

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS EVALUATION OF THE HYDROCARBON TRANSPORTATION SYSTEM

Olga Judith Medina Burciaga¹, Adán Valles Chávez², Jaime Sánchez Leal³, Perla Ivette Gómez Zepeda⁴

¹Ing. en Gestión Empresarial, ²Doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial, ³ M.C.I Industrial, M.C de las Matemáticas, Doctorado en Filosofía con Especialidad en Ingeniería Industrial, ⁴Doctora en Administración
ljudith.medina@yahoo.com.mx

^{1,2,3,4}Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Departamento de Posgrado e Investigación Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Código Postal 32500, Teléfono (656) 6882533, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

²avalles@itcj.edu.mx, ³jsanchezleal@gmail.com, ⁴perla.gz@cdjuarez.tecnm.mx

Resumen— El objetivo principal de esta investigación fue realizar una programación y realizar una asignación de ruta para el transporte de hidrocarburos, para así minimizar los tiempos de entrega en cada una de las estaciones del servicio. Se realizó una revisión en el procedimiento de distribución de gasolina en Ciudad Juárez, con el propósito de maximizar la productividad de los choferes que realizan la distribución y como resultado de una asignación efectiva se equilibró la carga de trabajo.

El programa que se utilizó para la asignación óptima de rutas, Lekin, plantea un modelo que nos permite conocer las variables más importantes en un problema de optimización. Se conocerán los antecedentes de la programación actual y como se interrelacionan los elementos, así como las variables que se toman en cuenta para la toma de decisiones.

El resultado arrojado por el software antes mencionado nos demuestra que, siguiendo la regla de despacho primero en llegar primero en servir, se puede agilizar el número de viajes realizados por día, reduciendo los tiempos muertos y maximizando la capacidad de desempeño en un 39% por turno de trabajo. El programa se ejecutó con una muestra de 20 estaciones de servicio y 5 choferes, encargados de realizar la tarea de entrega de combustible en ciudad Juárez.

Palabra(s) clave— Programación, Entrega, Asignación, Optimización, Lekin.

Abstract – The main objective of this research was to carry out a programming and make a route assignment for the transportation of hydrocarbons, to minimize delivery times in each of the service stations.

A review in the fuel distribution procedure in Juárez city, with the purpose of maximizing the productivity of the drivers who deliver the fuel distribution and because of scheduling and programming, a better productivity, the workload was balanced.

The program that was extracted for optimal route estimation, Lekin, proposes a model that allows us to know the most important variables in an optimization problem. The background of the current programming let us know how the elements are interrelated, as well as the variables, that are important for make better decisions. The result of the software shows us that following the dispatch rule first to arrive first to serve, you can speed up the number of trips and delivers made per day,

reducing the downtime, and maximizing the capacity by 39% per shift.

The program was executed with a sample of 20 service stations and 5 drivers in charge of carrying out the task of fuel delivery in Juarez city.

Keywords— Programing, Delivery, Optimization, Scheduling, Lekin.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se acrecienta la necesidad de mejorar los indicadores de desempeño para la mejora de cualquier sistema de distribución y/o transporte, la toma de decisiones dentro de esta, es muy importante para la organización a fin de garantizar los objetivos de esta. Por esta razón, es necesario plantear los elementos que eficienticen la asignación de trabajos, en este caso la tarea de evaluar el sistema de distribución y transporte en una planta de almacenamiento que se dedica a la distribución de hidrocarburos en Ciudad Juárez. Este sistema cuenta con una logística para cada operador de autotanques y distribuye el producto cargado dentro de la planta en diferentes puntos de la ciudad en un tiempo determinado.

Se evaluó el programa utilizado para la asignación de rutas con el fin de modificar los aspectos críticos del proceso bajo análisis, como son: variabilidad, interdependencia entre sus elementos y dinámica en el tiempo. Sobre todo, evaluar el desempeño del sistema actual. También facilitó la experimentación de diferentes alternativas de distribución para el mejoramiento de los parámetros de operación del sistema que actualmente se utiliza.

