

# ANÁLISIS TÉRMICO DE LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO Y UNIDAD GRÁFICA DE PROCESAMIENTO DEL XBOX 360 ELITE

**Leonardo Méndez Medina**

Tecnológico Nacional de México en Celaya  
12030218@itcelaya.edu.mx

**Erik Daniel Granados Nieto**

Tecnológico Nacional de México en Celaya  
12030046@itcelaya.edu.mx

**Jose de Jesus Castillo Zamora**

Tecnológico Nacional de México en Celaya  
jesus.castillo@itcelaya.edu.mx

## Resumen

En el presente documento se muestra el diseño y análisis térmico de la unidad central de procesamiento (CPU) y la unidad de procesamiento gráfico (GPU) de una consola de videojuegos Xbox 360, esto a partir de las plataformas de Solidworks y Ansys para poder determinar el por qué es que estas unidades fallan al sufrir sobrecalentamiento presentando un mensaje de error e64 que indica que hay una perturbación en el zócalo de la unidad de procesamiento.

**Palabra(s) Clave:** Análisis, CPU, Diseño, GPU, Xbox 360.

## Abstract

*This document shows the design and thermal analysis of the central processing unit (CPU) and the graphics processing unit (GPU) of an xbox360 video game console to determine why these units fail to suffer overheating and presenting an error message e64 indicating that there is a disturbance in the processing unit.*

**Keywords:** Analysis, CPU, Design, GPU, Xbox 360.

## **1. Introducción**

La videoconsola es básicamente un ordenador compuesto de un microprocesador optimizado para procesar objetos gráficos [1].

La consola Xbox 360 fue presentada en manera oficial el 12 de mayo del 2005. Fue la primera consola en alcanzar un lanzamiento simultáneo en Europa, Estados Unidos y Japón y la primera en incluir un controlador sin cables a la fecha de lanzamiento. El lanzamiento fue un éxito a escala global, y en el Junio 2007 la base instalada de Microsoft contaba con 10,8 millones de unidades. La consola integra un procesador central de nueva generación desarrollado por IBM, constituido por tres núcleos de procesadores en paralelo [2].

Aunque Microsoft lanzó al mercado todas las consolas disponibles en ese momento operando al máximo de su capacidad de producción no pudo satisfacer toda la demanda del mercado pero si se anticipó a sus competidores directos. Inmediatamente después del lanzamiento de la consola empezaron a surgir fallos técnicos debidos al excesivo calentamiento del hardware y por esto Microsoft tubo que reservar más de 1 billón de dólares para sustituir y reparar las consolas que manifestaban este fallo (siendo en el primer año de ventas un 33% de todas las ventas, según EB Games, Gamestop y Best Buy).

El Xbox 360 ha sido una de las consolas de videojuegos con mayor demanda en el mercado, dada la creciente demanda de consolas de videojuegos, las empresas ya no gastan en hacer pruebas a sus consolas produciendo consolas en masa confiando en la norma six sigma. La cual indica que solo una pieza de cada millón fallará [3].

El sobrecalentamiento de las consolas puede verse afectado por el mal funcionamiento del disipador, o porque el coeficiente de disipación del mismo es muy bajo y no genera la conductividad térmica necesaria. Las propiedades térmicas de un sólido dan cuenta de la respuesta del sólido a un cambio en su temperatura. El sólido puede responder de diferentes maneras: cambiando su volumen, cambiando su energía interna, cambiando los modos vibracionales [4].

El extractor de aire que tienen estas consolas, aunque sea de doble sentido, no tiene la capacidad de mantener la consola en una temperatura óptima de trabajo, la cual nos permita favorecer el buen uso de la consola de videojuegos.

En este documento se presenta el análisis que se realizó mediante el software de ingeniería ANSYS, para analizar los parámetros de temperatura que aplican dentro de una placa de Xbox 360, principalmente en la GPU y CPU, lo cual nos permitirá saber qué funcionamiento tendrá la consola ante un tiempo de trabajo continuo y las causas que generan el daño a las tarjetas de procesamiento de datos.

