



EL LORO HUASTECO

Órgano de Divulgación Científica y Tecnológica del
Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

ISSN: 2007-8587

Vol. 9, Num. 2



Memorias

CMI México-Colombia-Nicaragua-Perú 2022
Congreso Multidisciplinario Internacional
26, 27 y 28 de octubre 2022

CATEGORÍAS

Ambiental

Contador Público

Electrónica

Gestión Administrativa

Industrial

Informática

Investigación Educativa

Petrolera

Química

Sistemas Computacionales

cmi-itspanuco.mx



Tecnológico Nacional de México, Campus Pánuco-México



Universidad Autónoma de Manizales-Colombia



Universidad Nacional de Ingeniería-Nicaragua



Universidad Autónoma del Perú



EL LORO HUASTECO
Órgano de Divulgación Científica y Tecnológica
Tecnológico Nacional de México, Campus Pánuco
Memorias del Congreso Multidisciplinario Internacional 2022

ÍNDICE

1. **Prototipo de un sistema embebido para adquisición de señales EMG.** 1
Manuel Antonio Arenas Méndez, Marco Antonio Díaz Martínez, Reina Verónica Román Salinas

2. **Análisis comparativo de dos máquinas en el proceso de empaquetado de arroz en una empresa ubicada en el norte de Veracruz.** 9
Dania Fabiola Valdez Morales, Edwin Eduardo Rivera Castellanos, Rosa Isela Robles Rico, Alexis Iván Valdés Domínguez, Reina Verónica Román Salinas

3. **Análisis ergonómico utilizando método rula para estaciones de trabajo en una empresa de autoservicio.** 19
Edna Natalia García Del Ángel, Yoselin Medina Benites, Josué Arturo Borjas Ortiz, Guadalupe Flores María, Noel Alexander Lira Bárcenas, Reina Verónica Román Salinas, Argia Lilí Paz Molina, Carlos Alberto Contreras Verteramo

4. **Rutas optimas en el envío de bujes de una empresa de autopartes.** 28
Enrique Ávila Soler, Marcela Yesenia Córdova Alvarado, Sofía Montes Rosas, Cecilia Jokebed Rea Castañares, Esther Jennifer Viguera De La Rosa

5. **Implementación de algoritmos de ordenamiento para comparar su complejidad algorítmica.** 38
Ángel Mario Lerma Sánchez, Felipe Anastasio González González, Joaquín Torres Mata, Yosshio Del Ángel Zapata

6. **Implementación de tecnología emergente en procesos y servicios empresariales (sistema para el control de comandas).** 45
Miriam Edith Galicia Mendiola, Héctor Solís Alvinada, Mariela Ángeles Sánchez, Gabino Márquez Pérez, Cirilo Reyes Antonio Cirilo

7. **Exploración sobre un algoritmo de compresión con pérdida aplicado a conjuntos de coordenadas geográficas para reducción del peso computacional en mapeo de rutas.** 55
Miguel Ángel García Chávarro, Santiago Yustre Bautista, Apolonio Hernández Montoya

8. **Medición de calidad del aire utilizando drones.** 67
Armando Hernández Machuca, Carlos Kuri Juárez Suárez, Samira King Delgado, Jesús Muñoz Blanco



Prototipo de un sistema embebido para adquisición de señales EMG

Manuel Antonio Arenas Méndez^{1}, Marco Antonio Díaz Martínez¹, Reina Verónica Román Salinas¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

*manuel.arenas@itspanuco.edu.mx

RESUMEN

La electromiografía clínica (EMG) es una metodología de registro y análisis de la actividad bioeléctrica del músculo esquelético orientada al diagnóstico de las enfermedades neuromusculares. Las posibilidades de aplicación y el rendimiento diagnóstico de la electromiografía han evolucionado paralelamente al conocimiento de las propiedades de la energía eléctrica y al desarrollo de la tecnología eléctrica y electrónica. A mediados del siglo XX se introdujo el primer equipo comercial de electromiografía para uso médico basado en circuitos electrónicos analógicos. El desarrollo posterior de la tecnología digital ha permitido disponer de sistemas controlados por microprocesadores cada vez más fiables y potentes para captar, representar, almacenar, analizar y clasificar las señales mioeléctricas. El objetivo del presente trabajo consiste en el desarrollo de un prototipo portátil para la adquisición de señales EMG.

Palabras claves: electromiografía, medición, potencial de acción de la unidad motora.

ABSTRACT

Clinical electromyography is a methodology for recording and analysing the bioelectrical activity of the skeletal muscle tissue in order to diagnose neuromuscular pathology. The possibilities of application and the diagnostic performance of electromyography have

evolved parallel to a growing understanding of the properties of electricity and the development of electrical and electronic technology. The first commercially available electromyography equipment for medical use was introduced in the middle of the 20th century. It was based on analog electronic circuits. The subsequent development of digital technology made available more powerful and accurate systems, controlled by microprocessors, for recording, displaying, storing, analysing, and classifying the myoelectric signals. The objective of the present work consists in the development of a portable prototype for the acquisition of EMG signals.

Keywords: electromyography, measurement, motor unit action potential

INTRODUCCIÓN

La electromiografía (EMG) se define como la disciplina relacionada con la detección, análisis y uso de la señal eléctrica que se genera cuando un músculo se contrae (Basmajian, 1985). La señal electromiográfica permite construir el electromiograma, que corresponde a la suma temporal y espacial de los potenciales de acción de las unidades motoras (PAUMs) durante la contracción, permitiendo cuantificar de manera precisa y objetiva el comportamiento bioeléctrico muscular (De Luca, 2011).

Existen dos técnicas de EMG: la EMG invasiva y la EMG de superficie (Farinda, 2012). La EMG invasiva logra obtener el registro del potencial de acción generado por una unidad motora en particular. Para esto, se inserta un electrodo a nivel intramuscular por medio de agujas, método conocido como finewire (Konrad, 2005). Las ventajas de la técnica intramuscular son que permite evaluar músculos profundos y pequeños que superficialmente son imposibles de medir debido a la interferencia de señales emitidas por músculos adyacentes (Aparicio, 2005).

Por su parte, la EMG de superficie permite estudiar la actividad bioeléctrica mediante el registro de las diferencias de potencial registradas en la superficie de la piel (Konrad, 2005) con el uso de electrodos alámbricos o inalámbricos que son ubicados directamente sobre músculo que se quiere evaluar. Si bien esta técnica no es capaz de captar la señal de una sola unidad motora, se utiliza para el estudio del comportamiento promedio de un músculo o grupo muscular.

METODOLOGÍA

El prototipo implementado se compone de una tarjeta de desarrollo Arduino Uno, un sensor de señal muscular EMG, una pantalla de 3.5" TFT de 480x320 píxeles, una ranura de memoria microSD para respaldo de datos y un dispositivo de comunicaciones Bluetooth HC-05 para el control del dispositivo mediante una aplicación móvil. La alimentación eléctrica se realiza mediante dos fuentes externas USB de 5V y con excepción del interruptor de encendido la unidad no cuenta con controles para su operación manual. Los componentes se montaron en una estructura con un tamaño de 14.5 x 8.0 x 4.5 cm, figura 1.



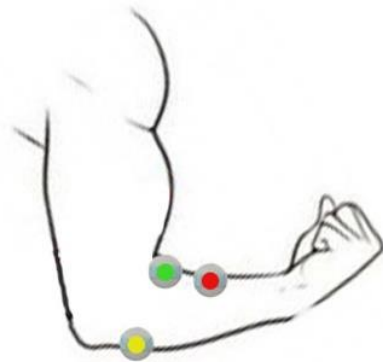
Figura 1.- Prototipo de instrumento, fuente propia.

El sensor de señal muscular EMG cuenta con un amplificador de instrumentación AD8232 al cual se le conectan tres electrodos de electromiografía para la recepción de una señal física de los músculos. El circuito integrado AD8232 está diseñado para extraer señales de biopotencial para ECG y otras mediciones de señales biomédicas en presencia de condiciones ruidosas (Mundial, 2022 y *AD8232-EVALZ User Guide*, 2014) . La unidad cuenta con ajuste de ganancia analógica de la señales.



Figura 2.- Sensor de señal muscular EMG (Shojaei, 2021).

En Shojaei (2021) se recomienda conectar los electrodos como se muestra en el esquema de la figura 3.



El electrodo verde se coloca en el medio del músculo deseado.

El electrodo rojo se coloca al final del músculo deseado.

El electrodo amarillo se coloca en una parte ósea o no muscular del cuerpo cerca del músculo deseado.

Figura 3.- Colocación de electrodos para medición EMG (Shojaei, 2021).

RESULTADOS

Como resultados podemos mencionar que se obtuvo un dispositivo embebido que cuenta con la capacidad de muestrear y respaldar en archivo de texto en una memoria microSD valores discretos de señales EMG, así como su monitoreo en una pantalla grafica.

El control del prototipo se realiza mediante una aplicación para dispositivo móvil implementada en el software MIT App Inventor. La aplicación cuenta con controles de conexión al prototipo, inicio y paro del muestreo de señales EMG, captura de nombre del paciente, temporizador del tiempo de muestreo y ajuste de desviación de la señal (offset), figura 4.



Figura 4.- Captura de pantalla de la aplicación de control, fuente propia.

El algoritmo programado en la tarjeta de desarrollo Arduino Uno genera una interfaz de usuario en el que se despliega el nombre del paciente e indicadores de saturación de la medición, inicio y paro de muestreo de datos, ajuste de deriva de la señal EMG (offset), estado de la memoria SD y temporizador de muestreo de datos, figura 5.



1. Nombre paciente.
2. Indicador de saturación.
3. Indicador de inicio-paro.
4. Ajuste de deriva de señal.
5. Indicador de falla de escritura memoria SD.
6. Temporizador.
7. Grafica de la señal EMG.

Figura 5.- Interfaz de usuario del prototipo, fuente propia.

Al iniciar la adquisición de datos el dispositivo realiza la conversión analógica a digital de la señal a una tasa de 10 ms y los respalda en un archivo de texto en la memoria SD, el nombre del archivo de texto se compone de los primeros seis caracteres del nombre del paciente, por defecto el nombre del paciente es ANONIMO, seguido de dos dígitos numéricos, conforme se realizan nuevos muestreos con el mismo paciente el sistema genera hasta 100 archivos secuenciales, por ejemplo, ANONIM00.txt, ANONIM01.txt, ANONIM02.txt ... ANONIM99.txt. El indicador SDC verifica las operaciones de escritura del archivo en la memoria SD, en caso de falla cambiará de un color azul a un color rojo. El proceso de adquisición de datos puede establecerse para un periodo determinado, en minutos y segundos, a través del temporizador.

La verificación del funcionamiento del prototipo se realizó mediante una prueba que consistió en el muestreo de datos EMG de contracciones del músculo Flexor profundo de los dedos del brazo izquierdo, figura 6, de una persona de 20 años, provocadas por la acción de apretar y relajar el puño a una frecuencia de 0.5 Hz, durante dos minutos, en la figura 7 se aprecia la gráfica en la pantalla LCD de los valores obtenidos mediante entrada analógica a una tasa de muestreo de 10 ms.

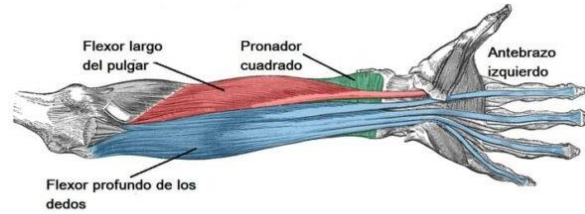


Figura 6.- Músculo flexor profundo de los dedos del brazo izquierdo, obtenida de <https://anatomiatopografica.com>.



Figura 7.- Gráfica de muestro de datos EMG en entrada analógica cada 10 ms en pantalla LCD del prototipo, fuente propia.

Posteriormente se le solicitó a la persona realizar un ejercicio de brazo con una mancuerna de 1.8 kg durante diez minutos repitiéndose el procedimiento de muestreo de datos EMG descrito anteriormente.

En la figura 8 se muestran las gráficas de los datos obtenidos, azul antes del ejercicio y rojo posterior.

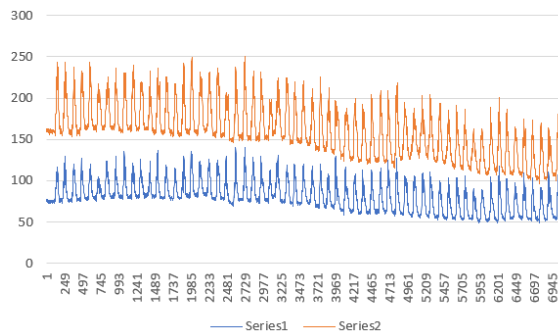


Figura 8.- Gráfica de muestro de datos EMG, previo (azul) y posterior (rojo) al ejercicio muscular, fuente propia.

Tomando los primeros datos muestreados es posible apreciar que posterior al ejercicio con mancuerna, en rojo, se presenta un desfase en la reacción del músculo, figura 9.

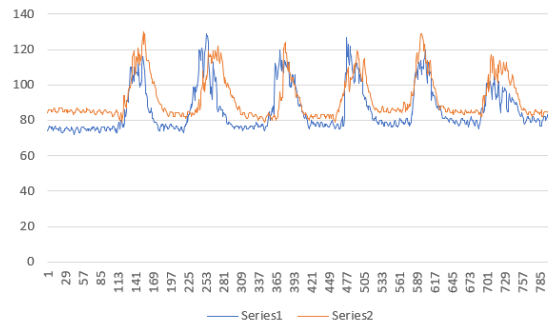


Figura 9.- Gráfica de muestra de datos EMG previo y posterior al ejercicio con mancuerna, fuente propia.

DISCUSIÓN

Los resultados de los muestreos de datos con el dispositivo son consistentes de forma general con los de trabajos similares (Biomov, 2019 y EMG-826: Basic code to use EMG-826 board, 2020).

A diferencia del estudio realizado por Mundial (2022) el dispositivo planteado no pretende realizar un análisis en tiempo real de los resultados, su principal función es la recabar información para su estudio posterior.

El sensor de señal muscular EMG empleado requiere de fuentes de alimentación positiva y negativa lo cual resulta complicado para su implementación en un dispositivo portátil basado en baterías. En EMG-826: Basic code to use EMG-826 board. (2020) se emplea un sensor con fuente de alimentación positiva.

CONCLUSIONES

La EMG es una herramienta fundamental en el entendimiento del movimiento humano, y permite estimar la magnitud de una contracción muscular (activación), el tiempo en el que se activa el músculo (latencia) y los niveles de fatiga que se pueden presentar durante una contracción mantenida. A partir de las diversas investigaciones con EMG se han podido establecer los patrones neuromusculares de movimiento tanto en condiciones de normalidad como en patologías. Esto ha ayudado a orientar la planificación de los

programas de entrenamiento muscular para una lesión y/o patología específica durante el proceso de rehabilitación.

Con el prototipo diseñado es posible establecer la metodología para la realización de pruebas enfocadas a la detección de fatiga en músculos con pruebas en laboratorio.

LITERATURA CITADA

AD8232-EVALZ User Guide. (2014). Analog.com. Recuperado el 27 de septiembre de 2022, de https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/user-guides/AD8232-EVALZ_UG-514.pdf

Aparicio MV. (2005). Electromiografía cinesiología. *Rehabilitación*. 39(6):255-64. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7120\(05\)74359-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7120(05)74359-0)

Basmajian JV, De Luca CJ (1985). *Muscles alive: their functions revealed by electromyography*: Williams & Wilkins.

De Luca CJ (2011). *Surface electromyography: Detection and recording*. DelSys Incorporated.10:2011.

BIOMOV. (2019, December 10). EMG ARDUINO DEPORTE. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=JGGroNNU_Ug

EMG-826: Basic code to use EMG-826 board. (2020). <https://github.com/osnava/EMG-826>

Konrad P. *The abc of EMG* (2005). A practical introduction to kinesiological electromyography. USA 1:30-5.

Mundial, I. Q., Khan, M. S. A., Asif, M., Saheen, F., Ali, Y., Ali, I., Phul, A. H., Sultan, S., & Rehman, F. (2022). The Real-time monitoring of muscle fatigue using Surface Electromyography (sEMG). *International Journal of Information Technology and Language Studies*, 6(2). <https://journals.sfu.ca/ijitls/index.php/ijitls/article/view/271>

Shojaei, A. M. (2021). *Interfacing EMG Muscular Signal Sensor with Arduino*. Electropeak. <https://electropeak.com/learn/interfacing-emg-muscular-signal-sensor-with-arduino/>



Análisis comparativo de dos máquinas en el proceso de empaquetado de arroz en una empresa ubicada en el norte de Veracruz

Dania Fabiola Valdez Morales^{1}, Edwin Eduardo Rivera Castellanos¹, Rosa Isela Robles Rico¹, Alexis Iván Valdés Domínguez¹, Reina Verónica Román Salinas¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

*daniavalmor10@gmail.com

RESUMEN

Las empresas actualmente buscan su máxima automatización, saben que con ella se consigue un sistema productivo con gran eficiencia, minimizando costos y tiempos, cumpliendo con los estándares de los clientes, entregándoles productos de calidad. La presente investigación tiene como objetivo analizar si existe variabilidad en el llenado de producto entre dos máquinas empaquetadoras de arroz, determinando de esta manera la eficiencia de éstas. La investigación fue realizada en una empresa dedicada a la compra, empaque, venta y distribución de granos y semillas nacionales e importadas, ubicada en la zona norte del estado de Veracruz. Para el estudio se recolectó una muestra diaria durante 24 días en el área de empaquetado y por medio de una prueba t de Student se compararon las medias de los dos equipos obteniendo como conclusión la existencia de una diferencia significativa en la producción media diaria de las dos máquinas.

