



La simulación y su efecto en la eficacia del control de recojo de cosecha

The simulation and its effect on the effectiveness of the harvest harvest control

Artículo resultado de proyecto de investigación financiado por la Universidad Nacional de Trujillo

Santos Santiago Javez Valladares

Magister en Docencia Universitaria, Universidad César Vallejo, La Libertad, Perú.
sjavez@ucv.edu.pe, ORCID: 0000-0002-6790-5774
<https://scholar.google.es/citations?user=hNnn-a4AAAAJ>

Alex Antenor Benites Aliaga

Doctor en Ciencias e Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú.
a.benites1983@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9329-5949
<https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=JvH21s8AAAAJ>

Elmer Tello De La Cruz

Magister de Ingeniería Industria, , Universidad César Vallejo, La Libertad, Perú.
elmertellodelacruz1@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0314-6289
<https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=2-XxEJwAAAAJ>

Ricardo Steiman Benites Aliaga

Magister en Administración de Empresas, Universidad del Pacífico, Lima, Perú.
Ricardobenitesa3@gmail.com, ORCID: 0000 - 0002 - 8819 - 1651
<https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=sSpZ7cAAAAJ>

<http://centrosuragraria.com/index.php/revista>
Publicada por: Instituto Edwards Deming
Quito - Ecuador
Enero - Marzo vol. 1. Num. 8 2021
Pag. 27-40

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0
Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

RECIBIDO: 07 DE MARZO 2020
ACEPTADO: 19 DE SEPTIEMBRE 2020
PUBLICADO: 4 DE ENERO 2021

RESUMEN

Uno de los problemas que afrontan diariamente las empresas es la de transportar materia prima con la que debe abastecer al centro de producción, muchas reciben la confirmación de las cantidades que deben recoger en los diferentes puntos de cosecha solo minutos antes de iniciar la jornada de salida de vehículos de recojo, esta acción obliga a decidir apresuradamente, trayendo consecuencias una mala asignación de vehículos, costos elevados, exceso en viajes y tiempo que deteriora la calidad del producto. Para resolver este problema se concluyó que se debería crear un modelo acorde a la realidad, que sea rápida, efectivo y confiable, para ello se elaboró un programa en Excel, que ha permitido mejorar la asignación vehicular, los datos que deben ser ingresados al sistema son: capacidad de los vehículos, la cantidades a recoger en cada punto de los sectores que se han cosechado y distancias entre ellos, e inmediatamente nos reporta: vehículo que debe ser asignado a cada sector, cantidad de kilómetros recorridos las veces que debe recoger en cada punto, el tiempo en que se espera terminar el recojo en cada sector, el costo total del recojo. Se logró un 85.48% de reducción del tiempo y un 42.46%, de reducción de uso vehicular.

Palabras clave: Algoritmo, recojo, viajes, cosecha, simulación

ABSTRACT

One of the problems that companies face on a daily basis is transporting raw material with which they must supply the production center, many receive confirmation of the quantities that they must collect at the different harvest points just minutes before starting the departure day of pickup vehicles, this action forces a hasty decision, resulting in a misallocation of vehicles, high costs, excess travel and time that deteriorates the quality of the product. To solve this problem, it was concluded that a model should be created according to reality, which is fast, effective and reliable, for this an Excel program was developed, which has allowed to improve the vehicle allocation, the data that must be entered into the system are: vehicle capacity, the quantities to be collected at each point of the sectors that have been harvested and distances between them, and immediately reports: vehicle that must be assigned to each sector, number of kilometers traveled the times it must be collected in each point, the time it is expected to finish the collection in each sector, the total cost of the collection. An 85.48% reduction in time and a 42.46% reduction in vehicle use were achieved.

Keywords: Algorithm, I collect, travel, harvest, simulation

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo apoyarse en técnicas matemáticas para resolver un problema cotidiano que se tienen en las empresas, dentro del escenario desarrollado se considera evaluar la manera más adecuada de asignar los vehículos a usar para el acopio con tal que tengan la menor cantidad de viajes, además de cumplir con la exigencia de realizarlo dentro de un tiempo asignado de uso de los vehículos.

