

Departamento  
de Diseño:

# TRABAJO DE GRADO

**MATEO VILLAMIL JARAMILLO**

Ingeniería en Diseño Industrial  
Departamento de Diseño  
Medellín 2023



Institución  
**Universitaria**  
Reacreditada en Alta Calidad

**DISEÑO DE CHASIS PARA  
OPTIMIZAR LA REFRIGERACIÓN  
DE EQUIPOS DE ALTO  
RENDIMIENTO TIPO  
WORKSTATIONS Y GAMER DE  
ESCRITORIO**

Mateo Villamil Jaramillo

Asesoras:  
Juliana Cuervo Calle  
Eliana Zapata Ruiz

Instituto Tecnológico Metropolitano  
Facultad de Artes y humanidades  
Departamento de Diseño  
Medellín 2023

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis estimadas profesoras de la universidad de Trabajo de Grado, Eliana Zapata y Juliana Cuervo. Su orientación y sabiduría han sido fundamentales para el éxito de este proyecto, guiándome con su experiencia y conocimientos.

Agradezco de manera especial a mi padre y jefe, Helmuichs Villamil, por su inquebrantable apoyo a lo largo de mis años de carrera. Su dedicación para enseñarme los intrincados caminos de la fabricación y la metalurgia ha sido invaluable.

Un reconocimiento especial a Masmecanica SAS y a Eduardo Betancur. La colaboración de ustedes, proporcionando espacio y asistencia en la fabricación del prototipo, ha sido esencial para llevar a cabo este proyecto con éxito.

Finalmente, quiero agradecer de todo corazón a mi madre, Mariaelena Jaramillo. Su inagotable apoyo y su influencia en mi amor por la computación que ha sido la chispa que encendió mi pasión por el diseño. Cada día, su inspiración me impulsa a esforzarme por ser el mejor diseñador posible. Su contribución ha sido el motor que me impulsa hacia la excelencia.

Mateo Villamil Jaramillo



**ESTUDIANTE**

Cédula 1000307118

Correo MATEOVILLAMIL264021@correo.itm.edu.co

## RESUMEN

---

Los sistemas de cómputo de alto rendimiento (HPC) desempeñan un papel crucial en el avance científico y tecnológico. Sin embargo, enfrentan desafíos críticos relacionados con el sobrecalentamiento y la gestión de energía. Este proyecto se enfoca en diseñar un chasis que mejore la refrigeración de los componentes en HPC utilizados como estaciones de trabajo y en aplicaciones de entretenimiento.

El sobrecalentamiento afecta el rendimiento y la vida útil de los componentes electrónicos en los HPC. La estética y la gamificación influyen en el diseño, pero deben equilibrarse con la funcionalidad. El objetivo general es diseñar un chasis eficiente para la refrigeración de componentes en HPC. Los objetivos específicos incluyen definir requerimientos basados en datos recopilados, proponer soluciones para mejorar el flujo de aire y la temperatura interna, validar las propuestas mediante evaluación práctica y comunicar el diseño final a través de representaciones físicas y digitales.

La justificación radica en la importancia de abordar el sobrecalentamiento y reducir los residuos eléctricos y electrónicos generados a largo plazo. El flujo de aire, la selección de ventiladores y el diseño del sistema de enfriamiento son aspectos críticos. En resumen, este proyecto busca un equilibrio entre la eficiencia térmica, la estética y la funcionalidad en el diseño de chasis para HPC

**Palabras Claves:** HPC (High-Performance Computing), Sobrecalentamiento, Refrigeración, Flujo de Aire, Diseño de Chasis



## ABSTRACT

---

High-performance computing (HPC) systems play a crucial role in scientific and technological advancements. However, they face critical challenges related to overheating and energy management. This project focuses on designing a chassis that enhances component cooling in HPCs used as workstations and entertainment platforms.

Overheating significantly impacts the performance and lifespan of electronic components within HPCs. While aesthetics and gamification influence design choices, they must be balanced with functionality. The overarching goal is to create an efficient chassis specifically tailored for component cooling in HPCs. Specific objectives include defining requirements based on collected data, proposing solutions to improve airflow and internal temperature, validating these proposals through practical evaluation, and communicating the final design using physical and digital representations.

The justification lies in addressing overheating issues and reducing long-term electrical and electronic waste. Critical aspects include managing airflow, selecting appropriate fans, and optimizing the cooling system. In summary, this project seeks a harmonious blend of thermal efficiency, aesthetics, and functionality in HPC chassis design.

**Keywords:** HPC (High-Performance Computing), Overheating, Cooling, Airflow, Chassis Design



# CONTENIDO

Departamento  
de Diseño

<b>CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN</b> .....	<b>9</b>
Descripción de la situación problemática.....	9
Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	11
Justificación.....	11
Conceptos clave.....	12
Estado de la técnica.....	17
Técnicas de recolección de datos.....	21
Análisis de datos.....	22
Requerimientos para la propuesta de diseño.....	26
<b>CAPÍTULO 2. EJECUCIÓN</b> .....	<b>31</b>
Ideación.....	31
Evaluación de las propuestas.....	38
Diseño de Detalle.....	42
Planimetría.....	44
Carta de procesos.....	46
Prototipo.....	47
Validación del prototipo.....	48
Ficha técnica.....	49
Manual de usuario.....	50
Proyección de los costos del producto mínimo viable.....	51
<b>CAPÍTULO 3. DIVULGACIÓN</b> .....	<b>54</b>
Render en contexto y con el usuario.....	54



### Lista de Figuras

<b>Ilustración 1</b>	Alienware área 51.....	18
<b>Ilustración 2</b>	Thermaltake The Tower 900.....	18
<b>Ilustración 3</b>	NZXT S340 ELITE.....	19
<b>Ilustración 4</b>	Inwin H Tower.....	19
<b>Ilustración 5</b>	HYTE Y60.....	20
<b>Ilustración 6</b>	LIAN LI O11 Dynamic EVO.....	20
<b>Ilustración 7</b>	Prueba Cinebench Chasis Abierto - Refrigeración por Aire.....	23
<b>Ilustración 8</b>	Prueba FurMark Chasis Cerrado - Refrigeración por Aire.....	24
<b>Ilustración 9</b>	Moodboard de referentes.....	31
<b>Ilustración 10</b>	Moodboard estilo gráfico.....	32
<b>Ilustración 11</b>	Transforming shapes.....	32
<b>Ilustración 12</b>	Código de color alternativas.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Ilustración 13</b>	Alternativa 1.....	33
<b>Ilustración 14</b>	Alternativa 2.....	34
<b>Ilustración 15</b>	Alternativa 3.....	35
<b>Ilustración 16</b>	Alternativa 4.....	36
<b>Ilustración 17</b>	Alternativa 5.....	37
<b>Ilustración 18</b>	Resultados alternativa 1 y alternativa 2.....	38
<b>Ilustración 19</b>	Resultados alternativa 3 y 4.....	39
<b>Ilustración 20</b>	Resultados alternativa 5.....	40
<b>Ilustración 21</b>	Ponderación pregunta 1, 2 y 3.....	40
<b>Ilustración 22</b>	Propuesta seleccionada: Alternativa 5.....	41
<b>Ilustración 23</b>	Modelo final.....	42
<b>Ilustración 24</b>	Pandora color 1.....	43
<b>Ilustración 25</b>	Pandora color 2.....	43
<b>Ilustración 26</b>	Plano en explosión.....	44
<b>Ilustración 27</b>	Lista de piezas.....	45
<b>Ilustración 28</b>	Carta de procesos.....	46
<b>Ilustración 29</b>	Prototipo sin terminar.....	47
<b>Ilustración 30</b>	Prototipo sin terminar.....	47
<b>Ilustración 31</b>	Prototipo sin terminar.....	48
<b>Ilustración 32</b>	Ficha Técnica.....	49
<b>Ilustración 33</b>	Manual de usuario.....	50
<b>Ilustración 34</b>	Render relación Usuario y entorno.....	54
<b>Ilustración 35</b>	Captura Video uso accesorios.....	54

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Tabla comparativa de temperaturas.....	24
<b>Tabla 2</b>	PDS.....	27
<b>Tabla 3</b>	Resultados evaluación propuestas.....	41
<b>Tabla 4</b>	Costos prototipo.....	51





**FUNDAMENTACIÓN**

**01**

## CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN


### Descripción de la situación problemática

Actualmente, gracias a los avances tecnológicos de los últimos 60 años, los computadores se han vuelto una herramienta esencial para el desarrollo del ser humano, particularmente en interés de este proyecto, en el ámbito del diseño e ingeniería. Esto implica que hoy en día aumenta la demanda de potencia en el uso de softwares más complejos, desde videojuegos hasta programas de mayor exigencia como sistemas CAD (diseño asistido por ordenador), ya que se necesita de un equipo con buenas prestaciones para ejecutar de manera eficiente una tarea específica. Para este caso, un equipo utilizado en una oficina de trabajo como *workstation* (estación de trabajo) y centros de entretenimientos.

Los equipos de alto rendimiento (HPC) utilizados en este entorno debido a su potencia generan altas temperaturas en sus componentes internos, estas temperaturas pueden aumentar dependiendo de la distribución interna de componentes, el flujo de aire, tipo de sistema de enfriamiento de los componentes, el mantenimiento, el monitoreo constante del computador, demanda energética, la forma del chasis o contenedor de los componentes internos y ubicación del equipo. La deficiencia de alguno de estos factores provoca la pérdida de rendimiento, acumulación de polvo, degradación acelerada y/o pérdida del equipo.

Actualmente, la estética y forma de los HPC se ven influenciadas por el fenómeno “PC Gaming” que ha añadido un nuevo estilo en los computadores. Este nuevo estilo utiliza la gamificación que se refiere al “uso de elementos de diseño de juegos dentro de contextos que no son juegos” (Deterding, Dixon, Khaled & Nacke, 2011). Por ejemplo, objetos o escenarios de los juegos implementados en situaciones del mundo real a menudo con el objetivo de motivar comportamientos específicos dentro de la gamificación y hacer sentir identificada a una población específica.


Esta gamificación influye directamente en las temperaturas de los HPC, ya que actualmente en la mayoría de las empresas de componentes están utilizando las luces RGB de forma excesiva y estas están aumentando de manera considerable las temperaturas internas del equipo.



Actualmente se utilizan distintas formas de controlar estos aumentos de temperatura; desde la parte informática, por ejemplo, los fabricantes implementan unos toques de temperatura, el inconveniente es que, una vez alcanzado el tope, el equipo disminuye potencia para regular su temperatura, lo que implica una pérdida de rendimiento considerable. Según Li et al. (2017) “el calor generado por los componentes electrónicos aumenta a medida que aumenta la velocidad de procesamiento y la densidad de los componentes”

En el entorno físico (Hardware), se encuentra que los componentes internos cada vez ocupan más espacio dentro del chasis, ya que al ofrecer más potencia requieren de un radiador o disipador de calor de mayor tamaño, provocando que los mismos componentes obstaculicen la salida del calor interno. Según Flores et al. (2020), los disipadores de calor son esenciales para el funcionamiento correcto y confiable de los componentes electrónicos en un computador. Los disipadores ayudan a reducir la temperatura de los componentes, especialmente del procesador y la tarjeta gráfica, que generan una gran cantidad de calor durante su funcionamiento. La alta temperatura en los componentes electrónicos puede provocar daños, errores en los cálculos y reducir la vida útil del equipo. Por lo tanto, es importante que los usuarios de computadoras aseguren que los disipadores de calor estén instalados y funcionando correctamente para garantizar un rendimiento óptimo del sistema.

Otros fabricantes optan por implementar de manera exagerada entradas y salidas de aire impulsado por ventiladores, que aunque funcionan para reducir temperaturas, implican que, según el estudio realizado por Huang y Wei (2018), el exceso de flujo de aire en un computador genere problemas como ruido excesivo, interferencias electromagnéticas, aumento de la temperatura ambiente, disminución de la eficiencia energética y problemas de seguridad en la protección de datos.