Palabras claves: automatización, productividad, eficiencia, variabilidad.

ABSTRACT

Companies currently seek maximum automation, they know that with it a highly efficient production system is achieved, minimizing costs and time, meeting customer standards, delivering quality products. The objective of this research is to analyze if there is necessarily a product filling between two rice packaging machines, thus determining their efficiency. The research was carried out in a company dedicated to the purchase, packaging, sale and distribution of national and imported grains and seeds, located in the north of the state of Veracruz. For the study, a daily sample was collected for 24 days in the packaging area and by means of a t-Student the means of the two teams were compared, concluding that there was a significant difference in the average daily production of the two Machines.

Key words: automation, productivity, efficiency, variability.

INTRODUCCIÓN

El mercado hoy en día es cada vez más exigente, por ello se busca la automatización en las líneas de procesos, mismas que deben mostrar confiabilidad, eficiencia y flexibilidad para satisfacer las necesidades del cliente. La automatización mejora el rendimiento, la eficiencia y la calidad del sistema de empaquetado, obteniendo un proceso más seguro en menor tiempo, por lo que las empresas deben invertir en ella en la medida de lo posible (Molina, 2018).

La productividad es la relación entre la producción conseguida por un sistema y los recursos utilizados para lograrla. Por lo tanto, la productividad se define como el uso eficiente de recursos en la producción de diversos bienes y servicios (Prokopenko, 1989), por lo que en la empresa empaquetadora el contar con máquinas eficientes en su área de llenado la hará cumplir con los resultados específicos deseable, esto da la razón de efectividad entre eficiencia (Ramos, 2001).

El tiempo es un recurso determinante clave para el logro de la productividad, por lo que tiene una relación directa con los resultados esperados; así al reducir los tiempos de operación, demoras y tiempos improductivos, se alcanza la productividad. Por lo tanto, si el tiempo es menor, la productividad será mayor (Prokopenko, 1989).

Los tipos de medidas de productividad son: productividad de mano de obra, la comparación entre empresas competidoras o países por medio de indicadores; productividad de mano de obra directa, técnicas de determinación de los estándares de producción; productividad del capital, se usa en empresas con giro financiero; productividad del costo directo, dividir las ventas netas entre el costo de lo vendido, se le conoce como el estado de resultados; productividad del costo total, las ventas netas entre el total de costos y gastos; productividad de la materia prima, es útil en situaciones donde el costo de los insumos represente un porcentaje significativo en el costo total del producto; productividad energética, se representa con los kilowatt-hora (Olavarrieta de la Torre, 1999).

Las relaciones o índices de productividad se ven afectadas por una serie de factores importantes (por ejemplo, la calidad y disponibilidad de los materiales, la capacidad de producción), estos se relacionan entre sí, con un efecto sobre la productividad resultante (Ramos, 2001).

El objetivo de la presente investigación es analizar a partir de los resultados, la existencia de variabilidad en el llenado de dos máquinas empaquetadoras de arroz de una empresa ubicada en la zona norte de Veracruz, y así identificar si las dos son igualmente eficientes o no.

METODOLOGÍA

Para la realización del análisis comparativo, en el proceso de empaquetado se ha realizado un estudio descriptivo transversal, recabando datos relativos de dos máquinas a cargo de este proceso. Las máquinas asignadas con el número A y B, funcionan de manera independiente una de la otra, porque cada una es manejada por un operario diferente y tienen su propia alimentación de granos independiente una de la otra.

Los estudios observacionales tienen como objetivo observar y registrar un evento sin alterar su curso natural, siguiendo un diseño de investigación. Éstos pueden ser de dos tipos: longitudinales, es decir, pueden medirse de forma prospectiva o retrospectiva en el tiempo; y transversales, de forma única y sin ambigüedades. Por otro lado, también suelen llamarse descriptivos si pretenden describir y registrar lo observado, por ejemplo, la conducta de una o más variables en un grupo de sujetos durante un determinado

período de tiempo; o metódicamente, permiten comparar grupos de sujetos sin asignar los sujetos involucrados en el estudio al curso de una intervención específica, de modo que el investigador es solo un observador y se describe lo sucedido. (Manterola & Otzen, 2014).

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó la prueba t de Student para dos muestras independientes con varianzas desiguales, donde primeramente se recolectaron datos durante 24 días de las máquinas A y B dentro del área de empaquetado. Previo la prueba t, se verificó la normalidad en los datos de las dos máquinas con una prueba de normalidad Anderson-Darling. Posteriormente se realizó el análisis para llegar a una conclusión sobre si existen o no diferencias significativas en sus niveles de producción (Walpole 2012).

RESULTADOS

Considerando los datos de las máquinas A y B, se realizó una prueba t de Student para dos muestras, usando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con el fin de verificar si existe discrepancia alguna en la productividad de ambas. Conforme a la prueba t de Student realizada a las dos máquinas, se obtuvo: $t = -2.79$, g.l.=31; $P=0.009$; por tanto, se tiene que si el valor $P < 0.05$ se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Con esto se concluye que existe una diferencia significativa en la cantidad promedio empacada por cada máquina (sus promedios son diferentes). Para verificar normalidad se realizó una prueba de normalidad Anderson-Darling a las dos máquinas, a continuación se muestran las figuras 1 y 2 con información de dicha prueba. Como se observa, el valor es $p > 0.05$, por lo que se acepta el supuesto de normalidad (Walpole 2012).

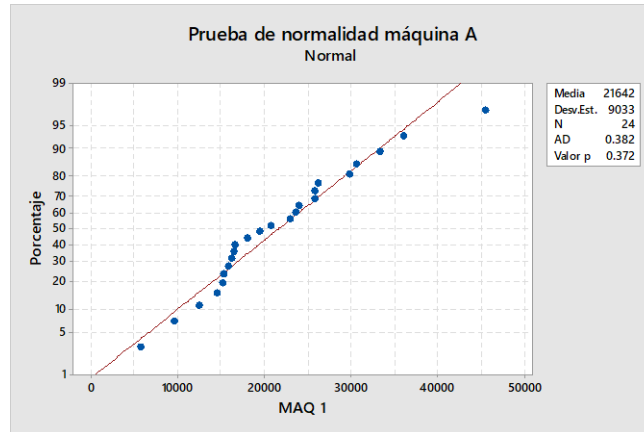


Figura 1. Prueba de normalidad máquina A. Fuente propia

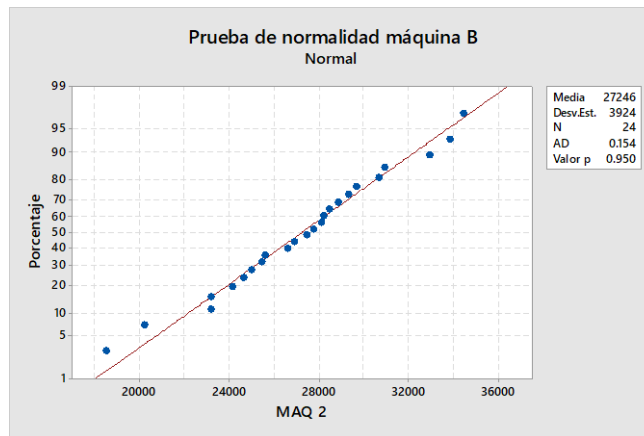


Figura 2. Prueba de normalidad máquina B. Fuente propia

La producción diaria de los dos equipos muestreados se presenta en seguida en la tabla 1. Para la máquina A se nota que el desempeño no es muy efectivo, debido a que tiene una desviación estándar dos veces mayor a la máquina B, esto la vuelve menos productiva. Es notoria la diferencia de la segunda máquina, ya que tiene más eficiencia productiva en comparación que la primera (Gómez, Díaz, & Román, 2021).

Tabla 1. Producción diaria de las máquinas A y B (kilogramos/día).

DÍAS	MÁQUINA A	MÁQUINA B
1	16490	25580
2	19460	28860
3	23996	28460
4	15840	29300
5	16550	30920
6	5724	24150
7	22960	32920
8	45520	34430
9	17960	28100
10	25840	33830
11	20680	20238
12	26160	25430
13	23540	25000
14	16200	23170
15	15160	30650
16	12452	26570
17	15284	27760
18	14512	26870
19	30560	24650
20	29840	23190
21	36000	28210
22	9580	27430
23	25800	18540
24	33300	29640

En las figuras 3 y 4 se pueden observar los histogramas correspondientes a cada máquina, apreciándose que la máquina A tiene una media más pequeña (producción promedio más baja) y una desviación estándar mayor que la máquina B. Provocando que la productividad de la máquina A sea menos eficaz. En el caso del segundo histograma, se tiene una media más elevada (mayor producción promedio) con una desviación estándar menor, lo que hace a la máquina B más productiva.

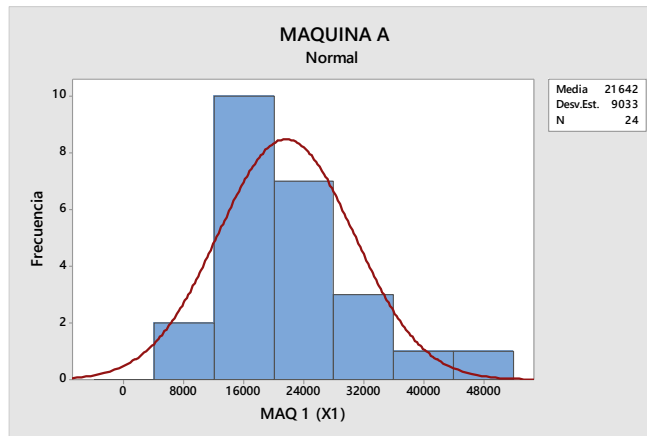


Figura 3. Histograma de máquina A, Fuente propia.

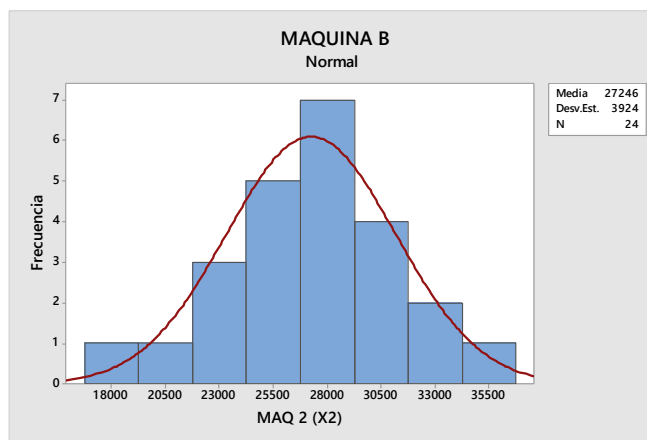


Figura 4. Histograma de la máquina B. Fuente propia.

En la siguiente gráfica de caja se aprecia que la máquina B es la de mayor desempeño productivo; a grandes rasgos se estima que su productividad llega a ser más elevada teniendo una cantidad cerca de lo doble que la máquina A.

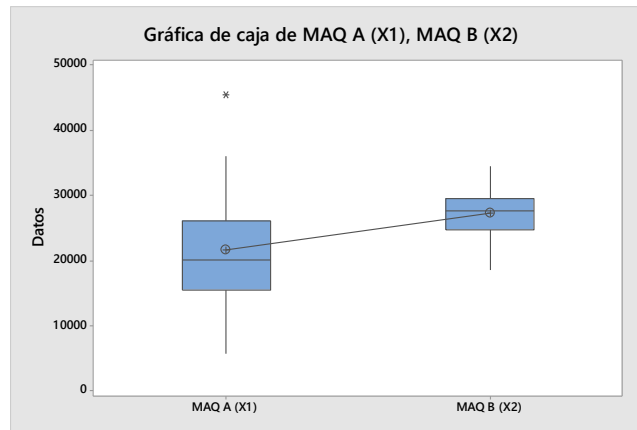


Figura 5. Gráfica de caja de ambas máquinas. Fuente propia.

DISCUSIÓN

Según Álvarez, García, Quintan, & Cruz (2015) para identificar diferencias significativas en niveles de rugosidad superficial en probetas al usar dos diferentes tipos de abrasivo, bajo el comparativo de poblaciones o muestras, la utilización de t-Student resultó una prueba estadística confiable, determinando que no existía suficiente evidencia para probar la hipótesis de la presencia de diferencias entre las muestras.

Los resultados obtenidos, teniendo en cuenta el rendimiento, se comparan entre sí mediante análisis cuantitativo, lo que muestra la pertinencia de la estadística inferencia en este tipo de estudios.

Se pueden entender que al ser más productiva la máquina B según (Gómez, Díaz, & Román, 2021), la productividad laboral tiene un gran impacto en la empresa; por ello es muy importante prestar atención a aquellos factores que se pueden modificar, como lo son aspectos organizacionales que demostraron ser de mayor presencia en la eficiencia de la máquina.

Teniendo esto en cuenta, podemos llegar a conocer por qué una máquina es más productiva y atribuirle factores que determinan la baja productividad, como lo es el proceso de capacitación, siendo fundamental y de suma importancia para el logro de una mejor productividad. (Gómez, Díaz, & Román, 2021)

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se puede observar que la máquina B es más productiva que la máquina A. Se demuestra que existe variabilidad considerable entre ambas máquinas, afectando a la empresa empacadora en sus tiempos de entrega a sus proveedores, debido a que no se empacan las bolsas de arroz, de acuerdo a las cuotas diarias por máquina. Lo anterior sugiere realizar un análisis para identificar las posibles causas que afectan la productividad de la máquina A.

En base al análisis comparativo, se observó que la primera máquina tiene una media más pequeña con una desviación estándar mayor, por lo tanto, la productividad de la segunda máquina es mayor y más eficiente.

Podrían existir distintos motivos que lo ocasionen: que una máquina sea más moderna que la otra; posiblemente que los operadores están mejor capacitados; o de igual manera, que las máquinas sean operadas por distintos sexos.

Como conclusión, se pretende proporcionar información a la empresa, de cómo un análisis puede identificar las principales causas que originan la disminución de eficiencia en las máquinas que utilizan como herramienta de trabajo, en este caso la A. El muestreo de trabajo es una herramienta muy útil que nos proporciona información valiosa para saber qué decisiones tomar para mejorar la productividad de las empresas.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, L. M., García, J. J., Quintan, P. R., & Cruz, C. A. (2015). Uso de técnicas estadísticas para evaluar la rugosidad superficial en probetas de acero inoxidable. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 20-29.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio de trabajo, ingeniería de métodos y medición de trabajo*. Mc Graw Hill.
- Gómez, J., Díaz, M., & Román, R. (2021). Factores que afectan la productividad de un montacargas en una industria siderúrgica del Norte de Veracruz. *El Loro Huasteco*.
- Manterola, C., & Otzen, T. (2014). Estudios observacionales. Los diseños utilizados con mayor frecuencia en investigación clínica. *Int. J. Morphol.*

- Molina, M. (30 de Abril de 2018). *Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de Blíster*. Obtenido de Revista Politécnica:
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-01292018000200025&script=sci_arttext
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial, métodos, estándar y diseño del trabajo*. Alfa Omega.
- Olavarrieta de la Torre, J. (1999). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana Santa Fe Ciudad de México.
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.
- Ramos, J. (2001). *Optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio*. Monterrey : Universidad Autónoma de Nuevo León.



Análisis ergonómico utilizando método rula para estaciones de trabajo en una empresa de autoservicio

Edna Natalia García Del Ángel^{1}, Yoselin Medina Benites¹, Josué Arturo Borjas Ortiz¹, Guadalupe Flores María¹, Noel Alexander Lira Bárcenas¹, Reina Verónica Román Salinas¹, Argia Lilí Paz Molina¹, Carlos Alberto Contreras Verteramo¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

*ednagarciadelangel@gmail.com

RESUMEN

El presente artículo parte del concepto de la ergonomía como estudio sistemático de las personas en su entorno laboral para mejorar sus condiciones de trabajo y las tareas que realizan durante su jornada, con objeto de obtener datos relevantes y confiables como base para recomendar cambios en situaciones específicas a directivos y los colaboradores. Los resultados para el estudio se obtuvieron a través de la aplicación del método ergonómico RULA, en una tienda de autoservicios en la zona norte de Veracruz. El presente análisis se llevó a cabo en dos partes, la primera parte fue la valoración de las posturas adoptadas de empleados del área de recibo y oficina de la empresa, la segunda es el análisis de los resultados. Las mediciones pueden dar como resultado factores de riesgo, que pueden ir desde 1 hasta 7, donde 7 es la puntuación o factor de más alto riesgo, en ésta empresa la puntuación es de 1, 2 y 3 en nivel de actuación, por lo que se recomienda cambios en las tareas y/o del puesto de trabajo y con ello una investigación aún más profunda. Con base a resultados se logró exponer a la empresa lo que surgió del análisis del método y se le brindó información de las posturas incorrectas de sus trabajadores, así como cargas y condiciones en las que se laboran. Tomando en cuenta lo anterior se le sugirió ideas de rediseño con el fin de mejorar las instalaciones a reserva de sus condiciones financieras de la empresa.

Palabras claves: Riesgos ergonómicos, Método RULA.

ABSTRACT

This article is based on the concept of ergonomics as a systematic study of people in their work environment to improve their working conditions and the tasks they perform during their day, in order to obtain relevant and reliable data as a basis for recommending changes in specific situations. to managers and employees. The results for the study were obtained through the application of the RULA ergonomic method, in a self-service store in the north of Veracruz. The present analysis was carried out in two parts, the first part was the evaluation of the postures adopted by employees of the reception area and the company's office, the second is the analysis of the results. The measurements can result in risk factors, which can range from 1 to 7, where 7 is the score or highest risk factor, in this company the score is 1, 2 and 3 in performance level, so changes in the tasks and/or the job position are recommended and with it an even deeper investigation. Based on the results, it was possible to expose to the company what emerged from the analysis of the method and information was provided on the incorrect postures of its workers, as well as loads and conditions in which they work. Considering the above, redesign ideas were suggested in order to improve the facilities subject to the financial conditions of the company

Key words: Ergonomic risks, RULA Method.