La problemática más notoria se ha venido suscitando conforme la población de Ciudad Juárez se incrementa y el traslado del hidrocarburo se hace más complicado, derivado de diferentes factores como lo pueden ser: tráfico, distancia, disponibilidad de A/T, cantidad de estaciones de

servicio, personal de asignación de viaje, disponibilidad de producto.

Para realizar la asignación de los trabajos, se planifica toda una red que asegure que el servicio que se otorga siempre será de máximo nivel y que la empresa utilice mínimos recursos, en algunos casos se necesita conocer los costos de distribución. Estos elementos son los vehículos de transporte con dos diferentes capacidades de almacenamiento, las instalaciones fijas (tanques de almacenamiento, disponibilidad de capacidad en la estación de servicio, la terminal multimodales), así como el operador del equipo en donde se evaluará el desempeño, el tiempo y la distancia para mejora de la entrega. El diseño de estas rutas se pondera de acuerdo con la urgencia del hidrocarburo en la estación de servicio, seguido por cumplimiento de programa y pago, por último, distancia de la misma, que justifica el porqué del envío en específico.

Debido a esto se hizo necesario realizar una evaluación del sistema, así como de los criterios que se realizan al enviar al conductor de autotanques a una estación de servicio determinada para así tomar una decisión más óptima ya que el personal relacionado en la entrega manifiesta falta de criterio en la asignación porque terminan a diferentes tiempos la jornada laboral y por su parte las estaciones de servicio se quejan constantemente del trato y servicio al cliente.

DESARROLLO

Descripción del problema

El proceso de entrega del hidrocarburo por medio del operador con su autotanque asignado con destino a las estaciones de servicio ha sido el mismo procedimiento de entrega durante varios años, lo que se describe a grandes rasgos a continuación:

1. El cliente (estación de servicio) programa la cantidad y producto requerido dependiendo de la demanda diaria y la programa en un portal comercial.
2. Se visualiza el requerimiento de hidrocarburo por parte del área comercial y la orden se asigna a un programa diario en donde puede ser atendida en cualquiera de los 3 turnos que la organización maneja.
3. El área de operación asigna a cada operador un autotanque en un turno laboral de 8 horas los viajes que aparezcan en el programa para su atención.
4. El operador del autotanque carga en las

instalaciones el hidrocarburo requerido para realizar el procedimiento de transporte hacia la estación de servicio previamente asignada y realiza el proceso de descarga del hidrocarburo que se requirió. De esta manera el conductor vuelve a las instalaciones de la empresa para completar otro procedimiento de carga y descarga hacia otra estación de servicio que tenga su viaje previamente programado en el turno.

Este proceso es evaluado por los departamentos correspondientes dentro de la organización, así como avalado por una lista numerosa de procedimientos tanto operativos como de seguridad que hacen de esta operación una actividad segura y factible, dándole prioridad a la seguridad de los procedimientos, personal, ciudadanía, estaciones de servicio y medio ambiente, debido al riesgo que conlleva transportar hidrocarburos altamente inflamables y explosivos.

Por esta razón la satisfacción del cliente se ha convertido en una problemática en segundo plano, es de vital importancia reconocer que con la entrada de la Reforma Energética a México es necesario implementar una política eficiente de competitividad para el mejoramiento de la producción y los costos. Aspectos que pudieran resultar afectados debido a la falta de criterio, métodos obsoletos y análisis para la evaluar la logística de transportación.

En la actualidad, no se logra cumplir en el tiempo requerido por el cliente por la falta de la comunicación efectiva entre el área Comercial y Operacional al momento de asignar el viaje programado, ya que este procedimiento es efectuado por una persona y no un software, entrando ahí diferentes criterios al momento de la asignación del viaje como pueden ser distancias, chófer, horario entre otros criterios que a su vez pueden ser erróneos y susceptibles a falla.

Esta situación provoca que los conductores de autotanques no realicen el mismo número de viajes ni se aproximen en distancias recorridas en una jornada laboral regular. Algunas estaciones programan su viaje en un día y turno determinado, dependiendo de la demanda diaria, por lo que se trata de atender toda la programación de viajes el día que se programó para poder tener el menor número de clientes pendientes para el próximo turno.

