35,34	25,76	27,33	25,94	0,03	884,92	25,706	25,82	0,80
10:17	75,60	49,75	34,78	25,79	27,44	25,80	0,00	886,85	25,785	25,79	0,80
10:18	75,77	49,81	36,39	25,81	27,10	25,87	0,00	892,20	25,809	25,84	0,80
10:19	76,06	49,58	36,99	25,82	26,77	25,91	0,00	895,82	25,818	25,86	0,80
10:20	76,30	49,52	37,36	25,87	26,71	25,91	0,00	896,05	25,862	25,89	0,80
10:21	76,62	49,71	37,42	25,90	26,88	25,83	0,00	892,11	25,901	25,87	0,80
10:22	76,84	49,75	37,51	25,92	27,13	25,96	0,00	894,13	25,911	25,94	0,80
10:23	77,07	49,69	37,46	25,96	27,17	26,00	0,00	897,36	25,955	25,98	0,80
10:24	77,34	49,94	36,55	25,98	27,11	26,00	0,07	896,54	25,969	25,99	0,40
10:25	77,62	50,15	36,07	26,00	26,65	25,95	0,00	896,00	26,003	25,98	0,80
10:26	77,75	50,49	35,64	26,03	26,98	25,87	0,01	899,62	26,059	25,97	0,80
10:27	77,66	50,68	35,26	26,06	27,54	25,90	0,22	898,58	26,204	26,05	0,80
10:28	77,66	50,73	35,56	26,07	27,61	25,97	0,00	897,23	26,077	26,02	1,00
10:29	77,86	50,36	36,41	26,11	27,70	26,17	0,00	900,29	26,100	26,14	0,80
10:30	78,19	49,67	37,31	26,18	27,34	26,33	0,00	909,24	26,161	26,24	1,00
10:31	78,40	49,57	37,41	26,25	26,78	26,34	0,00	913,05	26,240	26,29	0,80
10:32	78,80	50,23	36,46	26,29	26,66	26,21	0,00	912,71	26,293	26,25	1,00
10:33	78,94	50,59	36,67	26,31	27,83	26,30	0,00	912,37	26,310	26,30	1,00
10:34	79,06	50,80	36,23	26,36	27,11	26,35	0,17	915,27	26,373	26,36	1,00
10:35	79,25	51,32	35,52	26,38	27,14	26,24	0,10	918,36	26,466	26,35	1,00
10:36	79,27	51,66	35,56	26,41	26,94	26,19	0,00	919,73	26,435	26,31	1,00
10:37	79,22	51,94	36,69	26,43	27,44	26,28	0,00	920,28	26,443	26,36	1,00
10:38	79,29	52,04	37,00	26,47	27,98	26,47	0,00	919,23	26,467	26,47	1,00
10:39	79,40	51,78	37,19	26,52	28,05	26,67	0,00	915,54	26,507	26,59	1,00
10:40	79,55	51,15	36,50	26,59	27,59	26,75	0,13	916,80	26,486	26,62	1,00
10:41	79,51	50,12	36,54	26,64	26,91	26,72	0,00	916,33	26,638	26,68	1,10
10:42	79,71	50,31	35,76	26,70	26,97	26,60	0,14	914,42	26,764	26,68	1,10
10:43	79,94	50,81	35,28	26,71	27,28	26,53	0,00	917,01	26,722	26,62	1,10
10:44	80,05	50,69	35,77	26,73	27,79	26,63	0,00	917,22	26,737	26,68	1,10
10:45	80,09	49,96	37,62	26,77	27,92	26,76	0,00	919,23	26,765	26,76	1,10
10:46	80,32	50,54	38,12	26,81	27,73	26,86	0,00	920,78	26,811	26,84	1,10
10:47	80,50	51,34	38,21	26,86	28,25	26,93	0,00	924,53	26,854	26,89	1,10
10:48	80,64	51,81	37,26	26,94	28,63	27,04	0,00	927,54	26,928	26,98	1,10

10:49	81,01	52,40	36,89	27,00	28,98	27,24	0,00	927,95	26,989	27,12	1,10
10:50	81,31	53,02	37,33	27,08	28,98	27,44	0,00	926,24	27,058	27,25	1,10
10:51	81,47	53,93	37,44	27,17	28,72	27,47	0,00	927,78	27,157	27,32	1,20
10:52	81,78	53,76	37,30	27,24	28,58	27,47	0,00	928,83	27,224	27,35	1,10