INTRODUCCIÓN

Es difícil hablar de análisis de puestos sin tener en cuenta las alteraciones recientes en el mundo industrializado, porque la naturaleza de las actividades y las condiciones en que se realizan han cambiado significativamente en los últimos años. Hay muchos factores que contribuyen a esta transición, pero la influencia de dos factores puede considerarse crítica. Por un lado, el rápido desarrollo del progreso tecnológico y las grandes variaciones provocadas por la tecnología de la información han transformado muchos lugares de trabajo (Véronique, 1986).

La ergonomía es el estudio sistemático de las personas en su entorno laboral para mejorar sus condiciones de trabajo y las tareas que realizan. El objetivo es obtener datos relevantes y confiables como base para recomendar cambios en situaciones específicas, así como desarrollar teorías, conceptos, pautas y procedimientos más generales para facilitar el desarrollo continuo del conocimiento ergonómico (Véronique, 1986). El análisis ergonómico pretende ser una herramienta para comprender la situación laboral con el fin de diseñar áreas y tareas seguras, saludables y productivas. También se puede usar para monitorear las mejoras realizadas por los centros de trabajo o para comparar diferentes ocupaciones (Intituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo , 1989).

El deterioro de la salud de los trabajadores se relaciona principalmente con las lesiones del sistema musculoesquelético ocasionadas por el trabajo físico, que es la acumulación de lesiones menores generadas por las actividades laborales, que derivan en enfermedades ocupacionales del sistema locomotor y accidentes (Díez, 2007).

Bajo la inexistencia de registros de sistemas de control de accidentes o enfermedades laborales por exposición a riesgos ergonómicos, en la empresa de autoservicios ubicada en la zona norte de Veracruz, surgió el proceso de investigación, generando así la necesidad de estudio de las condiciones actuales del personal del área de recibo y oficina, para comprender las estrategias de control de exposición al riesgo a través de la estimación de factores, la identificación de la causa raíz y las recomendaciones de control.

Se estudia la exposición de riesgos ergonómicos referentes por movimientos repetitivos y posturas dentro de la jornada laboral de cada empleado, con la aplicación de los

métodos de evaluación; suministrando así niveles de riesgo por cada empleado y plantear las recomendaciones acordes al nivel arrojado (Más, 2006).

Existen diferentes enfoques para valorar el riesgo asociado con la tensión postural, que varían según la cantidad de uso, la apreciación de posturas individuales o grupos de ellas, los posibles factores en los que se usan las partes del cuerpo consideradas para su valoración. Uno de los métodos de evaluación de la postura más comunes en la práctica es RULA (Plaza, 2016).

Fue desarrollado para evaluar la exposición de los trabajadores a los factores de riesgo que causan un alto estrés postural y pueden contribuir a las enfermedades de las extremidades superiores. Para la estimación, se tiene en cuenta la posición adoptada, su duración y frecuencia, así como la fuerza aplicada mientras se mantiene la postura (Más, 2006).

El propósito de este estudio es evaluar el puesto utilizando el enfoque ergonómico RULA para obtener información sobre las condiciones en las que se encuentra el área de trabajo, analizar los factores de riesgo ergonómico y distinguir las etapas críticas durante la jornada laboral cuando los operadores se encuentran en una posición inapropiada.

Para evaluar el método RULA se requieren medidas antropométricas de los empleados en el área analizada. En los campos de la salud, la seguridad y la ergonomía en el trabajo, los sistemas antropométricos se refieren principalmente a la estructura corporal, así como a las dimensiones humanas en relación con las medidas en los lugares de trabajo, las máquinas, los entornos industriales y la ropa. La prevención de riesgos laborales es uno de los indicadores más sólidos de la calidad lay está íntimamente relacionada con la salud, el bienestar, la satisfacción y la productividad. (Véronique, 1986)

METODOLOGÍA

Para el análisis de la carga postural han sido diseñados un amplio grupo de métodos, sin embargo, para efectos de este estudio se empleará el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment). Éste análisis utilizó un enfoque cuantitativo (Hernández, 2014), ya que regularmente se elige una idea, que se transforma en una o varias preguntas de investigación relevantes; luego de éstas deriva hipótesis y define variables; desarrolla un

plan para probar las hipótesis; mide las variables en un determinado contexto; analiza las mediciones obtenidas y establece una serie de conclusiones respecto de las hipótesis. Los estudios cuantitativos se asocian con instrumentos de medición estandarizados, en éste caso el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment). Los estudios de este enfoque se fundamentan en un proceso deductivo, generalmente extraen una muestra de la población a estudiar, y pretenden extender los resultados a toda la población, para éste estudio la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo de los empleados de una tienda de autoservicio ubicada en la zona norte de del estado de Veracruz. El presente análisis se llevó a cabo en dos partes, la primera parte fue la valoración de las posturas adoptadas de los trabajadores del área de recibo y oficina de la empresa, aplicando el método RULA, ésta se realizó durante los meses de marzo a abril de 2022. La segunda parte fue el análisis de datos que se realizó entre mayo y junio 2022. Este estudio se enfocó en la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo, la población a estudiar fueron los cuatro empleados de la empresa del área de recibo y oficina, entre hombres y mujeres con edades que oscilan entre los 30 años a los 35 años. Teniendo en cuenta que las actividades laborales desarrolladas en la empresa en esas áreas son diversas, en su mayoría administrativas, las cuales se efectúan en una (oficina – escritorio). Durante los meses de observación y recolección de datos los 4 empleados de la empresa fueron observados en sus movimientos y actividades durante la jornada de trabajo que consta de ocho horas. Para la aplicación del Método RULA se registró cada tarea o actividad de trabajo siendo necesario que los empleados llevaran a cabo su labor completa en la forma como lo hacen cotidianamente. Las observaciones se hicieron durante la mañana o durante la tarde, dependiendo de la disponibilidad de los operadores.

RESULTADOS

De acuerdo al análisis, se empleó el método RULA en el área de recibo y oficina del departamento de abarrotes de la empresa de autoservicio con motivo de ayudar a los trabajadores a prevenir daños a la salud o un accidente. Rula es una herramienta de evaluación usada para detectar posturas de trabajo que requieran atención o modificación establecen que el método rula permite evaluar: El riesgo al que se expone

un trabajador al adoptar una determinada postura, la exposición al riesgo derivada del levantamiento de cargas en posturas inadecuadas, el riesgo causado por la combinación de diferentes posturas críticas, la exposición al riesgo de un trabajador que realiza tareas repetitivas con los miembros superiores.

Para obtener resultados se observó las actividades que los empleados realizan al igual que el plano del área, se aplicaron mediciones antropométricas, datos estadísticos y para la determinación del nivel de puntuación de riesgo el software de ergonautas.

Una adecuación antropométrica debe considerar que las dimensiones críticas de la estación de trabajo se adapten al 90% de la población de usuarios; esto significa que debe haber flexibilidad en la estación de trabajo para que pueda ser adaptada para personas altas y bajas, delgadas o anchas, y de diferentes tamaños en sus extremidades, tomando en cuenta las medidas antropométricas de los empleados tabla 1.

Tabla 1: Medidas antropométricas de los empleados.

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS								
No.	Medida	Unidad de medida	1	2	3	4	Media	Desviación estándar
Posición de pie								
1	Alcance vertical máximo sin agarre	Centímetros	188	196	188	190	190.5	3.278719262
2	Alcance vertical máximo con agarre	Centímetros	173	180	172	175	175	3.082207001
3	Estatura	Centímetros	165	168	165	166	166	1.224744871
4	Altura de ojos	Centímetros	151	154	153	152	152.5	1.118033989
5	Altura de hombros	Centímetros	129	136	129	138	133	4.062019202
6	Altura de codos	Centímetros	113	104	113	110	110	3.674234614
7	Peso	Kilogramos	75	80	75	67	74.25	4.656984003
Posición sentado								
1	Altura cabeza asiento	Centímetros	80	84	79	85	82	2.549509757
2	Altura ojos asiento	Centímetros	69	75	69	76	72.25	3.269174208
3	Altura cervical	Centímetros	59	57	59	63	59.5	2.179449472
4	Altura hombro asiento	Centímetros	55	59	55	52	55.25	2.487468593
5	Altura subescapular	Centímetros	40	53	39	37	42.25	6.299801584
6	Altura muslo asiento	Centímetros	14	12	12	14	13	1
7	Altura rodilla suelo	Centímetros	58	48	58	52	54	4.242640687
8	Altura poplítea	Centímetros	58	38	58	49	50.75	8.227241336
9	Altura muslo suelo	Centímetros	60	55	57	56	57	1.870828693

Para evaluar si el puesto de trabajo de un empleado es aceptable o presenta un riesgo, RULA proporciona un puntaje contra el cual se determina un cierto nivel de actuación. Cuanto mayor sea el resultado alcanzado, mayor será el riesgo para el trabajador; un valor de 1 es un riesgo aceptable, mientras que un valor máximo de 7 es un riesgo muy alto. Con base en el resultado final, se indica el nivel de desempeño del puesto. Cada nivel determina el nivel de riesgo y recomienda acciones basadas en la situación evaluada. La tabla muestra el nivel de actuación en función del resultado final. (Más, 2006).

Tabla 2: Nivel de actuación según la puntuación final. (Más, 2006)

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el diseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

A fin de poder aplicar el software se analizaron las condiciones ergonómicas del personal del área, tomando como sustento 4 fotografías tomadas al personal para poder analizar su postura durante la jornada de trabajo, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Resultados de la evaluación a los trabajadores. Fuente propia

EMPLEADO	PUNTUACIÓN RULA	NIVEL DE ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN DE ACUERDO AL NIVEL DE ACTUACIÓN
1	5	3	Se requieren cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.
2	2	1	La postura es aceptable si no se mantiene o repite en períodos largos
3	3	2	Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo. Es necesaria una investigación más profunda
4	4	2	Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo. Es necesaria una investigación más profunda

DISCUSIÓN

En función al análisis ergonómico realizado en esta investigación con aplicación del método RULA, se observó que el método es de ayuda para identificar el grado de riesgo a desarrollar lesiones músculo-esqueléticas y mostrar puntuación arrojando un nivel de actuación, en comparación con el artículo de la “Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación” concuerda que con la utilización de método RULA se pueden determinar los riesgos ergonómicos para cada puesto de trabajo y se pueden recomendar medidas para reducir los riesgos identificados; utilizando métodos experimentales completos y estudios de campo, se pueden obtener datos válidos en función de los diversos riesgos evaluados por los funcionarios de la empresa para ayudar a tomar decisiones sobre la implementación adecuada de los planes de mitigación (García, 2017).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos aplicando el método RULA, se puede observar que mediciones pueden dar como resultado factores de riesgo que pueden ir desde 1 hasta 7, donde 7 es la puntuación o factor de más alto riesgo. Como quiera que sea, aun si se tuviera una baja puntuación o factor de riesgo bajo, esto no garantiza que el área de trabajo esté libre de riesgos ocupacionales.

Los niveles de actuación determinados por el método van del nivel 1, que supone que la postura evaluada es aceptable, al nivel 4, que revela la necesidad apremiante de cambios en la actividad laboral. En este caso, el resultado de la puntuación en la empresa es de 1, 2 y 3 en nivel de actuación, por lo que se recomienda cambios en las tareas y/o del puesto de trabajo y con ello una investigación aún más profunda. Con base a resultados se logró mostrar a la empresa lo que surgió del análisis del método, se le brindó información de las posturas incorrectas de sus trabajadores, así como cargas y condiciones en las que se laboran. Tomando en cuenta lo anterior se le sugirió ideas de rediseño con el fin de mejorar las instalaciones a reserva de sus condiciones financieras.

LITERATURA CITADA

- Díez, U. S. (2007). *Lesiones músculo-esqueléticas de origen laboral*. Madrid: Copyright.
- García Flores, M. (2017). *Evaluación de riesgos ergonómicos en el área de estibación y monitoreo de panel central, mediante los métodos rula y oca, en industrias guapán*. Revista Ciencias Pedagógicas E Innovación, 5(3), 149-157.
- Hernández, S. R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Intituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo . (1989). Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_387.pdf/a572ebbc-af9d-4142-b616-95d64e83ba13?version=1.0&t=1614698460999
- Más, J. A. (2006). *Ergonautas* . Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/stuff/condiciones.htm>
- Plaza, B. C. (2016). *Métodos de evaluación ergonomica*. Madrid: Secretaría de Salud Laboral de CCOO de Madrid.
- Véronique, D. K. (1986). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. España: Copyright.



Rutas optimas en el envío de bujes de una empresa de autopartes

Enrique Ávila Soler^{1}, Marcela Yesenia Córdova Alvarado¹, Sofía Montes Rosas¹, Cecilia Jokebed Rea Castañares¹, Esther Jennifer Viguera De La Rosa¹*

¹Universidad Autónoma Metropolitana, UAM-Azcapotzalco

*eas@azc.uam.mx

RESUMEN

La investigación se enfoca a los costos de distribución de las materias primas, productos intermedios y terminados en el sector de autopartes para la toma de decisiones estratégicas. Este caso de estudio analizó el traslado de bujes para autos, camiones y todoterreno. La situación actual de la empresa es que no tiene control y planeación sobre los gastos, lo que ocasionó que los costos de envío sean altos al no racionalizar recursos en las etapas donde existe transporte. La metodología del método de transporte fue aplicada en los siguientes cinco puntos: 1) determinación de las variables e información cualitativa y cuantitativas. 2) análisis de las variables por lugares de origen (empresas manufacturas) y los destinos (clientes). 3) Implementación del método de transporte, comparando contra los tipos (costo mínimo, esquina noroeste y aproximación Vogel). 4) Análisis del resultado por Vogel y 5) Elaborar propuesta de rutas optimas que aprovechen todos los capitales de la organización y generen la utilidad. Los orígenes comprenden a la ciudad de México, Tecámac, Coacalco, Monterrey y Tizayuca. Los destinos se integran por Monterrey, Chiapas, Sonora, Morelia, Toluca y Mérida. Los resultados arrojados mencionan que el costo total óptimo por lote de producción fue de \$ 69,220.50 por el traslado de 66,754 bujes de seis almacenes a diferentes ubicados en varias partes de la República mexicana. La conclusión general es que se cumple la satisfacción de oferta y demanda del mercado y puede aplicarse a cualquier sector para obtener resultados en el corto, mediano y largo plazo.

Palabras claves: Costo óptimo, Método de transporte, distribución de producto terminado.

ABSTRACT

The research focuses on the distribution costs of raw materials, intermediate and finished products in the auto parts sector for strategic decision making. This case study looked at moving bushings for cars, trucks, and SUVs. The current situation of the company is that it does not have control and planning over expenses, which caused shipping costs to be high by not rationalizing resources in the stages where there is transportation. The methodology of the transport method was applied in the following five points: 1) determination of the variables and qualitative and quantitative information. 2) analysis of the variables by places of origin (manufacturing companies) and destinations (customers). 3) Implementation of the transport method, comparing against the types (minimum cost, northwest corner and Vogel approximation). 4) Analysis of the result by Vogel and 5) Prepare a proposal for optimal routes that take advantage of all the capital of the organization and generate profit. The origins include Mexico City, Tecámac, Coacalco, Monterrey and Tizayuca. The destinations are made up of Monterrey, Chiapas, Sonora, Morelia, Toluca and Mérida. The results obtained mention that the optimal total cost per production lot was \$69,220.50 for the transfer of 66,754 bushings from six warehouses to different locations in various parts of the Mexican Republic. The general conclusion is that the satisfaction of market supply and demand is met and can be applied to any sector to obtain results in the short, medium and long term.

Key words: Optimum cost, transportation method, distribution of finished product.

INTRODUCCIÓN

El propósito de la investigación es optimizar recursos en el traslado de bujes para autos, camiones y todoterreno, dado que el proceso de envío al cliente conlleva altos costos que en ocasiones los cubre la empresa.

La problemática identificada en la organización es que no se tenía definidas las formas de control en los gastos, así como en las rutas para distribuir el producto de los orígenes a los diferentes destinos por cubrir de la empresa. Lo anterior justifica este estudio, ya que se propone incluir en su forma de trabajo a una nueva herramienta de solución aplicable en el corto plazo y de gran impacto económico.

La importancia del estudio es que utiliza una técnica de optimización de recursos que es un método certero y de alta confiabilidad por los múltiples resultados de éxito. A continuación, se mencionan antecedentes y conceptos concernientes al tema con el propósito de tener mayor comprensión del tópico.

“La Investigación de Operaciones es una disciplina que se ocupa de la aplicación de métodos analíticos avanzados para tomar decisiones óptimas, la cual generó resultados de alto impacto desde la primera guerra mundial” (Taha, 2011, p1).

El método de transporte (MT), es un algoritmo que trata el traslado de productos desde los puntos de origen hasta los diversos destinos. El MT tiene dos objetivos y son: 1) minimizar el costo de enviar n unidades hasta m destinos o 2) maximizar las utilidades de enviar n unidades a m destino. Se aplican en tres diferentes metodologías que son: costo mínimo (CM), Esquina noroeste (EN) y Aproximación Vogel (AV) entre ellas pueda haber variaciones derivadas de forma de resolverse. (Guerrero, 2009, p.272)

La EN ofrece una rápida ejecución que busca la solución básica y que cumpla con todas las restricciones que se estipulen, su nombre se debe a que el proceso siempre comienza desde la esquina superior izquierda y ahí es donde se asigna la mayor cantidad (Q) posible para la ruta. (Martínez et al., 2014. P.156)

El CM genera una asignación en función de las rutas más económicas y su resolución se ve por matriz, por columna y por fila que presentan el costo mínimo y se hace la mayor asignación de envíos posible por ese costo. (Guerrero, 2009, p.272)

La AV es uno de los métodos más confiables y es una mejora del CM. En esta parte se generan las penalizaciones que conducen al costo menor en la fila y columna menor, conforme avanza la asignación se va reajustando la demanda y la oferta. (Miranda, 2020 p.1)

“Los bujes son elementos de una máquina donde se apoya y gira en un eje. Se representan en una pieza que sujeta un cilindro de metal o un conjunto muy elaborado de componentes que forman un punto de unión” (Pitol Reyes y Hipólito Patricio.,2018, p.7).

