

Productividad de un trabajador, en eventos discretos

Roger Fuentes Rodríguez ^{*}
Jackson Vera Pineda ^{**}
Kevin Manzano Rodríguez ^{***}
C312

9 de junio de 2024

Abstract

Las técnicas de Pomodoro, populares por prometer aumentar la productividad mediante descansos regulares, han sido objeto de debate. Nos propusimos evaluar su eficacia mediante simulaciones basadas en la teoría de colas y alimentando un modelo de cadenas de Markov con datos similares. Implementamos experimentos controlados para comparar la eficiencia de seguir un método de descanso estructurado versus tomar descansos aleatorios. Encontramos que no hubo diferencias significativas en la cantidad de tareas completadas entre ambos enfoques. El tiempo de trabajo siguió una distribución exponencial, mientras que la cantidad de tareas completadas siguió una distribución de Poisson. Basándonos en nuestros hallazgos, recomendamos explorar diferentes estrategias de descanso que se adapten mejor a cada individuo, en lugar de adherirse rígidamente a políticas de descanso predefinidas.

1. Introducción

La eficiencia laboral es un factor crítico en cualquier organización, siendo la productividad del trabajador uno de los pilares fundamentales para alcanzar objetivos empresariales. En este contexto, la gestión de tiempo y recursos se convierte en una tarea esencial, donde los descansos y las interrupciones juegan un papel significativo en la determinación de la productividad diaria. Conscientes de la importancia de optimizar estos aspectos, nuestro proyecto se enfoca en simular el comportamiento de un trabajador mediante eventos discretos, buscando modelar de manera realista las tareas, descansos e interrupciones que ocurren durante un día laboral típico.

Nuestra propuesta se centra en desarrollar un modelo que refleje con precisión las dinámicas de trabajo, permitiendo analizar cómo estos eventos afectan la productividad del trabajador. Mediante la simulación, pretendemos identificar patrones y tendencias que puedan ser aprovechados para mejorar la eficiencia laboral. Específicamente, nos interesan explorar estrategias que permitan minimizar los efectos negativos de las interrupciones y maximizar los periodos de descanso de manera óptima, con el objetivo de incrementar la productividad general.

Además, nuestro estudio busca realizar comparaciones estadísticas entre diferentes escenarios de trabajo, evaluando cómo varían los resultados bajo distintas condiciones de tareas, descansos e interrupciones. Este análisis comparativo nos permitirá ofrecer recomendaciones prácticas para la implementación de políticas laborales que promuevan un ambiente de trabajo más productivo..

2. Metodología

Nuestra metodología se basa en el diseño de una simulación discreta que modele el comportamiento de un trabajador en un entorno laboral típico. La simulación se diseñará utilizando software de simulación adecuado, eligiendo entre opciones como **Arena**, **AnyLogic** o **SimPy**, dependiendo de las características específicas requeridas para nuestro modelo.

2.1. Modelado de Eventos Laborales

Dentro de la simulación, se modelarán tres tipos principales de eventos:

1. Tareas: Representarán las actividades productivas que realiza el trabajador, con variabilidad en duración y prioridad.
2. Descansos: Reflejarán los intervalos de tiempo destinados al descanso del trabajador, considerando la duración y la frecuencia de estos descansos.
3. Interrupciones: Modificarán el flujo normal de tareas, representando distracciones o interrupciones externas.

Cada evento será modelado con parámetros probabilísticos que reflejen la variabilidad real en un entorno laboral.

2.2. Análisis Estadístico

Una vez definida la simulación, procederemos a ejecutar múltiples instancias de la simulación bajo diferentes escenarios para recopilar datos suficientes para el análisis estadístico. Los escenarios variarán en términos de duración de las tareas, frecuencia de descansos e intensidad de interrupciones.

Utilizaremos herramientas estadísticas para analizar los resultados, incluyendo medidas de centralidad (como la media

^{*}Universidad de la Habana

^{**}Universidad de la Habana

^{***}Universidad de la Habana

y mediana), dispersión (varianza y desviación estándar) y distribuciones de probabilidad para los tiempos de tareas, descansos e interrupciones. También realizaremos pruebas estadísticas para comparar la productividad entre los diferentes escenarios.

2.3. Validación y Verificación

Para asegurar la fiabilidad de nuestros resultados, implementaremos procesos de validación y verificación de la simulación. La validación implicará comparar los resultados de la simulación con datos reales o teorías existentes sobre la productividad laboral. La verificación se centrará en asegurar que la simulación funcione como se espera, revisando la lógica del modelo y la coherencia de los resultados.

