

MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PARA TRACTORES AGRÍCOLAS

(Model of optimization of routes of transport for agricultural tractors)

Acurio Masabanda, Jaime Hernán. Docente Universidad Cotopaxi, Ecuador.
Andrango Guayasamin, Raúl Heriberto. Docente Universidad Cotopaxi, Ecuador
Navas Olmedo Bladimiro Hernán. Docente Universidad Cotopaxi, Ecuador
Montaluisa Pulloquina Raúl Humberto. Docente Universidad Cotopaxi, Ecuador

RESUMEN

Con la finalidad de reducir, maximizar ganancias en el traslado y alquiler de los tractores agrícolas. El presente artículo se basa en la Metodológica Científica – Experimental, asociada al método de transporte, modelos de optimización de rutas. En el marco de la Investigación de Operaciones, ya que en nuestro medio, la mayor parte de empresas del sector realizan la planeación de la operación de manera empírica. Es por esto que la presente investigación propone un sistema de optimización de rutas de transporte de tractores agrícolas que tiene por objeto integrar cadenas logísticas de rutas críticas mediante un sistema de información geográfico. Aplicando nuevas tecnologías informáticas capaces de calcular modelos matemáticos de optimización de rutas desde un punto de vista técnico para optimizar tiempos y recursos.

Palabras Clave: Optimización de productos, modelo matemático, errores, variables.

ABSTRACT

In order to reduce, maximize profits in the transfer and rental of agricultural tractors. The present article is based on the Scientific - Experimental Methodology, associated to the transport method, models of route optimization. In the framework of Operations Research, since in our environment, most companies in the sector perform the operation planning empirically. This is why this research proposes a system for optimizing transport routes of agricultural tractors that aims to integrate logistics chains of critical routes through a geographic information system. Applying new computer technologies capable of calculating mathematical models of route optimization from a technical point of view to optimize times and resources.

Keywords: Product optimization, mathematical model, errors, variables.

INTRODUCCIÓN

Mulaló es una de las 10 parroquias rurales del cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi; es una zona netamente agrícola que se encuentra ubicada a 19 km al norte de la ciudad de Latacunga limita al norte con el cantón Mejía, al sur con las parroquias Joseguango Bajo y Aláquez, al este con la provincia de Napo, al oeste con las parroquias de Pastocalle, Tanicuchí y Guaytacama. Su territorio comprende 436 km², Por su altitud oscila entre los 10 y 17 grados centígrados tomando en cuenta que la cabecera parroquial está a 3000 msnm. Hasta las estribaciones del Cotopaxi donde la temperatura se aproxima a cero. Según la fuente referencial: (Gobierno Autónomo Descentralizado - Parroquia Rural de Mulaló, 2014-2019)

El cantón Latacunga de acuerdo al censo de población del año 2010 tiene una población de 170.489 habitantes, los cuales tienen una relación directa e indirecta con la producción agrícola de su sector rural motivo por el cual el transporte en el sector agrícola es parte del trabajo cotidiano ya que permiten realizar actividades vinculados a la producción. Basada en el: (INEC, 2010)

El presente artículo pretende contribuir en la planificación de rutas a través de nuevas tecnologías que permitan una mejora en el servicio de entrega y una reducción de costes; para determinar los puntos críticos como tiempos, costos de mantenimiento, costos operacionales a través de un modelo matemático aplicado a la optimización de estos recursos.

Sin embargo, en la Asociación de Producción Social y Desarrollo Productivo el barrio Macaló Grande – Cotopaxi existe un desconocimiento de técnicas y metodologías vigentes que permiten optimizar rutas y reducir costos en función de una gestión logística aplicado a un modelo matemático. Las redes logísticas y los modelos matemáticos en su conjunto permiten desarrollar procesos y estructuras analíticas factibles al momento de diseñar rutas óptimas de transporte, la reducción de tiempos y el costo se verán reflejados en beneficiar a la oferta y demanda en la prestación de servicios al consumidor final.

Con esta propuesta metodológica de optimización de rutas se pretende reducir costos y maximizar ganancias en el traslado y alquiler de los tractores agrícolas, tomando como punto de partida los procesos secuenciales iniciales a través de un muestreo. Las características que tienen los tractores como peso, cilindraje, la distancia geográfica, el traslado, los horarios de uso, el mantenimiento preventivo y/o correctivo entre otros que se ejecutan periódicamente y de forma cotidiana sin un estudio y asesoramiento técnico; siendo este estudio técnico quien garantiza mejorar el problema para un cambio significativo en las variables y/o errores de rutas posibles encontrados que arroje el muestreo inicial; siendo su fundamento los procesos correctivos a tomar que se ven enfocados en la afectación de servicios lo cual impide un proceso óptimo al consumidor final.