Se revisaron trabajos previos, a nivel internacional destaca (Costa Salas, 2015) quien uso la simulación en combinación con modelos de optimización, logrando un incremento del 7.6% en el servicio de solicitudes atendidas. De otro lado a nivel nacional (Araujo García, 2018) en su investigación, la empresa en que realizo su estudio reportaba que los costos de carguío y acarreo tenían un valor de 0.72 \$/TM, para analizar el escenario actual tomaron datos de campo como el estudio de tiempos y demoras operativas en el proceso de transporte y acarreo de mineral y desmonte, logrando reducir los costos a 0.57 \$/TM, lo que significó un ahorro de 20.83%. De la misma manera (Martinez Aguilar, 2019) detectó una incorrecta distribución de volquetes en los frentes de carguío, aplicando la teoría de colas a dichos procesos logrando un incremento de 4,19%, así mismo se logró incrementar la producción diaria en 10,03%. Finalmente, se logró reducir los costos de operación para el 2018 en 1,09%. Al respecto (Meza Castro, 2015) llega a la conclusión que usando la simulación reduce los tiempos improductivos de los equipos, lo cual significa una mejora de 23.3% con respecto al escenario actual. Entre las teorías relacionadas. dice, (Taha, 2012) refiriéndose a simulación: “es un esquema de modelado que, estima parámetros estocásticos, o determinísticos con base en un muestreo aleatorio”. Es importante basarse en datos muestreados para poder elaborar una simulación. Asimismo, (Hillier, 2012) dice que “un modelo de simulación sintetiza el sistema con su construcción de cada componente y de cada evento”. Según, (Wiston, 2010) “la simulación es una técnica de las ciencias administrativas muy poderosa, y se utiliza mucho para el análisis y estudio de sistemas complejos”. El usar herramientas cuyo aporte a solucionar problemas ha sido validado en otras ocasiones dan la confianza suficiente en que su aplicación va a ayudar a obtener mejores resultados. La simulación es el proceso de diseñar un modelo lógico matemático de un sistema real y reproducir sus condiciones. (Torres Vega, 2013) . Con relación a las teorías de eficacia, (Chase, 2009) dice “Eficacia significa hacer lo correcto a efecto de crear el valor máximo posible para la compañía”. Debemos entender cómo proceder para sacar el máximo provecho a los recursos. Según (Heizer, 2009) “eficacia significa hacer bien el trabajo con un mínimo de recursos y de desperdicio”. También nos dice (.Krajewski, 2007)”eficacia es

garantizar que se implementen los cambios y se construya la infraestructura necesaria para el mejoramiento continuo”.

Basado en las teorías expuestas podemos formular el problema general: ¿Qué relación existe entre la simulación y su efecto en la eficacia del control de recojo de cosecha?

La justificación teórica es dar a saber diversos conceptos unidos a teorías que den el peso de usar la simulación y lograr eficiencia en empresas dedicadas al recojo de cosechas. También se logra una justificación práctica dado que la empresa va a tener un sistema de simulación que le permita acelerar la toma de decisiones y logre mayor eficacia en cuanto al proceso de recojo de cosecha. Finalmente se logra la justificación metodológica ya que el trabajo desarrollado es tipo básico dado que contribuye al conocimiento científico, utilizando el recojo de datos de manera adecuada y su uso en la elaboración de la simulación. Basado en las consideraciones dichas anteriormente se va a expresar el objetivo general: Establecer la relación entre el uso de la simulación y la eficacia del control de recojo de cosecha. De igual manera se planteó la hipótesis general: El uso de la simulación tiene efecto en la eficacia del recojo de materia prima. La empresa en estudio, ha tenido muchos reclamos en los diversos puntos de recojo, muchas veces el vehículo demora en llegar o en el peor de los casos no llega, esto debido a la falta de planificación de secuencia de recojo, lo que ha causado pérdidas de proveedores y con ello pérdidas económicas, acarreado el no llegar a lograr los objetivos de abastecimiento para cubrir en cantidades adecuadas al plan de acopio. Esto ha generado problemas en todo nivel tanto dentro y fuera de la empresa. Es por ello que la investigación tiene como fin el uso de la simulación para poder mejorar el desempeño del recojo de materia prima.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aplicada, debido a que se hace uso de la simulación para incrementar el abastecimiento a fábrica de la empresa agroindustrial, además de diseño pre-experimental debido a que manipula los datos a través de acciones para evaluar los efectos, también es longitudinal pues mide en dos tiempos en el antes y después de la implementación. Para elaborar la simulación se tuvo que recoger datos del tiempo de recorrido de los vehículos desde que salen de la empresa hasta cada uno de los puntos de acopio, así como el tiempo de recojo en cada punto, este instrumento fue validado por expertos que dieron a conocer su opinión favorable al proceso de toma de datos, estos valores sumados dan a saber el tiempo de llegada a cada punto, luego se analizó mediante el *stat fit* el tipo de distribución estadístico que se presentaba, llegando a saber que el tiempo de traslados cumplía una distribución uniforme continua en cada tramo del trayecto de recojo, al mismo tiempo se consideraron las