Como ya se mencionó anteriormente, la falta de comunicación de la estación hacia la empresa

provoca que en algunas ocasiones se le de atención inmediata a su orden y al llegar el conductor con el hidrocarburo la estación no tenga cupo en su tanque de almacenamiento, como consecuencia el conductor tiene que realizar un proceso de espera en la estación y regresar con el autotanque sin realizar la descarga del combustible.

La empresa en este caso, tiene que realizar un proceso de descarga y carga, sin embargo, en esta situación la falta de comunicación fue por parte del cliente, se le realiza con cobro del flete, pero debido al tiempo empleado en el procedimiento una estación deja de ser atendida por el incidente. La falta de logística, organización y planeación en la entrega de hidrocarburo a las estaciones de servicio (gasolineras con contrato en la empresa en Cd. Juárez) han generado que haya estaciones insatisfechas, así como la falta de optimización al momento de tomar decisiones con respecto a las variables indirectas que se mencionaron anteriormente.

Como consecuencia también se han generado conflictos con el personal al que se le asigna su ruta diaria, ya que no todos realizan el mismo número de viajes diarios y esto afecta tanto a la estación que programó a tiempo su solicitud de viaje dentro del portal comercial, así como la productividad individual del conductor que realiza el reparto del hidrocarburo. Se pretende demostrar que el sistema actual de esta organización debe ser sometido a una profunda evaluación y de requerirse se llevara a cabo una modificación en sus variables de selección para la entrega del hidrocarburo a la estación en tiempo y forma correcta.

El objetivo de este trabajo es realizar una programación y asignación de ruta para el transporte de hidrocarburo que minimice los tiempos de entrega a la estación de servicio y equilibre la carga de trabajo y por consecuencia se mejore la productividad y la comunicación con el cliente. Esto permitirá aceptar o rechazar la hipótesis de que: es posible que elaborando un sistema de programación y asignación de actividades donde se le introduzcan variables ponderadas como lo son: personal más calificado para la tarea, autotanques y conductores disponibles, distancia y número de viajes programados diarios para realizar la asignación de viajes, se puedan minimizar las diferencias entre las distancias y el tiempo muerto al que recurren algunos de los choferes de la flotilla en turno, debido a que no cuentan con un programa que evalúe su productividad.

Para la resolución en la comunicación efectiva entre el cliente y el área comercial será necesario realizar un historial mensual de cada estación para evaluar el cumplimiento operativo y financiero para que al momento de tomar la decisión se cuente con un pronóstico histórico.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Logística

La logística tuvo sus inicios en el ambiente militar, y se fue desarrollando hasta que empezó a ser tomada en cuenta a partir de la segunda guerra mundial en el contexto empresarial. La logística ha recorrido el camino del manejo de materiales, los flujos, hasta llegar a la logística integral, se requiere conocer la historia, los conceptos básicos, para adentrarse en la producción, almacenaje y distribución y tener mejor claridad sobre este tema [1]. La logística cobra importancia en las organizaciones ya que es necesario comprenderla para administrar de forma adecuada el flujo de materiales [2].

Es así que, la logística “tiene como finalidad planificar y gestionar todas las operaciones relacionadas con el flujo óptimo de las materias primas, productos semielaborados y productos terminados, desde las fuentes de aprovisionamiento hasta el consumidor final” [3], si se refiere a una empresa que se dedica a la producción, los costos logísticos de una organización son el 50% o 60% de sus ventas [4], así que la reducción de estos costos es de vital importancia para que la empresa tenga utilidades.

Un modelo de los procesos logísticos adecuado mejoraría la eficiencia de esta investigación. En esta empresa, una forma de estrategia es utilizar los medios propios de transporte, ya que permite coordinar expediciones, entregas y trayectos. Los autotanques se ajustan al volumen de la carga y se aprovecha el mismo trayecto para la próxima carga y entrega [5].

La observación de un sistema permite acceder al comportamiento de un proceso. Recopilar información para luego reproducirla en forma de simulación, permite conocer al sistema en el paso del tiempo. Esto no es una técnica de optimización es más bien conocer el desempeño con las mediciones de un sistema modelado, basados en este supuesto, después de analizar el programa para evaluar el desempeño, será necesario realizar un trabajo de asignación de tareas para la minimización de los tiempos y, por lo tanto, los

costos.