## 2. Métodos

Para el análisis se ocuparon dos consolas de videojuegos Xbox 360, una de ellas fue empleada con la finalidad de poder ver las condiciones normales de funcionamiento al estar encendida y trabajando, figura 1.

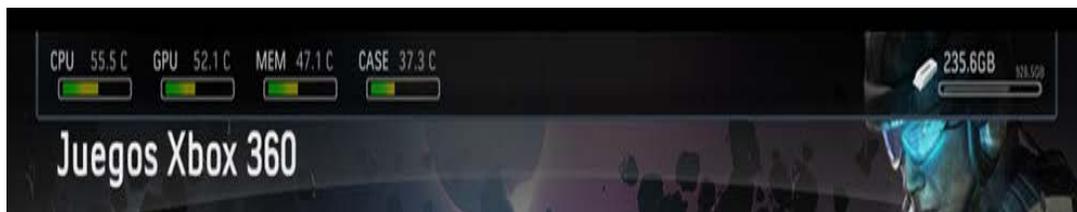


Figura 1 Temperatura de la consola.

La otra consola de Xbox 360 (consola dañada) se utilizó para hacer las mediciones y el diseño de la consola parte por parte dentro de la plataforma de SOLIDWORKS, la cual nos permitió exportar dichos diseños ya ensamblados a la plataforma ANSYS y realizar un análisis de temperatura en estado estático, en donde se tuvieron que definir los materiales del sistema así como sus propiedades, figura 2. Los datos de los materiales fueron obtenidos de la página web “matweb” [5].

Se generó un nuevo sólido, teniendo en cuenta que el análisis se limitó únicamente a la parte del CPU y GPU montados en la placa madre. Entonces los materiales usados fueron, fibra de vidrio con madera (fibra de vidrio tipo E) para la

placa madre y silicio para definir tanto el CPU como el GPU, como se muestra en las figuras 3 y 4.

| Outline of Schematic A2: Engineering Data |                                  |   |   |        |   |
|---|----------------------------------|---|---|--------|---|
|   | A                                | B | C | D      | E   |
| 1   | Contents of Engineering Data     |   |   | Source | Description   |
| 2   | Material                         |   |   |        |   |
| 3   | placa                            |   |   |        | material necesario para el analisis en analisis fibra de vidrio con madera comprimida           |
| 4   | Structural Steel                 |   |   |        | Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1 |
| *   | Click here to add a new material |   |   |        |   |

Figura 2 Definición de material en ANSYS.

| Physical Properties        | Metric   | English  |
|----------------------------|--|--|
| Density                    | 2.72 g/cc  | 0.0983 lb/in <sup>3</sup>                                      |
| Mechanical Properties      | Metric   | English  |
| Tensile Strength, Ultimate | 3445 MPa<br>5310 MPa<br>@ Temperature: 195 °C                  | 499700 psi<br>770000 psi<br>@ Temperature: -318 °F             |
| Elongation at Break        | 4.8 %  | 4.8 %  |
| Modulus of Elasticity      | 72.3 GPa<br>81.3 GPa<br>@ Temperature: 540 °C                  | 10500 ksi<br>11800 ksi<br>@ Temperature: 1000 °F               |
| Electrical Properties      | Metric   | English  |
| Electrical Resistivity     | 3.84e+12 ohm-cm  | 3.84e+12 ohm-cm  |
| Dielectric Constant        | 6.9<br>@ Frequency: 1e+6 Hz                                    | 6.9<br>@ Frequency: 1e+6 Hz                                    |
| Dielectric Strength        | 9.80 kV/mm   | 249 kV/in  |
| Dissipation Factor         | 0.0028<br>0.0031<br>@ Frequency: 1e+6 Hz<br>@ Frequency: 50 Hz | 0.0028<br>0.0031<br>@ Frequency: 1e+6 Hz<br>@ Frequency: 50 Hz |
| Thermal Properties         | Metric   | English  |
| CTE, linear                | 5.90 µm/m-°C<br>@ Temperature: 20.0 °C                         | 3.28 µin/in-°F<br>@ Temperature: 68.0 °F                       |
| Specific Heat Capacity     | 0.970 J/g-°C<br>@ Temperature: 20.0 °C                         | 0.232 BTU/lb-°F<br>@ Temperature: 392 °F                       |
| Optical Properties         | Metric   | English  |
| Refractive Index           | 1.579<br>1.583<br>1.583  | 1.579<br>1.583<br>1.583  |

Figura 3 Propiedades del material.