capacidades de los diferentes vehículos disponibles, este factor es importante porque de acuerdo a ello se puede calcular la cantidad de viajes que se van a tener para el recojo, además ello debe estar sujeto al horario destinado, otro dato importante es cuánto tiempo se ha de demorar en cada punto para hacer el proceso de recojo, para ello se realizó el estudio de tiempos para darle un nivel de confianza del 95% para tener el tiempo esperado. Para analizar el sistema actual y evaluar las diversas propuestas, se ha de elaborar una simulación para calcular la flota vehicular a usar en el abastecimiento, se hace uso de las diferentes distribuciones o rangos de Montecarlo de cada etapa del proceso, para ello se han de generar números aleatorios, lo que permitirá simular y comparar diversos escenarios. Calcular la efectividad de abastecimiento de acuerdo a la flota vehicular simulada, en esta parte de la investigación se han de hacer uso de la hoja de simulación en Excel para diferentes escenarios donde se han de cambiar la cantidad de flota vehicular para luego elegir aquella que tenga mayor efectividad de abastecimiento. Las herramientas usadas serán sometidas a observación con expertos, quienes validarán los instrumentos.

A nivel descriptivo se calcularán los datos en tablas de frecuencias, contingencia o gráficos de tendencia, barras, circular como sea la naturaleza de los resultados; para identificar el tipo de distribución estadística que cumple. (Fernández, 2002). A nivel deductivo este estudio debe explicar las teorías y las investigaciones para poder resolver el problema de estudio y arribar a las conclusiones que permitan mejoras a la empresa

El sistema se ha desarrollado en una empresa cuya actividad diaria es la de recolectar la materia prima, desde las 7 am deben estar saliendo los vehículos para realizar la faena, en este escenario se deben cubrir tres zonas denominadas A,B,C, cada una con cinco puntos de acopio, distribuidos geográficamente en forma de parcelas, lugares hacia se deben constituir los vehículos, allí llegan recogen las toneladas y si todavía hay capacidad continúan su trayectoria hacia otro punto para cargar, de no ser así deben volver a dejar y regresar por la misma ruta. Este sistema se ha estado realizando manualmente, lo que consumía mucho tiempo, además de retrasos que afectaban directamente a nuestros proveedores dado que existía la incertidumbre del momento en que se llegaría a realizar el acopio, suma a ello que no se sabía la cantidad de veces que deberían ser visitados, y de otro lado no se tenía un cálculo aproximado de los tiempos de llegada a cada lugar y del término de tiempo de recojo. Este escenario generado a base de varios criterios a cumplir obligo a reconstruir de una manera practica un sistema que permita controlar estos factores, para ello se vio la necesidad de hacer uso del Excel, allí plantear el problema a resolver y generando una lógica para cada acción poder encontrar cada uno de los resultados que se necesitaban. Además, el enfoque sé que propuso es no complicar a quienes iban a usar el sistema, por lo que uno de los

objetivos fue la de generar simplicidad en el ingreso de datos y en el reporte, esto va a permitir su uso a cualquier encargado de la empresa, a facilitar su interpretación y con ello tener un mejor análisis para la toma de decisiones.