10:53	81,86	53,17	37,65	27,28	28,11	27,47	0,07	930,31	27,187	27,33	1,20
10:54	82,02	53,18	37,80	27,33	28,01	27,37	0,00	931,59	27,325	27,35	1,10
10:55	82,26	53,82	37,15	27,37	28,78	27,44	0,11	934,35	27,321	27,38	1,10
10:56	82,12	53,68	36,50	27,41	28,32	27,40	0,08	936,26	27,412	27,41	1,10
10:57	82,04	54,04	37,11	27,47	28,72	27,43	0,00	936,06	27,473	27,45	1,10
10:58	82,22	54,28	37,09	27,50	29,16	27,57	0,08	930,71	27,457	27,51	1,10
10:59	82,53	54,47	36,14	27,54	28,81	27,55	0,45	934,19	27,530	27,54	1,10
11:00	82,31	54,21	35,49	27,57	28,71	27,46	0,09	938,01	27,625	27,54	1,00
11:01	82,22	54,12	35,49	27,58	28,63	27,41	0,11	940,54	27,694	27,55	1,00
11:02	82,07	54,06	35,37	27,59	28,23	27,34	0,19	941,52	27,804	27,57	1,10
11:03	82,19	53,77	35,92	27,60	28,35	27,31	0,00	940,15	27,609	27,46	1,00
11:04	82,33	53,86	35,54	27,59	28,13	27,39	0,32	938,16	27,809	27,60	1,00
11:05	82,46	53,35	35,08	27,63	28,04	27,35	0,12	940,67	27,807	27,58	1,00
11:06	82,47	53,17	34,90	27,63	28,60	27,37	0,37	941,89	27,919	27,65	1,00
11:07	82,16	53,11	34,70	27,65	28,89	27,43	0,44	938,11	27,923	27,68	0,80
11:08	82,37	53,40	35,16	27,65	28,83	27,41	0,02	942,73	27,715	27,56	0,80
11:09	82,48	53,48	35,33	27,68	28,95	27,52	0,32	941,94	27,852	27,68	1,00
11:10	82,57	53,72	35,89	27,70	29,41	27,58	0,00	934,30	27,709	27,64	0,80
11:11	82,81	53,90	36,14	27,76	29,20	27,72	0,09	936,33	27,775	27,75	0,80
11:12	83,21	53,85	36,18	27,79	28,77	27,73	0,00	939,16	27,796	27,76	0,80
11:13	83,13	53,52	35,89	27,85	29,15	27,87	0,37	935,09	27,823	27,84	0,80
11:14	82,74	53,53	35,69	27,89	29,12	27,87	0,02	935,52	27,901	27,89	0,80
11:15	83,03	54,06	36,26	27,94	29,15	27,87	0,00	939,20	27,945	27,91	0,80
11:16	83,56	54,70	36,91	28,00	29,31	27,87	0,00	941,41	28,009	27,94	0,80
11:17	84,24	55,01	36,93	28,04	29,79	28,06	0,00	938,53	28,034	28,05	0,80
11:18	84,62	55,19	36,65	28,10	29,73	28,18	0,11	937,18	28,049	28,11	0,80
11:19	85,02	55,08	36,76	28,15	29,32	28,23	0,06	940,65	28,120	28,17	0,40
11:20	85,43	54,48	36,89	28,21	29,36	28,24	0,09	940,70	28,185	28,21	0,80
11:21	85,72	53,13	37,71	28,25	29,11	28,31	0,00	943,93	28,247	28,28	0,80
11:22	86,17	52,46	38,50	28,29	29,18	28,36	0,00	950,79	28,289	28,33	0,80
11:23	86,54	53,20	37,79	28,35	29,57	28,42	0,00	950,32	28,343	28,38	0,40
11:24	86,89	53,97	36,83	28,41	29,66	28,46	0,05	954,45	28,392	28,42	0,40
11:25	86,94	54,52	35,66	28,44	28,74	28,30	0,02	955,03	28,484	28,39	0,40
11:26	86,88	54,52	35,48	28,47	29,26	28,26	0,13	963,06	28,611	28,43	0,40
11:27	86,69	53,90	35,25	28,50	29,00	28,27	0,23	964,84	28,715	28,49	0,40
11:28	86,59	53,28	35,85	28,49	29,37	28,30	0,00	966,14	28,500	28,40	0,80
