



Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra

Campus: Santo Tomás de Aquino

Programación II

Consecuencias de la Ley de Moore

Javier Falcón (2016-5265)

Manuel Molina (2016-5468)

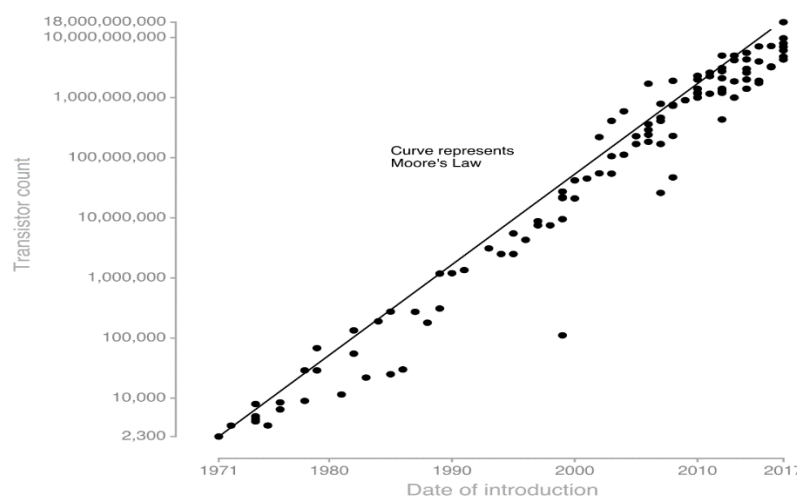
Santo Domingo, 19/09/2018

## Introducción

En 1965, el cofundador de Intel, Gordon Moore, estableció su aclamada Ley de Moore, en la cual se afirma que el número de transistores en un microprocesador se duplica cada dos años. Dicho esto, con este trabajo de investigación, pretendemos analizar las consecuencias que se pueden generar a partir de lo planteado por esta ley. Usaremos data de distintos microprocesadores a lo largo de la historia para ilustrar cómo evolucionan estas piezas de hardware a medida que se acercan al límite de densidad de transistores que puede alojar un chip de procesamiento.

Para esta investigación manejaremos 5 variables, de las cuales 3 son dependientes (Frecuencia, Número de Núcleos, Consumo Energético) y 2 son independientes (Tiempo, Costo). Haremos las siguientes comparaciones:

- Frecuencia vs Tiempo. (DS1)
- Número de Núcleos vs Tiempo. (DS2)
- Consumo Energético vs Tiempo. (DS3)
- Frecuencia vs Costo. (DS4)
- Número de Núcleos vs Costo. (DS5)
- Consumo Energético vs Costo. (DS6)



*Ilustración 1 Crecimiento en la cantidad de transistores en un procesador.*  
Retrieved from: <http://hotsobigdatablog.com/2017/11/29/visualizing-moores-law/>

## Presentación de los Data-Sets

- Data-set 1: Frecuencia vs Tiempo. Este data-set nos pretende ilustrar la evolución de las frecuencias en los procesadores a través del tiempo.