RESULTADOS

Para analizar, proponer, elaborar, desarrollar y poner en práctica un sistema que pueda abordar el escenario que se tiene y con ello dar resultados se consideraron la siguiente secuencia de actividades: 1) Primero se realizó una visita a los diversos puntos de recojo, para ello se tomaron tiempos aproximados y se calculó la velocidad promedio de avances, se debe tener en cuenta que estos caminos son trocha lo que no permite tener mucha velocidad, y se esquematizaron las zonas, por ejemplo aquí se tiene la distribución de tres zonas (Zona A,B,C):

Tabla 1-. *Distancia entre parcelas de Zona A*

ZA-1	ZA-2
ZA-4	ZA-3
ZA-5	

ZONA 1	CENTRO 1	CENTRO 2	CENTRO 3	CENTRO 4	CENTRO 5	TOTAL
KM	5	6	5	4	3	23

ZB-1	ZB-2	ZB-3
		ZB-4
		ZB-5

Tabla 2. *Distancia entre parcelas de Zona B*

ZONA 2	CENTRO 1	CENTRO 2	CENTRO 3	CENTRO 4	CENTRO 5	TOTAL
KM	6	7	8	5	4	30

ZC-1	ZC-2
ZC-3	ZC-4 ZC-5

Tabla 3. *Distancia entre parcelas de Zona C*

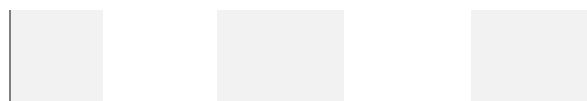
ZONA 3	CENTRO 1	CENTRO 2	CENTRO 3	CENTRO 4	CENTRO 5	TOTAL
KM	3	5	6	7	6	27

En cuanto a la velocidad, se llegó a un consenso que este debería ser de 35 kilómetros por hora, la capacidad de los vehículos se consideraron los tres actuales con capacidades de 40,50 y 60 toneladas, claro está que el sistema se adecua para cualquier tipo de capacidad, es decir se puede evaluar diversas políticas de uso de los vehículos, luego a cada zona se le ingresa la cantidad de toneladas que se deben recoger, este dato nos brindan el área de acopio previa coordinación con el área de cosecha. Para la programación se ordena la información mediante una tabla, elaborada en una hoja de Excel, aquí se consideraron los factores más importantes que deberíamos considerar, esto se realizó para cada zona, los datos ingresados son: kilómetros, toneladas a recoger, la capacidad disponible del vehículo, luego los demás factores se hallan mediante la programación lógica realizada en Excel.

Tabla 4. *Cálculo de acciones en la zona 1*

KILOMETROS ENTRE CAMPOS	5	6	5	4	3
ZONA 1	Z-A1	Z-A2	Z-A3	ZA-4	ZA-5
TN A RECOGER EN CADA PUNTO	70	25	12	20	12
CAPACIDAD DISPONIBLE DEL VEHÍCULO AL INICIO DEL RECOJO	40	40	0	0	0
TN RECOGIDAS POR EL VEHÍCULO EN CADA PUNTO	40	0	0	0	0
TN QUE HAY QUE VOLVER A RECOGER EN CADA PUNTO	30	25	12	20	12
CAPACIDAD DISPONIBLE DEL VEHÍCULO AL FINAL DEL RECOJO	0	0	0	0	0
DECISIÓN AL FINAL DE RECOJO EN CADA PUNTO	Volver a planta	Por recoger	Por recoger	Por recoger	POR RECOGER

VECES QUE SE RECOGE



La lógica realizada genera un mensaje cada vez que la capacidad de toneladas supera la capacidad del vehículo, dando origen a que el vehículo regrese a planta y luego retorne a recoger las toneladas lo que faltan y continuar su recorrido lineal, aquí se debe dar una salvedad, dado la ubicación de las zonas solo se tiene un solo camino de trocha es por ello al retornar debe obligatoriamente volver por el mismo lugar. Este esquema se elaboró para todas las zonas, en este paper se han de considerar solo tres zonas, cada una con cinco centros de acopio. Además, esta tabla también nos brinda la posibilidad de calcular la cantidad de veces que se han de recoger, es decir que si quedan toneladas que hay que volver a recoger se contabiliza la vez que retorna.

La tabla cuatro reporta el tiempo en que se ha de desarrollar cada una de las actividades involucradas en el acopio, este tiempo (hora del día , minutos, segundos) considera además del periodo de recorrido cuanto se ha de demorar la personal en recoger en cada punto.