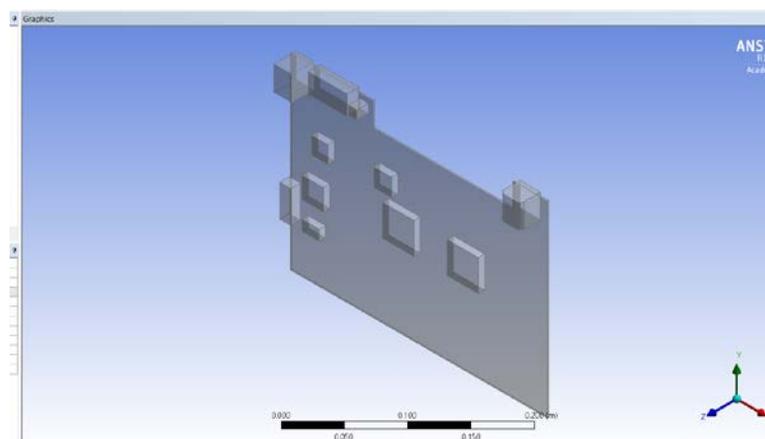


Figura 4 Pieza a analizar en ANSYS.

Mediante las mediciones con un termómetro de pistola láser, se obtuvieron las temperaturas máximas, óptimas y ambientales de cada procesador, las cuales se encuentran indicadas en las figuras 5, 6, 7 y 8. Los problemas relacionados con consumo y temperatura son muy comunes en estos procesadores. La política más común suele ser limitar la cantidad de energía que el procesador o núcleos del procesador pueden consumir [6]. En cualquier caso, la mayoría de los procesadores actuales no disponen de los medios para medir el consumo actual en tiempo real.



Figura 5 Medición de la temperatura ambiente y de la consola apagada.



Figura 6 Temperatura más alta del CPU.

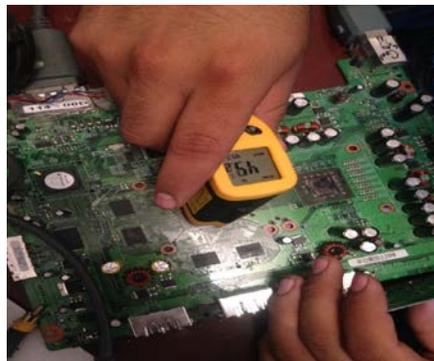


Figura 7 Temperatura más alta del GPU.



Figura 8 Temperatura óptima o estable de trabajo.

Para el proceso de análisis en ANSYS, se definieron los componentes a analizar y las temperaturas de trabajo, así como el mallado. La generación numérica de mallas juega un papel fundamental en cualquier problema computacional científico en el cual la geometría de una región sea compleja o cuando la solución tiene una estructura muy complicada. Aún con las actuales herramientas de software, la generación de mallas lleva una gran parte del esfuerzo necesario para resolver el problema [7]. Para generar nuestro mallado se tomó cierto énfasis para los procesadores y no en la placa madre, figura 9.

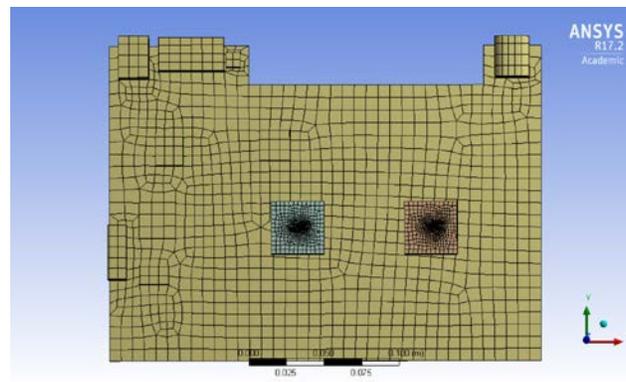


Figura 9 Mallado del elemento.