2.4. Recomendaciones Basadas en Resultados

Finalmente, basándonos en los hallazgos de nuestro análisis estadístico, derivaremos recomendaciones prácticas para mejorar la productividad laboral. Estas recomendaciones podrían incluir estrategias para gestionar mejor los descansos y minimizar las interrupciones, así como sugerencias para la implementación de políticas laborales que promuevan un ambiente de trabajo más eficiente.

3. Detalles de implementación

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas

1. Lenguaje: Python, debido a su amplio soporte para operaciones matemáticas y manipulación de arrays, así como su comunidad activa que ofrece múltiples bibliotecas útiles para la simulación y análisis de datos.
2. SimPy para llevar a cabo simulaciones complejas. NumPy, para el manejo eficiente de matrices y operaciones matemáticas, esencial para la implementación de la cadena de Markov, entre otras tenemos Random, Scipy.stats, Pandas.

3.2. Descripción del Proceso de Implementación

3.2.1. Teoría de colas

1. Creación de los diferentes generadores de variables aleatorias.
2. Creación de la clase Person con sus atributos, procesos y métodos: Se especifica cómo interactúa por medio de los métodos que serán tratados como procesos y a la persona como un recurso por la librería Simpy.
3. Realización de la simulación: Se genera un *Environment* de SimPy, luego se *runnea* la simulación.
4. Recogida de datos

5. Se calcula una aproximación de la cantidad de veces que se está en cada estado para luego compararse con el otro modelo propuesto.

3.2.2. Cadena de Markov

1. Recogida de datos producido por el modelo de teoría de colas.
2. Modelado de la Cadena de Markov: Se definen los estados del sistema (trabajando, descansando, interrumpido) y se establecen las probabilidades de transición entre estos estados basándose en los datos proporcionados.
3. Creación de la Matriz de Transición: Se construye una matriz de transición 3×3 que representa las probabilidades de cambio de estado.
4. Simulación de Pasos de Tiempo: Se implementa un bucle que simula el paso de tiempo, donde en cada iteración se genera un número aleatorio para determinar el próximo estado del sistema basándose en las probabilidades de transición.
5. Registro de Resultados: Durante la simulación, se registra el estado del sistema en cada paso de tiempo. Al final de la simulación, se analizan estos resultados para obtener insights sobre el comportamiento del sistema.

Repositorio de GitHub

4. Resultados y Experimentos

4.1. Principales cuestiones a tratar

1. Comparar que estrategia de administración de tiempo es mas productiva?:
 - a) $24 - 6$
 - b) $12 - 3$
 - c) Free(aleatorio)
2. Cual es la media de la cantidad de tareas resultas siguiendo cada estrategia?
3. ¿Cuál es la distribución de la cantidad de tareas completadas en la ventana de tiempo de 480 minutos?
4. ¿Cómo afecta la duración de los descansos a la cantidad de tareas completadas?
5. ¿Cómo afectan las interrupciones a la cantidad de tareas completadas?
6. ¿Cómo se correlacionan el número de descansos y el número de tareas completadas?