## Objetivos

### **Objetivo General**

Diseñar un chasis que soporte y optimice la refrigeración de los componentes de equipos de alto rendimiento utilizados en ordenadores tipo Workstation y Gamer de escritorio.

### **Objetivos Específicos**

- Definir requerimientos indispensables para la implementación del diseño utilizando distintos métodos de recolección de datos.
- Proponer ideas de formas óptimas para el mejoramiento del flujo de aire y temperatura de los componentes al interior de ordenadores tipo Workstation y Gamer de escritorio.
- Validar las propuestas generadas evaluando la disminución de las temperaturas de los componentes al interior de ordenadores tipo Workstation y Gamer de escritorio
- Socializar la propuesta de diseño definitiva a través de representaciones físicas y digitales.

## Justificación

Dentro de los HPC usados como Workstation y centros de entretenimiento se puede observar que una de las cosas a las que menos se les da relevancia es la limpieza de los equipos, haciendo que estos no se desempeñen de la manera esperada. Este trabajo se enfoca en una solución que permita que este factor del sobrecalentamiento sea mitigado hasta el punto en que afecte mínimamente al equipo y así lograr que uno de estos HPC tenga la vida útil esperada o incluso mucho más longeva.

Lo anterior se puede lograr con un enfoque en el flujo de aire del case/chasis y en cómo mejorar su distribución interna y formal para optimizar el flujo del aire caliente que provoca el sobrecalentamiento de las piezas.

Actualmente los grandes fabricantes se enfocan en la estética y la gran cantidad de aire que pueda entrar a los componentes, lo que aporta al problema, pero hace que el polvo dentro del case sea mayor, por lo que se corre el riesgo de dañar los componentes internos.



Con esta investigación se plantea un objeto que permite que el flujo de aire sea el suficiente para mantener los componentes a una temperatura óptima, y a su vez, que la cantidad de polvo en el chasis sea la mínima posible, ayudando incluso en el mantenimiento y tiempo de vida útil, disminuyendo los residuos eléctricos y electrónicos generados a largo plazo y ayudando a la economía de los usuarios, dando así una solución a la problemática planteada anteriormente.


Este trabajo es viable dado que se tiene acceso a personas con este tipo de equipos HPC, lo cual permite una investigación en el campo. Desde la posición del proyecto se cuenta con las herramientas para desarrollar un modelo que valide la investigación, tanto por medio de encuestas a estas personas, como por medio de herramientas de sistemas CAD que permiten ver el proyecto y cómo serán los factores para la fabricación de un prototipo.

### **Conceptos clave**

La tecnología avanza cada vez más rápido, y con ella, la demanda de poder de procesamiento de computación. Es por eso que se han creado los sistemas de cómputo de alto rendimiento (HPC, por sus siglas en inglés) que pueden realizar tareas complejas y procesar grandes cantidades de datos en un tiempo mucho más corto que los sistemas de cómputo convencionales. Sin embargo, con la gran capacidad de procesamiento que ofrecen los HPC, también surgen desafíos importantes en términos de refrigeración y gestión de energía. El sobrecalentamiento puede ser un problema grave que afecta el rendimiento y la vida útil de los componentes electrónicos, y el consumo de energía puede ser muy alto y generar residuos eléctricos y electrónicos que pueden ser dañinos para el medio ambiente.

### **HPC**

Los sistemas de computación de alto rendimiento son una herramienta fundamental para el avance científico y tecnológico (Dongarra & Sterling, 2018). Estos sistemas se utilizan en diversas áreas, como la investigación científica, el diseño de productos, la ingeniería y la simulación, entre otras. Los HPC generalmente constan de varios componentes, incluyendo procesadores de alta velocidad, memoria de gran capacidad y una red de interconexión de alta velocidad. Estos componentes trabajan en conjunto para procesar grandes cantidades de datos y realizar cálculos complejos en tiempos relativamente cortos.



En los últimos años, el uso de HPC se ha extendido a áreas como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, lo que ha impulsado aún más la demanda de sistemas HPC de alta calidad. Sin embargo, estos también presentan desafíos en cuanto a la gestión de la energía, la refrigeración y la escalabilidad.

### **Sobrecalentamiento**

El sobrecalentamiento es un problema común en los HPC que se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo el diseño y los videojuegos. Cuando los HPC realizan cálculos intensos, los componentes electrónicos generan calor, lo que puede hacer que la temperatura del sistema aumente rápidamente. Si la temperatura no se controla adecuadamente, puede dañar los componentes y provocar fallos en el sistema. "Si el enfriamiento es insuficiente, entonces los componentes internos pueden tener un efecto de "fuga térmica" que causa que el sistema se congele o, en una situación extrema, se produzca una falla térmica del dispositivo" (Natarajan, 2008).

En el caso de los videojuegos, los HPC se utilizan para generar gráficos en 3D y renderizar imágenes complejas en tiempo real. Esto también requiere un gran poder de procesamiento y puede generar mucho calor. Si el sistema se sobrecalienta durante la reproducción del juego, puede provocar una disminución en el rendimiento y afectar la experiencia del usuario. Por lo tanto, la gestión térmica es una consideración importante en el diseño y la utilización de sistemas de HPC en estas aplicaciones, y se han propuesto diversas técnicas y estrategias para abordar este desafío.

### **Refrigeración en HPC**

Hace referencia a los métodos y sistemas utilizados para mantener la temperatura adecuada en los componentes de un clúster de HPC, evitando el sobrecalentamiento y asegurando el correcto funcionamiento.

- **Tipos de sistemas de refrigeración en HPC:** existen diversos métodos de refrigeración utilizados en HPC, como la refrigeración por aire, por agua, por inmersión y por enfriamiento termoeléctrico. Cada uno de ellos tiene sus propias ventajas y desventajas en términos de eficiencia, costo y complejidad.
- **Flujo de aire en HPC:** Se refiere al movimiento de aire a través de los componentes y dispositivos que conforman un sistema de cómputo de alto rendimiento. Es



esencial para la refrigeración efectiva y el mantenimiento de la temperatura adecuada de los componentes en el interior del sistema.

- **Importancia del flujo de aire en HPC:** El flujo de aire es un factor crucial en numerosos procesos industriales y aplicaciones de transferencia de calor. Un estudio experimental realizado por (Tahseen, 2014) demostró la importancia del flujo de aire en la transferencia de calor en un banco de tubos planos en línea. Los resultados indicaron que el número de Nusselt promedio de los tubos planos aumentó con el incremento del número de Reynolds, lo que resalta la influencia del flujo de aire en la eficiencia de transferencia de calor. Este hallazgo subraya la necesidad de comprender y controlar adecuadamente el flujo de aire en aplicaciones de transferencia de calor para optimizar el rendimiento y la eficiencia del sistema.
- **Métodos para optimizar el flujo de aire en HPC:** Algunos métodos para optimizar el flujo de aire en HPC incluyen la selección adecuada de ventiladores, el diseño del sistema de enfriamiento para maximizar el flujo de aire y minimizar las obstrucciones, la colocación adecuada de componentes y la implementación de software que controle la velocidad de los ventiladores en función de la temperatura.

### Antecedentes

La eficiencia térmica y el enfriamiento adecuado son aspectos cruciales en el diseño y funcionamiento de las computadoras de escritorio. Por esto se han llevado a cabo varios estudios que utilizan simulaciones y pruebas para analizar y optimizar el flujo de aire y la transferencia de calor en estos equipos, a continuación, se resumirán distintos estudios e investigaciones que están relacionados con la problemática a tratar.

En los últimos años, se han realizado diversos estudios que analizan los factores que intervienen en el calentamiento de los computadores de escritorio y cómo mejorar la eficiencia térmica para reducir la temperatura del equipo y prolongar su vida útil. Uno de los estudios realizados por Chang, Je-Young & Yu, C.W. & Webb, R.L. en el año 2000, identificó el flujo de aire mínimo que requerían las computadoras en esa época, para ello utilizan el método de CFD *modeling* (modelado de dinámica de fluidos computacional) y encuentran que utilizando disipadores de calor con conductos para el aire tiene una mejora reduciendo en más de 10°C la temperatura del CPU en relación con el diseño sin conductos.




Por otro lado, Liu et. al (2021) concluyeron en su estudio *Numerical simulation and optimization of airflow field in a desktop computer case* que la simulación numérica es útil para analizar el flujo de aire en una computadora de escritorio y para esto se realizaron optimizaciones en el diseño del chasis, en la configuración del flujo de aire para mejorar la eficiencia térmica y reducir la temperatura del equipo. Los resultados del estudio concluyeron que las simulaciones numéricas pueden ser útiles para el diseño y la optimización de sistemas de enfriamiento en computadoras de escritorio.

Además, Garro-Acón et. al (2012) destacaron la importancia del diseño y la optimización de los disipadores de calor en un estudio que analiza la transferencia de calor de los disipadores utilizados para enfriar los procesadores de computadoras de escritorio. Su principal objetivo fue diseñar tres disipadores de calor, comparar sus temperaturas y reducirlas, todo en el software COMSOL Multiphysics. Para ello utilizan como método una simulación de 3 disipadores numerados, todos modelados en el mismo software para evitar errores en importaciones desde otros softwares y finalmente utilizan ecuaciones diferenciales para generar los perfiles de temperatura de cada disipador,

Los resultados del estudio muestran que el uso de un disipador de calor con aletas y una base de cobre proporciona una mayor eficiencia en la disipación de calor en comparación con otros diseños. Además, se encontró que el tamaño y la forma de las aletas del disipador de calor tienen un impacto significativo en su eficiencia para disipar el calor. En general, este estudio destaca la importancia de la modelación y simulación en el diseño y optimización de los disipadores de calor para procesadores de computadora, lo que puede contribuir a reducir el sobrecalentamiento y prolongar la vida útil de los dispositivos electrónicos.

Yan y Ruan (2020) realizaron un experimento para estudiar las características de funcionamiento del sistema de refrigeración evaporativa auto circulante en los HPC. La refrigeración por evaporación utiliza la latencia del refrigerante para eliminar el calor, lo que la hace más eficiente que la refrigeración tradicional por aire o por agua, y el refrigerante utilizado tiene un alto nivel de aislamiento y no se calienta. El método utilizado fue el de unidad paralela mínima y se obtuvieron gráficas que demostraron que los cuatro pasajes paralelos presentaron diferentes características de funcionamiento debido a las diferentes dimensiones geométricas, posición de instalación y la carga térmica nominal.



Yan y Ruan concluyen que este trabajo es valioso para el futuro diseño y funcionamiento del sistema de refrigeración de HPC. Este estudio puede ser útil como antecedente para una tesis relacionada con el diseño y la implementación de sistemas de refrigeración para HPC utilizando la tecnología de refrigeración por evaporación.


Saini et al. (2021) se enfocan en el diseño y las modificaciones realizadas en un disipador de calor utilizado para el procesador Ryzen 5 3600 de AMD. Se utilizó la herramienta FEM Autodesk Fusion 360 para diseñar y simular el disipador de calor modificado. La mejora se logró mediante la modificación de las dimensiones paramétricas, el aumento del área superficial e introduciendo metal en los aspectos de la capa límite aire-fluido. Los resultados muestran que el nuevo diseño es capaz de proporcionar un 64,23% de disipación de calor por convección de la superficie, así como reducir un 50,9% la temperatura de la superficie de la CPU en comparación con el diseño existente del disipador de calor.

Jana et al. (2021) utilizan un enfoque de aprendizaje automático para investigar los factores que afectan la generación de residuos electrónicos en la red Bitcoin. Se analizaron los datos de la actividad de la red Bitcoin y se aplicaron algoritmos de aprendizaje automático para identificar los determinantes de la generación de residuos electrónicos en la red.

Los resultados indican que la tasa de crecimiento de la tasa de hash y la tasa de adopción de la tecnología son los principales factores que afectan la generación de residuos electrónicos en la red Bitcoin. Además, se encontró que la intensidad energética de la red y la eficiencia energética de la minería también tienen un impacto significativo en la generación de residuos electrónicos en la red.