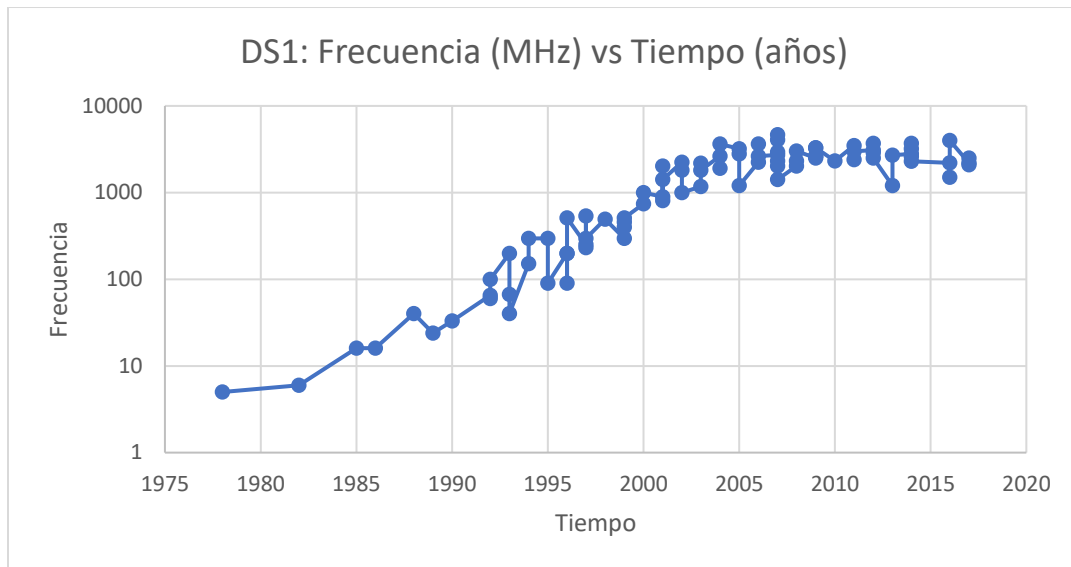


Ilustración 2 DS1: Frecuencia vs Tiempo

- Data-set 2: Número de Núcleos vs Tiempo. Este data-set nos pretende ilustrar la evolución de la cantidad de núcleos en los procesadores a través del tiempo.

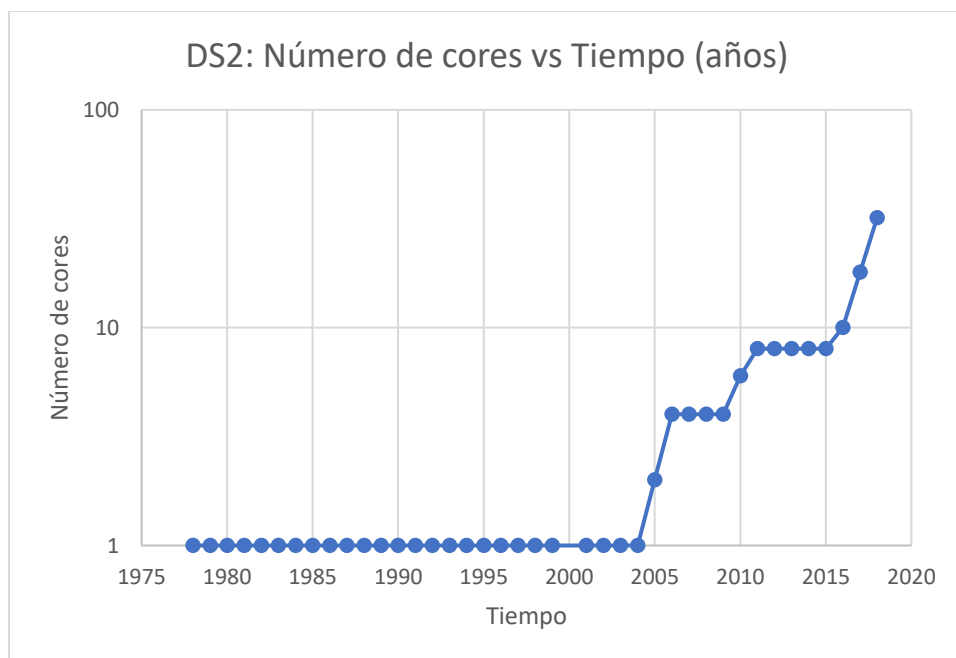
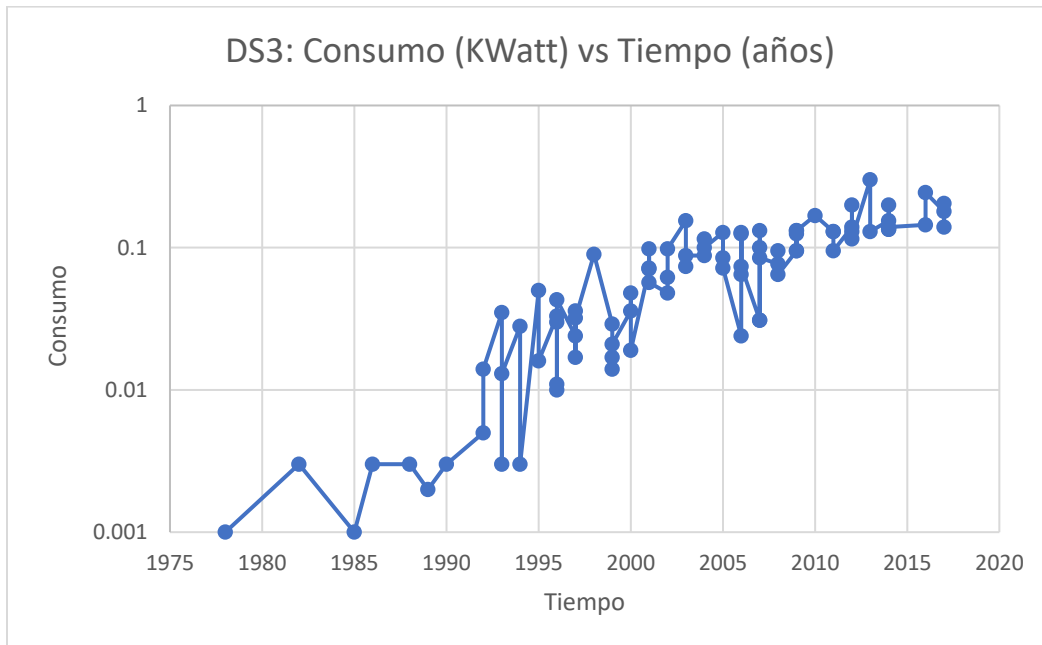