Después de realizar una malla base, se definieron los parámetros necesarios para nuestro análisis, siendo éste, un análisis térmico para determinar el cambio de comportamiento de nuestra muestra al estar siendo sometida a un proceso programado de temperatura [8].

Como primer punto se definieron las temperaturas del sistema, seguido por un análisis de temperatura por convección y un análisis de temperatura total heat flux, figuras 10 y 11. Con esto se procedió a realizar el análisis en el sistema, teniendo una malla con una calidad de 94.86% a pesar las limitaciones por la licencia.

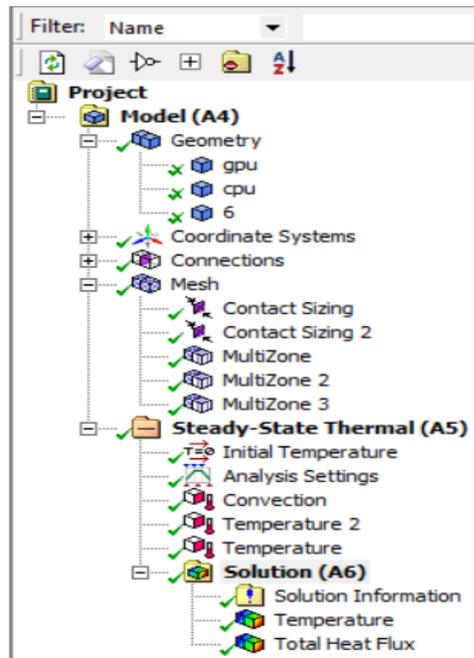


Figura 10 Tipos de análisis utilizados.

| Statistics                                  |                    |
|---|--------------------|
| <input type="checkbox"/> Nodes              | 31133              |
| <input type="checkbox"/> Elements           | 5456               |
| Mesh Metric                                 | Orthogonal Quality |
| <input type="checkbox"/> Min                | 0.27635            |
| <input type="checkbox"/> Max                | 1.                 |
| <input type="checkbox"/> Average            | 0.94865            |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 8.486e-002         |

Figura 11 Número de nodos y elementos.

### 3. Resultados

Al finalizar el análisis por software en automático se interpretaron los datos de la siguiente manera:

- Para el análisis de total heat flux, se pudo visualizar el intercambio de

temperatura entre los dos microprocesadores y la placa madre, figura 12. Como se muestra en la imagen el punto donde se concentra el mayor flujo de temperatura es en una de las esquinas del CPU, así también se pueden apreciar ciertos puntos rojos localizados en la periferia del mismo componente. Esto no es tan evidente para el GPU, por lo tanto se considera la importancia de analizar el comportamiento térmico en el CPU.

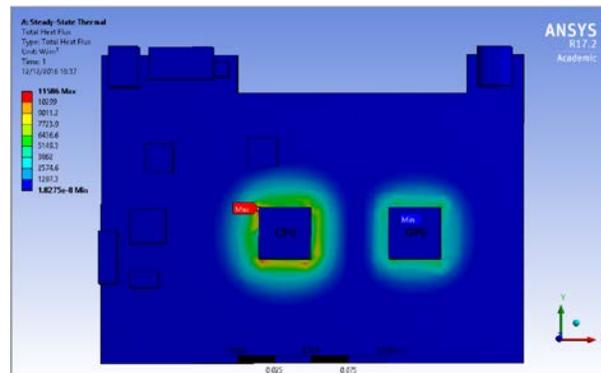


Figura 12 Total heat flux.

- En figura 13 podemos apreciar la disipación de la energía en forma vectorial, lo cual nos permite visualizar la dirección de las líneas para la transferencia de calor,.

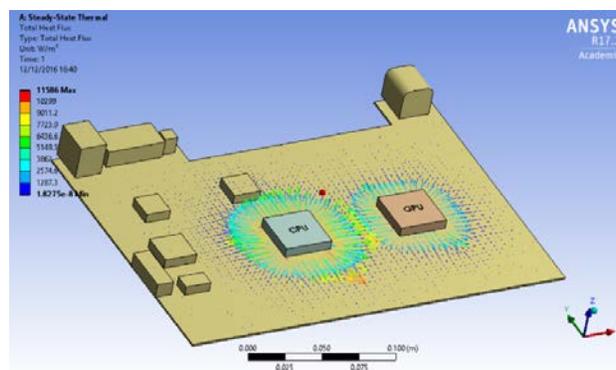


Figura 13 Total heat flux vectorial.