Estos hallazgos proporcionan información valiosa para el diseño y la implementación de políticas y estrategias que pueden reducir la generación de residuos electrónicos en la red Bitcoin y en otras redes de criptomonedas.

Kumar et al. (2020) presentan en su artículo "*Heat Sink Design for Optimal Performance of Compact Electronic Appliances - A Review*" una revisión exhaustiva de los diferentes métodos y técnicas utilizados para el diseño de disipadores de calor en dispositivos electrónicos compactos. Se presentan varios modelos matemáticos y técnicas de simulación para la optimización del diseño de los disipadores de calor, como el análisis de transferencia de calor y la dinámica de fluidos computacional. Se concluye que, aunque se han logrado avances significativos en la eficiencia de los disipadores de calor, todavía




existen desafíos importantes en el diseño de disipadores de calor para dispositivos electrónicos compactos.

Finalmente, Platini et al. (2017) en su artículo “*CPU overheating characterization in HPC systems: A case study*”. Presenta un estudio de caso sobre la caracterización del sobrecalentamiento de la CPU en sistemas de HPC (*High Performance Computing*). Se aborda la problemática de cómo el sobrecalentamiento puede afectar al rendimiento de los sistemas HPC y se propone un enfoque para la medición y caracterización del sobrecalentamiento. El estudio se basa en mediciones experimentales realizadas en un sistema HPC real y los resultados obtenidos demuestran la efectividad del enfoque propuesto para caracterizar el sobrecalentamiento de la CPU. Este artículo es una contribución importante para la comprensión del sobrecalentamiento en sistemas HPC y para la identificación de estrategias efectivas para mitigarlo.

Para concluir, estos estudios e investigaciones que anteceden este trabajo están mayormente relacionados con la temperatura y sus distintas formas de simular o calcular su comportamiento, dado que hay muy poca información en investigaciones o artículos académicos que hable sobre los HPC o el fenómeno de la gamificación en esta búsqueda preliminar queda una evidente necesidad de explorar estos temas en mayor profundidad. Es importante comprender cómo la tecnología HPC y la gamificación pueden ser utilizadas en conjunto para mejorar el rendimiento y la eficiencia de los sistemas informáticos, y cómo se puede aplicar esta combinación en diferentes campos, desde la educación hasta la industria. A través de esta investigación, se espera contribuir al avance del conocimiento en estas áreas y proporcionar información valiosa para futuros trabajos de investigación y proyectos prácticos.

### **Estado de la técnica**

El diseño del flujo de aire en los gabinetes de los sistemas de cómputo de alto rendimiento (HPC) es un aspecto crítico para garantizar el funcionamiento óptimo y la eficiencia térmica de estos sistemas. A medida que los componentes de los HPC se han vuelto cada vez más potentes y compactos, el control adecuado del flujo de aire se ha convertido en un desafío crucial para evitar el sobrecalentamiento y maximizar el rendimiento.



Esta revisión del estado de la técnica se enfoca en el análisis de la evolución del flujo de aire en gabinetes de HPC durante el período comprendido entre 2014 y 2022. Durante estos años, los investigadores y profesionales han llevado a cabo numerosos estudios y desarrollos para mejorar la gestión térmica en los gabinetes y garantizar una distribución efectiva del aire para la disipación del calor.

Ilustración 1

Alienware área 51

Alienware Area 51 (2014)

**Características:**  
 Dimensiones: 55.8cm x 63.5cm x 22.8cm  
 Peso: 28kg  
 precio de salida: 1699 USD



**INTERESANTE:**  
 El alienware area 51 es un HPC completo que se vendió con todos los componentes incluidos, implementando el hardware instalado de forma inclinada



**POSITIVO:**  
 -Estabilidad estructural  
 -Diseño innovador  
 -Buenas entradas de aire

**NEGATIVO:**  
 -Peso  
 -Salida del aire caliente  
 -Circulación del aire interno  
 -Manejo de cables

Nota: Análisis de las características principales del chasis Alienware área 51.

Usando fotografía de producto Tomada de: <https://www.gamespot.com/articles/alienware-area-51-review/1100-6423801/> .

Ilustración 2

Thermaltake The Tower 900

Thermaltake The Tower 900 (2016)

**Características:**  
 Dimensiones: 75.2cm x 42.3cm x 48.3cm  
 Peso: 24.5kg  
 precio de salida: 570 USD



Vista Lateral



Vista Frontal

**INTERESANTE:**  
 The tower 900 es un case hecho para el alto rendimiento y el trabajo pesado por su tamaño y diseño mantiene fríos los componentes.



**POSITIVO:**  
 -Estabilidad estructural  
 -Buenas entradas de aire  
 -Circulación de aire interno  
 -Espacio para hardware  
 -Salida del aire caliente  
 -Manejo de cables

**NEGATIVO:**  
 -Peso ensamblado completamente  
 -Tamaño, no es para un escritorio  
 -Transporte  
 -requiere de muchos ventiladores que no incluye

Nota: Análisis de las características principales del chasis Termaltake the tower 900.

Usando fotografía de producto tomada de <https://es.thermaltake.com/the-tower-900.html>

### Ilustración 3

NZXT S340 ELITE

#### NZXT S340 ELITE (2017)

**Características:**

**Dimensiones:** 20.3cm x 47.4cm x 43.2cm

**Peso:** 8.13kg

**precio de salida:** 95 USD



**POSITIVO:**

- Estabilidad estructural
- Circulación de aire interno
- Manejo de cables
- Tamaño justo para un escritorio
- Facil de transportar
- Diseño minimalista

**INTERESANTE:**

El S340 fué en su año de lanzamiento uno de los case mas solicitados a nivel mundial a pesar de carecer de una buena refrigeración como si lo tenía la competencia.

Incluía un soporte de diadema y control de ventiladores externo.

**NEGATIVO:**

- Peso ensamblado completamente
- Tamaño, no es para un escritorio
- Transporte
- Pocos sitios para instalar ventiladores o refrigeraciones

**Nota:** Análisis de las características principales del chasis NZXT S340 ELITE.

Usando fotografía de producto tomada de <https://www.gizcomputer.com/nzxt-s340-elite-caja-review-precio/>.

### Ilustración 4

Inwin H Tower

#### InWin H Tower (2018)

**Características:**

**Dimensiones:** 32.2cm x 50.2cm x 61.7cm

**Peso:** 23kg

**Precio de salida:** 1500USD



**POSITIVO:**

- Facil acceso a componentes
- Estabilidad
- Manejo de cables
- Diseño llamativo
- Facil limpieza de componentes



**INTERESANTE:**

Solo se fabricaron 125 unidades por lo que es una de las mas exclusivas

**NEGATIVO:**

- Mantenimiento del sistema de apertura
- Consumo energético
- Peso
- Tamaño en modo desplegado
- Flujo de aire

**Nota:** Análisis de las características principales del chasis Inwin H Tower.

Usando fotografía de producto tomada de <https://www.in-win.com/es/gaming-chassis/H-Tower>



### Ilustración 5 HYTE Y60

#### HYTE Y60 (2021)

##### Características:

Dimensiones: 45.6cm x 28.5cm x 46.2cm

Peso: 9.6kg

precio de salida: 200USD



##### INTERESANTE:

El Y60 posee entradas de aire por todo su diseño y emplea una excelente acomodación del hardware como lo es poner la GPU en vertical.



Nota: Análisis de las características principales del chasis HYTE Y60.

Usando fotografía de producto tomada de <https://hyte.com/store/y60?v=113>

### Ilustración 6

#### LIAN LI O11 Dynamic EVO

#### LIAN LI O11 Dynamic EVO (2022)

##### Características:

Dimensiones: 46.5cm x 28.5cm x 45.9cm

Peso: 13.15kg

precio de salida: 190USD



##### INTERESANTE:

El O11 posee una gran capacidad para instalar unidades de almacenamiento pero su principal característica es la cantidad de ventiladores y refrigeraciones que puede tener al mismo tiempo.

##### NEGATIVO:

-Tamaño, algo grande para algunos espacios

- Costo
- Puede ser complicado el transporte

Nota: Análisis de las características principales del chasis LIAN LI O11 Dynamic EVO.

Usando fotografía de producto de <https://lian-li.com/es/LOS-PRODUCTOS/o11-din%C3%A1mico-evo/>



### **Técnicas de recolección de datos**

Este estudio utiliza un enfoque cualitativo basado en entrevistas semiestructuradas. Las entrevistas son realizadas a expertos en el campo de mantenimiento de los HPC, quienes poseen una comprensión profunda de los desafíos asociados al sobrecalentamiento y las prácticas implementadas para su mitigación.

También se realizan pruebas de estrés en equipos funcionales para comprender el comportamiento del flujo de aire y temperaturas al interior del equipo.

### **Selección de Participantes:**

Se seleccionan participantes que tengan experiencia en el manejo y mantenimiento de sistemas HPC en diferentes entornos, como centros de entretenimiento domésticos, empresas y organizaciones académicas. La muestra estará compuesta por técnicos y profesionales especializados en el área.

### **Recolección de Datos:**

Las entrevistas se llevan a cabo en un entorno adecuado para los participantes, ya sea en persona o mediante medios de comunicación remotos, según las preferencias y disponibilidad de los entrevistados.

Se utilizan guiones de entrevista semiestructurados que abarquen temas como la identificación de los desafíos del sobrecalentamiento, las estrategias de enfriamiento utilizadas, el impacto ambiental percibido y las posibles mejoras propuestas.

Para las pruebas de rendimiento se utiliza el software Cinebench y Furmark, estos estresan el equipo para que alcance su máximo rendimiento, y por consecuente, las temperaturas más elevadas.

Se realizan 4 pruebas de rendimiento utilizando los mismos componentes de alto rendimiento, pero su variación se encontrar en la refrigeración y estado del chasis.

- Procesador refrigerado por aire y caja cerrada.
- Procesador refrigerado por líquido y caja cerrada.
- Procesador refrigerado por aire y caja abierta
- Procesador refrigerado por agua y caja abierta



### **Análisis de datos**

#### **Entrevistas**


Se entrevistó un profesional ingeniero de sistemas con más de 10 años de experiencia, y dos personas que llevan más de cinco años de experiencia realizando procesos de mantenimiento a equipos de cómputo.

Con base en las respuestas proporcionadas por los entrevistados, se puede observar una serie de puntos comunes y tendencias en sus respuestas:

1. Todos los entrevistados concuerdan en que la gestión térmica es fundamental en sistemas HPC debido a la generación intensa de calor, y que su falta puede resultar en un rendimiento degradado y daño a los componentes.
2. La optimización del flujo de aire es un desafío común. Los entrevistados resaltan la necesidad de evitar recirculación de aire caliente, distribuir el flujo uniformemente y mantener un equilibrio entre el rendimiento y el ruido.
3. Los factores críticos en la distribución de ventiladores y conductos incluyen la ubicación de componentes críticos y la dirección del flujo de aire. La separación de flujos caliente y frío es esencial.
4. La adopción de sistemas de enfriamiento líquido ha aumentado, pero los sistemas de enfriamiento por aire siguen siendo relevantes debido a su simplicidad y menor costo.
5. La evolución en las estrategias de diseño del flujo de aire incluye diseños más eficientes, separación de flujos de aire y atención a la eficiencia energética.
6. Abordar puntos de estrangulamiento y recirculación de aire involucra el uso de deflectores, conductos y un monitoreo constante.

#### **Conclusión**

La gestión térmica y la optimización del flujo de aire son aspectos críticos en el mantenimiento de sistemas HPC. A medida que evoluciona la tecnología, se han adoptado enfoques más eficientes y se han integrado sistemas de enfriamiento más avanzados. Las técnicas de simulación y las pruebas físicas siguen siendo métodos efectivos para





garantizar el rendimiento y la confiabilidad de los sistemas HPC en una amplia variedad de aplicaciones.