La hipótesis inicial del estudio es que al aplicar el MT se definirían las rutas ideales que disminuyan los costos de los orígenes y destinos. El objetivo del estudio es identificar las rutas que minimice los costos de transporte en el envío de bujes a los clientes.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en una empresa manufactura de bujes de uso automotriz. La metodología que se aplicó se distribuyó en los cinco puntos siguientes: 1) determinación cualitativas y cuantitativas de variables e información. 2) análisis de las variables por lugares de origen (empresas manufacturas) y los destinos (clientes). 3) Implementación del MT, comparando contra los tipos (CM, EN y AV). 4) Análisis del resultado y 5) Elaborar propuesta de rutas optimas que aprovechen los recursos de la organización y generen utilidad.

Los orígenes (ORI) comprenden a: Ciudad de México (CDMX), Tecámec (TEC), Coacalco (COA), Monterrey (MON) y Tizayuca (TIZ). Los destinos (DES) se integran por: Monterrey (MON), Chiapas (CHI), Sonora (SON), Morelia (MOR), Toluca (TOL) y Mérida (MER).

La recolección de la información de las variables cuantitativas y cualitativas para diseñar la matriz de MT fueron la oferta (OFE), demanda (DEM), costos por unidad enviada de ORI a DES (proporcionados por la empresa), los medios y modos de transporte (camión de transporte terrestre), seguros aplicables, salarios, embalaje y condiciones de seguridad tanto para empleados y productos.

“Los costos del transporte se tienen que minimizar, por lo que se opta por el algoritmo de transporte con el propósito de resolverlo eficientemente” (Guerrero, 2009 y Hadson, 1996). En este caso la tabla 1 muestra la información requerida para ejecutar la simulación con el software Qm for Windows.

Tabla 1. Costos unitarios por unidad (U) de bujes (CUB).

ORI /DES	MON	CHI	SON	MOR	TOL	MER	OFE
CUB	\$	\$	\$	\$	\$	\$	U

CDMX \$	1.32	1.01	1.47	0.82	0.96	1.33	13,458
TEC \$	1.36	1.07	1.21	0.92	0.97	1.29	7,448
COA \$	1.25	1.15	1.20	0.96	0.98	1.22	16,834
MONT \$	1.20	1.53	1.12	0.97	0.90	0.96	14,470
TIZ \$	1.38	1.47	1.20	0.93	0.94	0.91	14,544
DEM U	21,362	5280	7,754	14,106	7,040	11,212	

Fuente: Elaboración propia, 2022

RESULTADOS

La simulación aplicada con el software a los CUB arrojo las rutas óptimas para el envío de bujes por los métodos EN, CM y AV (tabla 2, 3 y 4).

Tabla 2. Rutas óptimas por método EN para el envío de bujes.

ORI/ DES	MON Q/\$	CHI Q/\$	SON Q/\$	MOR Q/\$	TOL Q/\$	MER Q/\$
CDMX				13458/ \$11035.56		
TEC		5280/ \$5649.6		648/ \$596.16	1520/ \$1474.4	
COA	16834/ \$21042.5					
MONT	4528/ \$5433.6		7754/ \$8684.48		2188/ \$1969.2	
TIZ					3332/ \$3132.08	11212/ \$10202.92

Fuente: Elaboración propia, 2022

Tabla 3. Rutas óptimas por método CM para el envío de bujes.

ORI/ DES	MON Q/\$	CHI Q/\$	SON Q/\$	MOR Q/\$	TOL Q/\$	MER Q/\$
CDMX				13458/ \$11035.56		
TEC		5280/ \$5649.6		648/ \$596.16	1520/ \$1474.4	
COA	16834/ \$21042.5					
MONT	4528/ \$5433.6		7754/ \$8684.48		2188/ \$1969.2	
TIZ					3332/ \$3132.08	11212/ \$10202.92

Fuente: Elaboración propia, 2022

Tabla 4. Rutas óptimas por el AV para el envío de bujes (CUB).

ORI/ DES	MON Q/\$	CHI Q/\$	SON Q/\$	MOR Q/\$	TOL Q/\$	MER Q/\$
CDMX				13,458/ \$11,035.56		
TEC		5,280/ \$5,649.6		648/ \$596.16	1,520/ \$1,474	
COA	16,834/ \$21,042.5					
MON	4,528/ \$5,433.6		7,754/ \$8,684.48		2,188/ \$1,969.2	
TIZ					3,333/ \$3,132.08	11,212/ \$10,202.92

Fuente: Elaboración propia, 2022

El comparativo de los métodos CM, EN y AV definió que se seleccionará los datos del último porque tiene mayor precisión. De la misma manera, se puede destacar que los

orígenes que tendrían mayor flujo de envíos es TEC, MON y TIZ y los de menor son CDMX y COA. En lo respectivo a los destinos que más recibirán producto por la demanda es MON, MOR y TOL y menor SON y MER.

Las rutas de distribución optima del producto al mínimo costos serán las que se muestra en la tabla 5 y ocuparan un presupuesto su \$ 69,220.1 para atender a todos los clientes de la empresa, para el anterior se requiere saber los costos envío optima de las rutas (ORI y DES), cantidades de bujes a enviar (QBE), CUB y costo de envío (CE),

Tabla 5. Costos de envío por unidad de ORI a DES.

ORI	DES	CBE (U)	CUB (\$)	CE (\$/BUJES)
CDMX	MOR	13,458	0.82	11,035.56
TEC	CHI	5,280	1.07	5,649.60
TEC	MOR	648	0.92	596.16
TEC	TOL	1,520	0.97	1,474.40
COA	MON	16,834	1.25	21,042.50
MON	MON	4,528	1.20	5,443.60
MON	SON	7,754	1.12	8,684.48
MON	TOL	2,188	0.90	1,969.20
TIZ	TOL	3,332	0.94	3,132.08
TIZ	MER	11,212	0.91	10,202.92
Costo total de enviar Lote de bujes				69,220.50

Fuente: Elaboración propia 2022.

La tabla 5 muestra que los costos mínimos y óptimos en cuanto a la racionalización de recurso en el traslado de productos y se detallan en los siguientes diez puntos: 1). La CDMX enviará 13,458 bujes a MOR a un CE de \$ 11,035.56. 2) TEC enviará 5,280 bujes a CHI a un CE de \$ 5,649.6. 3) TEC enviará 648 bujes a MOR a un CE de \$ 596.16. 4) TEC enviará 1,520 bujes a TOL a un CE de \$ 1,474.40. 5) COA enviará 16,834 a MON a un CE de \$ 21,042.50. 6) MON enviará 4,528 bujes a MON a un CE de 5,443.60. 7) MON enviará 7754 bujes a SON a un CE de \$ 8,684.48. 8) MON enviará 2,188 bujes a TOL a

un CE de 1,969.20. 9) TIZ enviará 3,332 bujes a TOL a un CE de \$ 3,132.08. 10) TIZ enviará 11,212 bujes a MER a un CE de \$ 10,202.92.

En términos generales el costo total óptimo fue de \$ 69,220.50 por el traslado de 66,754 bujes de seis almacenes o clientes diferente ubicados en diferentes partes de la República Mexicana. El MT valida que se satisface en cuanto oferta y demanda.

DISCUSIÓN

En esta investigación se presenta el uso del MT para disminuir los costos de enviar bujes a diferentes zonas de la República Mexicana usando como medio y modo el camión de transporte terrestre. A continuación, se muestran algunos otros estudios aplicados a otros sectores que coincidieron con resultados similares y que aplicaron la misma metodología para soluciones en corto plazo.

Flores, Flores y Romero (2019) señalan que el transporte es uno de los principales renglones del comercio mundial, sin embargo, existen muchas reservas para mejorar su eficiencia desde el punto de vista económico, puesto que no se aplican métodos y herramientas objetivas que puedan tributar a su optimización. El trabajo tiene como objetivo el proponer un procedimiento para disminuir los costos de transportación y optimizar las rutas de manera que el tiempo y el consumo de combustible reduzcan considerablemente sus valores. Se analizan los MT más utilizados en el contexto mundial, y se decide la utilización de una variante del método del CM para disminuir los costos de trasportación de una empresa comercializadora de materias primas escogida para el estudio. Se toma como ejemplo una empresa que se dedica a la transportación de mercancías en la ciudad de Quito. Se ajusta la matriz del método tradicional con una variante modificada que identifica los valores más altos de mercancía a transportar con el menor costo promedio. (pp 49-50)

Zapata, Vélez y Arango (2020) mencionan que el transporte es una actividad clave para el desempeño competitivo de las empresas, es responsable de alrededor del 50% de los costos logísticos de las mismas. En su estudio utilizaron un método de optimización basado en el problema de ruteo de vehículos con flota de capacidad heterogénea. El resultado es la reducción en un 53% los costos de distribución, siendo una aplicación

original en el sector transportador colombiano y fácilmente replicable a otras empresas de la región. Igualmente, a partir de esta aplicación se obtienen otros hallazgos que permiten reducir el número de vehículos, permitiendo disminuir los impactos negativos del transporte en la sociedad y el ambiente. La principal limitación es la complejidad implícita del modelo, que dificulta incluir otras variables para su aplicación en otras empresas y sectores. (p. 2)

Girón, López y Sornoza (2021) indican que hay una variedad de métodos para encontrar una solución óptima al problema del transporte, por lo que mencionan los métodos EN; AV y CM que dan como resultados la solución y así lo alude en su análisis.

CONCLUSIONES

El MT permitió definir una cantidad exacta de costo total minimizado de \$ 69,220.50 cada vez que se vaya a cumplir la demanda del mercado.

Se cumplió la hipótesis inicial dado que el MT permite resolver una cadena de problemas en una organización.

Los hallazgos de esta investigación son permitió analizar todas las variables para generar utilidad al reorganizar los procesos y stock de los inventarios.

EL MT mejoro la imagen corporativa de la empresa al cumplir en tiempo, forma, calidad y cantidad requerida de bujes para automóvil,

LITERATURA CITADA

Flores, G. A., Flores, D. A. y Romero, A. J. (2019). Contribución al mejoramiento de la eficiencia en el transporte de mercancías. *Revista UNIANDES Episteme*, 6(1), 49-61. Recuperado de <http://45.238.216.13/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/1248>

Girón, M. F., López, J. R., y Sornoza K. J. (2021). Solución al problema del transporte aplicación práctica. *Revista Ecuatoriana de Ciencias*, 5(4), 61-73. Recuperado de <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.170>

Guerrero S. H. (2009). *Programación lineal aplicada*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

- Hadson, W. K. (1996). *Manual del ingeniero industrial IV*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- Pitol Reyes, R. P. y Hipólito Patricio J.K.H. (2018). *Metodología AMEF aplicada a la Mejora de Producción de Buje RB en la Empresa Bujes Schettino*. (Experiencia Educativa) Universidad Veracruzana
- Miranda, R. 2020. *Método de Aproximación Vogel*. Academia.edu.1-6. Recuperado de https://www.academia.edu/43650742/M%C3%A9todo_VOGEL
- Taha, H. A. (2011). *Investigación de operaciones*. Ciudad de México, México: Pearson Educación.
- Zapata, J. A., Vélez, Á. R. y Arango, M. D. (2020). Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. *Revista Investigación administrativa*, 49(126), 1-17. Recuperado de <https://doi.org/10.35426/iav49n126.08>



Implementación de algoritmos de ordenamiento para comparar su complejidad algorítmica

Ángel Mario Lerma Sánchez^{1}, Felipe Anastasio González González¹, Joaquín Torres Mata¹, Yosshio Del Ángel Zapata¹*

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Mante

*amlerma@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo describir el proceso de la implementación de algoritmos de ordenamiento en el lenguaje de programación Java como un ejercicio didáctico para comparar su complejidad algorítmica y que los estudiantes tengan una mejor comprensión de los fundamentos teóricos de dicha complejidad al experimentar el impacto que tiene en algoritmos de ordenamiento seleccionados. Para el desarrollo del presente trabajo se investigaron las diversas complejidades, así como algunos algoritmos de ordenamiento, se realizó su implementación y se ejecutaron pruebas con datos de entrada de n grandes como se sugiere la teoría. Como resultado se obtuvo un programa funcional y la mejor comprensión de los temas por parte de los alumnos al comparar la complejidad algorítmica.

Palabras clave: complejidad algorítmica, algoritmos de ordenamiento, Java

ABSTRACT:

The objective of this paper is to describe the process of implementing sorting algorithms in the Java programming language as a didactic exercise to compare their algorithmic complexity and for students to have a better understanding of the theoretical foundations of such complexity by experiencing the impact it has on selected sorting algorithms. For the development of the present work, the various complexities as well as some sorting algorithms were investigated, their implementation was performed, and tests were executed with large n input data as suggested by the theory. As a result, a functional

program and better understanding of the topics by the students were obtained by comparing the algorithmic complexity.

INTRODUCCIÓN

En ciencias de la computación la complejidad algorítmica es una medida de cuánto tiempo tardaría en completarse un algoritmo dada una entrada de tamaño n . Si un algoritmo tiene que escalar, debe calcular el resultado dentro de un límite de tiempo finito y práctico incluso para valores grandes de n . Por esta razón, la complejidad se calcula asintóticamente cuando n tiende a infinito. Si bien la complejidad generalmente se expresa en términos de tiempo, a veces la complejidad también se analiza en términos de espacio, lo que se traduce en los requisitos de memoria del algoritmo (Zenil, 2020).

El análisis de la complejidad algorítmica es útil cuando se comparan algoritmos y se buscan mejoras. La complejidad algorítmica cae dentro de una rama de la informática teórica llamada teoría de la complejidad computacional. Es importante tener en cuenta que se está interesado en el orden de complejidad del algoritmo, no en el tiempo de ejecución real en milisegundos. La complejidad del algoritmo también se conoce como complejidad o tiempo de ejecución (Deshko et al., 2021)

La ordenación es otra área muy importante de los algoritmos. Las computadoras a menudo tienen que ordenar grandes cantidades de datos en función de algún atributo de los mismos, como ordenar una lista de archivos por su nombre o tamaño, o los correos electrónicos por la fecha en que se recibieron, o una lista de clientes según los nombres de las personas. La mayoría de las veces se hace para facilitar la búsqueda. Por ejemplo, se puede tener una gran cantidad de datos y cada uno de ellos puede ser el nombre de alguien y su número de teléfono. Si se desea buscar a alguien por su nombre, sería útil tener primero los datos ordenados alfabéticamente según los nombres de cada uno, pero si luego se quiere buscar un número de teléfono, sería más útil tener los datos ordenados según los números de teléfono de las personas (Alsuwaiyel, 2021).

La ordenación es un paso adicional que se lleva a cabo para aumentar la eficacia de la operación que se está realizando. Por ejemplo, la ordenación previa de una estructura de datos como un array puede acelerar una operación de búsqueda. Además, es necesario para que

algunos algoritmos funcionen, por ejemplo, la búsqueda binaria sólo funciona con datos ordenados (Karunanithi, 2014).

Se tiene una gran variedad de algoritmos de ordenación que van desde la ordenación por burbuja, la ordenación por selección, la ordenación por fusión, la ordenación rápida, la ordenación por recuento, la ordenación radix, etc. Cada uno de ellos tiene su propio conjunto de puntos débiles y fuertes, en función de los cuales pueden ser empleados por los desarrolladores (Prajapati et. al, 2017)

Una de las dificultades que se presentan cuando se tocan los temas de complejidad algorítmica es que muchas se veces se presenta el fundamento teórico muy abstracto y una gran mayoría de estudiantes comentan que no se entiende porque no se aterriza dicho tema en algo tangible. Una forma de entender la teoría es experimentar como impacta dicha complejidad en algunos algoritmos en este caso de ordenamiento.

METODOLOGIA

Como primer paso se procede a seleccionar y estudiar de manera teórica los fundamentos de los algoritmos de ordenamiento más populares, así como su complejidad. Para posteriormente implementar los siguientes algoritmos de ordenamiento: burbuja, selección, inserción, mezcla y rápido, en el lenguaje de programación Java, lo anterior para tomar el tiempo de ejecución y con dicho tiempo graficarlo, todo ello para comparar los fundamentos teóricos con la práctica.

Como se ha mencionado para cada algoritmo se procedió a su implementación en el lenguaje de programación Java con las librerías JFreeChart que es una librería que sirve para realizar de manera simple gráficos en el lenguaje Java.

Por cada algoritmo seleccionado se procedió a internamente realizar diez vectores, en dichos arreglos se almacenaron números pseudoaleatorios generados con la instrucción *Random* propia del lenguaje de programación Java. Posterior a eso el programa desarrollado tiene la funcionalidad de poder capturar desde teclado la cantidad de números que se deseen ordenar en el vector inicial (el programa sugiere el numero 10,000) pero se puede modificar con cualquier otro número, para la experimentación realizada se colocó un valor de 100,000 y el mismo programa va incrementando en 100,000 más hasta llegar a 1,000,000 ya que como se comentó se realizaron 10 vectores entonces en el arreglo 1 quedaría de 100,000 en el arreglo

2 de 200,000 y así sucesivamente hasta el arreglo 10 que quedaría de 1,000,000 de posiciones y lleno de números aleatorios.