Transporte y gestión

El transporte incluye varios componentes que permiten generar un sistema y los cuales son fundamentales, como son la infraestructura, el vehículo y la empresa, ninguno puede trabajar de forma completa sin el otro [6]. Uno de los procesos fundamentales de la estrategia logística de una empresa es el transporte, este merece una atención prioritaria en el diseño y la gestión del sistema que se utilice ya que es el elemento con mayor ponderación en costo [7].

El transporte es el encargado de que los productos sean trasladados a los puntos convenidos entre vendedor y comprador, cumpliendo con aspectos de seguridad, servicio y costo [8]. Si se reducen los costos del transporte, entonces es una actividad que añade valor, de lo contrario si no se controlan bien los procesos que se utilizarán para la movilización de bienes y productos el costo se incrementa [1].

El diseño de esta cadena para alcanzar un sistema logístico ideal comprende varios procesos como son: producción, planificación, aprovisionamiento, distribución y por último servicio al cliente [7], para el problema que abarca este estudio es necesario que la misma persona deba estar involucrada en cada una de las áreas y redes de distribución, ya que es necesario trabajar con los flujos, conocer la identidad e ubicación de todas las estaciones de servicio de la ciudad (alrededor de 140 gasolineras) y conocer los autotanques y sus capacidades para que todos los actores de la cadena de abastecimiento sean efectivos.

Redes Neuronales

Son una forma de expresar ciertas características de los propios seres humanos, las redes neuronales tienen la capacidad de recordar y memorizar ciertos hechos para asociarlos. Al investigar con precisión los problemas que no pueden expresarse a través de un algoritmo, se puede concluir que todos tienen una característica en común: la experiencia. Se puede definir que no son más que un modelo artificial, que reduce y simplifica el cerebro humano, esto son las redes neuronales, es decir, “Un sistema para el tratamiento de la información que está inspirado en la célula fundamental del sistema nervioso humano: la neurona” [9].

Ventajas que ofrecen la red neuronal

1) Auto-organización. Es capaz de crear una organización o representación de la información durante un proceso de aprendizaje.

2) Tolerancia a fallos. Algunas características de una red neuronal es que puede detener o posponer la degradación de su estructura si esta llegara a dañarse.

3) Operación en tiempo real. Otra de sus capacidades es que puede realizar dos o más procesos a la vez, estos se pueden diseñar y fabricar con máquinas especiales para que tengan esta característica.

4) Fácil inserción dentro de la tecnología existente. Tienen la capacidad de reproducirse en chips especiales y así mejorar su capacidad. Esto facilita que se integren en sistemas existentes [9, 10].

Modelo Heurístico

La heurística se definió como “un procesador que deliberada y juiciosamente procesa información e ignora alguna otra [9]. Esta tiene el propósito de resolver con eficiencia los problemas con cierto grado de complejidad, pero es necesario cumplir con los requisitos de optimización y completar una estructura de control que no necesariamente encontremos la mejor respuesta, pero si buscamos la mejor solución al problema. En otras palabras, es un proceso que busca aumentar la eficiencia cuando se esta buscando algo y que sacrifica cuestionamientos de complejidad [11].

Programa Algoritmo y Lenguaje

El funcionamiento de las computadoras tiene un funcionamiento con una naturaleza de un carácter inteligente y siempre ejecutan órdenes de forma intangible, estas órdenes se agrupan en programas y son conocidas como softwares, si se quiere estudiar estos programas es necesario dividirlos en la parte interna y externa, la interna es la que está integrada por el lenguaje de la máquina o el código con el que trabaja y la externa es la que representan los archivos que pueden estar o no en un formato que es compatible para el usuario. Es decir, un formato que respeta el código [12].

Programación de Actividades

Las salidas se deben llevar a cabo en los tiempos deseados y cumpliendo con el número de restricciones de tiempo y cumpliendo con la estructura entre las actividades y los recursos de la empresa [13]. El proceso de organizar, selecciona, y darle un tiempo al uso de los recursos para poder llevar a cabo las actividades se le llama programación de un sistema productivo [15].