### Pruebas de rendimiento

#### Configuración del PC:

- Procesador (CPU): Ryzen 7 5700X
- Tarjeta gráfica (GPU): RTX 3090

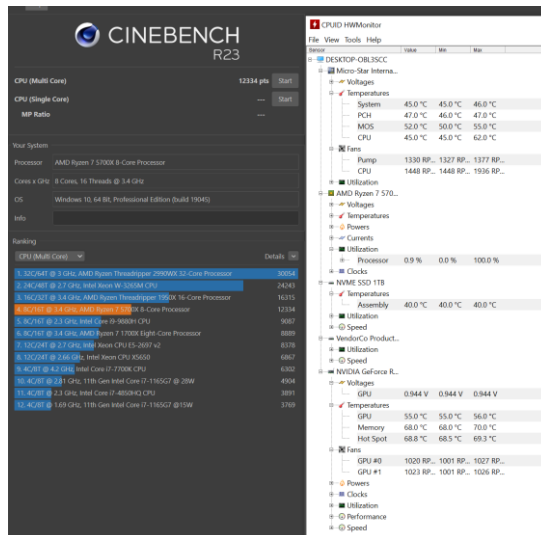
Nota: Solo se utilizan los datos de la gráfica y el procesado dado que son los mayores causantes del aumento de temperatura en un HPC.

**Refrigeración Aire:** Cooler de CPU de alto rendimiento (Cooler master A500) y ventiladores en el gabinete.

**Refrigeración Líquida:** Sistema de refrigeración líquida AIO (All-in-One) para la CPU (Thermaltake Water 3.0 Riing RGB 280mm).

### Ilustración 7

*Prueba Cinebench Chasis Abierto - Refrigeración por Aire*



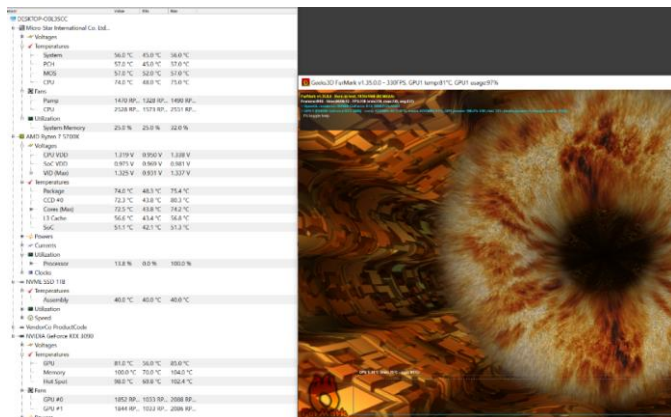
Nota: Captura de pantalla del software Cinebench durante la prueba.





Ilustración 8

Prueba FurMark Chasis Cerrado - Refrigeración por Aire



Nota: Captura de pantalla del software FurMark durante la prueba.

Temperaturas Aproximadas:

Tabla 1 Tabla comparativa de temperaturas

Componente	Temperaturas Chasis Cerrado – Refrigeración por Aire		Temperaturas Chasis Abierto – Refrigeración por Aire		Temperaturas Chasis Cerrado – Refrigeración Líquida		Temperaturas Chasis Abierto – Refrigeración Líquida	
	CPU	GPU	CPU	GPU	CPU	GPU	CPU	GPU
Cinebench	65-66°C	59-62°C	60-62°C	55-56°C	65-70°C	58-60°C	55-58°C	55-56°C
Furmark	70-73°C	84-86°C	60-65°C	79-81°C	No aplica refrigeración líquida solo es para CPU en el software Cinebench.			

Nota: Elaboración propia

Conclusiones:

Luego de analizar los resultados de las simulaciones de temperaturas en un sistema que utiliza un Ryzen 7 5700X y una RTX 3090 con diferentes sistemas de refrigeración (aire y líquida), así como en dos escenarios de chasis (cerrado y abierto), se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Impacto de la Refrigeración en la Temperatura:



Se observa una clara diferencia en las temperaturas entre la refrigeración por aire y la refrigeración líquida en ambos componentes (CPU y GPU) durante las pruebas.

La refrigeración líquida logra mantener temperaturas más bajas en comparación con la refrigeración por aire en todos los escenarios.

La temperatura de la GPU es más influenciada por el tipo de refrigeración que la temperatura de la CPU en estos casos.

#### **Influencia del Chasis en las Temperaturas:**

Mantener el chasis abierto permite una mejor circulación de aire en general, lo que se refleja en temperaturas más bajas en ambos componentes en comparación con el chasis cerrado. El chasis cerrado puede limitar el flujo de aire y contribuir al aumento de las temperaturas, especialmente bajo cargas intensas como Furmark.

#### **Eficiencia de la Refrigeración Líquida:**

La refrigeración líquida en el CPU muestra una mayor capacidad para mantener temperaturas más bajas en comparación con la refrigeración por aire.

Esta diferencia es más notable durante las pruebas de Furmark, donde la GPU tiende a generar más calor.

#### **Importancia de la Configuración del Flujo de Aire:**


Tanto en la refrigeración por aire como en la líquida, tener un flujo de aire bien dirigido y gestionado dentro del chasis es esencial para mantener temperaturas más bajas.

La disposición de los ventiladores y la ubicación de los conductos de aire tienen un impacto significativo en la distribución del calor.

#### **Consideraciones para el Rendimiento:**

Mantener temperaturas más bajas es fundamental para preservar el rendimiento y la vida útil de los componentes, especialmente en sistemas de alto rendimiento como el que se simuló. La refrigeración adecuada puede evitar el estrangulamiento térmico, lo que puede afectar negativamente el rendimiento del sistema.

En resumen, la gestión térmica en sistemas de alto rendimiento es una consideración crítica para mantener el funcionamiento óptimo y la durabilidad de los componentes. Las pruebas muestran que la refrigeración líquida es más eficiente en términos de mantener temperaturas bajas, y que la configuración del flujo de aire y el tipo de chasis también influyen en gran medida en las temperaturas alcanzadas.



### Requerimientos para la propuesta de diseño

Basado en las entrevistas y datos de rendimiento recopilados, estos son los principales puntos a tener en cuenta en el diseño del chasis.

#### Diseño de Flujo de Aire Eficiente:

- Diseño de ventilación estratégica para permitir la entrada y salida de aire de manera eficiente.
- Posicionamiento de ventiladores y conductos para guiar el flujo de aire a través de los componentes clave, como CPU, GPU y placa base.
- Minimización de obstáculos en el camino del flujo de aire, evitando cables desordenados y estructuras internas que puedan bloquear la circulación.

#### Ubicación de Componentes Clave:

Posicionamiento óptimo de componentes de alta generación de calor, como la CPU y la GPU, para maximizar la disipación de calor y facilitar el flujo de aire alrededor de ellos.


#### Gestión de Cables y Espacio:

- Diseño de canales y rutas de cableado para mantener los cables organizados y fuera del camino del flujo de aire.
- Espacio adecuado para la gestión de cables y para permitir la instalación de componentes adicionales, como ventiladores y sistemas de refrigeración.

#### Ventiladores y Sistemas de Refrigeración:

- Compatibilidad con diversos tipos y tamaños de ventiladores para adaptarse a las necesidades de refrigeración.
- Posibilidad de instalar sistemas de refrigeración líquida o disipadores de calor por aire de alto rendimiento.

#### Materiales y Construcción:

- Uso de materiales conductores de calor, como aluminio, para facilitar la disipación del calor generado por los componentes.
  - Construcción sólida y rígida para evitar vibraciones y asegurar un flujo de aire uniforme.
- 

**Diseño Estético y Ergonómico:**

- Integración de un diseño atractivo que también tenga en cuenta la funcionalidad y la comodidad del usuario.
- Facilitar el acceso a los componentes internos para mantenimiento y actualizaciones.

**Compatibilidad y Estándares:**

- Asegurarse de que el chasis sea compatible con los estándares de tamaño de placas base y componentes.
- Posibilidad de acomodar tarjetas gráficas de mayor longitud y sistemas de refrigeración más grandes.

**Tabla 2**

PDS

NECESIDAD	REQUERIMIENTO TÉCNICO	MÉTRICA	UNIDAD DE MÉTRICA	VALOR DE LA MÉTRICA	DEMANDA O DESEO
Flujo de aire	Buen flujo de aire para disminuir temperaturas	Grados Celsius	°C	CPU 50° - 60° GPU 70° - 80°	Demanda
Tamaño	Tamaño proporcional a las necesidades	Alto x Ancho x Largo	cm	Max 30cmx50cmx60cm	Deseo
Peso	Soportar repuestos o piezas pesadas	Peso	kg	Max 25kg	Demanda
Mantenimiento	Superficie de fácil limpieza, acceso a todas las partes	Puntuación del usuario	1=Difícil de limpiar 2=Fácil de limpiar	Entre 1 y 5	Demanda

Seguridad	Aristas no pronunciadas, tornillería asegurada	Puntuación del usuario	1=Muy filoso 2=Poco filoso 3=No es filoso	Entre 1 y 3	Demanda
Usuario	Desempeño de las funciones requeridas de un HPC	Rendimiento	1=Incomodo trabajar 2=cómodo trabajar	Entre 1 y 2	Demanda
Estética	Armonía de los colores y formas, uniones ocultas y acabados	Estética	0=Nada estético 5= Muy estético	Entre 0 y 5	Deseo
Almacenamiento de componentes	Soportar los componentes claves en un HPC	Capacidad de almacenamiento de componentes	1= No soporta todos los componentes 3=Soporta los componentes necesarios 5= Soporta cualquier componente	Entre 1 y 5	Demanda
Ubicación de componentes	Correcta distribución de componentes y cableado	Ubicación	1=Difícil de ubicar 2=Fácil de ubicar	Entre 1 y 2	Demanda
Compatibilidad y estándares	Cumplir con el estándar ATX para los HPC	Compatibilidad	0= No cumple 5= Si cumple	Entre 0 y 5	Demanda
Transporte	Movilidad del producto ensamblado	Ubicación	1=Difícil de ubicar 2=Fácil de ubicar	Entre 1 y 2	Deseo
Calidad y confiabilidad (Materiales)	Vida útil del producto	Tiempo	Años	Mínimo 5 Años	Demanda
Ensamble	Fácil instalación	Puntuación del usuario	1= Muy Fácil 2= Fácil 3= Dificil 4= Muy Dificil	Entre 1 y 4	Deseo

Partes estándar	Disponibilidad de repuestos estándar en el mercado	Dificultad de conseguir repuestos	1=Difícil 2=Normal 3=Fácil 4=No necesita	Entre 1 y 4	Deseo
Novedad	Factor diferenciador de la competencia	Grado de novedad	1=Poco novedoso  5= Muy novedoso	Entre 1 y 5	Demanda
Ergonomía	Cumplir con percentiles promedio en la manipulación del chasis	Edad/peso/altura	Años/kg/cm	5 - 95	Demanda
Fabricación	Poca complejidad en la fabricación del producto	Dificultad de reproducción	1=Difícil (artesanal)  2=Normal (ediciones limitadas)  3=Fácil (Producción en serie)	Entre 1 y 3	Demanda
Costo del producto objetivo	Costo del producto al usuario final	Dólares	\$ Dólar	Mínimo \$350 USD	Demanda
Documentación	Producto acompañado de documentación completa adecuada para uso y mantenimiento.	Puntuación del usuario	1=No requiere instrucciones  2= Requiere instrucciones básicas  3= Requiere instrucciones detalladas y avanzadas	Entre 1 y 3	Demanda

Nota: Elaboración propia

Departamento  
de Diseño

EJECUCIÓN

02



## CAPÍTULO 2. EJECUCIÓN

### Ideación

Para este proyecto de ideación de diseño, se explorarán dos enfoques creativos: "moodboard" y "transforming shapes". La creación de un chasis de PC no solo implica funcionalidad, sino también estética y experiencia del usuario. Estos métodos nos permitirán fusionar la funcionalidad técnica con el diseño visual, buscando la excelencia en ambos aspectos.