El siguiente paso es poner a ordenar cada uno de los métodos de ordenamiento con sus respectivos arreglos todos llenos de números pseudoaleatorios y tomar solo el tiempo en milisegundos que tarda en ordenar cada uno de los vectores.

Una vez que se han ordenado todos los arreglos con todos los métodos de ordenamiento se procede a mostrarlos en pantalla y el programa automáticamente realiza un gráfico del tiempo empleado con cada algoritmo, así como sus elementos procesados. Con lo anterior los alumnos pueden comprobar las diversas ordenes de complejidad vistos en un inicio de manera teórica, su comprobación en programas funcionales en este caso de ordenamiento.

Cabe comentar que dicha experimentación que llamaremos experimento 1 se realizó en un equipo de cómputo con las siguientes características: procesador Intel Core i5-7200U CPU 2.50 Ghz, sistema operativo Windows 10 64 bits, memoria RAM de 16 GBytes, Disco duro primario SSD de 256 GBytes y Disco duro secundario de 1 Terabyte SATA III.

Para fines de ampliar la perspectiva se puso a prueba la misma implementación de algoritmos con otro equipo de cómputo (experimento 2) de diferentes características las cuales son: procesador Intel Pentium G620 2.60 Ghz, sistema operativo Windows 10 64 bits, memoria RAM de 4 GBytes, Disco duro primario de 465 GBytes SATA

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del tiempo de ejecución (en milisegundos) por parte de cada uno de los algoritmos de ordenamiento se pueden ver en la figura 1. Donde se pueden apreciar tanto los algoritmos de ordenamiento, el número de ejecuciones realizadas, el total de valores ordenados y el tiempo de ejecución (ordenamiento) en milisegundos para cada ejecución por cada algoritmo de ordenamiento.

Dentro de los resultados obtenidos también es posible ver la gráfica en la figura 2 de los diversos algoritmos de ordenamiento, una vez que ha terminado el ordenamiento para todos los métodos. Donde se puede apreciar el orden de complejidad de manera gráfica y con ellos comprobándose los fundamentos teóricos de las diversas ordenes de complejidad.

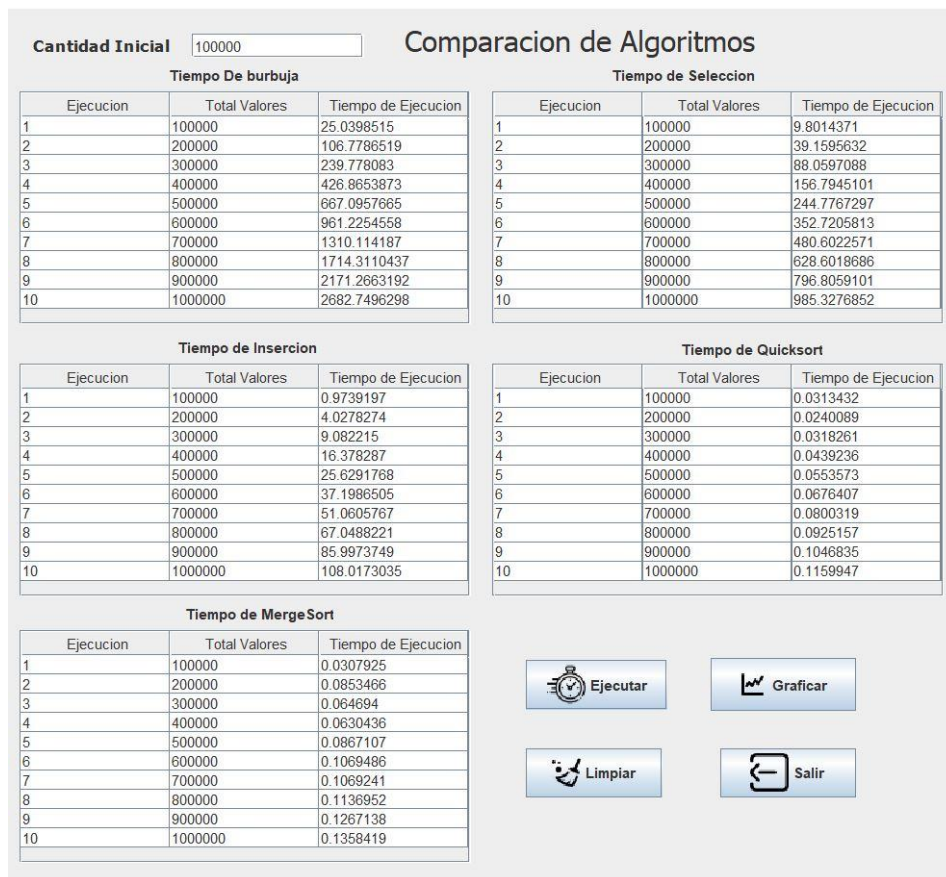


Figura 1. Algoritmos de ordenamiento con su tiempo de ejecución, experimento 1. Fuente: Ejecución en programa Java de elaboración propia.

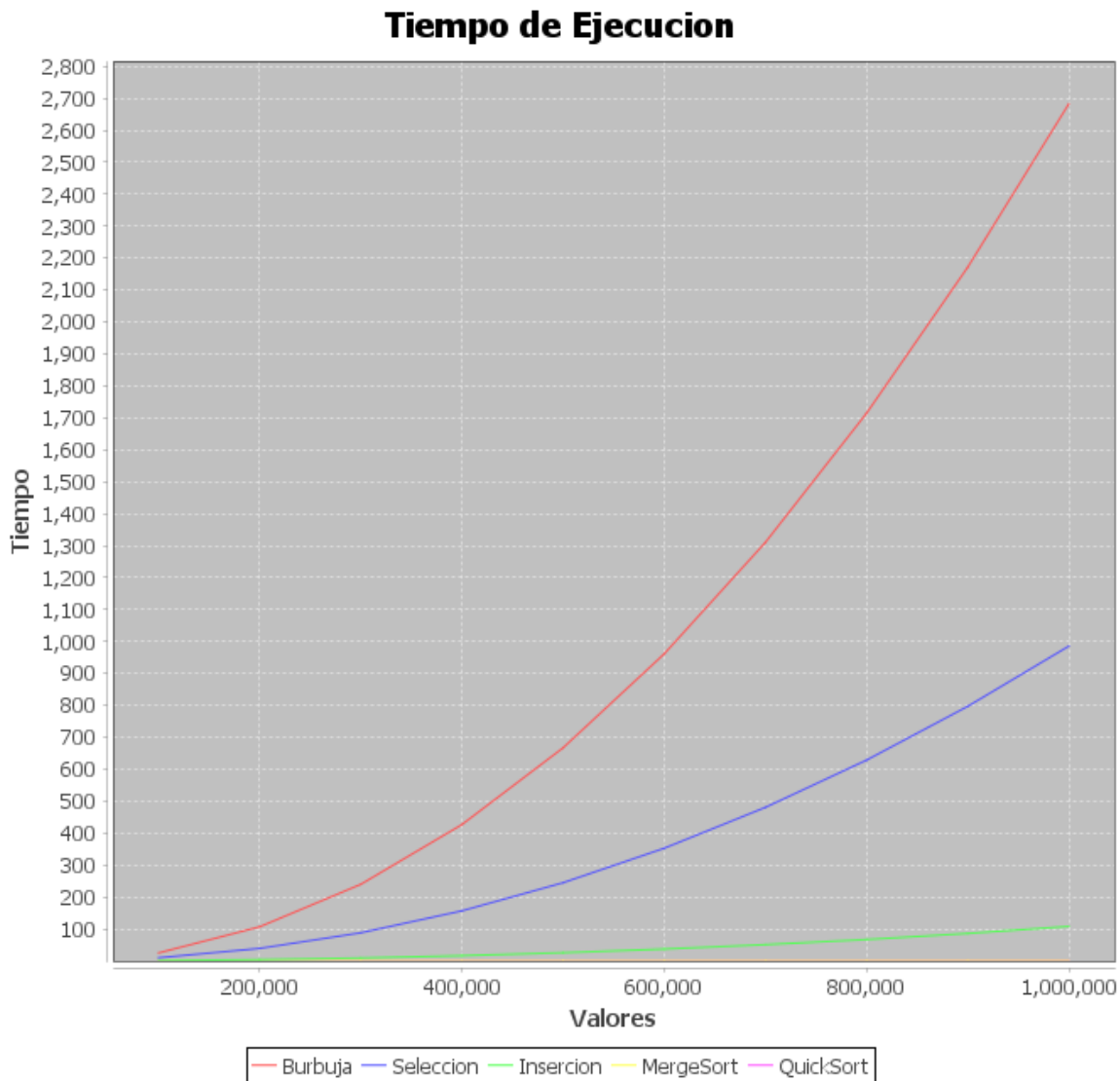


Figura 2. Grafica del tiempo de ejecución de los algoritmos de ordenamiento, experimento 1.
Fuente: Ejecución en programa Java de elaboración propia.

DISCUSIÓN

Se investigo dentro de la literatura existente (Chauhan et al.,2020) y (Roy et al., 2019) que complejidad temporal debieran tener los algunos de los algoritmos más populares de ordenación (Burbuja, Selección, inserción, Mezcla y Rápido) con la finalidad de realizar una comparación con los resultados de la implementación realizada por este trabajo, encontrándose que a nivel de grafica de tiempo de ejecución son muy similares dentro de los algoritmos mencionados.

De igual manera para tener una perspectiva más amplia se procedió a poner a prueba la misma implementación, pero en otro equipo de cómputo con diferentes prestaciones (experimento 2) para comprobar los resultados entre un equipo y otro. Los resultados a nivel tiempo de ejecución variaron un poco siendo más tiempo de ejecución (en milisegundos) en el experimento 2 que en el experimento 1 pero la complejidad temporal manifestada a nivel grafica tanto del experimento 1 y del 2 son bastante similares.

CONCLUSIONES

Con relación al objetivo planteado y en virtud de los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente: la implementación de los algoritmos de ordenamiento se ha efectuado de manera satisfactoria y será de gran utilidad para la comprensión de la complejidad algorítmica en los estudiantes. Lo anterior da pie a en un trabajo futuro poder implementar otros tipos de algoritmos de estructuras de datos populares para comprobar su complejidad.

LITERATURA CITADA

- Alsuwaiyel, M. H. (2021). Algorithms: design techniques and analysis (Vol. 15). World Scientific.
- Chauhan, Yash & Duggal, Anuj. (2020). *Different Sorting Algorithms comparison based upon the Time Complexity*. 7. 10.1729/Journal.24472.
- Deshko, I.P., Tsvetkov, V.Y. (2021). *Physical Complexity of Algorithms*. In: Silhavy, R. (eds) Software Engineering and Algorithms. CSOC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 230. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77442-4_32
- Karunanithi, A. K. (2014). A survey, discussion and comparison of sorting algorithms. *Department of Computing Science, Umea University*.
- Prajapati, P., Bhatt, N., & Bhatt, N. (2017). Performance comparison of different sorting algorithms. *vol. VI, no. Vi*, 39-41.
- Roy, Hridoy & Shafiuzzaman, Md & Samsuddoha, Md. (2019). *SRCS: A New Proposed Counting Sort Algorithm based on Square Root Method*. 1-6. 10.1109/ICCIT48885.2019.9038601.
- Zenil, H. (2020). *A Review of Methods for Estimating Algorithmic Complexity: Options, Challenges, and New Directions*. *Entropy*, 22(6), 612. doi:10.3390/e22060612.



Implementación de tecnología emergente en procesos y servicios empresariales (sistema para el control de comandas)

Miriam Edith Galicia Mendiola^{1}, Héctor Solís Alvineda¹, Mariela Ángeles Sánchez¹, Gabino Márquez Pérez¹, Cirilo Reyes Antonio Cirilo¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale

*miriam.gm@tamazunchale.tecnm.mx

RESUMEN

El proyecto de investigación propone el desarrollo e implementación de una aplicación móvil o sistema a medida del cliente, que le permita mejorar el proceso de administración de comandas del Restaurant de nombre “Mi pequeño Restaurant”, con el objetivo de proporcionar un servicio de calidad a sus comensales, para disminuir las cargas de trabajo a los meseros cuando el procedimiento se realiza de forma manual y de igual manera para minimizar los errores al actualizar los pedidos. Se realizó un sistema de comandas para atender los pedidos en un restaurante y que contribuye a la satisfacción del cliente al verse reflejada en la disminución del tiempo de atención y control de pedidos para la empresa.

El presente trabajo contiene la descripción de las etapas para el desarrollo del sistema de comandas y se hace mención de los instrumentos de recolección de datos para la evaluación de las necesidades tecnológicas de la empresa lo que permitió identificar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.

Palabras claves: sistema de comandas, aplicación móvil, sector de alimentos, Lenguaje Unificado de Modelado, restaurant.

ABSTRACT

The project of investigation proposes the develop and implementation of application mobile either system of client, that better the process of administration the comandas of Restaurant “Mi Pequeño Restaurant” with the objective of provide a services of quality to ours diners, to reduce workloads to waiters when the process is done manually and

minimize the errors to update the orders. It was done a system of comandas for up the orders of the restaurant and contribute to satisfaction of client minimize the time of attention and control of orders for the enterprise.

The present work contain the description of the stages for the develop of system of comandas and done mention of the instruments of harvest of data information for the test of needs technological of the enterprise, allowing identify the requirements functional and not functional of system.

Words keys: system of comandas, application mobile, sector of foods, unified modeling language, restaurant.

INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de comandas que permite reducir la carga de trabajo de los meseros, se busca apoyar directamente al restaurante mediante una aplicación que permita realizar la gestión relacionada con la etapa de servicio, igualmente se apoya de una manera indirecta a los clientes del establecimiento, lo que contribuye a agilizar el proceso de la toma de orden y contar con un mejor control en los pedidos solicitados, a través de la red inalámbrica.

La importancia de este proyecto se basa en los siguientes objetivos:

Diseñar un sistema para el control de comandas caso de estudio: “Mi pequeño Restaurant”, que contribuya a la administración de sus servicios mediante la implementación de tecnología.

- Diseñar una aplicación que permita al personal del restaurante llevar el control de los pedidos realizados en cada una de las mesas del establecimiento.
- Permitir al cliente consultar el menú del restaurante y ordenar sus alimentos de forma manual.
- Controlar de una mejor manera las peticiones de los clientes de acuerdo a cada orden.
- Administrar todas las órdenes solicitadas por los clientes.

Actualmente no existen antecedentes en esta institución, sobre trabajos de investigación e implementación de proyectos desarrollados por alumnos de la carrera de Ingeniería en

Sistemas Computacionales así mismo no se tiene información acerca de los restaurantes del Municipio de Tamazunchale, S.L.P. que implementen algún software o herramienta que permita el control de las comandas en los establecimientos del sector de alimentos.

Lo cual tiene una gran importancia como punto de partida para una nueva forma de trabajar en la construcción de conocimientos, sin embargo a nivel nacional e internacional ya se cuentan con algunos sistemas de comandas que permiten el control de los pedidos en algunos restaurantes.

En la aplicación diseñada para el restaurante se define que se visualizara las órdenes que se reciben y de igual forma se modificaran, si es necesario, los elementos de la misma. Se permitirá administrar los artículos y menús ofertados por el restaurante, consultar y llevar a cabo las asignaciones de mesas para los empleados del establecimiento, así como consultar estadísticas relacionadas a las ventas del día o generar reportes por diversos periodos de tiempo.

ANTECEDENTES

APLICACIONES RELEVANTES.

A continuación, se va a hacer un énfasis especial en aquellas aplicaciones que poseen alguna característica que las hace tener un valor por encima del resto de aplicaciones.

Alf@ Cloud - Comandas Aplicación pensada para la gestión de comandas de mesas, con impresión interna de obrador y cocina, modificadores (“con tomate”, “sin cebolla”, “poco hecho”), emisión de ticket o factura y pedidos del cliente desde la propia mesa. Contras. - De pago - Sin demo Consideraciones. - Los clientes pueden realizar pedidos desde su propia mesa. - Video tutoriales para mejorar la experiencia de usuario. Pruebas. Accedemos a la aplicación y se nos muestra una pantalla en la que debemos comprar el software para continuar. Garrido Vergara, C. (2017).

Comanda 2000 Aplicación pensada para tomar pedidos y enviarlos por Whatsapp y modificar la carta en precios y productos. Contras. - Sólo se pueden enviar comandas mediante Whatsapp. - Muy simple, sin gestión de mesas. Consideraciones. - Las

comandas se envían mediante whatsapp. Pruebas. Abrimos la aplicación y seleccionamos algunos platos para realizar la comanda. A continuación, pulsamos sobre "Pedir" y se nos abre la aplicación de Whatsapp para mandar las comandas. Garrido Vergara, C. (2017).

Comandera Plus Permite tomar comandas en mesas y terraza, se pueden hacer pedidos, especificar variaciones de un artículo, mandar mensajes a cocina u obrador, hacer pre-ticket, hacer cobros parciales de cuentas y gestionar salones y terrazas. Contras. - Se necesita tener instalado un módulo de respaldo específico en el TPV. Consideraciones. - Permite hacer cobros parciales. Pruebas. Abrimos la aplicación y se nos pide la dirección de puerto asociada al módulo TPV, por lo que no podemos seguir probando la aplicación. Garrido Vergara, C. (2017).

METODOLOGÍA

Este proyecto se propuso con base al Cuerpo Académico: Aplicación de las herramientas TIC's en el sector empresarial en el cual participamos los docentes investigadores autores de este artículo.

Para el desarrollo del prototipo del proyecto se determinaron las etapas de análisis, diseño, desarrollo, validación y presentación, por lo cual el método de investigación que se uso es el método de cascada que describe que el resultado de cada etapa son documentos firmados y aprobados por las partes involucradas. (Gutierrez, 2011).