Para finalmente proponer el diseño de un modelo de optimización de rutas que permitan afianzar

variables en función de un modelo matemático al momento de corregir los errores reales antes detectados y entregar un modelo documentado de rutas optimas de trasporte factibles que permitan poner en evidencia conclusiones y recomendaciones para su manejo y uso en este tema.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El sistema de transporte es el componente más importante para la mayoría de las organizaciones debido a que el éxito depende de la cadena de abastecimiento y su relación directa con su diseño y uso adecuados este elemento fundamentalmente es el responsable de mover los productos terminados, materias primas e insumos entre empresas y clientes que se encuentran dispersos geográficamente, es uno de los puntos clave en la satisfacción del cliente. Sin embargo, es uno de los costos logísticos más elevados y constituye una proporción representativa de los precios de los productos y están involucrados directamente con la relación que se tiene con proveedores, clientes y competidores.

Para una administración efectiva del sistema de transporte es necesario la utilización de un sistema de asignación de rutas, enfocado en la optimización del proceso cuyo objetivo es minimizar tiempos y costos en el proceso de entrega y recogida, agregando valor al producto a entregar; mediante la administración de un sistema de transporte eficiente y de bajo costo las organizaciones pueden obtener un aumento en la competitividad y una reducción en los precios de los productos; tomando en cuenta lo antes expuesto, la realización del presente trabajo propone implementar la metodológico adecuada de rutas de

transporte asociada a una herramientas logísticas que permita optimizar los procesos y operaciones, mediante el uso de técnicas y métodos que den solución a los problemas complejos encontrados las mismas que serán adaptadas al medio en función de su geografía, tipo de terreno, asignación de vehículos a una ruta de transporte entre otros.

Este proyecto está dirigido a la Asociación de Producción Social y Desarrollo Productivo el barrio Macaló Grande – Cotopaxi Latacunga Mulaló, siendo los beneficiarios directos los miembros de la Asociación y la Comunidad. Una vez finalizado el proyecto se demostrará y se hará la entregara de un manual de aplicación generado con el modelo de optimización de rutas que se verán retribuidos en la reducción de costos operacionales, costos de mantenimiento y optimización de producción agrícola para establecer estándares en la prestación de servicios de tractores. Consecuentemente con el modelo se dará el soporte técnico y la capacitación correspondiente a los encargados de la Asociación en el uso y manejo de las herramientas.

El objetivo general de la investigación se basa en Implementar rutas y corrección de errores a través de un sistema de información geográfico, con el uso de aplicaciones informáticas en la ejecución de un modelo matemático, que permita soluciones óptimas en reducción de costos de trasportación y procesos de errores.

METODOLOGÍA

Para levantar información y analizar el estudio investigativo se aplicó una encuesta a clientes y miembros responsables de la Asociación de

Producción Social y Desarrollo Productivo el barrio Macaló Grande – Cotopaxi del cantón Latacunga quienes ratificaron los resultados obtenidos de forma hipotética; el grupo de investigadores ha tomado como fundamento el diseño metodológico científica – experimental, la técnica de observación directa asociada al método de transporte y modelos de optimización de rutas en el marco de la Investigación de Operaciones los cuales en su conjunto nos permitirán cumplir con los objetivos y actividades propuestas en el presente proyecto de investigación. De acuerdo a (Arkansas, 2004):

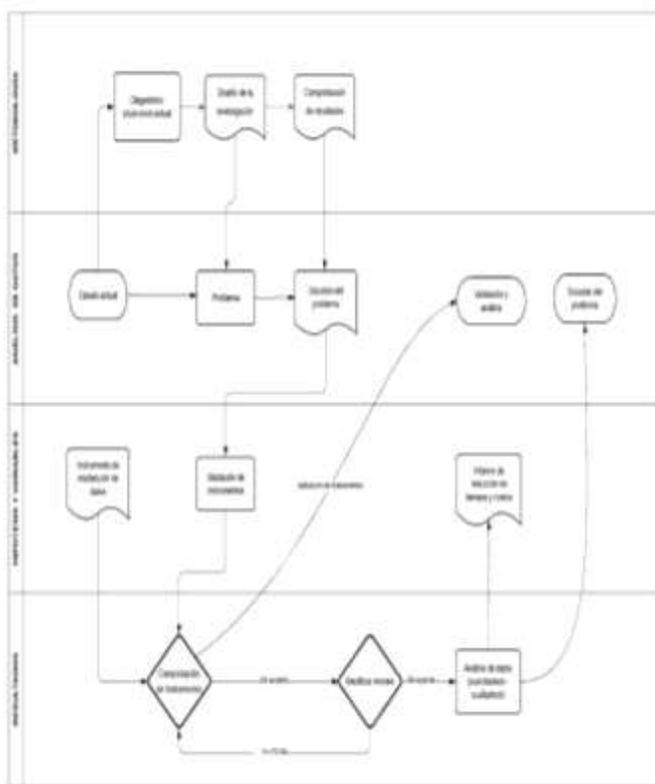


Figura N°1. Flujograma

Elaborado por: Grupo de Investigación (2019).