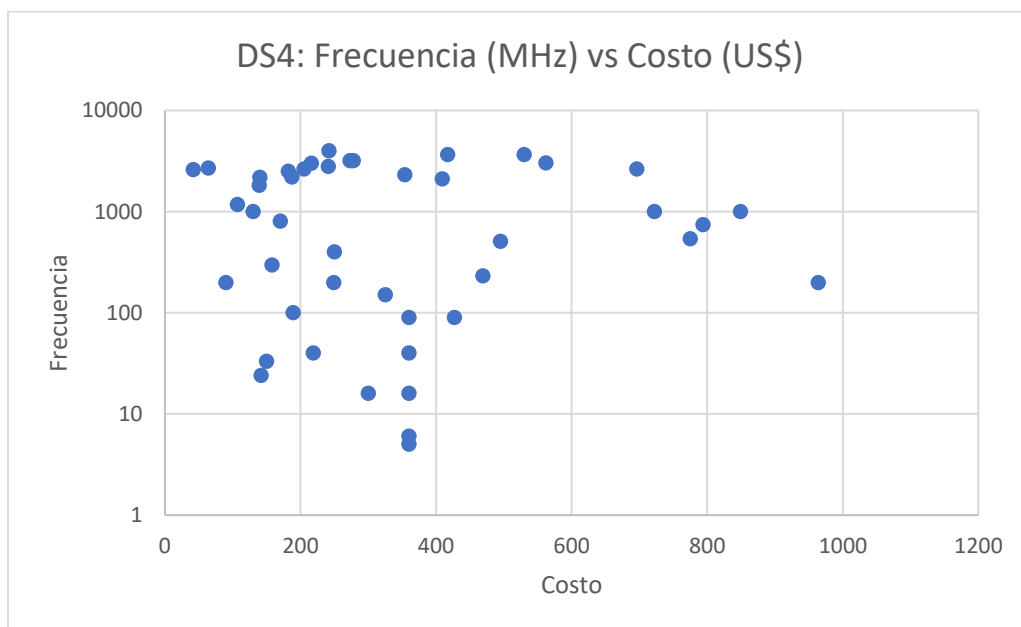
Ilustración 3 DS2: Número de núcleos vs Tiempo

- Data-set 3: Consumo Energético vs Tiempo. Este data-set nos pretende ilustrar la evolución de la potencia en los procesadores a través del tiempo.