11:29	86,79	53,38	37,27	28,54	30,04	28,46	0,00	966,96	28,543	28,50	0,40
11:30	87,28	53,68	37,87	28,59	30,12	28,64	0,00	963,03	28,585	28,61	0,80
11:31	87,90	54,54	37,82	28,69	30,69	28,90	0,00	962,25	28,672	28,79	0,80

11:32	88,41	54,86	37,26	28,79	30,17	29,04	0,00	958,76	28,768	28,90	0,40
11:33	88,55	54,60	37,11	28,83	29,30	28,92	0,01	958,48	28,818	28,87	0,80
11:34	88,56	53,90	36,71	28,87	29,43	28,87	0,19	956,93	28,876	28,87	0,80
11:35	88,36	53,89	35,93	28,91	29,43	28,82	0,33	956,91	29,011	28,92	0,80
11:36	88,15	53,25	35,80	28,93	29,35	28,80	0,13	956,91	29,022	28,91	0,80
11:37	88,03	53,01	35,76	28,95	29,07	28,74	0,17	959,97	29,115	28,93	0,80
11:38	87,96	53,56	35,47	28,98	29,31	28,62	0,22	959,14	29,296	28,96	0,40
11:39	87,78	53,70	35,37	28,96	29,48	28,68	0,40	956,59	29,286	28,98	0,80
11:40	87,83	54,27	35,26	28,98	29,25	28,58	0,13	960,10	29,255	28,92	0,80
11:41	88,02	54,91	35,70	28,98	29,48	28,53	0,00	963,67	29,015	28,77	0,40
11:42	88,32	55,29	36,40	29,00	29,77	28,59	0,00	966,33	29,030	28,81	0,80
11:43	88,74	55,41	37,02	29,01	29,93	28,77	0,00	969,54	29,020	28,90	0,80
11:44	89,27	56,09	37,03	29,07	29,76	28,87	0,00	972,69	29,091	28,98	0,80
11:45	89,64	56,54	36,39	29,11	29,83	28,91	0,21	974,29	29,297	29,10	0,80
11:46	89,99	56,86	35,89	29,17	29,85	28,92	0,15	974,53	29,350	29,14	0,80
11:47	89,78	56,81	35,71	29,20	30,24	28,99	0,04	962,71	29,280	29,13	0,80
11:48	89,78	56,99	35,89	29,22	30,53	29,13	0,05	951,24	29,254	29,19	1,00
11:49	89,71	57,08	35,60	29,26	30,25	29,14	0,54	951,60	29,424	29,28	1,00
11:50	89,73	57,01	35,80	29,31	30,64	29,23	0,02	960,23	29,334	29,28	1,00
11:51	89,56	56,61	36,08	29,36	30,59	29,34	0,30	959,86	29,378	29,36	1,00
11:52	89,22	56,51	35,67	29,39	30,40	29,23	0,21	959,35	29,528	29,38	1,00
11:53	89,37	56,67	36,42	29,43	30,62	29,30	0,00	954,17	29,426	29,36	1,10
11:54	89,82	57,24	37,08	29,46	30,54	29,30	0,00	878,76	29,466	29,38	1,10
11:55	90,15	57,20	37,31	29,50	30,25	29,33	0,00	698,75	29,516	29,42	1,10
11:56	90,52	56,96	37,23	29,53	30,81	29,44	0,04	890,53	29,567	29,50	1,00
11:57	90,76	57,42	36,46	29,57	30,38	29,46	0,11	945,94	29,646	29,55	1,00
11:58	91,04	57,78	36,60	29,62	31,27	29,54	0,05	948,70	29,653	29,60	1,00
11:59	91,25	58,23	36,68	29,67	30,69	29,68	0,35	956,13	29,655	29,67	0,80
12:00	91,53	58,50	36,43	29,74	30,47	29,66	0,13	963,33	29,789	29,72	1,00
12:01	91,62	58,40	36,46	29,76	30,55	29,71	0,00	963,19	29,768	29,74	1,00
12:02	91,66	58,15	36,40	29,81	30,71	29,83	0,33	957,23	29,785	29,81	1,00
12:03	91,57	58,10	36,13	29,86	30,38	29,81	0,00	958,27	29,867	29,84	1,00
12:04	91,79	58,50	36,26	29,90	30,66	29,68	0,00	955,89	29,923	29,80	1,00