### Ilustración 9

Moodboard de referentes



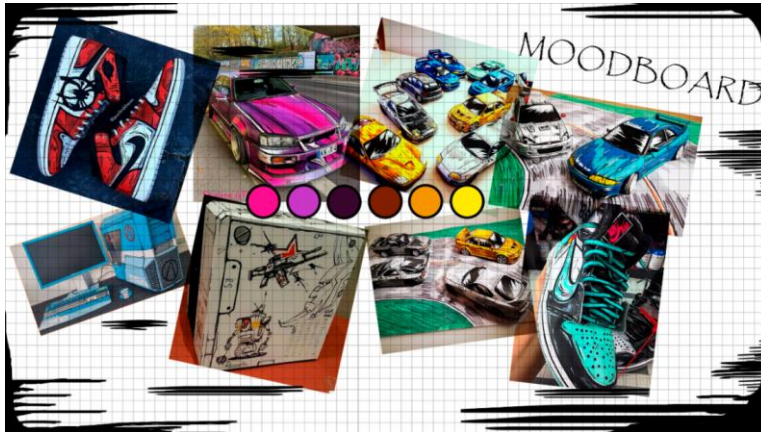
Nota: Elaboración propia





Ilustración 10

Moodboard estilo gráfico



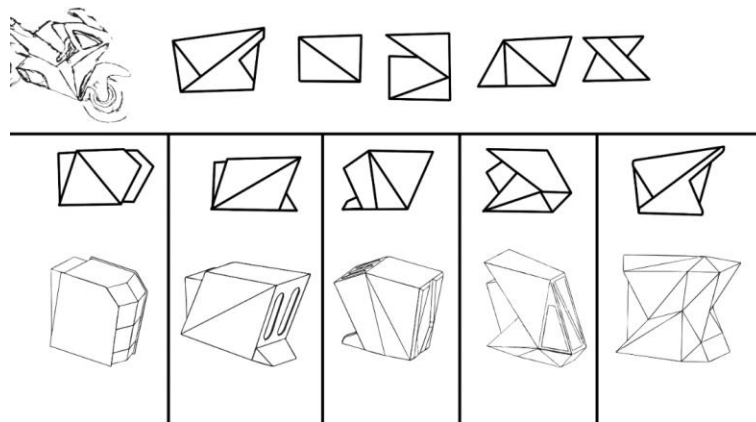
Nota: Elaboración propia

**Transforming shapes:**

Para el proceso de bocetación se utilizó la técnica de transforming shapes, se hizo una abstracción de la forma a partir del referente de una motocicleta.

Ilustración 11

Transforming shapes



Nota: Elaboración propia



Propuestas de diseño:

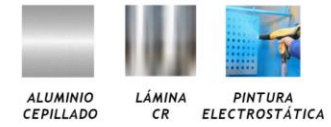
Ilustración 12 Código de color alternativas

ALTERNATIVAS

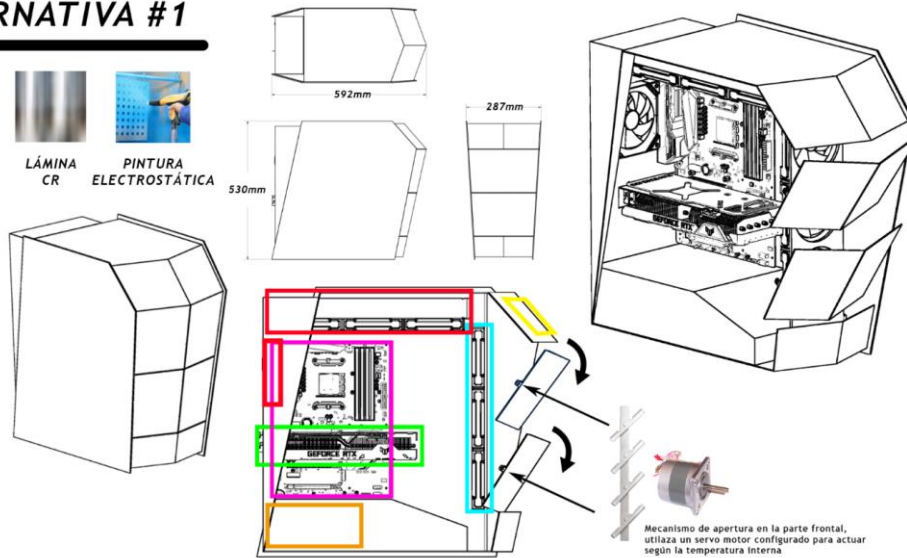
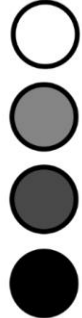


Ilustración 13 Alternativa 1

ALTERNATIVA #1



COLORES



Nota: Elaboración propia

Ilustración 14

Alternativa 2

## ALTERNATIVA #2



ALUMINIO  
CEPILLADO

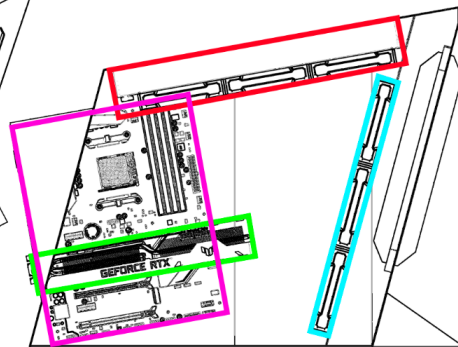
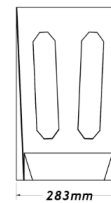
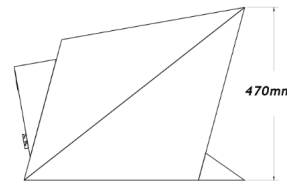
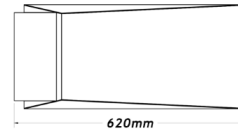
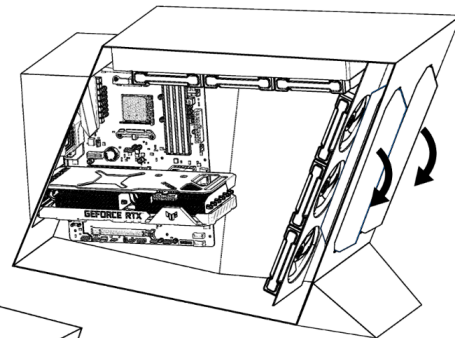
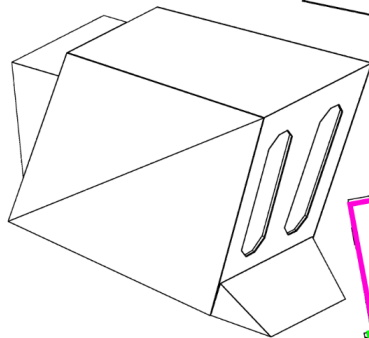
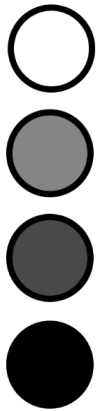


LÁMINA  
CR

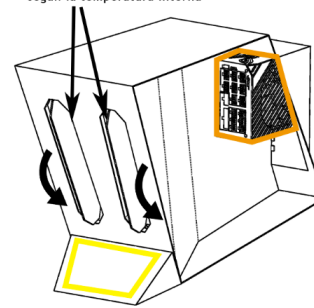


PINTURA  
ELECTROSTÁTICA

COLORES



Mecanismo de apertura en la parte frontal,  
utiliza un servo motor configurado para abrir  
según la temperatura interna



Nota: Elaboración propia

Ilustración 15

Alternativa 3

**ALTERNATIVA #3**



ALUMINIO  
CEPILLADO

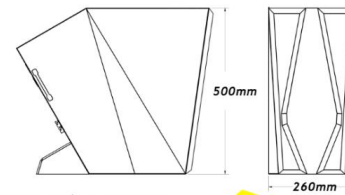
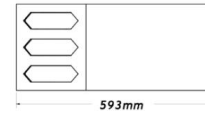
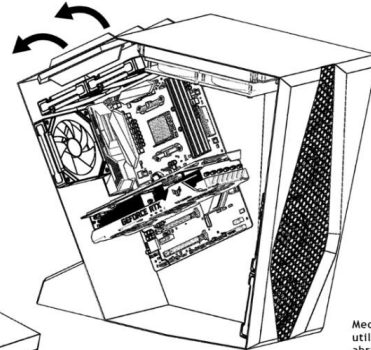
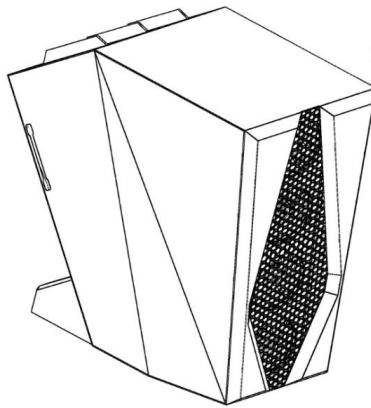
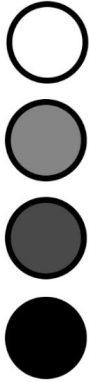


LÁMINA  
CR

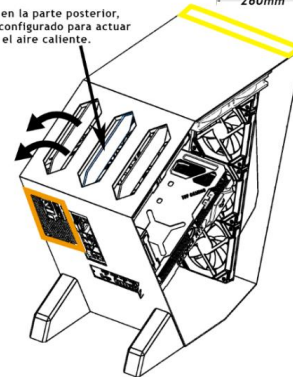
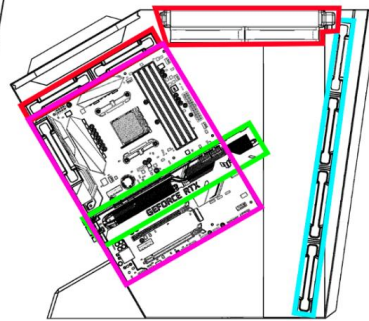


PINTURA  
ELECTROSTÁTICA

COLORES



Mecanismo de apertura en la parte posterior,  
utiliza un servo motor configurado para actuar  
abriéndose para liberar el aire caliente.