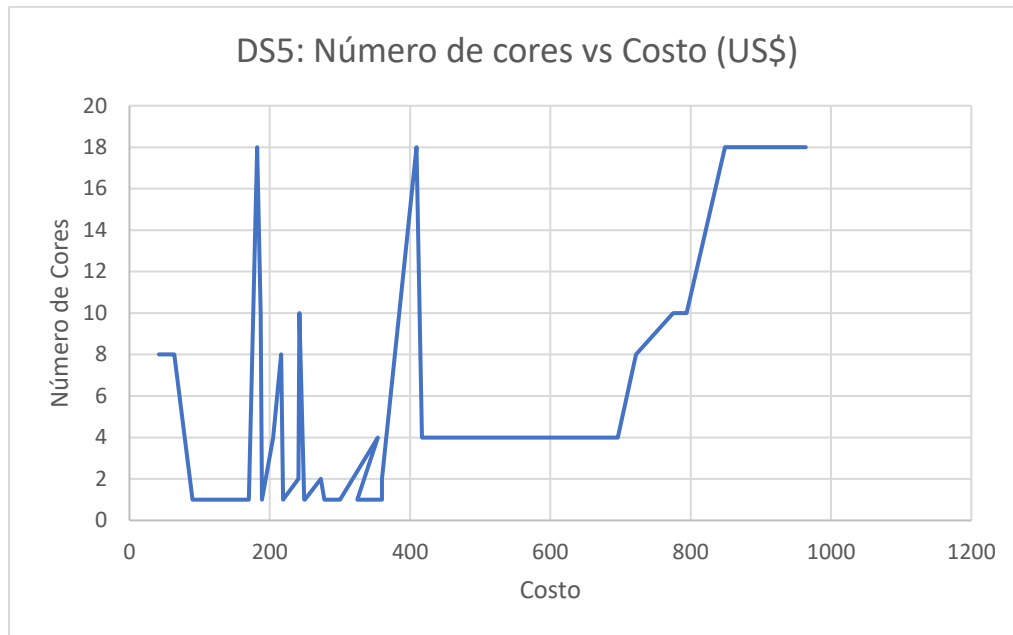
*Ilustración 4 DS3: Consumo vs Tiempo*

- Data-set 4: Frecuencia vs Costo. Este data-set nos pretende ilustrar qué tan significativo es el aumento de frecuencia en el costo del procesador.



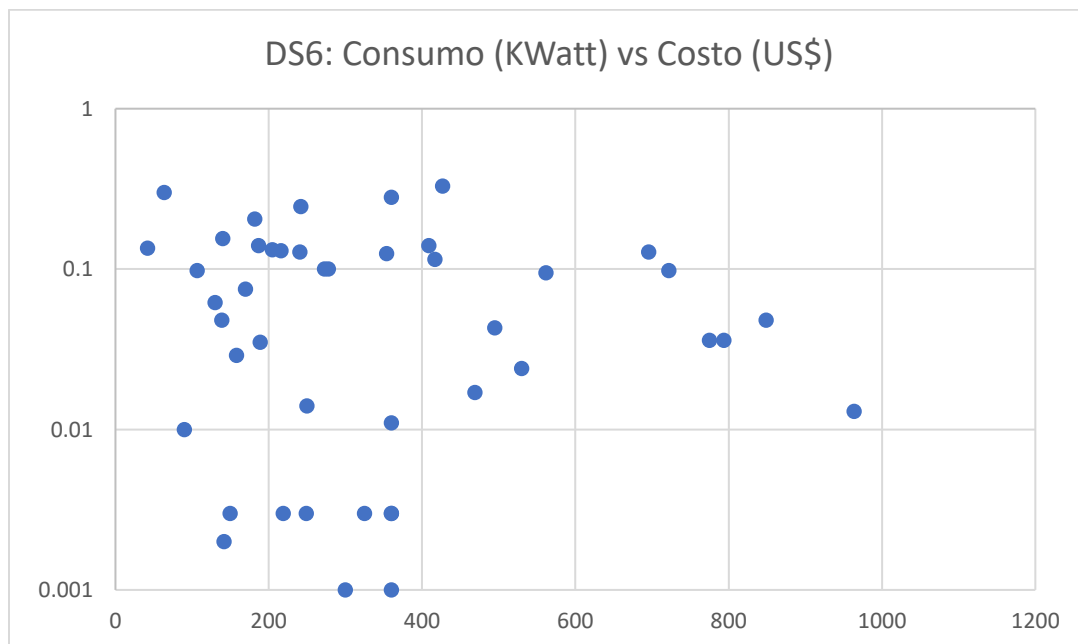
*Ilustración 5 DS4: Frecuencia vs Costo*

- Data-set 5: Número de núcleos vs Costo. Este data-set nos pretende ilustrar qué tan significativo es el aumento de la cantidad de núcleos en el costo del procesador.