Reglas de Despacho

Las reglas de despacho, son usadas para la selección de trabajos y como deben ser procesados,

es decir, el tiempo de espera en la cola y cuando una máquina queda sin trabajo. La solución de un problema por reglas de despacho debe repetir la regla de despacho tantas veces como sea necesario o como lo requiera la pieza o el producto procesado. Una de las características de las reglas de despacho para que cumplan con su objetivo es que siempre tengan información actualizada para la toma de decisiones [12].

Para ser más claros, la regla de despacho no es más que el criterio que se utilizó para ordenar el secuenciamiento de las tareas o actividades a las máquinas. Para tomar estas decisiones se debe tomar en cuenta los tiempos de proceso, el inventario de productos, el tiempo de cola o tiempos muertos, las fechas de entrega, número de trabajadores entre otras [14].

A continuación, las reglas más comunes de despacho:

1. Primero en llegar, primero en servir FCFS (first-come, first serve). Las actividades se procesan por cómo fueron llegando al almacén o lugar de producción.
2. Tiempo mínimo de procesamiento SPT (shortest processing time). Lo primero es obtener los tiempos de procesamiento de cada producto y se ordenan de menor a mayor. Primero se procesa el trabajo con menos tiempo y en último lugar el de mayor tiempo.
3. Fecha mínima de entrega EED (earliest due date). El primer trabajo que se procesa es el que tenga la fecha de entrega más próxima, y se ordenan crecientemente.
4. Relación crítica CR (critical ratio). Esta regla de despacho utiliza una fórmula para su procesamiento, la fracción del tiempo de procesamiento que se divide entre el tiempo último de entrega, el resultado que obtenga la mayor relación es el siguiente en procesar [14].

Máquinas en paralelo

Máquinas que pueden realizar el mismo tipo de proceso. La actividad a realizarse puede ser procesada en cualquier máquina. Y al ser el único proceso la actividad se da por finalizada. La mayoría de las veces las máquinas son iguales, a menos que se especifique lo contrario. A consideración de quien este realizando el trabajo será el tiempo de proceso en máquinas idénticas [15, 16].

Los problemas de asignación, pueden ser resueltos de manera más eficiente desglosando la siguiente función objetivo, así como las restricciones

correspondientes, refiriéndose a número de trabajos, máquinas, tiempo de la operación, etc.

- 1) Hay n trabajos con subíndice i , y estos trabajos son independientes entre ellos.
- 2) Cada trabajo i contiene una secuencia de operación, denotada por J_i .
- 3) Cada trabajo tiene de una o más operaciones $O_{i,j}$.
- 4) Cada secuencia de operación tiene un orden por un juego de operaciones $O_{i,j}$.
- 5) Hay m máquinas con subíndice K (La k -ésima máquina es denotada por m_k).
- 6) Para cada operación $O_{i,j}$ hay un juego de máquinas capaces de cumplir con la función objetivo. Este juego de máquina es denotado por $U_{i,j}$.
- 7) El tiempo de procesamiento P_i de una operación $O_{i,j}$ en una máquina K es predefinido y mayor que cero [15, 16].

Restricciones Generales

- 1) Cada operación no puede ser interrumpida durante el cumplimiento de la ejecución de esta.
- 2) Todas las máquinas están disponibles en el tiempo $t=0$
- 3) Cada máquina K , no puede procesar más de una operación simultáneamente [15, 16].

Modelo Matemático

Función Objetivo: $\text{Min } C \text{ Max}$

donde:

C = Tiempo de completar los trabajos

i = Tipo de máquina $i = 1, 2, \dots, i$ (Autotanque de 20,000 lts.)

j = Tipo de trabajo $j = 1, 2, \dots, j$ (Carga en isla: 20 minutos por igual)

k = Máquinas en paralelo $k = 1, 2, \dots, k$ (Número de choferes de autotanque).

1; si la decisión K es SI

0; si la decisión K es NO

T_{ij} = Tiempo de elaboración del trabajo j en la máquina tipo i . (Tiempo que tarda el chofer en cargar el autotanque, llegar a la estación de servicio y volver a comenzar la nueva tarea) [15, 16].