Nota: Elaboración propia



Ilustración 16

Alternativa 4

## ALTERNATIVA #4



ALUMINIO  
CEPILLADO

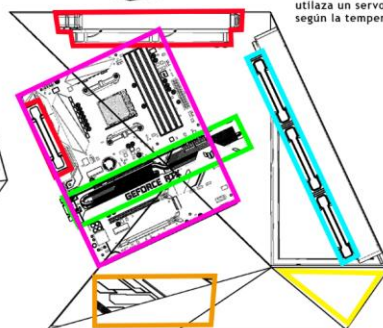
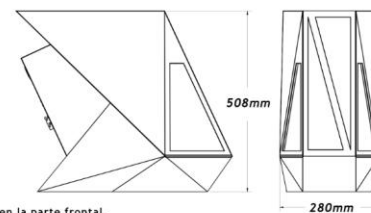
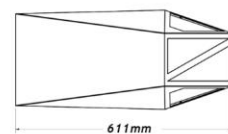
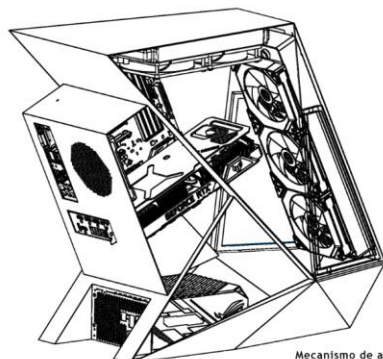
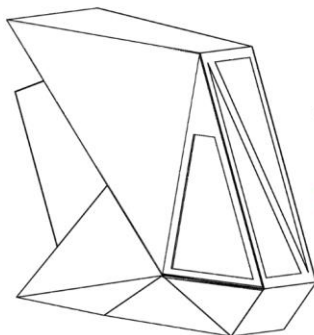
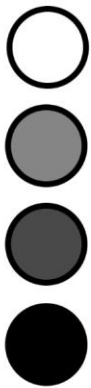


LÁMINA  
CR

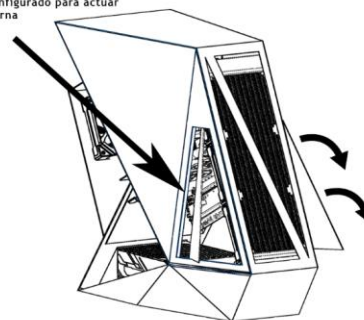


PINTURA  
ELECTROSTÁTICA

COLORES



Mecanismo de apertura en la parte frontal,  
utiliza un servo motor configurado para actuar  
según la temperatura Interna



Nota: Elaboración propia

Ilustración 17

Alternativa 5

# ALTERNATIVA #5



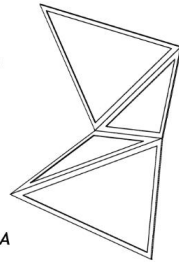
ALUMINIO  
CEPILLADO



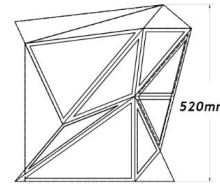
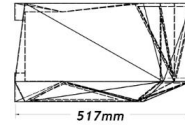
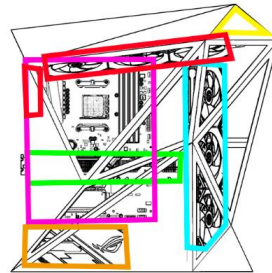
LÁMINA  
CR



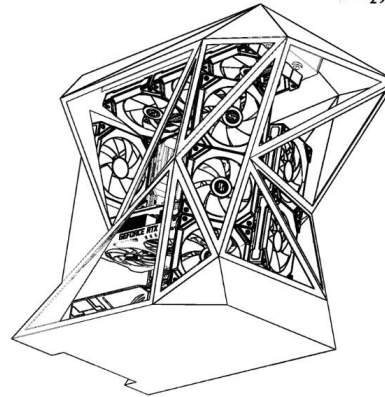
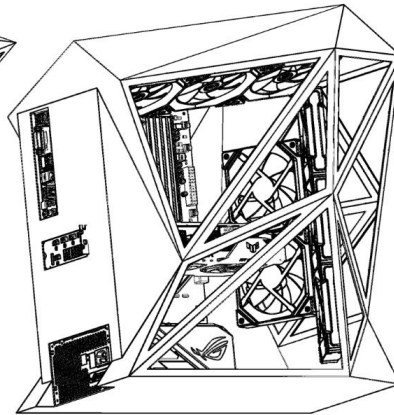
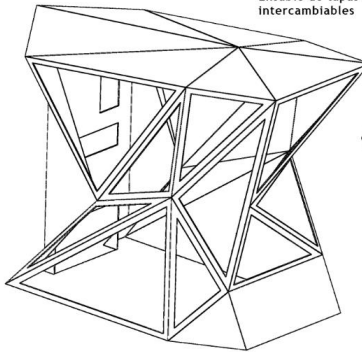
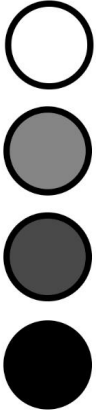
PINTURA  
ELECTROSTÁTICA



Ensamble de tapas triangulares magneticas  
intercambiables



COLORES



Nota: Elaboración propia



## Evaluación de las propuestas

Se realizó una encuesta a un grupo de personas con conocimiento y experiencia en el uso, mantenimiento y funcionamiento de un HPC.

### Entrevistados:

David Arias (Experto, Ingeniero de sistemas)

Anderson Cotacio (Experiencia en mantenimiento y funcionamiento de HPC)

Mateo Ocampo (Experiencia en mantenimiento y funcionamiento de HPC)

Juan Sebastián días (Experiencia en funcionamiento de HPC y diseño)

Juan pablo Agudelo (Experiencia en funcionamiento de HPC y diseño)

### Ilustración 18

#### Resultados alternativa 1 y alternativa 2



Nota: Captura de pantalla del cuestionario de Google





Resultados alternativa 3 y 4

Ilustración 19

Resultados alternativa 3 y 4



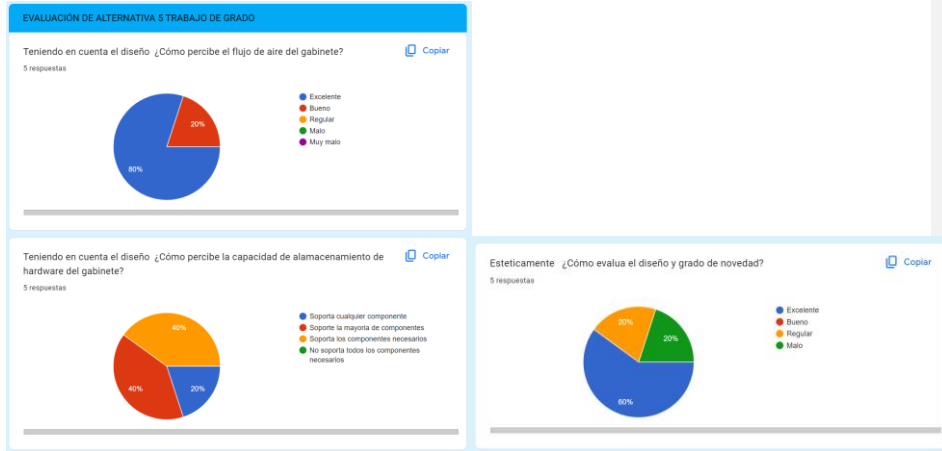
Nota: Captura de pantalla del cuestionario de Google





Ilustración 20

Resultados alternativa 5



Nota: Captura de pantalla del cuestionario de Google

Resultados:

Son 3 preguntas, cada una equivale en 33.33% del 100% en la evaluación y cada pregunta tiene su ponderación de 0.0 a 5.0 según la respuesta.

Nota: El 100% es igual a un 5.0 el 0% es igual a un 0.0.

Ilustración 21 Ponderación pregunta 1, 2 y 3

Excelente	5.0	Soporta cualquier componente	5.0	Excelente	5.0
Bueno	4.0	Soporta la mayoría de componentes	4.0	Bueno	4.0
Regular	3.0	Soporta los componentes necesarios	3.0	Regular	3.0
Malo	2.0	No soporta todos los componentes necesarios	0.0	Malo	2.0
Muy malo	0.0				





Tabla 3 Resultados evaluación propuestas

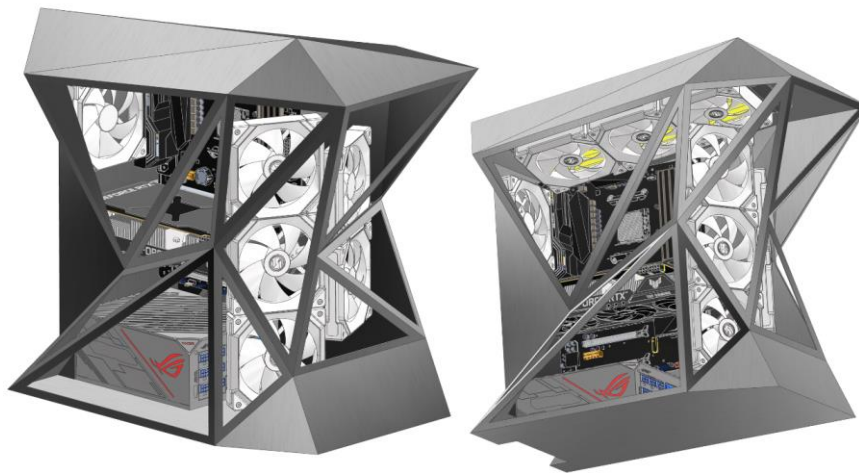
Alternativas	Nota preguntas			Total promediado
	#1	#2	#3	
#1	3.5	4.5	4.0	3.83
#2	3.0	4.5	4.0	3.83
#3	5.0	3.5	4.0	4.16
#4	4.0	4.0	3.5	3.83
#5	5.0	3.5	5.0	4.5

### Conclusiones

Según las respuestas de los entrevistados la alternativa ganadora es la #5

### Ilustración 22

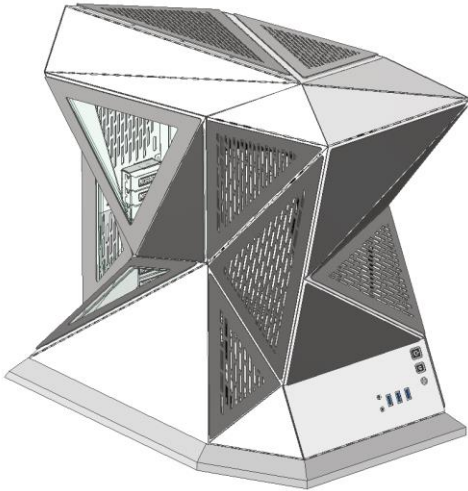
Propuesta seleccionada: Alternativa 5



Nota: Elaboración propia

**Comentado [EZ1]:** Recuerda tener en cuenta las recomendaciones de Camilo y Parra en temas de la usabilidad de la propuesta, que no sea demasiado complejo el movimiento de las partes. Evalúa si es posible que todas tengan el mismo tamaño o como se dará la interfaz para que no haya confusiones a la hora de ensamble y desensamble. También recuerda tener presente a la hora de describir la propuesta el tema de la comercialización como edición limitada y establecer las mejoras o diferenciadores con lo que ya existe.





**Ilustración 23** Modelo final

*Nota: Elaboración propia*

### Diseño de Detalle

Para llevar a cabo el diseño de detalle de este chasis de PC, se utilizó el software Autodesk Inventor. Este software proporciona las herramientas necesarias para modelar y visualizar cada componente del chasis, permitiendo un diseño preciso y detallado. Durante el proceso de diseño, se tuvieron en cuenta los estándares típicos de un PC de escritorio, como la disposición de componentes, tamaños de placas base, ubicación de puertos y bahías, y consideraciones para la gestión del flujo de aire. Esto garantiza que el chasis sea compatible y funcional con los componentes y periféricos habituales de un PC de escritorio.

Se tuvieron en cuenta los siguientes puntos.

### Investigación y Requisitos:

- Comienza investigando las necesidades específicas del sistema HPC. ¿Qué componentes albergará el chasis? ¿Cuáles son los objetivos de rendimiento?
- Define los requisitos técnicos: tamaño, peso, capacidad de expansión y modularidad.

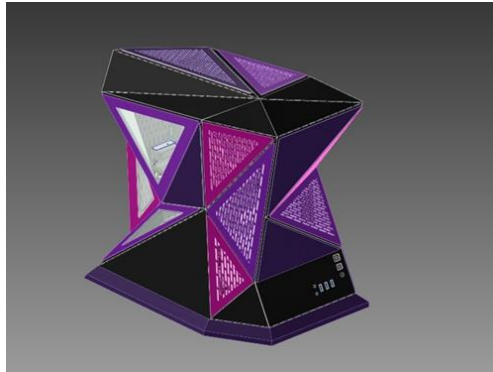
### Conceptualización y Diseño Inicial:

- Generación de ideas para la forma y la estructura del chasis. Y se considera la complejidad de la forma y cómo se integrarán los componentes.
- Se utilizaron herramientas de modelado 3D para crear un diseño detallado, asegurándose de que el chasis permita un flujo de aire eficiente y una distribución inteligente de los componentes. Como resultado de la exploración formal se llegó a un diseño único con un factor diferencial notable además de la implementación de un sistema de tapas triangulares removibles e intercambiables para variar el flujo de aire interno y a su vez personalizar y volver único el chasis.