*Ilustración 6 DS5: Número de núcleos vs Costo*

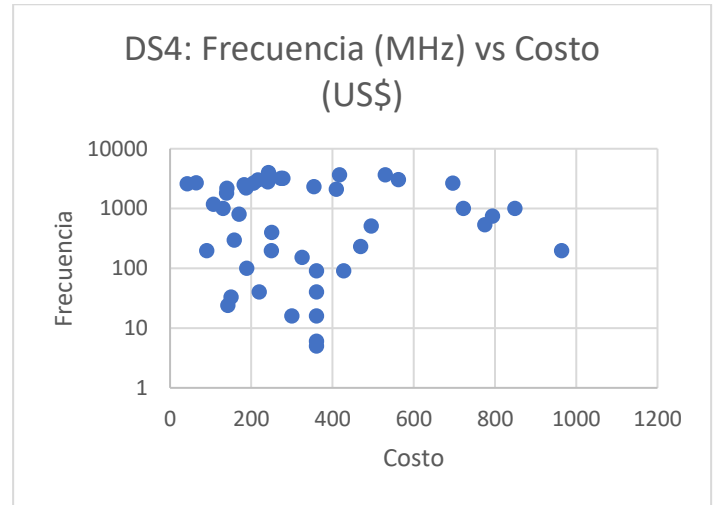
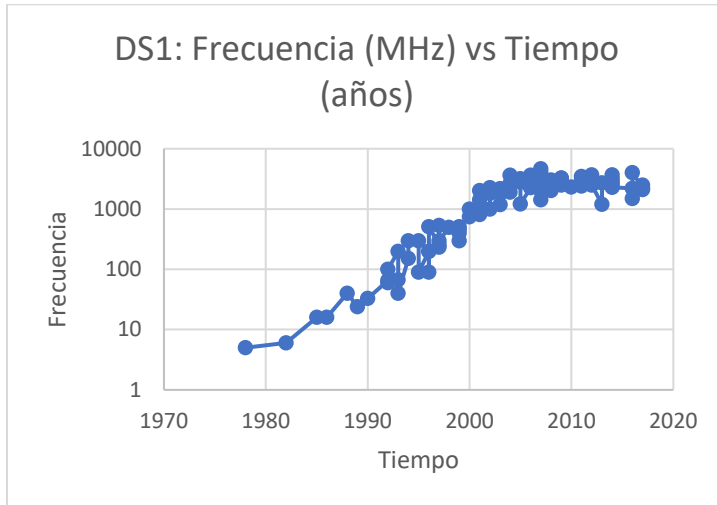
- Data-set 6: Consumo vs Costo. Este data-set nos pretende ilustrar qué tan significativo es el aumento del consumo energético en el costo del procesador.