12:05	91,65	58,28	36,48	29,96	31,39	29,89	0,13	954,52	30,004	29,95	1,00
12:06	91,21	58,19	36,29	29,98	30,58	29,72	0,13	951,98	30,159	29,94	1,00
12:07	91,46	58,42	36,58	29,97	30,38	29,69	0,11	953,05	30,139	29,91	1,00
12:08	91,85	58,53	36,95	29,99	30,75	29,81	0,18	962,56	30,136	29,97	0,80
12:09	92,11	58,67	36,52	30,03	30,02	29,78	0,72	958,79	30,436	30,11	0,80
12:10	91,77	58,70	35,97	30,06	30,38	29,75	0,39	961,68	30,416	30,08	0,80
12:11	91,73	58,74	35,92	30,07	30,98	29,87	0,18	951,86	30,233	30,05	0,80
12:12	91,70	58,34	36,09	30,11	31,81	30,17	0,05	927,39	30,081	30,12	0,80
12:13	91,98	57,18	37,39	30,20	31,53	30,44	0,00	915,64	30,187	30,31	0,80
12:14	92,32	56,85	38,15	30,25	31,37	30,53	0,00	917,36	30,236	30,38	0,80

12:15	92,70	57,15	37,69	30,34	31,12	30,56	0,45	941,73	30,049	30,31	0,80
12:16	92,94	57,59	36,74	30,39	30,30	30,33	0,17	959,58	30,427	30,38	0,80
12:17	92,40	57,69	35,99	30,41	31,18	30,27	0,25	962,73	30,552	30,41	0,80
12:18	92,16	57,84	36,08	30,43	31,82	30,40	0,30	959,85	30,466	30,43	0,40
12:19	92,08	57,98	36,08	30,48	31,43	30,51	0,24	954,48	30,463	30,48	0,80
12:20	92,22	58,22	35,96	30,51	31,42	30,44	0,20	953,27	30,575	30,51	0,40
12:21	92,00	57,95	36,51	30,56	31,64	30,52	0,26	949,11	30,592	30,56	0,40
12:22	89,85	56,92	35,16	30,56	30,78	30,26	1,56	946,20	31,268	30,76	0,40
12:23	88,00	56,27	34,84	30,53	31,18	30,14	0,43	943,45	31,009	30,57	0,40
12:24	87,95	55,93	35,37	30,51	31,55	30,25	0,05	938,16	30,622	30,43	0,40
12:25	89,01	56,08	36,22	30,54	31,63	30,44	0,00	938,69	30,553	30,49	0,40
12:26	89,89	56,27	36,60	30,59	31,77	30,55	0,00	932,69	30,591	30,57	0,80
12:27	90,66	56,72	37,06	30,66	31,81	30,69	0,00	931,90	30,652	30,67	0,40
12:28	91,49	57,55	36,97	30,70	32,03	30,76	0,00	940,30	30,691	30,73	0,80
12:29	92,37	58,39	37,25	30,74	32,14	30,85	0,00	943,56	30,729	30,79	0,80
12:30	93,04	58,80	37,44	30,83	31,87	30,93	0,00	944,16	30,825	30,88	0,40
12:31	93,31	58,55	37,58	30,89	32,12	31,01	0,00	943,37	30,876	30,94	0,80
12:32	93,54	59,05	37,70	30,95	32,05	31,07	0,00	942,66	30,932	31,00	1,00
12:33	93,87	59,40	37,67	30,92	32,58	31,23	0,00	940,57	30,922	31,08	1,00
12:34	94,09	59,88	37,61	31,09	32,07	31,24	0,00	927,99	31,081	31,16	1,00
12:35	94,41	60,39	37,39	31,14	32,22	31,19	0,00	890,77	31,141	31,17	0,80
12:36	94,54	60,81	37,68	31,20	32,33	31,19	0,00	873,58	31,198	31,19	0,80
12:37	94,58	60,66	38,03	31,23	32,26	31,25	0,00	853,68	31,230	31,24	0,80
12:38	94,78	60,91	37,80	31,28	31,83	31,26	0,00	839,83	31,279	31,27	0,80
12:39	94,61	60,02	37,33	31,31	31,52	31,20	0,01	798,62	31,334	31,27	0,40
12:40	94,31	59,03	36,59	31,31	30,83	31,02	0,12	760,53	31,507	31,27	0,80
12:41	94,06	58,68	36,31	31,30	31,47	31,00	0,08	735,87	31,462	31,23	0,80