Ilustración 24

Pandora color 1



Nota: Elaboración propia

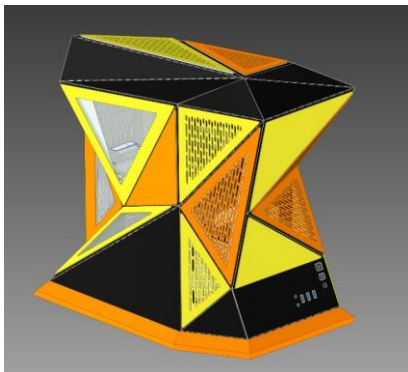


Ilustración 25 Pandora color 2

Nota: Elaboración propia

#### Simulación y Optimización:

- Realiza simulaciones virtuales para evaluar la capacidad, eficiencia térmica (flujo de aire) y la resistencia estructural. Optimización de la forma y los materiales para cumplir con los objetivos de rendimiento.

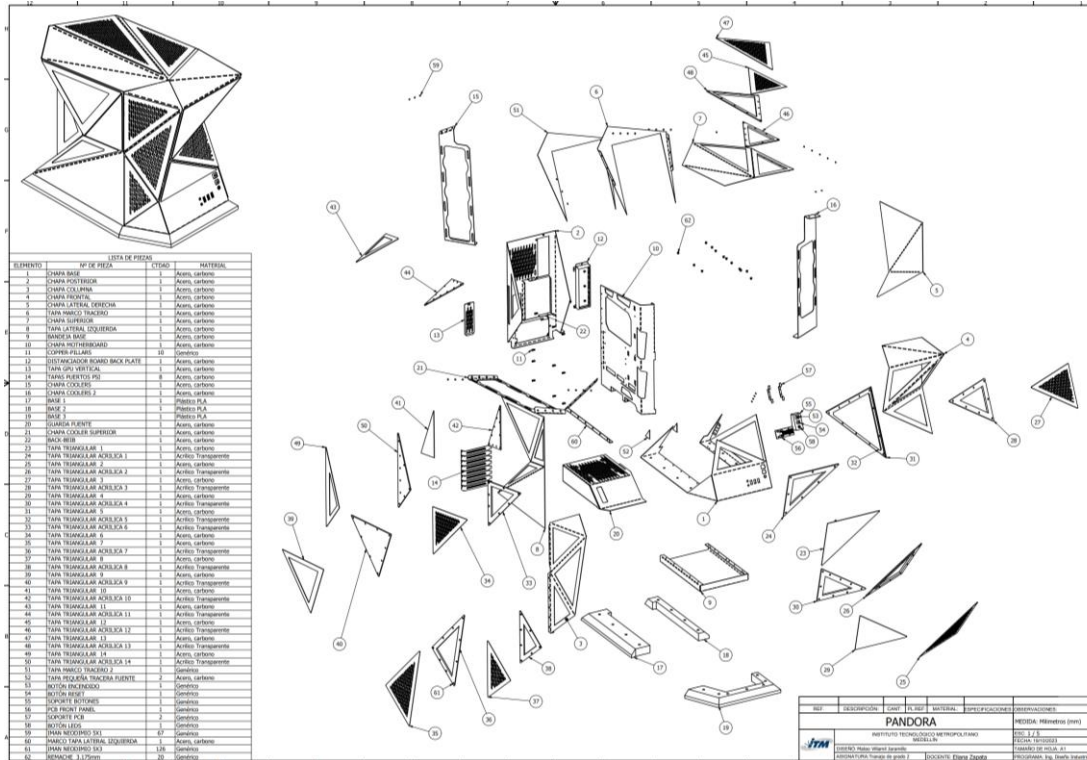
En resumen, diseñar un chasis de HPC para un computador implica un proceso iterativo que combina creatividad, ingeniería y pruebas prácticas. El factor diferencial radica en la complejidad de la forma y la modularidad para adaptarse a las necesidades y gustos del usuario.



Planimetría

Para ver con más detalle toda la planimetría revisar ANEXO #1

Ilustración 26 Plano en explosión



Nota: Elaboración propia



Ilustración 27 Lista de piezas

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	CTDAD	MATERIAL
1	CHAPA BASE	1	Acero, carbono
2	CHAPA POSTERIOR	1	Acero, carbono
3	CHAPA COLUMNA	1	Acero, carbono
4	CHAPA FRONTAL	1	Acero, carbono
5	CHAPA LATERAL DERECHA	1	Acero, carbono
6	TAPA MARCO TRACERO	1	Acero, carbono
7	CHAPA SUPERIOR	1	Acero, carbono
8	TAPA LATERAL IZQUIERDA	1	Acero, carbono
9	BANDEJA BASE	1	Acero, carbono
10	CHAPA MOTHERBOARD	1	Acero, carbono
11	COPPER-PILLARS	10	Genérico
12	DISTANCIADOR BOARD BACK PLATE	1	Acero, carbono
13	TAPA GPU VERTICAL	1	Acero, carbono
14	TAPAS PUERTOS PSI	8	Acero, carbono
15	CHAPA COOLERS	1	Acero, carbono
16	CHAPA COOLERS 2	1	Acero, carbono
17	BASE 1	1	Plástico PLA
18	BASE 2	1	Plástico PLA
19	BASE 3	1	Plástico PLA
20	GUARDA FUENTE	1	Acero, carbono
21	CHAPA COOLER SUPERIOR	1	Acero, carbono
22	BACK-BEIB	1	Acero, carbono
23	TAPA TRIANGULAR 1	1	Acero, carbono
24	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 1	1	Acrílico Transparente
25	TAPA TRIANGULAR 2	1	Acero, carbono
26	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 2	1	Acrílico Transparente
27	TAPA TRIANGULAR 3	1	Acero, carbono
28	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 3	1	Acrílico Transparente
29	TAPA TRIANGULAR 4	1	Acero, carbono
30	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 4	1	Acrílico Transparente
31	TAPA TRIANGULAR 5	1	Acero, carbono
32	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 5	1	Acrílico Transparente
33	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 6	1	Acrílico Transparente
34	TAPA TRIANGULAR 6	1	Acero, carbono
35	TAPA TRIANGULAR 7	1	Acero, carbono
36	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 7	1	Acrílico Transparente
37	TAPA TRIANGULAR 8	1	Acero, carbono
38	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 8	1	Acrílico Transparente
39	TAPA TRIANGULAR 9	1	Acero, carbono
40	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 9	1	Acrílico Transparente
41	TAPA TRIANGULAR 10	1	Acero, carbono
42	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 10	1	Acrílico Transparente
43	TAPA TRIANGULAR 11	1	Acero, carbono
44	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 11	1	Acrílico Transparente
45	TAPA TRIANGULAR 12	1	Acero, carbono
46	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 12	1	Acrílico Transparente
47	TAPA TRIANGULAR 13	1	Acero, carbono
48	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 13	1	Acrílico Transparente
49	TAPA TRIANGULAR 14	1	Acero, carbono
50	TAPA TRIANGULAR ACRILICA 14	1	Acrílico Transparente
51	TAPA MARCO TRACERO 2	1	Genérico
52	TAPA PEQUEÑA TRACERA FUENTE	2	Acero, carbono
53	BOTÓN ENCENDIDO	1	Genérico
54	BOTÓN RESET	1	Genérico
55	SOPORTE BOTONES	1	Genérico
56	PCB FRONT PANEL	1	Genérico
57	SOPORTE PCB	2	Genérico
58	BOTÓN LEDS	1	Genérico
59	IMAN NEODIMIO 5X1	67	Genérico
60	MARCO TAPA LATERAL IZQUIERDA	1	Acero, carbono
61	IMAN NEODIMIO 5X3	126	Genérico
62	REMACHE 3.175mm	20	Genérico

Nota: Elaboración propia





**Carta de procesos**

Para ver con más detalle la carta de procesos [ver ANEXO #2](#)

Ilustración 28

Carta de procesos

**Carta de procesos**  
Proyecto: PANDORA

Departamento de Diseño **Institución Universitaria**  
Reacreditada en Alta Calidad

Pieza #	Descripción	Material(es)	Insumo(s)	Proceso(s)	Máquina(s) y herramienta(s)	Acabado(s)	Observaciones
Enumera las piezas del objeto.	Describe la pieza desde la geometría, la función, el uso y su relación con las partes del objeto.	Describe desde los aspectos técnicos (presentación comercial, dimensiones, etc.) el (los) material(es) de la pieza.	Describe desde los aspectos técnicos (presentación comercial, dimensiones, etc.) el (los) insumo (s) necesarios para procesar la pieza.	Describe en secuencia los procesos para que el material se convierta en la pieza. Asegúrate de describir con claridad y suficiencia para que cualquier persona entienda como producir la pieza.	Describe los insumos en la misma secuencia de la descripción de los procesos. Asegúrate de describir los aspectos técnicos (presentación comercial, dimensiones, cantidad etc.).	Describe los acabados en la misma secuencia de la descripción de los procesos y los insumos. Asegúrate de claridad y suficiencia para que cualquier persona entienda como aplicar los acabados de la pieza.	Describe las observaciones que consideres importantes para hacer aclaraciones que permitan que todo quede claro y suficiente.

Nota: *Elaboración propia*



### Prototipo



**Ilustración 29** Prototipo sin terminar

*Nota: Elaboración propia*

En la fabricación del prototipo se utilizaron los materiales finales propuestos por el diseño y los mismos procesos especificados en la carta de procesos, se realizaron alguna modificaciones y refuerzos estructurales ya que debido a la soldadura la pieza se deformaba en algunos puntos débiles.

Gracias a los puntos de remache se pudo garantizar la correcta posición de las piezas críticas como la parte de atrás con la chapa de la motherboard.



**Ilustración 30** Prototipo sin terminar

*Nota: Elaboración propia*

El tiempo total de fabricación del prototipo fueron 25 horas, ya que implicó trabajo artesanal debido a las complicaciones que conlleva soldar manualmente y manipular las múltiples piezas que van soldadas en conjunto.





### Validación del prototipo



**Ilustración 31** *Prototipo sin terminar*

*Nota: Elaboración propia*

Mientras se fabricaba el prototipo se validaron todas las medidas necesarias para acoplar los componentes de un PC de escritorio, para esta validación se utilizaron componentes desechados de otros computadores.


También para los botones de encendido, reset, puertos USB y control de ventiladores se utilizaron de el mismo computador desechado.



## Ficha técnica

Para ver con detalle la ficha técnica revisar ANEXO #3 Ficha técnica.

### Ilustración 32 Ficha Técnica



## Ficha técnica

El Chasis Pandora representa un avance innovador en el diseño de carcassas para sistemas de alto rendimiento. Su característica distintiva es la forma asimétrica que no solo aporta un atractivo estético único, sino que también optimiza el flujo de aire interno para una refrigeración eficiente. Los paneles laterales modulares, sujetos magnéticamente, no solo ofrecen un acceso sin complicaciones a los componentes internos sino que también permiten una personalización excepcional. La novedad radica en la capacidad de estos paneles para cambiar de color según las preferencias del usuario, brindando una experiencia visual dinámica y personalizada.

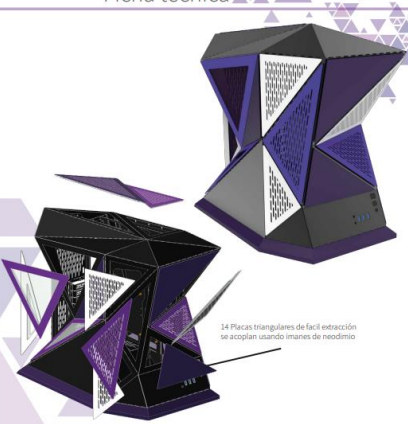
**Características Principales:**

- Asimetría Funcional:** El diseño asimétrico no solo es estéticamente atractivo, sino que mejora el flujo de aire interno, contribuyendo a una mejor gestión térmica de los componentes.
- Paneles Modulares e Imantados:** Los paneles laterales modulares, fijados magnéticamente, ofrecen un acceso rápido y sencillo a los componentes internos, facilitando el mantenimiento y la personalización del sistema.
- Cambio de Color Dinámico:** La capacidad de los paneles laterales para cambiar de color brinda una versatilidad sin igual, permitiendo a los usuarios adaptar la estética de su chasis según su estado de ánimo o preferencias.
- Bandejas Internas Removibles:** Equipadas con bandejas internas removibles diseñadas para albergar ventiladores de 120mm, estas facilitan la instalación y el mantenimiento de la refrigeración, asegurando un rendimiento térmico óptimo.
- Eficiencia de Mantenimiento:** Gracias a la facilidad con la que se pueden quitar y poner las piezas, el mantenimiento del sistema se vuelve más eficiente, ahorrando tiempo y esfuerzo al usuario.