*Ilustración 7 DS6: Consumo vs Costo*

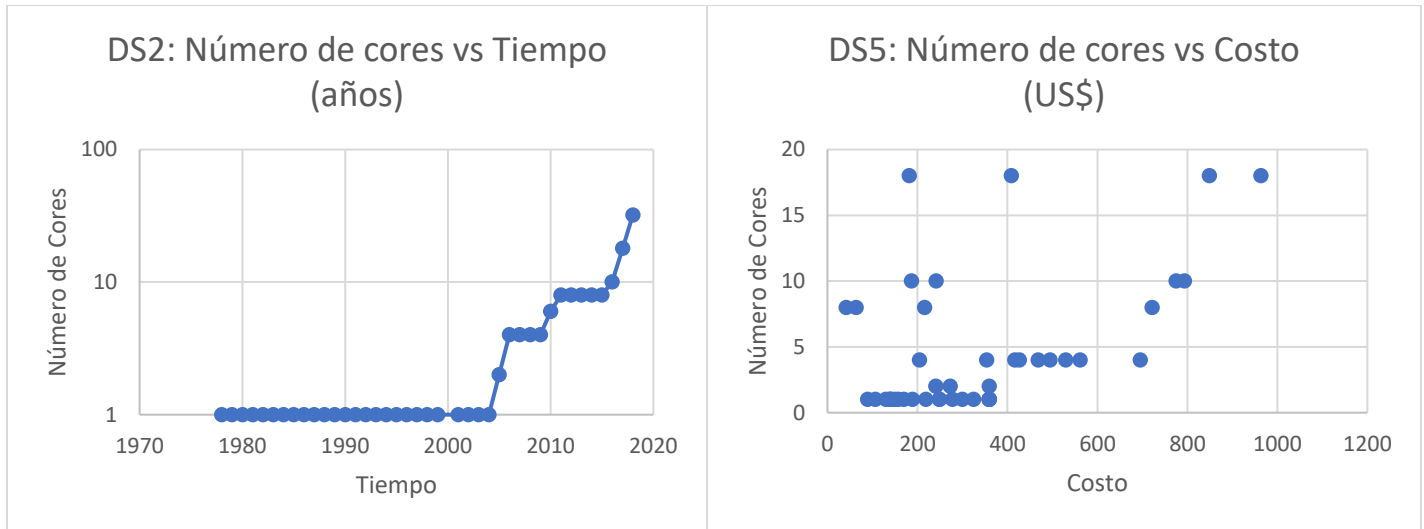
## Discusión

### 1. DS1 y DS4:



Analizando el comportamiento de DS1, podemos observar que en el rango de 1978 a 2005 se percibe un crecimiento constante en cuanto a la frecuencia de los nuevos CPU. Sin embargo, aproximadamente del 2005 en adelante, la gráfica demuestra una especie de estancamiento, dando la ilusión de que se está alcanzando algún tipo de límite o tope que no permite a la gráfica seguir creciendo en el mismo ritmo. Esto es debido a que cada vez más nos acercamos al límite físico permitido en la cantidad de transistores que puede soportar un chip de procesamiento. Por otro lado, el DS4 nos demuestra que los aumentos en la frecuencia con el pasar de los años no han afectado realmente el precio de los procesadores. Con algunas excepciones, los puntos más altos de la gráfica se mantienen, en su mayoría, en la zona de los puntos más bajos, los cuales describen los procesadores de bajas frecuencias. De hecho, se demuestra que las unidades de procesamiento actuales son más económicas a pesar de las cercanías de precio con los anteriores. Esto ocurre debido a que el valor de la moneda entre las distintas épocas es diferente.

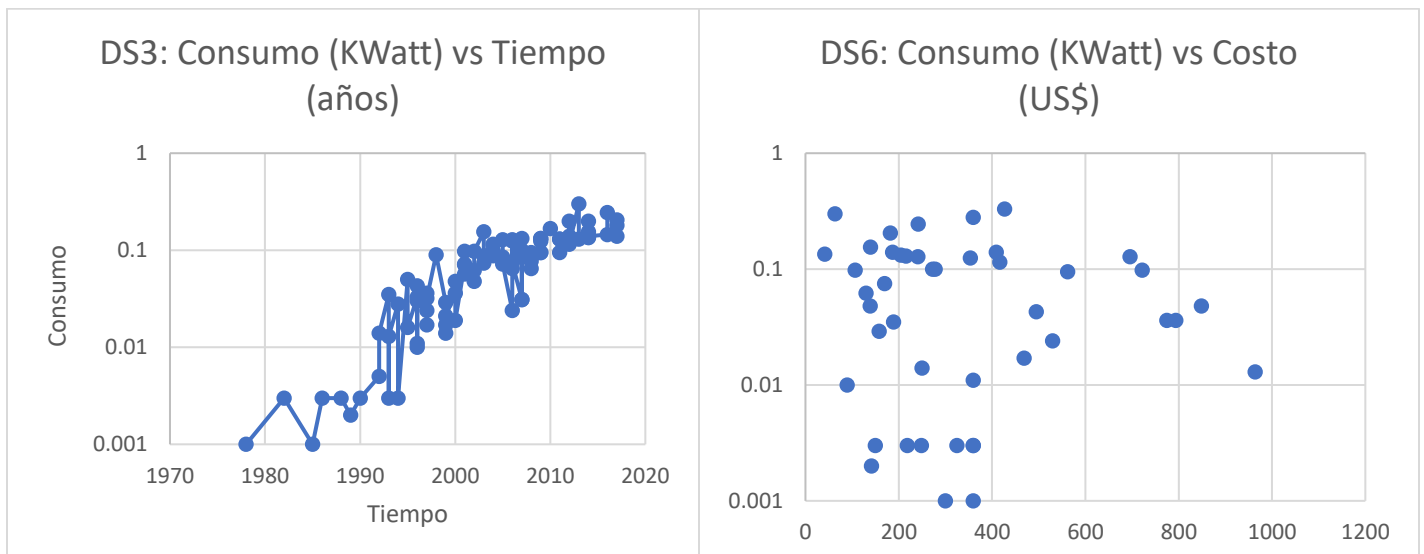
## 2. DS2 y DS5:



En este caso, DS2 comienza a crecer a partir del año 2005. Debido al límite físico presentado y explicado en la comparación entre DS1 y DS4, los fabricantes de procesadores pensaron en alternativas para seguir mejorando la potencia de cada nueva generación, por lo que decidieron aumentar los núcleos de procesamiento para contrarrestar el estancamiento en la frecuencia de operaciones del procesador.

Para DS5, tenemos un comportamiento similar a los resultados de DS4. A medida que aumentan la cantidad de núcleos de procesamiento, el precio se ve ligeramente afectado crecientemente, por lo que se puede decir que no ha sido un factor determinante en los costos de fabricación.

## 3. DS3 y DS6:



Continuando con DS3, es interesante ver altibajos tan marcados en la gráfica durante los primeros años. Al parecer se pueden generar procesadores, con cercana o igual frecuencia, que tengan consumos de energía muy distintos. Sin embargo, si se aprecia un crecimiento en la línea de tiempo y, adicionalmente, también parece estar llegando a un tope en su crecimiento, seguramente debido a el problema físico con la densidad de transistores y su generación de calor.

Finalmente, en DS6 se ilustra nuevamente que los aumentos de potencia, en general, no han afectado los precios de los chips. El crecimiento de consumo no ha desplazado los costes de fabricación de forma significativa en todo este tiempo.

## Conclusiones

Luego de analizar los resultados, podemos afirmar que los límites de la ley de Moore están muy cercanos a alcanzarse y debe perseguirse el hallazgo de alternativas que permita traspasar dicho límite; el hecho de seguir añadiendo núcleos puede ser una solución temporal, más no una solución práctica de cara al futuro. Dicho esto, también concluimos que, a pesar de que los procesadores han ganado potencia a través de los años, éstos se han vuelto una pieza de hardware muchos más accesible al público que en sus principios. Esto puede deberse a que el costo de los materiales, especialmente transistores, ha disminuido drásticamente desde la aparición desde el primer procesador, por lo que se puede decir que han sufrido una especie de devaluación.



## Referencias

- Harrod, W. (2012). *A Journey to Exascale Computing*. [ebook] US Department of Energy, p.12.  
Available at:  
[https://science.energy.gov/~media/ascr/ascac/pdf/reports/2013/SC12\\_Harrod.pdf](https://science.energy.gov/~media/ascr/ascac/pdf/reports/2013/SC12_Harrod.pdf)  
[Accessed 19 Sep. 2018].
- Intel. (2018). *Intel Chips Timeline*. [online] Available at:  
<https://www.intel.com/content/www/us/en/history/history-intel-chips-timeline-poster.html> [Accessed 19 Sep. 2018].
- Polsson, K. (2017). *Chronology of Microprocessors (2006-2017)*. [online] Processortimeline.info.  
Available at: <http://processortimeline.info/proc2006.htm> [Accessed 19 Sep. 2018].
- Rupp, K. (2018). *40 Years of Microprocessor Trend Data / Karl Rupp*. [online] Karlrupp.net.  
Available at: <https://www.karlrupp.net/2015/06/40-years-of-microprocessor-trend-data/>  
[Accessed 19 Sep. 2018].
- Walton, S. (2015). *Then and Now: Almost 10 Years of Intel CPUs Compared*. [online] TechSpot.  
Available at: <https://www.techspot.com/article/1039-ten-years-intel-cpu-compared/>  
[Accessed 19 Sep. 2018].