Tabla 5. Cálculo de tiempo de acciones en el sistema de Acopio

ZONA 1	CEN TRO 1	CEN TRO 1	CEN TRO 2	CEN TRO 2	CEN TRO 3	CEN TRO 3	CEN TRO 4	CEN TRO 4	CEN TRO 5	CEN TRO 5
HORA DE PARTIDA	07:00:	07:3	08:2	08:2	08:4	09:2	09:4	09:4	10:0	10:0
	00	9:11	0:19	0:19	4:02	2:34	1:58	1:58	0:25	0:25
TIEMPO DE RECORRIDO	00:08:	00:0	00:1	00:1	00:0	00:0	00:0	00:0	00:0	00:0
	34	8:34	0:17	0:17	8:34	8:34	6:51	6:51	5:09	5:09
	0.0059	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	595	714	714	595	595	476	476	357	357
	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
HORA DE LLEGADA A CENTRO	07:08:	07:4	08:3	08:3	08:5	09:3	09:4	09:4	10:0	10:0
	34	7:45	0:36	0:36	2:36	1:08	8:50	8:50	5:34	5:34
TIEMPO DE ACOPIO	00:11:	00:1	00:1	00:1	00:1	00:1	00:1	00:1	00:1	00:1
	32	3:39	3:26	3:26	0:32	0:50	1:35	1:35	0:18	0:18
TIEMPO DE CARGA PASADO A HORAS										
TIEMPO DE CARGA EN MINUTOS										

TIEMPO DE PARTIDA	07:20: 06	08:0 1:24	08:4 4:02	08:4 4:02	09:0 3:07	09:4 1:58	10:0 0:25	10:0 0:25	10:1 5:52	10:1 5:52
HORA DE LLEGADA A PLANTA	07:28: 40	08:0 9:58			09:1 1:42	09:5 0:33				
TIEMPO DE DESCARGA	00:10: 30	00:1 0:21			00:1 0:53	00:1 3:49				
HORA DE SALIDA DE PLANTA	07:39: 11	08:2 0:19			09:2 2:34	10:0 4:21				
HORA DE SALIDA A CENTRO COLINDANTE		08:2 0:19		08:4 4:02		09:4 1:58		10:0 0:25		10:1 5:52

Del sistema se desprende lo más importante en la toma de decisiones, saber de qué capacidad debe ser el vehículo que tiene que ser enviado a cada zona, esto permite tener una asignación claro de la cantidad de vehículo que se debe tener para ese día, al realizar esto también aseguramos que el tiempo de acopio no debe pasar de las cuatro horas, tiempo permitido por el área de producción para que la calidad del producto se mantenga, sumado a ello la cantidad de kilómetros que se deben recoger lo cual ayuda a saber el uso de combustible que se va a tener y luego poder calcular los costos referente a ello, esa cantidad de kilómetros tiene relación directa con la cantidad de viajes que se ha de realizar, este dato permite también saber cuántas veces debe recorrer cada vehículo en cada zona.

Tabla 6. Reporte del sistema considerando tiempo de acopio

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
CAPACIDAD DEL VEHICULO	50	50	60
KM	88	102	70
VIAJES	3	2	2
VECES A RECOGER	7	6	6
TIEMPO	03:15:52	03:04:04	02:50:59

Otro reporte de suma importancia es la cantidad de viajes que se debe realizar al cada punto de acopio, este dato sirve para hacerle conocer a quienes están en los diferentes puntos, que estén al tanto de las visitas que se han de considerar.

Tabla 6. Cantidad de viajes a realizar

	CENTRO 1	CENTRO 2	CENTRO 3	CENTRO 4	CENTRO 5
VISITA S					
ZONA A	2	1	2	1	1
ZONA B	1	1	2	1	1
ZONA C	1	2	1	1	1

Para evaluar los resultados del sistema, se realizó una comparación en el tiempo que se demora en elaborar el reporte de acopio, teniendo en promedio en situaciones actuales 16 minutos en promedio, en cambio con el sistema este tiempo baja a 2.36 minutos, tiempo considerable de ahorro que genera el sistema, sumado ello la mejora en el reporte de otros criterios que también reporta.