METODOLOGÍA

Para la realización de la presente investigación se utilizó el método Scheduling máquinas en paralelo con la ayuda del software LEKIN. Lekin es un software educacional para la programación de la producción desarrollado por el Prof. Michael Pinedo (New York University), entre otros. La

solución de problemas tipo máquinas en paralelo son algunos de los varios tipos de problemas que puede solucionar este programa [17].

El software tiene como utilidad proporcionar el cálculo teórico de las medidas de desempeño de los algoritmos y las reglas de entrega, además de generar los puntos en donde se están produciendo las colas o esperas [18]. Este sistema contiene un número de algoritmos y heurísticas de programación y que fue diseñado para permitir al usuario enlazar y probar sus propias heurísticas y comparar su desempeño con las heurísticas y algoritmos incluidos en el sistema Lekin.

A continuación, se muestra los diferentes métodos con los que cuenta el programa para la solución de problemas de secuenciación, como lo son las reglas de despacho, los heurísticos como Cuello de Botella Móvil y Búsqueda Local.

El sistema (ver figura 1) puede trabajar en diferentes ambientes de máquinas como: máquinas simples, máquinas paralelas, flujo continuo, flujo flexible continuo, flujo intermitente y flujo flexible intermitente.

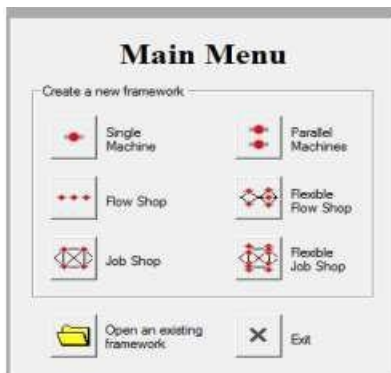


Figura 1. Menú Principal de Lekin.

Se introducen las estaciones de servicio que solicitaron combustible y por cada estación se introducen las limitaciones de tiempo de carga y los tamaños de trabajos no idénticos (cada estación de servicio tiene una distancia diferente por lo tanto es un tiempo diferente para terminar con cada tarea) así como la ponderación de la orden de trabajo, para poder maximizar el número de estaciones de servicio que se atiende diario, en la siguiente figura se realizó a una escala de 20 estaciones de servicio, el promedio diario por turno es 100 estaciones.

Para la realización de esta investigación se introdujeron los datos de 20 estaciones de servicio, a todas se les dio ponderación prioritaria ya que son

las que comúnmente tiene más desabasto de combustible por ser las más concurridas, el tiempo en minutos es el que realiza el chofer cada vez que hace el procedimiento de carga y descarga (ver figura 2).

ID	Wgt	Wb	Dist	Proc	Stat
ES_1000	5	0	1	87	A
ES_1001	5	0	1	81	A
ES_1002	5	0	1	72	A
ES_1003	5	0	1	85	A
ES_1004	5	0	1	115	A
ES_1005	5	0	1	111	A
ES_1006	5	0	1	109	A
ES_1007	5	0	1	100	A
ES_1008	5	0	1	83	A
ES_1009	5	0	1	81	A
ES_1010	5	0	1	129	A
ES_1011	5	0	1	78	A
ES_1012	5	0	1	78	A
ES_1013	5	0	1	78	A
ES_1014	5	0	1	95	A
ES_1015	5	0	1	71	A
ES_1016	5	0	1	78	A
ES_1017	5	0	1	48	A
ES_1018	5	0	1	70	A
ES_1019	5	0	1	81	A
ES_1020	5	0	1	81	A

Figura 2. Estaciones de Servicio que solicitaron combustible.

Para la parte de la implementación, primero es necesario agregar el tiempo de la tarea, es decir, el tiempo que tardará el chofer en realizar el despacho del combustible en la estación de servicio incluyendo el tiempo de regreso del autotank a la terminal de almacenamiento.

Dado que cada estación de servicio tiene una distancia diferente, el tiempo que requiere cada operador será diferente uno de otro, para mejorar la eficiencia, se le puede agregar también un estatus a la orden, es decir, si el requerimiento es de carácter inmediato.

En este caso se identificaron todas las órdenes con el status "A" para que considere que es necesario que las órdenes sean atendidas durante el mismo día y el mismo turno. Aplicando la regla de despacho primero en llegar primero en servir (ver figura 3) se muestra cómo quedaría la tarea para cada máquina, que, en este caso, se están aplicando 20 tareas para 5 máquinas (choferes).