4.2. Primer acercamiento

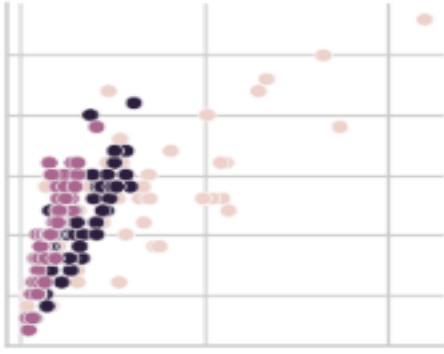


Figura 1: Cantidad de Tareas contra Tiempo trabajando

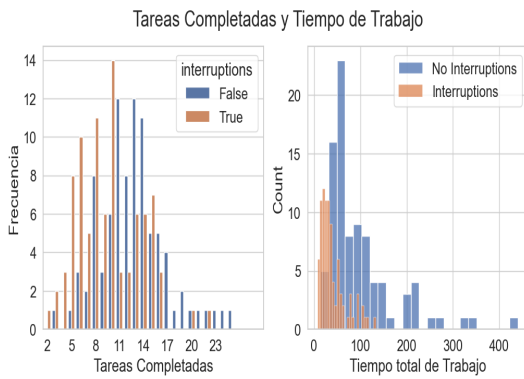


Figura 2: Tareas completadas y Tiempo de trabajo, con o sin interrupciones

Como principal resultado obtenido tenemos que no es importante la metodología seguida con respecto a los descansos, se puede ser libre con el horario, el tiempo de trabajo distribuye exponencial y la cantidad de tareas distribuye poisson. Salen a resaltar otros resultados que eran evidentes tales como: el tiempo de trabajo y la cantidad de tareas son proporcionales [1] y la cantidad de tareas realizadas se ve afectadas si se simula alguien propenso a interrupciones [2] 23. Se llevaron a cabo simulaciones de 480 minutos (8 horas) con distintas metodologías, descansos cada 24, 12, o una cantidad aleatoria de minutos siguiendo una distribución exponencial con parámetro $\lambda = 24$, la duración de los descansos respectivamente queda : 6, 3, o una cantidad aleatoria de minutos dada por una distribución exponencial con parámetro $\lambda = 6$; todas estas variaciones se simularon con o sin interrupciones. A partir de las simulaciones con el modelo de colas, se recopilan los datos para conformar el modelo de cadenas de Markov, con el cual se llevan a cabo comparaciones en forma de función diferencia entre ambos modelos. Se llevan a cabo test para validar las hipótesis, entre estos se encuentran: "KS statistic", Chi-square statistic", \tilde{U} statistic", "D statistic", "H statistic"; son utilizados para confirmar algunas de nuestras hipótesis con alto grado de confianza. Para el criterio de parada se usa que tanto se aleja el estimador muestral del la población, y esto se

comprueba cuando $\frac{\sigma}{\sqrt{k}} < c$ donde c es el error que se está dispuesto a cometer (la mitad de la longitud de confianza) con 95 % de confianza.

4.3. El efecto de las interrupciones

Es intuitivo pensar que las interrupciones pueden provocar una disminución en el desempeño de una persona. Aunque en nuestra simulación no se tengan en cuenta los efectos psicológicos de dichas perturbaciones, estas toman tiempo útil, por tanto podríamos preguntarnos ¿Cómo afectan las interrupciones a la cantidad de tareas completadas?

Para responder esta interrogante hemos realizado las siguientes pruebas:

1. Prueba Kolmogorov-Smirnov: test no paramétrico de Bondad de Ajuste para verificar si las muestras provienen de poblaciones significativamente diferentes con respecto al tiempo trabajado.
2. Prueba Chi-Square se comprueba que la cantidad de tareas realizadas en ambas muestras es significativamente diferente.
3. Prueba de Mann-Whitney U (Wilcoxon Rank): prueba no paramétrica sobre las medianas de ambas muestras con hipótesis alternativa "menor que" ('less') para verificar cual de las dos es la menor. Este test es usado (y no T-test por ejemplo) dando que no podemos asumir que la variable en cuestión está normalmente distribuida, ni que las condiciones que garantizan el TCL se cumplen.

4.4. Mejor estrategia de administración

Se propone verificar si alguna, y cual de las estrategias "Pomodoro" tiene un resultado plausible en la cantidad de tareas resueltas de nuestra simulación.

Para esta cuestión se realizó:

1. Visualización de datos con puntos para ubicar como se comporta la relación entre el trabajo y el descanso entre los diferentes grupos que siguen una metodología específica de planificación.
2. Prueba de Kruskal-Wallis no paramétrica para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medianas de los grupos de interés (es equivalente al ANOVA), dado que no podemos garantizar la normalidad de nuestros datos.

En 3a se puede observar que ningún grupo sobresale más que otro en la cantidad de tareas completadas, puede notarse porque ningún color (grupos de interés) se posiciona significativamente más a la derecha que otro, en su lugar se posicionan aleatoriamente en el plano. Esto nos sugiere que puede no existir diferencia o mejora entre aplicar una estrategia de planificación a otra, ni siquiera analizando los grupos según las interrupciones (puntos y cruces).

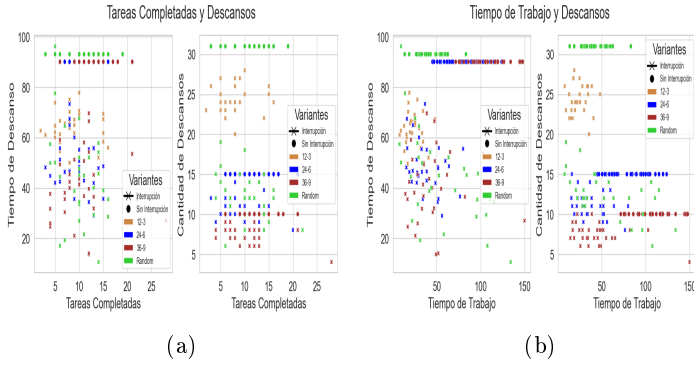


Figura 3: Se muestran 3 subfiguras conformando una única figura.

Siguiendo un análisis similar, se observa ligeramente mejor desempeño en el tiempo de trabajo en estrategias con descansos más prolongados y más espaciados en 3b(gráfica inferior derecha), pero no se asegura que sea significativo.