Tabla 7. *Tiempo promedio de reporte*

DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TO TAL	PROMEDI O
ANTES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	244	16.26
DESPU ÉS	2.	1.	3	2.	2.	2.	1.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	1.	35.	2.36
	8	9		2	1	8	6	7	6	1	5	5	5	6	8	4	

Eficacia: $(16.26-2.36)/16.26= 85.48\%$ de reducción del tiempo para elaborar la secuencia de salida de los vehículos.

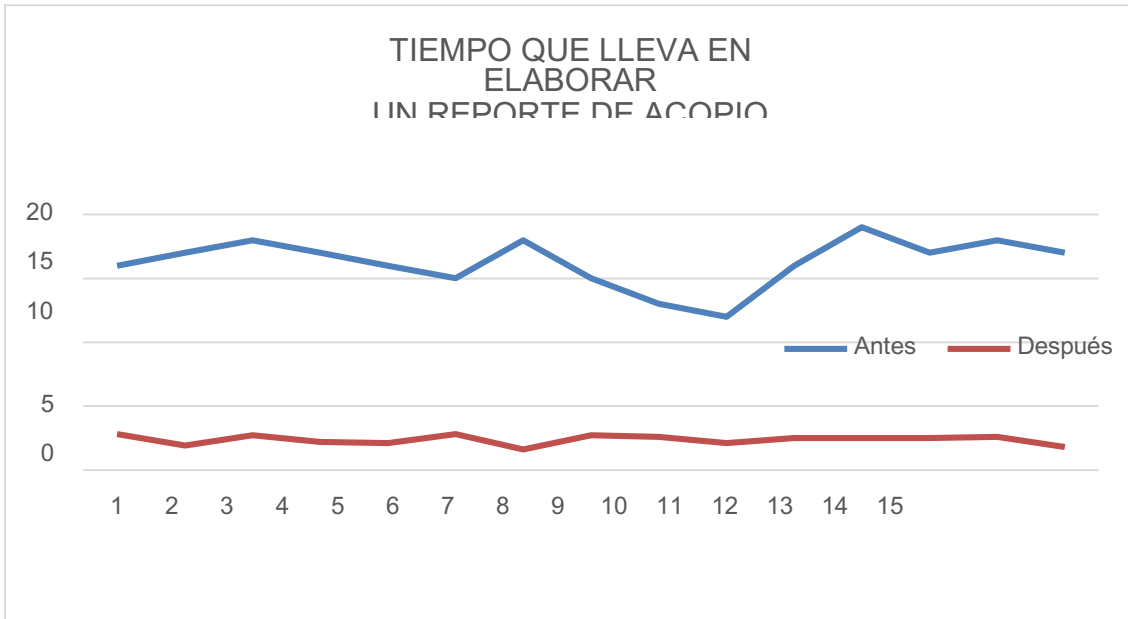


Figura. 1. Tiempos antes y después que lleva elaborar un reporte de acopio

En la tabla 8 se da a conocer la cantidad de vehículos tipo A,B,C usados en quince días de acopio, esto antes de tener el sistema elaborado en Excel, total 73 vehículos.

Tabla 8. *Uso de vehículos*

DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1
B	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1
C	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2

Al comparar la cantidad de vehículos a usar en los próximos quince días, pero ya usando el sistema elaborado, la cantidad de vehículos disminuyo, esto debido a la mejor asignación lograda, 42 vehículos.

.Eficacia: $(73-42)/73= 42.46\%$, de reducción de uso vehicular.

Tabla 8. *Uso de vehículos*

DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	2	2	1	2
B	1	2	1	2	1	0	0	2	2	2	2	1	1	0	1
C	2	0	1	0	1	2	2	1	0	1	0	0	0	2	0

Esta nueva asignación genera entonces un mejor uso del recurso, vehículos, así como del personal a utilizar para el acopio, todo ello sin descuidar el factor de tiempo en el cual se ha de cumplir la faena de recojo.

Al comparar el uso de la situación con (Costa Salas, 2015) Simulación y optimización para dimensionar la flota de vehículos en operaciones logísticas de abastecimiento-distribución, donde logro un incremento del 7.6% en el servicio de solicitudes atendida, asimismo (Araujo García, 2018) en su investigación, la empresa en que realizo su estudio significó un ahorro de 20.83%. De la misma manera (Martinez Aguilar, 2019) logro un un incremento de 4,19%,, adicionalmente logró reducir los costos de operación para el 2018 en 1,09%. Al respecto (Meza Castro, 2015) logra una mejora de 23.3% con respecto al escenario actual.