12:42	93,90	58,12	37,08	31,32	32,52	31,19	0,00	761,50	31,328	31,26	0,80
12:43	93,96	56,79	38,09	31,34	31,90	31,25	0,00	841,20	31,341	31,30	0,80
12:44	94,12	57,03	37,54	31,37	31,44	31,22	0,00	891,47	31,378	31,30	0,80
12:45	94,15	57,52	37,29	31,41	32,25	31,32	0,00	900,82	31,424	31,37	0,80
12:46	94,32	58,48	37,19	31,47	32,50	31,40	0,00	910,34	31,482	31,44	0,80
12:47	94,53	58,97	37,14	31,53	32,93	31,47	0,00	911,81	31,536	31,50	0,40
12:48	94,75	59,14	37,42	31,57	32,87	31,62	0,00	904,56	31,567	31,59	0,40
12:49	94,70	58,81	37,64	31,60	31,75	31,62	0,00	907,16	31,603	31,61	0,80
12:50	94,26	57,96	36,85	31,62	31,56	31,46	0,08	903,72	31,697	31,58	0,40
12:51	93,48	57,25	36,59	31,62	32,29	31,52	0,64	893,10	31,782	31,65	0,40
12:52	92,30	56,15	36,23	31,63	30,91	31,31	0,30	884,88	31,960	31,63	0,80
12:53	92,08	55,26	36,41	31,62	31,02	31,22	0,05	883,88	31,799	31,51	0,80
12:54	92,06	55,18	36,77	31,60	30,99	31,16	0,12	877,93	31,888	31,52	0,80
12:55	92,06	55,52	36,06	31,59	31,55	31,13	0,24	859,76	32,012	31,57	0,80
12:56	91,69	55,97	35,91	31,60	31,83	31,18	0,26	852,25	32,000	31,59	0,80
12:57	91,92	56,82	36,06	31,59	32,03	31,22	0,08	844,03	31,787	31,50	0,40

12:58	92,47	57,15	36,52	31,59	32,36	31,35	0,00	830,82	31,613	31,48	0,80
12:59	92,70	57,43	37,25	31,65	32,71	31,58	0,00	845,10	31,661	31,62	0,80
13:00	93,10	57,70	37,70	31,61	32,79	31,77	0,00	847,05	31,596	31,68	0,80
13:01	93,52	58,25	37,57	31,79	32,90	31,85	0,00	834,24	31,784	31,82	0,80
13:02	93,76	58,53	37,23	31,84	32,49	31,92	0,20	816,94	31,764	31,84	0,80
13:03	93,88	58,45	37,11	31,87	31,93	31,81	0,00	796,18	31,872	31,84	0,80
13:04	94,03	57,17	37,96	31,91	32,35	31,76	0,00	793,39	31,924	31,84	0,80
13:05	94,22	57,37	38,02	31,95	32,67	31,86	0,27	779,84	32,037	31,95	1,00
13:06	94,05	56,97	37,49	31,96	31,48	31,76	0,03	785,67	32,037	31,90	1,00
13:07	94,09	57,61	37,28	31,97	31,85	31,66	0,00	790,50	31,993	31,83	1,00
13:08	94,20	57,99	37,09	31,97	31,98	31,68	0,10	797,53	32,143	31,91	1,10
13:09	94,21	58,61	36,78	31,98	31,46	31,49	0,05	813,91	32,182	31,84	1,00
13:10	94,17	59,11	37,18	31,97	32,23	31,50	0,00	817,86	31,968	31,73	1,00
13:11	94,21	58,85	37,51	31,98	33,14	31,78	0,00	803,59	31,992	31,88	1,00
13:12	94,44	58,10	38,23	32,03	33,76	32,07	0,00	811,92	32,032	32,05	1,00
13:13	94,68	57,83	38,96	32,14	33,69	32,16	0,00	814,59	32,135	32,15	1,00
13:14	94,82	58,32	38,35	32,22	33,75	32,38	0,35	815,96	32,029	32,20	1,00
13:15	94,51	57,34	38,25	32,26	33,15	32,38	0,07	802,53	32,205	32,29	1,00
13:16	94,53	57,03	38,51	32,35	33,56	32,41	0,00	781,82	32,345	32,38	1,00
13:17	94,51	57,21	38,21	32,38	33,55	32,48	0,26	784,39	32,277	32,38	1,00