El Chasis Asimétrico para HPC redefine la experiencia de construcción de sistemas de alto rendimiento al fusionar diseño innovador con funcionalidad excepcional. Desde su forma única hasta sus características personalizadas, representa una opción incomparable para aquellos que buscan rendimiento, estilo y facilidad de mantenimiento en un solo paquete.

**Especificaciones Técnicas**

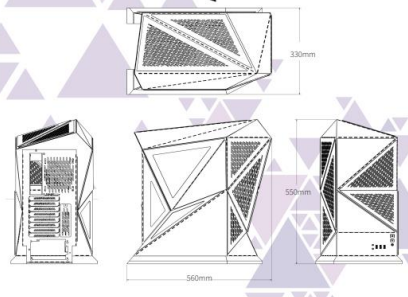
Modelo	PANDORA1
Color	Negro, Mindright purple
Tipo de chasis	Medio torre
Material del chasis	Acero carbono, PLA, PC, ABS, Acrílico
Compatibilidad de la placa base	1/2" x 10.5" ATX, Micro-ATX, Mini-ITX
Ranuras de expansión	PCI-E X7
Compatibilidad máxima	Longitud tarjeta grafica 420mm Altura de disipador 170mm
Puertos delanteros	2X USB 2.0 1X USB 3.0 HD Audio
Bahías de unidad internas	N/A
Compatibilidad térmica	1x Ventilador trasero de 120mm 1x ventilador frontales de 120mm 1x ventilador sup de 120mm / Radiador 360mm
Compatibilidad fuentes	PSU ATX12V Máximo 200mm de longitud
Dimensiones (AL x AN x FO)	550 x 560 x 330 mm
Peso neto	18kg



14 Placas triangulares de fácil extracción se acoplan usando imanes de neodimio

3 Bandejas extraíbles para manipular fácilmente ventiladores 120mm y radiadores hasta de 360mm

Guarda de fuente de poder, oculta los cables y permite colocar un ventilador de 120mm adicional



Nota: Elaboración propia

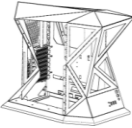

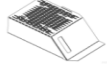


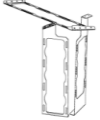


## Manual de usuario

Para ver con detalle el manual de usuario revisar ANEXO #4 Manual de usuario.

Ilustración 33 Manual de usuario



Especificaciones		Contenido de la caja	
Modelo	P4NDOR41		
Color	Negro, Mindnight purple	Chasis preensamblado X1 - Tornillos motherboard X14 - Tapa soporte vertical X1	Tapas triangulares magnéticas X14
Tipo de chasis	Media torre		
Material del chasis	Azero carbono, PLA, PC, ABS, Acrílico	Guarda fuente de alimentación X1	Tapa frontal X1
Compatibilidad de la placa base	12" x 10.5" ATX, Micro-ATX, Mini-ITX		
Ranuras de expansión	PCI-E X7	Tapa posterior X1	Bandejas coolers X3
Compatibilidad máxima	Longitud tarjeta gráfica 420mm Altura de disipador 170mm		
Puertos delanteros	2X USB 2.0 1X USB 3.0 HD Audio		
Bahías de unidad internas	N/A		
Compatibilidad térmica	1x Ventilador trasero de 120mm 5x ventilador frontales de 120mm 3x ventilador sup de 120mm / Radiador 360mm		
Compatibilidad fuentes	PSU: ATX12V Máximo 200mm de longitud		
Dimensiones (AL x AN x FO)	550 x 560 x 330 mm		
Peso neto	18kg		

Nota: Elaboración propia



### Proyección de los costos del producto mínimo viable

Para la realización del presupuesto y costo final del producto se debe de tener en cuenta el contexto del mismo, el gremio de los HPC es exclusivo, además de no ser de producción en serie, es una edición limitada y exclusiva. Teniendo esto en cuenta, el embalaje del producto no se tomará en cuenta en el presupuesto inicial.

### Fabricación del prototipo:

Tabla 4 Costos prototipo

Costos del prototipo			
Materiales	Cantidad	Precio \$COP	Total \$COP
Lámina 4x8 coldroll calibre 18	1	\$125.000	\$125.000
Lámina de acrílico 1000mmx1000 3mm	1	\$120.000	\$120.000
Bases en impresión 3D	3	70.000	\$210.000
Imanes neodimio 5x1	67	\$250	\$16.750
Imanes neodimio 5x1	126	\$450	\$56.700
Corte láser lámina coldroll	1	\$350.000	\$350.000
Pintura electrostática	1	\$70.000	\$70.000
Corte láser lámina acrílico	1	\$80.000	\$80.000
Tornillería y similares	1	\$20.000	\$20.000
Botones / PCB frontal	1	\$50.000	\$50.000
Soldadura/insumos	1	\$150.000	\$150.000
Mano de obra	1	\$200.000	\$200.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$1.448.450</b>
			<b>360USD</b>

Nota: Elaboración propia



## Departamento de Diseño

### Costo estimado del producto final:

Teniendo en cuenta el valor de la fabricación del prototipo, el valor agregado por sus unidades limitadas y el estado actual del mercado de los chasis exclusivos hechos para los HPC, el precio de venta estimado es de **750USD (3.060.000 COP)**.



Departamento  
de Diseño:

DIVULGACIÓN

03



### CAPÍTULO 3. DIVULGACIÓN

#### Render en contexto y con el usuario

Para ver con detalle el render revisar ANEXO #5 Render relación Usuario y entorno.

#### Ilustración 34

*Render relación Usuario y entorno*

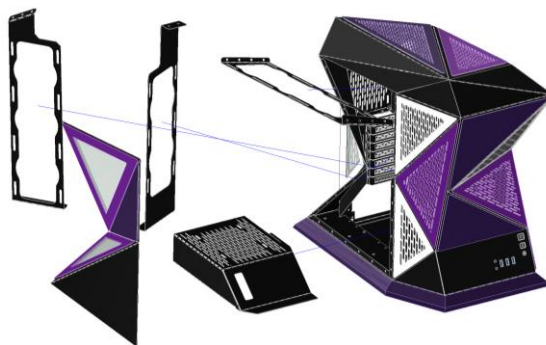


*Nota: Elaboración propia*

#### Secuencia de uso

Para ver con detalle el video de la secuencia de uso de los accesorios revisar ANEXO #6 Video Uso accesorios.

#### Ilustración 35 *Captura Video uso accesorios*



*Nota: Elaboración propia*





**Departamento  
de Diseño**

Infográfico general. lupas, detalle

**Anexo infográfico(s)**

**Anexo presentación para sustentación pública.**



# CONCLUSIONES

El desarrollo del chasis "Pandora" es el resultado de un proyecto con una ejecución meticulosa, integrando principios clave sobre flujo de aire, gestión térmica y desafíos particulares en el ámbito del High-Performance Computing (HPC). La síntesis de estos elementos se tradujo en un producto innovador y funcional que representa un avance significativo en el diseño de hardware.

Durante la fase de fabricación del prototipo, se aplicaron los materiales y procesos definidos en el diseño original, aunque ajustes y refuerzos estructurales fueron necesarios para abordar deformaciones específicas causadas por la soldadura. La implementación de puntos de remache surgió como una solución efectiva, asegurando la integridad de piezas críticas, como la placa posterior con la chapa de la motherboard.

El tiempo de fabricación de 35 horas refleja la dedicación y precisión artesanal necesarias para superar las complejidades inherentes a la soldadura manual y la manipulación de múltiples piezas. Este esfuerzo meticuloso subraya el compromiso con la calidad y la atención al detalle.

La validación del prototipo, utilizando componentes desechados de otros equipos, aseguró la precisión de las medidas y la adaptabilidad a los componentes estándar de un PC de escritorio. La reutilización de botones y controles de un equipo desechado demuestra una aproximación práctica y sostenible, integrando componentes existentes de manera efectiva.

## Recomendaciones

- Optimización de Procesos de Soldadura:** Se recomienda explorar técnicas avanzadas de soldadura o tecnologías emergentes que puedan reducir deformaciones y simplificar el proceso de fabricación.
- Investigación Continua en Materiales:** Mantenerse al tanto de avances en materiales resistentes y ligeros para asegurar una estructura robusta y eficiente.
- Integración de Tecnologías de Remachado:** Considerar la integración de tecnologías de remachado automatizado para agilizar el proceso y minimizar posibles imperfecciones.

El chasis "Pandora" no solo representa un logro en diseño de hardware, sino que también establece una base para mejoras continuas e innovaciones futuras en el campo de HPC y gestión térmica de sistemas informáticos.



# BIBLIOGRAFÍA

1. Ana, R. K., Ghosh, I., Das, D., & Dutta, A. (2021). Determinantes de la generación de residuos electrónicos en la red Bitcoin: evidencia del enfoque de aprendizaje automático. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127517. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127517>
2. Chang, J.-Y., Yu, C. W., & Webb, R. L. (2000). Identification of minimum air flow design for a desktop computer using CFD modeling. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 1, 157-165.
3. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining "gamification".
4. Dongarra, J., & Sterling, T. (2018). *High performance computing: Modern systems and practices*. Morgan Kaufmann Publishers.
5. Flores, J. L., Ramírez, C. A., & Hernández, A. (2020). Diseño de un sistema de disipación de calor para componentes electrónicos de una computadora personal. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 12(2), 63-72.
6. Garro-Acón, S., Díaz-Espinoza, L. A., Liang, J., Martínez-Hernández, F., Meneses-Fuentes, W., Ortega-Padilla, H., Ramírez-Chaves, G., & Stradi-Granados, B. (2012). Modelación y simulación de disipadores de calor para procesadores de computadora en COMSOL Multiphysics. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(3), 59-68.
7. Huang, C., & Wei, C. (2018). Estudio de la influencia del exceso de flujo de aire en el rendimiento de una computadora. *Revista de Tecnología e Informática*, 19(2), 48-56.
8. Kumar, A., Londhe, K., & Kaushik, V. R. (2020). Heat sink design for optimal performance of compact electronic appliances: A review. *International Journal of Energy Research*.
9. Li, D., Wang, J., Chen, X., & Liu, B. (2017). Research on overheating problem in high performance computing system. *Journal of Physics: Conference Series*, 896.





# BIBLIOGRAFÍA

10. Liu, Y., Chen, W., Wei, X., & Yuan, Y. (2021). Numerical simulation and optimization of airflow field in a desktop computer case. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 35(1), 273-284.
11. Natarajan, V. D. (2008). Thermal and Power Challenges in High Performance Computing Systems. 1st Int
12. Platini, M., Ropars, T., Pelletier, B., & de Palma, N. (2017). CPU overheating characterization in HPC systems: A case study. In *2017 IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER)* (pp. 431-432). IEEE.
13. Saini, R. A., Vohra, M., Singh, A., Rabbani, T., & Choudhary, M. (2021). Design and materialistic modifications for thermal performance evaluation of heat sink: A numerical study. *Materials Today: Proceedings*, 45 -52.
14. Tahseen, A. T. (2014). An experimental study of air flow and heat transfer over in-line flat tube bank. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 9.
15. Yan, B., & Ruan, X. (2020). Experiment Study of the Self-circulating Evaporative Cooling System for High Performance Computer. *IEEE Access*, 8, 13-69.