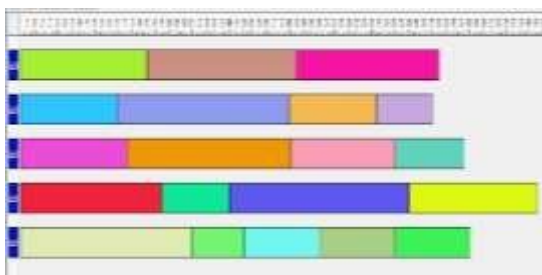


Figura 1. Resultados para 20 gasolineras.

Una vez introducidos los datos correspondientes dentro del software se puede observar, que la máquina que más tardaría en realizar su recorrido sería el chofer correspondiente a la máquina número 4, con un tiempo de recorrido de 345 minutos en total con una realización de 4 tareas, en comparación con la máquina 2 que es la que más rápido realizaría su recorrido de 4 tareas también con un tiempo total de 275 minutos teniendo entre ambas máquinas una diferencia de 70 minutos.

	Chofer 1	Chofer 2	Chofer 3	Chofer 4	Chofer 5
Estación numeración (Por)	110530	104816	104817	104827	104827
	104836	104828	104829	111584	108585
	113245	113243	113244	104815	113242
		112495	112496	104814	112494
					111061
Tiempo (Min.)	280	275	295	345	300

Tabla 1. Programación de rutas (Optimizada).

Podemos observar que, de los 5 choferes, la máquina número 5 es la que realiza 5 recorridos en el mismo turno que los demás choferes, ya que las distancias son mucho más cortas a todas las demás. Todos estos resultados fueron puestos en la tabla 1 para así dar mejor entendimiento del tiempo que se optimizó, número de recorridos y cuántos choferes se tomaron en cuenta.

Otras investigaciones que aplican herramientas de Lean Manufacturing pueden demostrar que sin utilizar un software se puede llegar a las causas primarias que afectan la productividad de una empresa. Parece una herramienta muy útil para la resolución de un problema que pudiera parecer con poca repercusión, pero también útil para un problema mayor. La aplicación de diagramas y sistemas de procesos son muy importantes para minimizar errores, la utilización de la herramienta Brainstroming que tiene como principal objetivo analizar las áreas de estudio más importantes en una organización tiene de iniciativa buscar mejoras continuas en áreas específicas como lo son: mano

de obra, maquinas, materiales, métodos y medición, así como elaborar diagramas de cadenas de valor y de procesos son herramientas que pudieran agregar valor a esta investigación.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos después de la realización de diferentes pruebas, se puede concluir en primer lugar que, con el exponencial crecimiento de las industrias se incrementa la necesidad de mejorar los diferentes sistemas de distribución, no solo de hidrocarburos sino también de algunos otros productos básicos para la vida cotidiana, lo que promete mejores tiempos de entrega y en algunas ocasiones podría incluir reducciones en costos.

Una vez que el software desempeña su tarea, se puede observar mediante una tabla de resultados como el programa realiza correctamente la optimización de tiempos de ruta, número de tareas realizadas por el chofer y, por supuesto, la reducción de los tiempos muertos para el despacho utilizando como premisa el equilibrar el tiempo de trabajo total entre cada uno de los choferes. En este caso, solo uno de ellos teniendo una diferencia de 20 minutos respecto a los demás choferes, esto siendo consecuencia de algunos factores como las distancias recorridas o la cantidad de tareas que el operario debe de realizar. Esto demuestra que el programa puede realizar tareas de optimización y que el mismo puede ser utilizado para optimizar entregas de algunos otros productos además de hidrocarburos.

Al realizar la comparación de un antes y después de Lekin se puede concluir lo siguiente: se redujo el tiempo laboral a 6.4 horas aproximado por cada chofer, en costos logísticos se reduce a maximizar el número de gasolineras atendidas, así como a equilibrar la carga de trabajo. Se puede suponer que se cumplió con el objetivo y la hipótesis con el criterio de selección que se utilizó.