13:18	93,97	57,04	37,76	32,44	32,87	32,48	0,46	762,70	32,390	32,43	1,00
13:19	93,64	57,54	37,44	32,48	33,25	32,41	0,19	745,79	32,529	32,47	1,00
13:20	93,62	58,44	37,75	32,51	34,32	32,57	0,00	721,21	32,505	32,54	1,00
13:21	93,67	58,70	38,20	32,57	34,48	32,78	0,11	716,08	32,446	32,61	1,00
13:22	93,40	58,11	37,65	32,67	33,69	32,81	0,76	639,54	32,435	32,62	1,10
13:23	92,12	57,64	36,47	32,69	32,13	32,47	0,65	599,37	33,027	32,75	1,00
13:24	91,59	56,72	36,51	32,69	32,89	32,37	0,67	577,41	33,179	32,78	1,00
13:25	89,98	55,68	36,09	32,67	32,66	32,28	0,48	588,45	33,172	32,73	1,10
13:26	89,99	55,70	36,39	32,63	33,05	32,26	0,17	575,36	32,927	32,59	1,00
13:27	90,66	55,80	37,20	32,65	33,89	32,44	0,00	549,50	32,652	32,54	0,80
13:28	91,24	56,25	37,11	32,69	32,88	32,55	0,19	525,26	32,810	32,68	1,00
13:29	91,46	55,94	37,34	32,70	33,20	32,53	0,11	524,10	32,804	32,67	1,00
13:30	91,68	55,10	37,56	32,74	32,93	32,55	0,00	537,64	32,754	32,65	1,00
13:31	91,93	55,63	37,35	32,75	32,95	32,50	0,32	586,36	33,004	32,75	1,00
13:32	91,96	56,55	36,83	32,75	32,60	32,37	0,16	546,69	33,031	32,70	1,00
13:33	92,30	56,93	36,78	32,74	32,25	32,25	0,00	547,51	32,785	32,52	1,00
13:34	92,34	56,98	37,11	32,71	32,86	32,36	0,02	559,90	32,798	32,58	1,00
13:35	92,21	56,70	37,29	32,74	32,97	32,49	0,36	561,33	33,014	32,75	1,00
13:36	91,40	56,02	36,75	32,75	33,35	32,61	0,40	622,48	32,919	32,76	1,00
13:37	91,33	56,47	37,07	32,78	34,03	32,81	0,00	632,13	32,781	32,80	1,00
13:38	91,10	56,23	37,29	32,86	33,66	32,89	0,92	671,69	32,794	32,84	1,00
13:39	90,26	55,61	36,73	32,90	32,92	32,77	0,20	711,52	33,005	32,89	1,10
13:40	89,95	54,84	36,60	32,92	32,62	32,66	0,44	725,40	33,235	32,95	1,00

13:41	89,52	54,94	36,16	32,90	32,88	32,56	0,50	704,32	33,357	32,96	1,00
13:42	89,36	55,65	36,27	32,91	33,63	32,61	0,15	637,45	33,131	32,87	1,00
13:43	89,56	55,75	36,81	32,90	33,86	32,63	0,00	646,70	32,923	32,78	1,00
13:44	90,09	55,48	37,47	32,93	34,02	32,68	0,17	551,40	33,119	32,90	1,00
13:45	90,33	56,20	37,25	32,97	34,18	32,76	0,09	406,22	33,091	32,93	0,80
13:46	90,78	57,15	37,11	32,99	34,05	32,86	0,02	356,92	33,030	32,95	0,80
13:47	91,05	57,85	37,05	33,01	32,89	32,79	0,12	352,51	33,156	32,97	0,80
13:48	91,16	57,28	36,94	33,01	32,75	32,73	0,21	347,69	33,252	32,99	0,80
13:49	90,80	56,10	36,98	33,03	33,04	32,70	0,05	613,72	33,170	32,93	1,00
13:50	91,03	55,39	37,57	33,06	33,62	32,80	0,00	710,44	33,070	32,94	0,80
13:51	91,11	55,32	37,68	33,07	33,72	32,91	0,21	711,25	33,213	33,06	0,80
13:52	91,02	54,57	37,89	33,13	33,73	32,96	0,00	701,92	33,141	33,05	0,80
13:53	91,22	54,88	37,82	33,15	33,59	32,92	0,05	687,25	33,248	33,09	0,80
13:54	91,24	56,03	37,28	33,17	33,42	32,92	0,29	672,01	33,426	33,17	1,00