- Un análisis térmico en nuestro elemento, no hace más que imprimir la temperatura asignada para cada una de sus partículas. Esta operación es

de gran importancia en nuestro análisis térmico pues nos muestra cómo la temperatura va cambiando a medida que se cumplen las condiciones de borde. Se comprueba como la mayor cantidad temperatura se concentra en la unidad de CPU, figura 14.

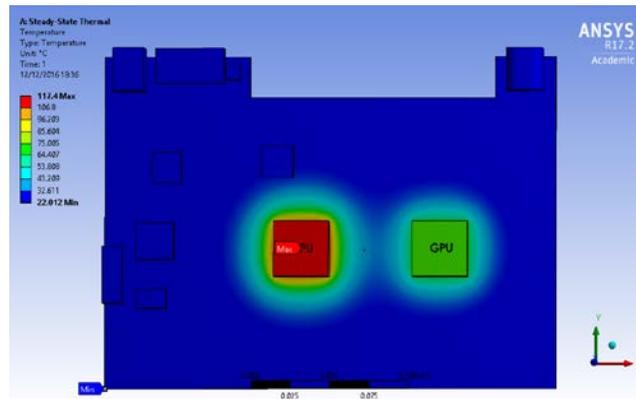


Figura 14 Resultados de temperatura.

#### 4. Discusión

A través del análisis mostrado se logró definir y simular ciertos parámetros térmicos que demuestran el sobrecalentamiento que sufre el microprocesador CPU, principal causa de las averías y falla de la consola Xbox 360. Con lo cual se comprueba que el verdadero problema radica en la dilatación térmica que sufre el componente CPU. Al observar el resultado que nos arroja el total heat flux nos percatamos de que la transferencia de calor no se realiza de manera homogénea, con esto nos podemos dar una idea de que posiblemente al no tener una disipación de energía homogénea se podría estar produciendo un estrés en las uniones periféricas como los pines o puntos de soldadura. Con el tiempo los ciclos de calentamiento-enfriamiento generan pequeñas microfracturas y se pueden producir ciertas desconexiones en uno o varios pines.

Entre más violento esté el ciclo peor será la fractura, por lo que se propone el uso del Xbox 360 a manera de dejarlo en la pantalla principal unos minutos (2 a 5) antes de iniciar nuestro juego, a la hora de apagar el sistema sería de manera inversa (dejarlo en menú principal unos minutos y finalmente apagarlo).

## 5. Bibliografía y Referencias

- [1] Pantana, R. (2007). Innovación del concepto de una consola de videojuegos. Universidad Pontificia Comillas. Madrid.
- [2] Andrews, J., & Baker, N. (2006). Xbox 360 system architecture. *IEEE micro*, 26(2), 25-37.
- [3] López, G. (2001). METODOLOGÍA SIX-SIGMA: CALIDAD INDUSTRIAL. Artículo consultado en EBSCO, Baja California, México, Investigador del instituto de Ingeniería, UABC.
- [4] Fernández, F. (2016). Conductividad térmica en sólidos a altas temperaturas. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 21(2).
- [5] MatWeb, L. L. C. (2013). MatWeb—Material property data.
- [6] González, J. M. C. (2011). Diseño de Mecanismos de Grano Fino para la Gestión Eficiente de Consumo y Temperatura en Procesadores Multinúcleo. Efficient power and thermal management using fine-grain architectural approaches in multicores (Doctoral dissertation, Universidad de Murcia).
- [7] Moreno, P. A., & Pérez, A. S. (2004). Método de los elementos finitos: introducción a ANSYS (Vol. 47). Universidad de Sevilla.
- [8] Ferrándiz, S., Arrieta, M. P., & López, J. (2013). Análisis del comportamiento de procesos térmicos en materiales plásticos. Uso de modelos matemáticos en prácticas de laboratorio de una ingeniería. *Modelling in Science Education and Learning*, 6, 43-53.