Se recomienda utilizar el programa Lekin en diferentes escenarios, ya que con una sola corrida no se puede saber con exactitud si está solucionado el problema con su ponderación máxima, ya que las variables pueden cambiar diariamente, es decir, el número de máquinas, de choferes con los que se cuenta en la jornada, de estaciones programas, no siempre serán las mismas, por lo tanto, la regla de despacho cambia por consecuencia y la jerarquía también. Esto se debe tomar en cuenta para tomar mejores decisiones en la asignación. La propuesta sería expandir la selección de estaciones de servicio

con el número diario por turno y con el número de trabajadores reales, es necesario también realizar un historial de clientes que no cumplen en tiempo y forma con el pago y los requerimientos de la entrega para llegar a un acuerdo de multas y se tenga una comunicación efectiva.

AGRADECIMIENTOS

A Olga, Sergio y Fernanda, qué sería sin su apoyo, León espero que un día estes orgulloso de tu madre.

BIBLIOGRAFÍA

[1] C. J. Langley. (1986). Evolution of logistics concepts. Journal of Business Logistics, No. 7 (2), pp. 1-13.

[2] A. J. Carreño Solís. (2018). Cadena de suministro y logística. Lima, Perú: Fondo Editorial de la PUCP.

[3] M. J. Escudero Serrano. (2014). Logística de Almacenamiento. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, pp. 2.

[4] R. H. Ballou. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro, México: Pearson Educación.

[5] M. J. Escudero Serrano. (2019). Logística de almacenamiento. 2da ed. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.

[6] B. Cendrero Agenjo y S. Truyols Mateu. (2008). El transporte: Aspectos y tipologías. Madrid, España: Delta Publicaciones.

[7] D. M. Bovet y A. Joas. (2000). La producción alineada con el cliente. Hacia la excelencia operativa, la clave está en la ejecución. Gestión. Vol. 7 No. 4 pp. 52-59.

[8] L. A. Mora García. (2014). Logística del transporte y distribución de carga. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

[9] D. J. Matich (2001). Redes Neuronales: Conceptos Básicos y aplicaciones, pp. 55.

[10] J. J. Bartholdi, III y L. K. Platzman. (1988). Heuristics Based on Space filling Curves for Combinatorial Problems in Euclidean Space. Management Science, vol. 1 34(3) pp. 291-305.

[11] A. Matute. (1999). Heurística e Historia. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

[12] M. J. Mathieu. (2014). Introducción a la programación. México: Grupo Editorial Patria.

[13] J. R. Walters. (1993). Heuristic Scheduling Systems by T. E. Morton y D. Pentico. Wiley, pp. 695.

[14] R. Carro. (2009). Investigación de operaciones en administración. México: Pincu.

[15] K. R. Baker y D. Trietsch. (2009). Principles of Sequencing and Scheduling. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

[16] E. Salazar-Horning y J. C. Medina-S. (2013). Minimización del makespan en máquinas paralelas idénticas con tiempos de preparación dependientes de la secuencia utilizando un algoritmo genético. Ingeniería, Investigación y tecnología, vol. 14.

[17] M. Pinedo. (2016). Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems. Springer.

[18] P. Gómez Cárdenas. (2018). Diseño de práctica para la programación secuencial de operaciones en los módulos Fischertechnik del laboratorio de lósgística de la Facultad de Ingeniería Industrial. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.

ROLES DE CONTRIBUCION	AUTOR (ES)
1. Conceptualización	Olga Judith Medina Burciaga
2. Curación de datos	Olga Judith Medina Burciaga
3. Análisis formal	Olga Judith Medina Burciaga
4. Adquisición de fondos	Olga Judith Medina Burciaga
5. investigación	Olga Judith Medina Burciaga
6. metodología	Olga Judith Medina Burciaga
7. Administración del proyecto	Jaime Sánchez Leal
8. Recursos	Olga Judith Medina Burciaga
9. Software	Jaime Sánchez Leal
10. Supervisión	Perla Ivette Gómez Zepeda
11. Validación	Adán Valles Chávez
12. Visualización	Olga Judith Medina Burciaga
13. Redacción	Olga Judith Medina Burciaga
14. Redacción	Perla Ivette Gómez Zepeda



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.