5. Modelo Matemático

El modelo esta conformado por un conjunto de estados y transiciones entre estos con ciertos valores, o sea un grafo dirigido ponderado. Se plantean los estados $\{trabajando = W, descansando = B, interrumpido = I\}$, con función de transición $\delta(q_i) = \{(q_0, p_0), (q_1, p_1), (q_2, p_2)\}$ donde p_j representa la probabilidad de que estando en q_i se vaya a q_j .

Se toman un conjunto de restricciones y supuestos de forma severa: No se está en dos estados a la vez, cuando se entra a un estado no se sale hasta que se termina, no se depende de información anterior para determinar el estado siguiente, la suma de las probabilidades que salen de un estado suman 1.

Para el cálculo de las probabilidades, se utiliza la probabilidad clásica tomando en cuenta los datos que brindo el modelo basado en teoría de colas. Se cuentan la cantidad de transiciones de estar en el estado q_i hacia el estado q_j denotemosla como c_j entonces, $p_j = \frac{c_j}{\sum_{i=1}^3 c_i}$.

De antemano es notable que las restricciones tomadas son muy fuertes por lo que los resultados no deberían ser muy justos. Llevamos a cabo varias comparaciones, dada la representación como cadena de markov, se conto la cantidad de veces que se estaba en cada estado, para simulaciones tomando como entrada la cantidad de iteraciones; por su contrapuesto tenemos al modelo por colas y se quiere ver que tan próximo resulta la cadena a este, entonces tomamos como aproximación para cada parametro a $\frac{Tiempo_{parametro}}{cantidad_{parametro}}$ o sea el tiempo que está en los diferentes estados dividido por la cantidad de veces que se complete dicho estado.

Para todas las gráficas se toma como las rojas a la realizada por teoría de colas, y a la azul a la realizada por cadena de markov.

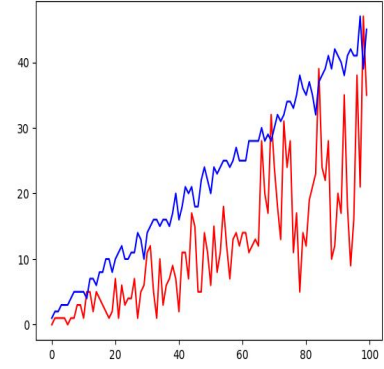


Figura 4: Parámetro=tareas

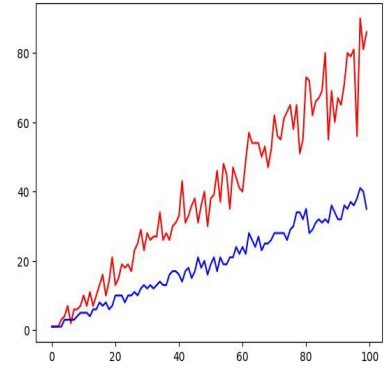


Figura 5: Parámetro=descansos

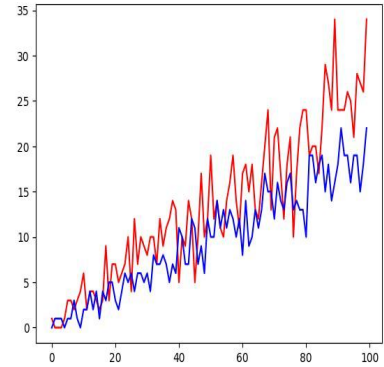


Figura 6: Parámetro=interrupciones

Comparaciones

Notemos que aunque se ven diferentes guardan relación, pues siguen su crecimiento a lo largo del tiempo aunque con un alto grado de ruido en particular cuando se trata de las tareas 4, pues recordemos que se tomo ciertas asunciones con respecto a estas, veamos como con las interrupciones 6 si se tiene más proximidad porque su comportamiento en ambos modelos es bastante similar

Referencias

- [1] Biwer, F., Wiradhany, W., oude Egbrink, M. G. A., & de Bruin, A. B. H. (2023). *Understanding effort regulation: Comparing ‘Pomodoro’ breaks and self-regulated breaks..* British Journal of Educational Psychology, 93(Suppl. 2), 353-367. <https://doi.org/10.1111/bjep.12593>
- [2] Léon G. Faber, Natasha M. Maurits, Monique M. Lorist. *Mental Fatigue Affects Visual Selective Attention.* Article in PLOS ONE · October 2012 DOI:10.1371/journal.pone.0048073
- [3] Blaz Kos. *Interruptions at work Why are they a problem and the best ways to handle them.* Spica. <https://www.spica.com/blog/interruptions-at-work>
- [4] Hannah Ross. *The Impact of Interruptions on Productivity & How to Combat Them.* Fellow. <https://fellow.app/blog/productivity/the-impact-of-interruptions-on-productivity-how-to-combat-them/>