ETAPA ANÁLISIS:

Derivado de la Pandemia que se está viviendo en nuestros días, a este sector económico se le considera como una actividad esencial y sustantiva según el semáforo COVID 2019 de San Luis Potosí, los cuales no han podido trabajar al 100% como se venía realizando de manera normal, por lo que se requiere de agilizar sus procesos en la toma de pedidos para mejorar la satisfacción del cliente, en cuanto a la mejora de sus tiempos para ser atendidos sin embargo, el proceso se realiza de forma manual llevado a cabo de la siguiente manera:

Paso 1: El mesero va a la mesa.

Paso 2: El mesero proporciona la carta.

Paso 3: El mesero toma el pedido.

Paso 4: El mesero proporciona una copia a cocina y el original lo conserva hasta finalizar la atención.

Paso 5: El cliente solicita su cuenta.

Paso 6: El mesero entrega ticket con la cuenta.

Paso 7: El cliente realiza el pago.

Paso 6: El mesero entrega el cambio al cliente.

Con la finalidad de automatizar el proceso se propone la realización de una APP para el eficaz y eficiente control de sus comandas, mejorando la competitividad de la empresa, reduciendo cargas de trabajo y ayudando al medio ambiente evitando el uso del papel; convirtiéndose así en una empresa amigable con el medio ambiente.

ETAPA DE DISEÑO:

Esta etapa se realiza con base a los requerimientos el cual consiste en recopilar los requerimientos funcionales y no funcionales de la implementación de una tecnología de software en el proceso de atención de comandas para el Restaurante “Mi Pequeño Restaurant” se realiza un bosquejo del diseño de la aplicación la cual se presenta al propietario del negocio para su revisión, modificación y/o actualización según las necesidades.

ETAPA DESARROLLO:

El desarrollo de la aplicación se realiza mediante el software Android Studio versión 4.2.1 la cual permite llevara a cabo el desarrollo de la aplicación de acuerdo al diseño establecido en la etapa anterior donde describe los requerimientos que se deben considerar para su realización, así mismo en esta etapa se determinan los módulos con los que contara la aplicación los cuales permiten establecer las funciones de la aplicación:

- Agregar alimentos, agregar ordenes, modificar o eliminar ordenes, registro de mesas, agregar empleados, imprimir ordenes, pago de orden, historial de órdenes, ventas por rangos de tiempos, reportes por ventas.

ETAPA VALIDACIÓN:

La validación es un proceso de determinación de que el sistema actual cumplirá el propósito para el que se destinó. De acuerdo con lo descrito, se asegura que el software refleja correctamente lo que el usuario necesita.

Una vez que se tiene el primer bosquejo del diseño de la aplicación se presenta al propietario de la empresa para que valide las necesidades solicitadas contempladas en los requerimientos, en esta etapa la validación se realiza por parte del cliente en donde determina que tan factible y funcional es la aplicación de acuerdo a sus necesidades.

En esta etapa el equipo de desarrollo de la aplicación realiza la validación de los módulos que permitirán alimentar la aplicación por lo que es una etapa sumamente importante y que requiere una validación a detalle de cada una de las funciones que tiene la aplicación, así como una revisión exhaustiva de los posibles errores que pueda tener la aplicación con la finalidad de solventar todos los errores que se encuentren y se puedan corregir.

ETAPA PRESENTACIÓN:

Esta última etapa permite presentar la aplicación ya terminada, en base a todos los requerimientos funcionales y no funcionales consensados con el propietario de la empresa al cual se le expone la aplicación final y se demuestra la funcionalidad de la aplicación esto con la finalidad de verificar el grado de utilidad de la aplicación.

En esta etapa también se lleva a cabo la documentación de la aplicación en donde se describe el uso de la aplicación, así mismo se debe incluir en esta etapa la capacitación a los usuarios finales los cuales son aquellos que intervienen en el manejo de la aplicación.

RESULTADOS

El sistema de comandas permitirá que el mesero pueda llevar un orden de los pedidos que realiza durante su jornada laboral, ya que tendrá de forma ordenada el menú en una aplicación que podrá usar en un Celular, Tableta o Phablet, permitiendo que el dueño del Restaurant pueda agregar a los meseros, agregar sus platillos y realizar las ordenes de comida que los clientes pidan al llegar, así como llevar un control por la mesa y la cantidad de clientes que pueda tener en ella, también la cantidad de alimentos que puedan solicitar

y la suma del total de los alimentos que consumieron, dando una cuenta exacta y rápida permitiendo que el mesero pueda dar una respuesta clara y rápida al cliente.

Teniendo como inicio en la aplicación se presenta el nombre del restaurant y el nombre de "COMANDAS", después se agrega los datos de la persona que utilizaría la aplicación como su nombre de usuario y clave, teniendo en claro que la primera vez que se utilice puede ser el administrador que pueda entrar en este caso sería el dueño del Restaurant.

Ventana de Acceso

Como siguiente pasó, una vez que inicie el dueño la aplicación podrá tener 3 opciones dentro de ella como es Agregar Empleados, Agregar Comidas y Agregar Pedidos, para esto iniciaremos con la opción de Agregar Empleados eligiendo su respectivo botón.

Ventana de Menú General

Dentro de esta opción de agregar Empleados el dueño puede ingresar los datos como su Nombre, Apellido Paterno, Apellido Materno y una clave con la cual el empleado podrá acceder a su cuenta y manipulación de la aplicación, además también podrá seleccionar los botones de anterior y siguiente para identificar a los empleados que tenga y poder hacer cambios de sus datos en caso de ser necesario o eliminación de estos.

Ventana de Agregar Empleados

En el apartado de agregar comidas el dueño puede agregar los platillos que maneja, llenando los campos de nombre del platillo, así como una breve descripción de ellos y el precio al público, de igual manera podrá guardar los datos o cancelar, además también tiene la opción de poder utilizar los botones de anterior y siguiente para buscar platillos con el fin de actualizar datos o borrarlos.

Ventana de Agregar Comidas

Por último, el dueño o empleados podrán agregar los pedidos de alimentos que los clientes soliciten teniendo un menú deslizable para visualizar los platillos y así agregar los que el cliente solicite, teniendo un botón para agregar y mostrar los alimentos que se consumirán.

El sistema de comandas podrá tener actualizaciones futuras que el cliente necesite ya que podrían presentarse nuevas situaciones que el cliente no mencione o haya considerado en las primeras entrevistas para el desarrollo de la aplicación, permitiendo su mejora y crecimiento de esta.



Figura 1.- Aplicación Comandas.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que en el municipio de Tamazunchale S.L.P. aún no hay restaurantes que utilicen esta tecnología por lo que en la zona no se puede comparar con nadie, pero a nivel nacional existen varios software que pudieran permitir su administración sin embargo lo que se pretende desarrollar es software a la medida cumpliendo las necesidades de la empresa.

En esta investigación se presenta el diseño y desarrollo de una App basada en el sistema operativo Android que puede ser instalada en Smartphone o Tablets para la administración de comandas de Restaurantes con comunicación. Por el momento la aplicación funciona a través de una red inalámbrica local.

Para esto la aplicación deberá permitir se pueda elegir al platillo, bebida, paquete o combo, así como también poder agregar o quitar ingredientes a un platillo si el platillo es personalizado, mostrará cada orden enviada en el área de cocina utilizando una pantalla o una impresora de tickets. Los tickets para cobro de las órdenes enviadas serán en forma separada o por mesa.

Cuando se realiza el proceso automatizado a través de un dispositivo móvil se transforma todo el proceso, lo cual permite disminuir el tiempo de atención. A su vez, facilita la actualización de los productos que están disponibles en inventario. Un punto a

favor de la App es que se pueden realizar correcciones o actualizaciones de forma inmediata.

La falta de digitalización en el proceso de toma de comandas en los restaurantes de la región retrasa y dificulta la labor de estas empresas.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar e implementar una aplicación multiplataforma para facilitar y agilizar la toma de comandas en el sector restaurantero, para tener un control de las mesas, así como del estado e importe sus comandas. Registrar las comandas diarias, los trasposos entre mesas permiten obtener reportes que ayuden a incrementar las ventas del establecimiento.

Muchas de las aplicaciones tienen funciones o desventajas similares por lo que se agruparán y solo se detallarán las que se han considerado más interesantes, más completas o en las que se pueda destacar alguna de sus funcionalidades.

CONCLUSIONES

El Sistema de Comandas es una excelente herramienta tecnología que permite que las empresas del sector de alimentos se mantengan competitivas y actualizadas en el servicio que brindan contribuyendo a una mejor administración y control de sus órdenes por lo que implementar este tipo de herramienta en la zona ayudaría a que los consumidores se sintieran confiados en las peticiones solicitadas y la atención sería más eficiente y segura, los meseros tendrían un mejor control de las ordenes solicitadas y la empresa tendría una mejor administración de sus ventas y pedidos, así como de su personal.

El desarrollo de este proyecto permite solucionar la problemática sobre el control y administración de las comandas en la empresa.

LITERATURA CITADA

Abdo, F., Cerquette, F., Díaz, A., García, M., Milcoff, N., Paschetta, A., ... & Dania, C. Sistema de Gestión para Restaurantes.

Castro Escobar, Ó. (2018). Desarrollo de un sistema de información para un restaurante.

Castañeda Basto, Y. A., & Arias Barberi, L. (2018). Análisis de la propuesta de implementación del sistema de comanda electrónica en el área de alimentos y bebidas del hotel club el puente ghl relax (Doctoral dissertation).

García Jover, J. (2019). Sistema móvil de toma de comandas con respaldo en la nube (Doctoral dissertation).

Garrido Vergara, C. (2017). Aplicación para la gestión de comandas de locales para clientes y empleados.

González Gallo, A. M., Danieli Bujan, D., González Barreto, E., & Ricca Delgado, G. M. (2017). COMANDA.

Gutierrez, D. (2011). Métodos de desarrollo de software. Caracas: Universidad de los Andes.

Muriana-Cobo, S. (2015). Prototipo Software de sistema de gestion de comandas online. Servián, D. J. G., & Gamarra, J. H. C. (2014). Estudio e implementación de un sistema de comandas orientado a un restaurante utilizando PDA. FPUNE Scientific.



Exploración sobre un algoritmo de compresión con pérdida aplicado a conjuntos de coordenadas geográficas para reducción del peso computacional en mapeo de rutas

Miguel Ángel García Chávarro^{1}, Santiago Yustre Bautista¹, Apolonio Hernández Montoya¹*

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas

*agcmiguel15@gmail.com

RESUMEN

Los métodos para la reducción de datos conservando la esencia de la información son uno de los objetivos de los algoritmos de compresión con pérdida, donde a un archivo original se le extraerá los datos claves que permitan representar de manera eficiente las partes más importantes, sacrificando entonces un porcentaje de la calidad; en este trabajo se tomó la teoría usada generalmente en imágenes, videos y audios, para aplicarla en la reducción del peso en archivos que contienen coordenadas geográficas usando las herramientas de la documentación de Google Maps plataforma, de manera que se pueda comprobar que en lugar de almacenar latitud y longitud, se pueda representar de una manera más simple y reducir el coste computacional si se usa en otros algoritmos.

Palabras claves: Algoritmos, Coordenadas geográficas, Coste computacional, Compresión con pérdida.

ABSTRACT

Data reduction methods preserve the information essence are one of the objectives of lossy compression algorithms, where the key data will be extracted from an original file that allows to represent in a more efficient way the most important parts, then sacrificing a percentage of the quality; in this work, theory generally used in images, videos and audios was taken to apply it the weight reduction in the data that contains geographic coordinates using Google Maps platform documentation tools, so that it can be verified that instead of storing latitude and longitude, it can be represented in a simpler way and reduce the computational cost if it is used in other algorithms.

Keywords: Data reduction methods, geographic coordinates, lossy compression algorithms, computational cost.

INTRODUCCIÓN

Para el 2022 a 16 años del lanzamiento de Google maps que con 25,463,180 es el servicio de mapas más usado en términos de descargas en Estados Unidos, la cantidad de usos en servicios geográficos han aumentado, siendo de utilidad en servicios de Global Positioning System (GPS), mapeo satelital e incluso como guía en servicios como Booking o Airbnb mostrando a los huéspedes cómo encontrar con exactitud la ubicación del alojamiento (Sharma, 2022). Por otra parte, el sistema de coordenadas usadas en los mapas como Google maps está basada en el sistema geodésico World Geodetic System 84 (WGS 84) que permite expresar un punto en la tierra sin necesidad de otro punto referencial, usando tres valores (x, y, z) dados en unidades de grados ($^{\circ}$), siendo la tierra representada por una forma elipsoide y tomando como referencia el punto inicial sobre el meridiano de Greenwich (Stanaway, 2016).

En los tipos de archivos más utilizados para el uso de coordenadas están Keyhole Markup Language (KML), Keyhole Markup language Zipped (KMZ), basados en un lenguaje de marcas de hipertexto como HTML, que es ampliamente usado por Google maps y Google Earth o GeoJSON que está basado en JavaScript Object Notation (Json) pero con una representación más sencilla para coordenadas (Peterson, 2014); estos archivos son usados en la práctica para ser interpretados por un lenguaje y mostrarlos en mapas a través de rutas, marcas, puntos en mapas o información de un lugar asociado a esas coordenadas haciendo un llamado a las coordenadas contenidas en el archivo y listándolas como información o gráficamente sobre una API de un servicio de mapas como Google Maps, Open Street Maps o Leaflet (Kadyrovich, 2022).

Usar el algoritmo que permite simplificar los datos correspondientes a coordenadas geográficas WGS 84, tomando como base la documentación de Google maps para el uso de polilíneas codificadas (Google Maps API, 2016), de manera que no se tome por completo el valor sino, que se represente con menos datos sin perder el sentido de la información (Sayood, 2018) y por tanto, ofrecer una manera de comprimir, reducir el peso

de los archivos y expresar una manera en que los algoritmos pudieran leer rápidamente cadenas de texto que representan puntos en un mapa que constituyen una polilínea, ejemplo los puntos geográficos que conforman la ruta de un camión de transporte público reemplazando parejas de latitud y longitud por caracteres ASCII en una sola cadena de texto o String.

De esta manera, el objetivo general de la investigación, propone comparar un archivo de texto de conjuntos de coordenadas con un archivo tipo GeoJSON para reportar las observaciones obtenidas en el cotejo, para ello se necesita: 1) Explorar la naturaleza del sistema de coordenadas más usado (WGS 84), 2) Proponer y desplegar la metodología para la compresión de las coordenadas en un contexto regional, usando ubicaciones cercanas, 3) Evaluar la fidelidad de la información presentada en la documentación verificando que exista una mejora en las coordenadas codificadas con respecto a otro tipo de archivo para uso de puntos geográficos, 4) Reportar los resultados mediante una comparación que establezca las diferencias en Coste computacional o peso entre los archivos de coordenadas codificadas y archivos de parejas de coordenadas numéricas.

METODOLOGÍA

Los algoritmos de compresión con pérdida buscan reducir los datos y representar la misma información sin perder los puntos más importantes (Lee et al., 2022), en la Ilustración 1 y la Ilustración 2, se plantea el ejemplo de una fotografía que pasó por el proceso de compresión con pérdida, dónde el algoritmo suprime la información de colores como los plateados que pueden expresarse como escalas de grises, reduciendo el nivel de detalle en los pixeles de los bordes pero conservando el orden de la imagen, colores destacados y la posición de la fuente de brillo.

La Ilustración 1 es la fotografía comprimida con pérdida de información con un peso total de 369.01 Kb, mientras la Ilustración 2 es la imagen original con un peso de 3.68 Mb, es decir que para el ejemplo hubo una reducción del 84% del peso del archivo, sin embargo, no se ven grandes diferencias al momento de observarlas.



Ilustración 1 "Fotografía comprimida"; Año: Septiembre,2022; Fuente: Propia.



Ilustración 2 "Fotografía Original"; Año: Septiembre,2022; Fuente: Propia.

Explorar Naturaleza de las coordenadas. Para el caso de estudio se usarán coordenadas geográficas basadas en los patrones de Latitud y Longitud en un sistema de referencia de coordenadas angulares esféricas, donde la latitud es la distancia en ángulos entre el centro de la tierra o línea ecuatorial y un punto determinado en la tierra (Chang, 2016); por otra parte, la Longitud es la distancia angular entre un punto determinado en la tierra y un punto 0, para el caso de WSG 84 es el meridiano de Greenwich.

Proponer la metodología para la compresión de coordenadas. Para el desarrollo de la metodología es necesario establecer el tipo de coordenadas que se usarán y entender su naturaleza, es decir que, si se tienen los valores de latitud y longitud, son estos numéricos los que se deberán transformar en texto según la documentación de Google Maps plataforma (Google Maps API, 2016), por otra parte, se hará una prueba de factibilidad con un punto fijo (ubicación Instituto Tecnológico Superior de Pánuco) para garantizar que la transformación de numéricos a String se está dando de manera correcta.

El proceso de conversión tratará de tomar un valor de punto fijo decimal a binario y convertirlo al American Standard Code for Information Interchange (ASCII) es decir en forma de carácter y posteriormente concatenar una serie de puntos fijos formando rutas o trazos llamados polilíneas de puntos geográficos, que son ampliamente usados en técnicas de mapeos o direccionamiento.