Relacionando los resultados de investigaciones anteriores con los obtenidos por la investigación realizada, vemos que hemos logrado un 85.48% de reducción del tiempo y un 42.46%, de reducción de uso vehicular, como puede compararse el valor porcentual es considerable mente beneficiosa para la investigación.

CONCLUSIONES

La estructura de modelos clásicos no considera muchas de las condiciones que nosotros, por exigencia de la realidad deberían ser tomado en cuenta, adicionalmente un modelo de programación lineal sería muy complicado para considera por ejemplo el retorno del vehículo y reportar la cantidad de toneladas que debe llevar en cada punto y cuantas toneladas debe volver a recoger.

El saber qué tipos de vehículos deben ser asignados, genero la mejora en la programación de salida de los vehículos, así como que facilito el desempeño de los choferes y personal encargado del acopio que lo acompañaba.

El control de salida y llegada de los vehículos se mejoró, dado que el reporte que nos brinda el sistema desarrollado nos da un aproximado del tiempo que se va a demorar, el tiempo de llegada a cada punto de acopio, así como el termino aproximado de la jornada.

El manejo de Excel facilito el desarrollo del trabajo, esto aunado a una lógica de programación ayudo a que se vayan logrando los objetivos, adicionalmente de hizo uso de esta herramienta por ser de difusión masiva, y de manejo amigable, en comparación a algunos otros software o lenguas de programación.

Otro punto por destacar es seguir mejorando el sistema para poder calcular la cantidad aproxima de combustible a poder usar, valor económico que puede ser evaluado y ayudar a la mejora toma de decisiones.

REFERENCIAS

Krajewski, Larry P.Ritzman, Manoj Malhotra. 2007. *Administración de operaciones*. México D.F. : Pearson Educación, 2007. 978-970-26-1217-9.

Araujo García, Roberth Wilman. 2018. Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la produccion en la mina los andes peru gold - huamachuco. *Repositorio*. [En línea] Repositorio Institucional UNT, septiembre de 2018. [Citado el: 11 de septiembre de 2020.] <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11045>.

Chase, Jacobs,Aquilano. 2009. *Administración de operaciones*. Mexico D.F. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009. 978-970-10-7027-7.

Costa Salas, Yasel. 2015. "Simulación y optimización para dimensionar la flota de vehículos en operaciones logísticas de abastecimiento-distribución". *scielo.conicyt*. [En línea] Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 2015. [Citado el: 15 de septiembre de 2020.] https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052015000300006.

Fernández, cordero,Córdova. 2002. *Estadística descriptiva*. Madrid : ESIC Editorial, 2002. 8473563069.

Heizer, Render. 2009. *Administración de Operaciones*. México D.F. : PRENTICE HALL,INC, 2009. 9780132343282 .

Hillier, Lieberman. 2012. *Introducción al a Investigación de Operaciones*. México, D.F : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2012. 978-607-15-0308-4.

- Martinez Aguilar, Edwin. 2019. <http://repositorio.uncp.edu.pe/>. [En línea] 2019. [Citado el: 20 de septiembre de 2020.] http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4941/T010_47479449_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Meza Castro, Josue. 2015. “*DESARROLLO DE MODELO PARA LA APLICACION DE SIMULACION A UN SISTEMA DE CARGUIO Y ACARREO DE DESMONTE EN UNA OPERACION MINERA A TAJO ABIERTO*”. LIMA : s.n., 2015.
- Rodriguez Salinas, Daniel. 2015. *Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto : análisis de prioridades de atención según rendimiento*. Santiago de Chile : s.n., 2015. Tesis.
- Taha, Hamdy. 2012. *Investigación de operaciones*. Naucalpan de Juárez, Estado de México : Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2012. 9780132555937.
- Torres Vega, Pedro. 2013. *Simulación de Sistemas*. Lima : Fondo Editorial Universidad de lima, 2013. 9789972452697.
- Wiston, Wayne. 2010. *Investigación de Operaciones*. México D,F. : Cengage learning, 2010. 9789706863621.