13:55	90,43	56,76	36,45	33,16	32,82	32,59	0,34	673,66	33,789	33,19	0,80
13:56	90,30	57,55	36,54	33,12	33,33	32,58	0,00	658,52	33,147	32,86	1,00
13:57	90,18	57,99	36,69	33,12	32,90	32,64	0,35	593,28	33,661	33,15	0,80
13:58	90,32	57,61	37,06	33,13	33,26	32,74	0,02	505,07	33,231	32,99	0,80
13:59	90,39	56,65	37,51	33,16	33,15	32,85	0,00	511,16	33,188	33,02	0,40
14:00	90,37	56,01	37,43	33,19	33,40	32,97	0,22	513,91	33,396	33,18	0,80
14:01	90,37	56,13	37,31	33,19	33,57	33,00	0,12	440,64	33,317	33,16	0,80
14:02	90,37	56,13	37,31	33,19	33,90	33,00	0,00	341,22	33,211	33,11	0,80
14:03	90,37	56,13	37,31	33,19	34,01	33,00	0,00	328,55	33,201	33,10	1,00
14:04	90,43	56,13	37,31	33,19	34,16	33,00	0,00	327,26	33,204	33,10	0,80
14:05	90,55	56,24	37,59	33,21	34,42	33,00	0,00	323,65	33,211	33,11	0,80
14:06	90,64	57,06	37,65	33,27	34,39	33,09	0,16	322,65	33,410	33,25	0,80
14:07	89,93	57,00	37,06	33,30	33,93	33,16	1,00	324,56	33,577	33,37	0,80
14:08	88,70	55,93	37,19	33,33	34,17	33,22	0,03	324,86	33,361	33,29	0,80
14:09	88,38	55,47	37,19	33,39	33,65	33,25	0,49	318,73	33,567	33,41	0,40
14:10	88,24	55,57	36,92	33,41	33,95	33,21	0,02	309,16	33,459	33,33	0,80
14:11	88,28	54,96	37,27	33,43	33,82	33,31	0,23	299,24	33,549	33,43	0,80
14:12	88,16	54,78	37,42	33,46	33,82	33,35	0,06	303,78	33,511	33,43	0,80
14:13	88,00	53,98	37,86	33,50	33,80	33,42	0,10	311,08	33,548	33,49	0,80
14:14	88,25	53,59	37,98	33,52	33,55	33,38	0,00	317,43	33,535	33,46	0,40
14:15	88,43	53,64	37,70	33,55	33,74	33,38	0,25	316,02	33,720	33,55	0,40
14:16	88,38	53,62	37,70	33,56	34,00	33,43	0,00	303,07	33,581	33,51	0,40
14:17	88,67	53,76	37,98	33,61	34,13	33,44	0,00	286,52	33,630	33,53	0,40
14:18	88,60	53,44	37,92	33,66	33,93	33,53	0,43	272,91	33,825	33,68	0,40
14:19	87,66	52,89	36,91	33,68	33,08	33,28	0,80	265,01	34,349	33,81	0,40
14:20	87,27	53,58	36,47	33,64	33,15	33,08	0,19	260,63	34,105	33,59	0,40
14:21	87,46	54,62	36,93	33,62	33,43	33,17	0,00	256,34	33,657	33,41	0,40
14:22	87,41	55,24	37,01	33,62	33,34	33,22	0,42	251,94	34,119	33,67	0,40
14:23	87,08	55,25	36,99	33,60	33,90	33,25	0,39	244,25	34,012	33,63	0,40

14:24	86,58	55,25	36,85	33,64	34,08	33,29	0,40	233,87	34,047	33,67	0,40
14:25	86,14	55,36	36,65	33,64	33,60	33,29	0,39	221,18	34,064	33,68	0,40
14:26	85,37	54,91	36,36	33,63	32,14	33,01	0,31	211,63	34,283	33,65	0,40
14:27	84,50	53,97	36,61	33,60	32,80	32,91	0,18	203,21	34,152	33,53	0,40
14:28	84,16	53,38	36,85	33,56	34,78	33,10	0,26	196,27	34,013	33,56	0,80
14:29	83,35	53,50	36,56	33,58	34,84	33,17	0,05	195,29	33,752	33,46	0,40
14:30	82,40	53,41	36,01	33,58	34,24	33,00	0,19	209,38	34,056	33,53	0,40