El procedimiento para transformar los puntos geográficos consiste en:

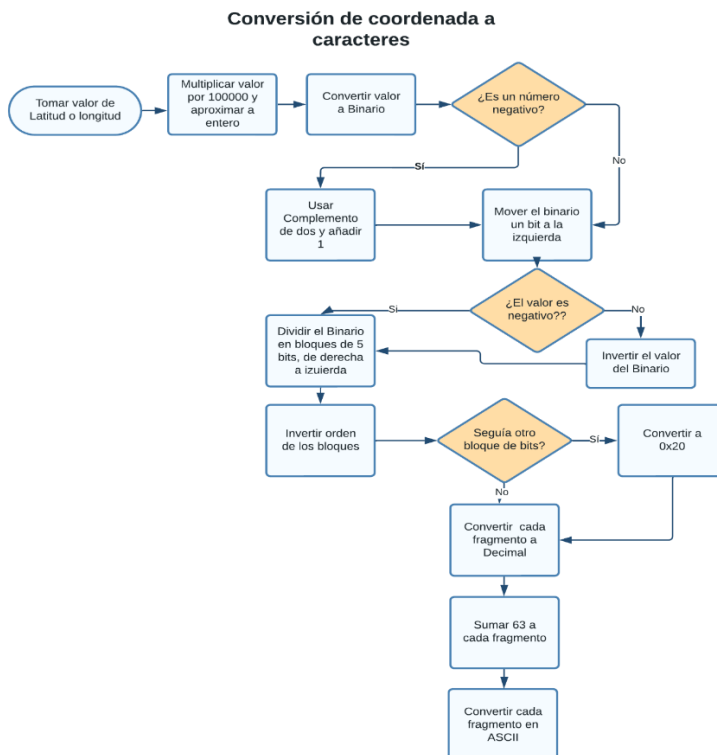


Ilustración 3 "Diagrama de flujo para conversión de coordenadas"; Año: Septiembre,2022; Fuente: propia.

Evaluar la fidelidad de la información comprimida como un factor de mejor en términos de coste en cómputo. Se imputarán los valores ASCII que representarán un punto Latitud, Longitud o una cadena compuesta por varios puntos mediante la función de JavaScript PathDecode en la API de Google maps, de manera que el patrón decodificado pueda ser usado en aplicaciones de geolocalización de la misma manera que se usaría una coordenada dada.

Reportar los resultados mediante una comparación experimental. Constituye la comparación del peso de los archivos y la cuantificación de mejora de desempeño en términos de porcentaje para proponer algunos usos del sistema de archivos ASCII como alternativa de los formatos más utilizados como GeoJSON.

Prueba de hipótesis. Para dar solución a la hipótesis de mejora en la metodología propuesta, se estudiará un nuevo caso para tener un diseño de tres modelos: uno con pocos puntos (9), otro con cantidad media de puntos (16) y el tercer caso será el de cantidad más grande de puntos sobre un mismo mapa (36).

Finalmente se mostrará en porcentajes de mejora y en una tabla los resultados obtenidos, de los cuales quedará demostrada la eficiencia del método propuesto en comparación de otras maneras de contener las coordenadas, como los archivos GeoJson.

RESULTADOS

Dado el sistema de coordenadas, se tiene que para el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco las coordenadas son 22.03941 y -98.19103, para esto, cualquier servicio de mapas que utilice el mismo sistema de coordenadas podrá entregar esta información, en este caso la ilustración 4 mediante la herramienta de Google Maps

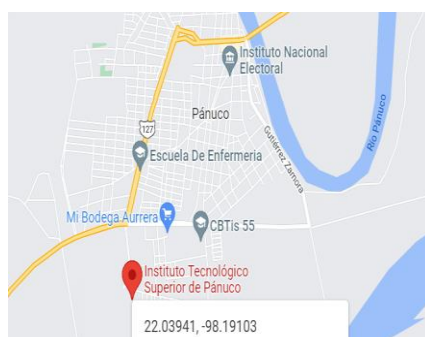


Ilustración 4 "Mapa y coordenadas Instituto Tecnológico Superior de Pánuco"; Año: Septiembre,2022; Fuente: Google Maps.

La ilustración 5 muestra el desarrollo de una polilínea decodificada en un mapa alrededor del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, los puntos azules proporcionan una latitud y longitud que se codificó mediante el algoritmo de compresión con pérdida y posteriormente se decodificó para representar la ruta compuesta por la unión de los siete puntos.

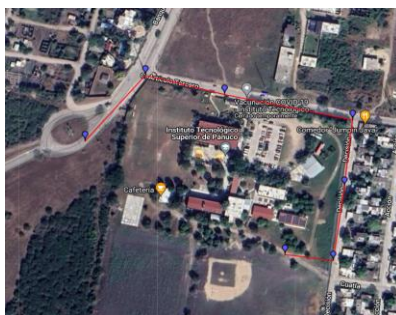


Ilustración 5 "Ruta de polilínea compuesta por puntos geográficos"; Año: Septiembre,2022; Fuente: Propia a través de Google maps.

En la Tabla 1 se muestran en números los 7 puntos mostrados en la ilustración 5, siendo el punto 1 el que se muestra más a la izquierda del mapa, los valores de las coordenadas no son tan diferentes entre ellos porque los puntos están cerca en relación con otras coordenadas en el mundo.

Tabla 1 "Coordenadas asociadas a cada punto de la ruta"; Año: Septiembre,2022; Fuente: Propia a través de Google maps.

Punto	Latitud	Longitud
1	22.03975	-98.19240
2	22.04040	-98.19180
3	22.04021	-98.19101
4	22.03996	-98.18974
5	22.03931	-98.18982
6	22.03858	-98.18993
7	22.03864	-98.19041

Siguiendo el algoritmo, el punto 1 con latitud 22.03975 y longitud -98.19240 se convierten en: Latitud 22.03975 = msoeC?

Longitud -98.19240 = ?neivQ

Y la coordenada completa se expresa como Latitud + Longitud eliminando el carácter genérico "?", Coordenada = msoeCneivQ y continúa punto por punto hasta obtener una sola cadena de texto como se muestra a en la Tabla 2, los trayectos son los trazos de la polilínea que se va formando, los puntos son los marcadores de coordenadas que están dentro de la polilínea y la codificación es la suma de coordenadas formando la ruta, pero dadas como cadena de texto:

Tabla 2 "Coordenadas asociadas a cada punto de la ruta"; Año: Septiembre,2022; Fuente: Propia.

Trayecto	Puntos	Codificación
1	1	msoeCneivQ
2	1-2	msoeCneivQaCwB
3	1-2-3	msoeCneivQaCwBd@}C
4	1-2-3-4	msoeCneivQaCwBd@}Cp@}F
5	1-2-3-4-5	msoeCneivQaCwBd@}Cp@}F`CN
6	1-2-3-4-5-6	msoeCneivQaCwBd@}Cp@}F`CNpCT
7	1-2-3-4-5-6-7	msoeCneivQaCwBd@}Cp@}F`CNpCTK-A

En la ilustración 6 se tiene el caso de la Laguna de Pueblo Viejo en Veracruz y se tomaron 36 puntos en coordenadas del contorno de la laguna, luego la unión de todos los puntos constituye una ruta que se asemeja al contorno de la laguna.

En lugar de comparar los puntos y caracteres como en el ejemplo anterior, se dará un ejemplo de un archivo para coordenadas geográficas que se usa convencionalmente y una cadena de texto que represente la ruta de contorno de la laguna

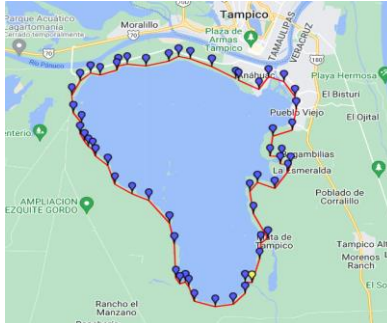


Ilustración 6 "Ruta de polilínea Laguna Pueblo viejo"; Año: Septiembre,2022; Fuente: Propia a través de Google maps.

El archivo GeoJSON que describe la ruta de la Ilustración 6, tiene una estructura como la que se muestra en la ilustración 7, los valores de latitud y longitud mostrados son de 3 puntos en la ruta, sin embargo, el archivo original se extiende con las otras 33 coordenadas.

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {},
      "geometry": {
        "type": "LineString",
        "coordinates": [
          [
            -97.86518096923828,
            22.199007896720307
          ],
          [
            -97.87702560424805,
            22.205365246479296
          ],
          :
          :
          [
            -97.88801193237305,
            22.209497369425055
          ],
          :
          :
        ]
      }
    }
  ]
}
```

Ilustración 7 "Fragmento archivo GeoJSON"; Año: Septiembre,2022; Fuente: Propia.

Mientras la decodificación mediante el algoritmo de compresión con pérdida resume toda esta ruta de coordenadas en la cadena de caracteres ASCII a continuación:

```
yvnfCjhitQwf@`iAyXrcA}Fja@zN`^|MzfA_Ezw@~C|ZzMhD|Nnr@_E~[xYb^tm@xYry@i
Cx^uWvc@dAzU{KzQyJ|G{KxVqGx^se@r{@mSx]st@zUor@njAm`ApeAaOj|BgBzS}L_
EcO|NwJtn@eP|Og}@}F{w@yb@mc@yc@?~@oTolAqVuu@kD}MmTooA`l@oiAvJy]q
VzRut@ut@uf@yXsH_Ab^{TgB_Anc@qaAsG{Ra{@oeAyJwg@fBuo@ha@{Odn@vh@
~[yf}@
```

el archivo que GeoJSON tiene un peso en disco de 5340 bytes mientras el archivo texto que contiene la cadena de texto tiene un peso en disco de 271 bytes.

De igual manera, repitiendo la comparación, el archivo de GeoJSON de los puntos cercanos al Instituto Tecnológico Superior de Pánuco tiene un peso de 728 bytes mientras el archivo texto tiene un peso de 31 bytes.

El diseño de pruebas presenta 3 casos de toma de coordenadas, todos los casos son en la Laguna de Pueblo Viejo, pero con cantidades diferentes de puntos.

Las Ilustraciones 8,9,19 son el mapa de la Laguna de Pueblo Viejo, con trazos de líneas con 9, 16, 36 puntos de coordenadas cada una, que se toman como muestras para el diseño experimental de pesos en relación con el formato en que se presentan.

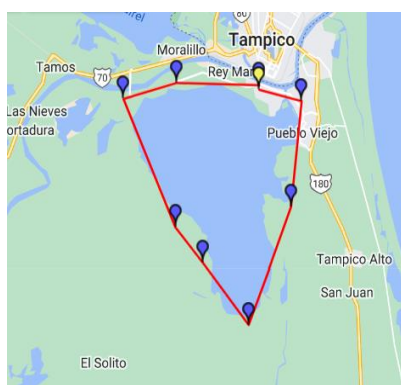


Ilustración 8 "Polilínea con 9 puntos"; Año: Octubre,2022; Fuente: Propia a través de Google Maps.

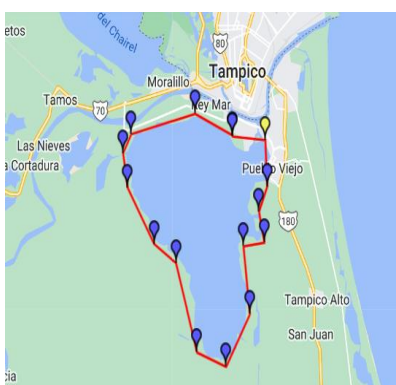


Ilustración 9 "polilínea con 16 puntos"; Año: Octubre,2022; Fuente: Propia a través de Google Maps.

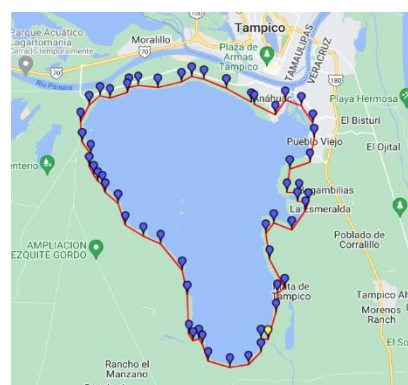


Ilustración 10 "polilínea con 36 puntos"; Año: Octubre,2022; Fuente: Propia a través de Google Maps.

La Tabla 3, muestra los resultados obtenidos en cada caso, siendo el primer caso el de los 9 puntos y el tercer caso el más extenso con 36 puntos, también se tabuló el peso del archivo GeoJson y el peso la polilínea codificada, en ambos casos están dados en bytes, finalmente la columna final muestra el porcentaje de reducción en peso entre ambos datos.

Tabla 3 "Relación hipótesis de puntos, pesos y reducción"; Año: octubre ,2022; Fuente: Propia.

Caso	Cantidad de puntos	Peso geojson	Peso codificado en txt	Reducción en peso después de codificado
1	9	785 bytes	51 bytes	93.5 %
2	16	1218 bytes	94 bytes	92.28%
3	36	5340 bytes	271 bytes	94.93%

En la Ilustración 11 hay una gráfica comparativa entre el caso 1, 2 ,3 en relación con el peso en Bytes, dónde el azul representa el GeoJson y el naranja los puntos codificados.

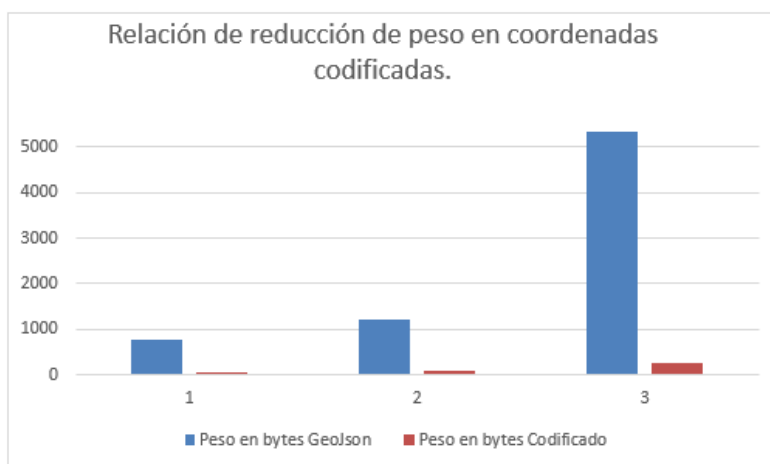


Ilustración 11 "Comparación gráfica de pesos por cada caso "; Año: Octubre,2022; Fuente: Propia

DISCUSIÓN.

Para efectos prácticos se establecieron los parámetros de investigación, mostrando que como en otros servidores de mapas, Google también hace uso de coordenadas basadas en las distancias angulares entre la línea ecuatorial y el meridiano de Greenwich, en la Ilustración 4 se muestra que un punto ubicado en las proximidades del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco se tiene coordenadas 22.03941 y -98.19103, por tanto es objeto de estudio de la presente investigación, continuando con la Ilustración 5 que muestra que la unión de varios puntos genera una ruta, que técnicamente es mostrada mediante polilíneas y por lo tanto calificable para el uso del algoritmo de compresión con pérdida mediante la codificación de decimales a ASCII propuesto por Google maps en su documentación, para ese ejemplo los puntos se mostraron en la tabla 1 en su forma natural y luego en la tabla 2 como los puntos descritos en caracteres de texto, sin embargo, aún no se establecía ninguna comparación sino, el proceso de transformación.

En la Ilustración 6 se hizo una ruta con 36 puntos alrededor de la Laguna de Pueblo Viejo , en este caso se planteó el caso de múltiples puntos de coordenadas que necesitan ser tratados a través de un archivo como GeoJSON, en la ilustración 7 se muestra únicamente un fragmento del archivo que compone toda la ruta, mostrando solo 3 coordenadas para evidenciar que el almacenar múltiples coordenadas requiere de mayor

esfuerzo que almacenar un archivo de texto, sin embargo, se plantea la comparación del peso de ambos archivos, primero la ruta marcada cerca del tecnológico de Pánuco y luego un a comparación del archivo con los 36 puntos,

En el caso del mapa del Instituto Tecnológico de Pánuco, que está compuesto por 7 puntos, la comparación arroja una reducción del 95.71%, siendo 728 bytes el peso del archivo GeoJSON y 31 bytes el archivo de texto.

Mientras en el caso de la Laguna de Pueblo Viejo con los 36 puntos, la reducción fue del 94.93%, siendo 5340 bytes el archivo GeoJSON y 271 el archivo de texto.

Para comprobar la hipótesis de reducción de pesos, se diseñó una comparación usando el mismo fragmento de mapa, pero con tres polilíneas diferentes, donde cada uno de ellos tuvo más parejas de coordenadas que el anterior; en la Tabla 3 se muestran los detalles de cada uno de los casos y los pesos, finalmente un gráfico de barras en la Ilustración 11 para mostrar la notable diferencia de pesos entre el archivo GeoJson que es usado normalmente y el archivo codificado a caracteres, que podría ser usado en casos donde se desea optimizar los recursos.

Además de la reducción en peso, también se da por comprobado el funcionamiento de la utilidad de polilíneas y el algoritmo como codificador de coordenadas bajo compresión con pérdida, pues se representa la misma información con una menor cantidad de datos en extensión.

CONCLUSIONES

Como conclusión se pretende comprobar que el algoritmo de compresión por pérdidas aplicado a coordenadas geográficas funciona y es útil en casos como mapeo de rutas, localización de vehículos, rastreo, pero sobre todo una alternativa para sistemas con limitados recursos como los microcontroladores, dónde el almacenamiento representa uno de los grandes desafíos dada la capacidad de estos.

Sin embargo, también puede ser de utilidad en casos donde se trabaja con grandes cantidades de puntos y los datos se pudieran almacenar en una base de datos, en lugar de utilizar archivos externos como GeoJSON e implementar una infraestructura de

comunicación, se puedan almacenar directamente en cualquier motor de base de datos como si se tratara de una cadena de textos cualquiera pero que contiene información reducida de rutas o polilíneas en un mapa.

LITERATURA CITADA

- Chang, K. (2016). *Introduction to Geographic Information Systems* (McGraw-Hill, Ed.; 9na ed.). McGraw-Hill.
- Google Maps API. (2016). Encoded Polyline Algorithm Format | Google Maps APIs | Google Developers. <https://developers.google.com/maps/documentation/utilities/polylinealgorithm>
- Kadyrovich, K. E. (2022). HISTORY OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS AND ITS IMPORTANCE TODAY. 98–101. <http://papers.euroasiaconference.com/index.php/eac/article/view/617>
- Lee, J., Gong, Q., Choi, J., Banerjee, T., Klasky, S., Ranka, S., & Rangarajan, A. (2022). Error-Bounded Learned Scientific Data Compression with Preservation of Derived Quantities. *Applied Sciences* (Switzerland), 12(13). <https://doi.org/10.3390/app12136718>
- Peterson, M. P. (2014). Mapping GeoRSS Feeds and the Shift from KML to GeoJSON. *Cartogis*, 141–150.
- Sayood, K. (2018). Introduction to Data Compression. In *Introduction to Data Compression* (pp. 1–10). The Morgan Kaufmann Series in Multimedia Information and Systems. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809474-7.00001-x>
- Sharma, M. (2022). HERE Maintains the Location Platform Leadership, Ahead of Google, and TomTom in 2021 - Counterpoint Research. In Counterpoint. <https://www.counterpointresearch.com/maintains-location-platform-leadership-ahead-google-tomtom/>
- Stanaway, R. (2016). GDA94, ITRF, WGS84: WHAT'S THE DIFFERENCE? WORKING WITH DYNAMIC DATUMS. *Packaging News*, 2016-Sept(September), 53–54.



Medición de calidad del aire utilizando drones

Armando Hernández Machuca^{1}, Carlos Kuri Juárez Suárez¹, Samira King Delgado¹, Jesús Muñoz Blanco¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

*armando.hernandez@itspanuco.edu.mx

RESUMEN

El uso de tecnologías para la identificación y mejor atención en el campo es hoy en día un factor de competencia y eficiencia para un mayor aprovechamiento de la agricultura y el ambiente de la región de Pánuco, Veracruz México, ya que permite tener un control más detallado acerca del estado en que se encuentra el ambiente para un sembradío.

La intención del proyecto es construir un prototipo que permita obtener datos de CO₂ con la finalidad medir la calidad del aire, ya que existen estaciones de recolección y bombeo pertenecientes a PEMEX (Petróleos Mexicanos), por lo que se tiene como objetivo construir una herramienta tecnológica a través del uso de tecnologías emergentes con la finalidad de utilizarlo como una herramienta tecnológica para el análisis de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en zonas de cultivo de Pánuco, Veracruz.

Palabras claves: Drones, sensores, factores ambientales.

ABSTRACT

The use of technologies for the identification and better attention in the field, is today a factor of competition and efficiency for a better use of agriculture and the environment of the region of Panuco, Veracruz Mexico, since it allows to have a more control. detailed information about the state of the environment for a crop.

The intention of the project is to build a prototype that allows CO₂ data to be obtained in order to measure air quality, since there are collection and increase stations belonging to PEMEX (Petroleos Mexicanos), for which the objective is to build a technological tool

through the use of emerging technologies in order to use it as a technological tool for the analysis of carbon dioxide (CO₂) emissions in cultivation areas of Panuco, Veracruz.

Key words: Drones, sensors, ambiental factors.

INTRODUCCIÓN

El mundo experimenta una creciente demanda por productos agrícolas para lograr cumplir con las exigencias de mercados que hacen uso de productos comestibles y abastecer a una población en constante crecimiento. Se estima que la población mundial para el 2050 será de 9,700 millones de personas, lo cual implica la necesidad de mejorar la producción de alimentos (Vázquez, 2021).

La ciudad de Pánuco, Veracruz, situada en el extremo norte del estado, colindante con los estados de Tamaulipas y San Luis Potosí, y con una extensión territorial de 3171.2 km² de los cuales 1442 son destinados a la agricultura (Geografía, 2017). La mayor producción agrícola está basada en el cultivo de caña de azúcar, seguido por la soya y el sorgo (Pesquera, 2022).

Su clima se vuelve propicio de acuerdo a que cuenta con un clima subhúmedo con lluvias en verano con humedad del 75% y cálido subhúmedo con lluvias en invierno, de humedad media al 25% (Geografía, 2017).

El adecuado aprovechamiento de los recursos naturales para una producción sostenible y sustentable se vuelve una necesidad apremiante, con el soporte de los recursos tecnológicos actualmente disponibles. Así como el uso de tecnología permite un adecuado monitoreo e identificación de niveles de CO₂, utilizando plataformas emergentes de apoyo, como el uso de vehículos aéreos no tripulados.

En la ciudad de Pánuco, Veracruz existen estaciones de recolección y bombeo pertenecientes a PEMEX (Petróleos Mexicanos), algunas de las cuales se encuentran instaladas en zonas cercanas a cultivos de caña de azúcar. La intención del proyecto es construir un prototipo que permita recolectar datos de CO₂ para lograr medir la calidad del aire, con la finalidad de utilizarlo como una herramienta tecnológica de análisis de emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

METODOLOGÍA

Después de realizar el análisis del proyecto, se determinó el proceso de desarrollo del proyecto, el cual está integrado por cinco etapas.

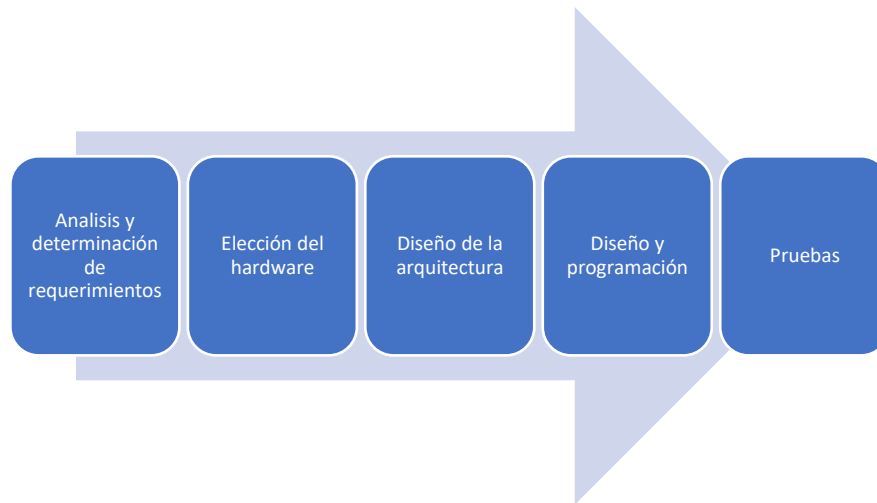


Figura 1. Proceso de Desarrollo

Análisis y determinación de requerimientos

Al realizar el análisis del sistema se determinan los siguientes requerimientos del proyecto son:

- Identificar factores de calidad en el aire, que incluya CO₂, y compuestos orgánicos volátiles (VOC) que son compuestos que contienen carbono y otros elementos químicos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre, etc. y que a temperatura ambiente son gaseosos, en un espacio determinado.
- Manipulación programada de un vehículo aéreo no tripulado (dron) que pueda desplazarse de manera autónoma, permitiendo recolectar datos de acuerdo al plan de vuelo configurado.

Elección de hardware

Para la construcción del sistema se determinó la utilización de la tarjeta NodeMCU ESP8266 con conectividad inalámbrica, el sensor MQ-135 y sensor GPS Neo-6m.

El sensor de calidad de aire MQ-135, es un sensor usado para la detección de contaminación en el medio ambiente, la señal de salida que proporciona el MQ-135 es dual analógica y digital, adecuado para la detección de NH₃, NO_x, alcohol, benceno, humo, CO₂, entre otros.

El sensor GPS Neo-6m permite establecer una comunicación serial UART para compartir información de geolocalización con la tarjeta NodeMCU, el propósito de integrar este sensor es para posterior mapeo de la áreas registradas con niveles de CO₂.

Para la recolección de datos se considera el uso del Dron DJI Mini SE, integrando la plataforma Dron Armony para la realización del plan de vuelo y realizar la medición de manera autónoma.

Diseño y arquitectura del sistema

Este tipo de arquitectura se presenta para la interfaz de medición del sensor MQ135 y adquisición de datos GPS, considerando como datos la Latitud y Longitud; lo cuales serán recibidos y almacenados en la memoria EEPROM de la tarjeta NodeMCU ESP8266, es importante considerar que el espacio de almacenamiento tiene como máximo 4MB. La memoria se almacenan los datos de latitud, longitud y ppm, por lo que se requiere un espacio 16 bytes por cada registro que se realice. Posteriormente se traslada la información a un servidor, para que la información pueda ser tratada y mostrada estadísticamente, ya sea en aplicación web o móvil, como se muestra en la figura 2.

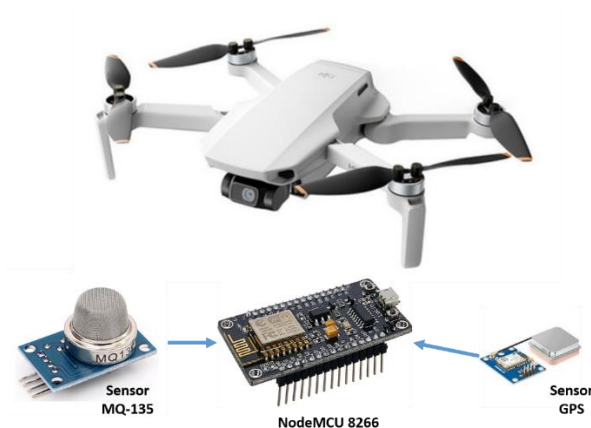


Figura 2. Arquitectura del sistema

El sensor permitirá adquirir los datos correspondientes a factores de calidad de aire; los datos adquiridos serán procesados a través de un microcontrolador, almacenados y posteriormente compartidos a través de una red de datos, que para este sistema se propone el uso de la tarjeta NodeMCU 8266, la cual tiene incorporada una tarjeta que permite una conectividad inalámbrica WLAN (Red Inalámbrica de Área Local), utilizada para el envío de la información hacia un servidor web local; después de que concluya el estudio de campo el servidor web a través de la implementación del protocolo HTTP adquirirá y almacenará la información correspondientes a los parámetros ambientales, para posteriormente procesarla y compartirla a través de una aplicación Web y móvil; las aplicaciones permiten visualizar los datos de manera gráfica, y a su vez emitirá notificaciones y recomendaciones con base a los parámetros que se registran a través de los sensores.

Diseño y Programación

Para la codificación del sistema de monitoreo y control se ha elegido el siguiente software: Arduino Programming Language (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing).

Las funcionalidades de los módulos identificación y recepción de datos son las siguientes:

- Lectura de verificación de los sensores de aire.
- Mapeo de ruta de vuelo del dron.
- Ejecución del plan de vuelo.
- Lectura y envío de datos de calidad del aire (CO2).
- Tratamiento y reporte de datos.

Pruebas

En esta etapa de realización de pruebas de funcionalidad ejecutando la activación tanto manual como autónoma para la medición de los factores integrados en el dron.

Los controles manuales se establecieron con el fin de probar los módulos de medición por separado, el primero consiste en que el módulo ordene al sensor realizar la lectura, almacenar los datos en la memoria interna y posteriormente depositarla en el servidor, a

través de la red WLAN (Red Inalámbrica de Área Local). La segunda etapa permite que el dron pueda hacer la trayectoria trazada, es decir, ir al punto indicado y retornar, la integración final, es montar la interfaz de medición en el dron para que permita el vuelo y medición autónoma.

RESULTADOS

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que forma parte de la naturaleza y no es realmente un tóxico, pero produce el desplazamiento del oxígeno y en concentraciones altas de más de 30,000 ppm, puede tener un impacto negativo a nuestra salud, por lo que es un indicador fundamental para determinar la necesidad de renovación de aire (Geoambiental, 2022).

El CO₂ es muy importante para el correcto desarrollo de un cultivo, además del agua y la luz, y es importante considerar que, para producir cultivos de manera óptima en cuanto a calidad y cantidad, la planta requiere una concentración de CO₂ de 700 a 1000 ppm. Por qué se hace importante vigilar esta variable ambiental, y más en zonas donde se encuentran ubicadas estaciones de trabajo de pozos para la extracción de crudo de petróleo (Geoambiental, 2022).

El sensor MQ-135, es un sensor que permite medir las Partes por Millon del CO₂, permitiendo medir la calidad del aire. El modo de comunicación del sensor es de manera analógica y digital, tiene un rango de detección de 10 a 1000ppm. Cabe señalar que el sensor MQ-135 permite medir varios metales como Amoníaco (NH₃), Óxido de nitrógeno (NO_x), Alcohol, Sulfuros, Benceno (C₆H₆), Monóxido de carbono (CO); por lo que parte del trabajo a futuro del proyecto es análisis y seleccionar sensores que permitan medir con mayor precisión y exactitud los niveles de CO₂.

A través del uso del IDE de Arduino se construyó un programa que permitiera obtener lecturas de ppm a través del sensor MQ-135, utilizando conexión serial y el monitor serie como se muestra en la figura 3.

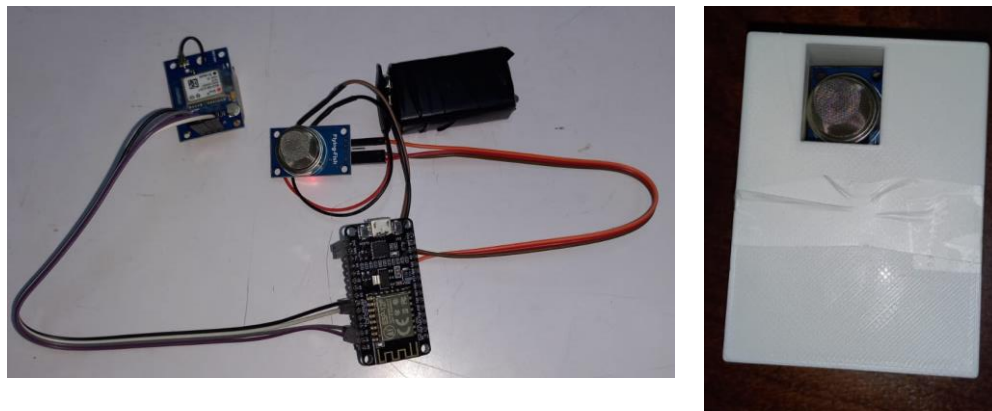


Figura 5. Sistema electrónico recolector de datos de CO2 y GPS.

Para visualizar la información recolectada se construyó una aplicación Web que permite visualizar los datos GPS y CO2, logrando proporcionar la longitud, latitud y ppm de los niveles de CO2. Permitiendo utilizar la herramienta de Google Maps para visualizar los puntos registrados a través de un mapa. La aplicación Web se muestra en la figura 6.

🏠 192.168.34.108 57

Interfaz GPS y Calidad del aire

Detalles de Localización y CO2

Latitude	22.039906
Longitude	-98.151071
Date	14/10/2022
Time	09:24:40 PM
Particulas por millon	147

[Clic aquí](#) Para checar en Google maps.

22°02'23.7"N 98°11'27.9"W
Pánuco, Ver., México

Figura 6. Aplicación Web construida

Para la recolección de datos se montó una base en Dron DJI Mini Se para anclar el gabinete, el cual se muestra en la imagen figura 7 y lograr recolectar datos a través del uso del Dron, en el cual se elevó a 5 metros, logrando tener estable el Dron. Considerar

que el movimiento de aceleración del Dron afecta la estabilización del mismo, pero no afecta las lecturas del sensor, debido a esto se pretende como trabajo futuro asegurar de manera fija el chasis del prototipo electrónico.



Figura 7. Pruebas realizadas con el Dron DJI Mini SE

DISCUSIÓN

Como resultado del desarrollo del proyecto se obtuvo una interfaz electrónica con capacidad de recolectar datos de geolocalización GPS y datos de ppm de CO₂, y compartirlos a través de tecnología inalámbrica WiFi, utilizando una aplicación Web. Actualmente para el almacenamiento de datos en la tarjeta NodeMCU se utiliza almacenamiento dinámico, considerado como trabajo futuro el brindar un formato JSON a los datos para enviarlos a un servidor Web para su almacenamiento y procesamiento.

Los chasis en conjunto con la interfaz electrónica tienen un peso de 140 gramos, por lo que es necesario reducir el peso e integrarlo de manera fija, ya que dentro de las pruebas realizadas existen tiempos de inestabilidad en el vuelo del Dron.

CONCLUSIONES

La incorporación e integración de la tecnología en los sectores importantes en el desarrollo económico de la región, desarrollado por instituciones de educación superior permite una mayor vinculación con las empresas y organismos de la región.

Promover la investigación en los alumnos y los docentes para beneficio de la sociedad, así como ser el punto de partida de proyectos que generen un impacto positivo en las condiciones ambientales de nuestra región, genera un grado de responsabilidad social.

LITERATURA CITADA

Drones, A. E. (20 de Noviembre de 2020). Parrot ANAFI: guía con características, funciones, opiniones y más. Obtenido de <https://aerocamaras.es/parrot-anafi-guia-caracteristicas-funciones-opiniones/#caracteristicas-dron-parrot-anafi>

Geoambiental, I. p. (2022). El dióxido de carbono. Obtenido de <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2/>

Geografía, I. N. (1 de Enero de 2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094980.pdf

Jern, M. (14 de enero de 2022). TDS: ¿Una manera fiable de medir la calidad del agua? Obtenido de Tapp Water: <https://tappwater.co/es/tds-medir-calidad-agua/>

Pesquera, S. d. (2022 de Junio de 2022). Producción Agrícola. Obtenido de Producción Agrícola: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

Salud, O. M. (21 de marzo de 2022). Agua para consumo humano. Obtenido de OMS: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Vázquez, M. L. (23 de septiembre de 2021). Agricultura de precisión, análisis de imágenes aplicada a la producción agrícola. Obtenido de <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/1431-agricultura-de-precision-analisis-de-imagenes-aplicada-a-la-produccion-agricola>