La metodología se basa en procedimientos estructurados de investigación de operaciones y desde el punto de vista estadístico como sustento

epistemológico que se ve reflejado en utilidad técnica. Los datos se analizan de acuerdo a las distancias, tiempos de recorrido, tiempos de espera tanto en salida como en llegadas, tiempo de trabajo efectivos, la experticia del conductor. A demás para el cálculo de distancias se encontraron las coordenadas geográficas de acuerdo al software impreso para su efecto el mismo que usa la sistema de geo posicionamiento satelital del móvil (G.P.S), que convierte coordenadas rectangulares X, Y a partir de las cuales se calculan las distancias.

El mercado actual es altamente competitivo, la oferta y la demanda en función de costo y los requerimientos de servicio conducen a la necesidad de tener una estrategia sólida de administración de activos, automatización de procesos, operaciones de enrutamiento y transporte, siendo esta última un elemento clave dentro de las estrategias importantes en la decisión operacional relacionada con toda la cadena de abastecimiento, tal como lo indica (Gitman, 2003).

Debido a la complejidad de los problemas en la operación del transporte, existe un efecto combinado de variabilidad, incertidumbre, dinámica y complejas interdependencias entre los elementos del sistema ya que en la actualidad no basta con tener productos de calidad y óptimos en su costo de producción a demás se debe garantizar que los clientes puedan acceder a los productos en cualquier lugar y situación con precios razonables.

La mayor parte de empresas transportadoras y operadores logísticos realizan la planeación de la operación de una manera empírica, basados en la

experiencia de su personal en muchos casos generan sobrecostos por no utilizar un modelo que optimice la distribución y el transporte ya que no toman en cuenta la optimización de rutas o simplemente no toman decisiones de carácter táctico y operacional al momento de optimizar modelos existentes; por lo cual se debe definir objetivos claros por optimizar o resolver, delimitar el servicio actual que se cuenta y sus diferentes características, establecer el tipo de resultados que se desea; es por esto que el presente proyecto propone un sistema de optimización de rutas de transporte de tractores agrícolas que tiene por objeto integrar cadenas logísticas de rutas críticas mediante un sistema de información geográfico con el uso de aplicaciones informáticas capaces de calcular modelos matemáticos de optimización de rutas. Así lo referencia: (Services, 2009)

La utilización de un sistema VRP (Vehicle routing problem) en el presente proyecto; propone dar respuesta a los problemas en la planeación de la operación del transporte mediante la utilización de técnicas y herramientas (cuantitativas) que permitirán plantear un modelo en función del tiempo y sus variables. Tomando como referencia ha: (Elver A. Bermeo Muñoz, 2009)

A través de la metodología matemática se busca que la situación real pueda ser modelada en un sistema de ecuaciones, utilizando la programación lineal. Este sistema se encuentra compuesto principalmente por una función objetiva que busca minimizar los costos de transporte o la distancia recorrida, para definir una serie de restricciones matemáticas que permite adaptar la formulación del

problema a las diferentes situaciones particulares del sistema del transporte como la capacidad del vehículo, velocidad, números de clientes a atender, horario de operación de tractores. En concordancia con: (Borrel, 1982)

A través de la metodología matemática se busca que la situación real pueda ser modelada en un sistema de ecuaciones, utilizando la programación lineal. Este sistema se encuentra compuesto principalmente por una función objetiva que busca minimizar los costos de transporte o la distancia recorrida, para definir una serie de restricciones matemáticas que permite adaptar la formulación del problema a las diferentes situaciones particulares del sistema del transporte como la capacidad del vehículo, velocidad, números de clientes a atender, horario de operación de tractores. Tomando de: (Borrel, 1982). Igualmente, las restricciones permiten regular los diferentes escenarios del problema, como por ejemplo la capacidad y el volumen disponibles en los tractores, la estructura matemática es utilizada para modelar el sistema de transporte inicial, la metodología informática depende de la complejidad del sistema para encontrar una solución óptima mediante herramientas de programación. Como lo indica: (Mora, 1986).

Análisis matemático como resultado del proceso:
Modelo matemático:

$$\text{Min } \sum_k \epsilon_k \sum_i \epsilon_i \sum_j \epsilon_j v d_{ijk} x_{ijk} + F(x) + F'(x) + F''(x) \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} & \sum_{k \in K} \sum_{j \in V} x_{ijk} \\ & = 1 \\ & \forall i \in V \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in V} x_{ijk} - \sum_{i \in V} x_{jik} \\ & = 0 \\ & \forall j \in V, k \in K \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{j \in V} x_{1jk} = \sum_{i \in V} x_{i1k} \\ & = 1 \\ & \forall k \in K \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in V} q_i \sum_{j \in V} x_{ijk} \\ & \leq 0 \\ & \forall k \in K \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & q_i \\ & \leq Q_k \quad \forall i \in V \wedge \\ & \forall k \in K \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & x_{ijk}(b_{ik} + t_{ij} - b_{jk}) \\ & \leq 0 \quad \forall i, j \in V \wedge \\ & \forall k \in K \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} & e_1 \leq b_{1k} \\ & \leq u_1 \\ & \forall k \in K \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} & (\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} t_{ij} + \sum_{i \in V} t'_i + \sum_{i \in V} t''_i \\ & + \sum_{i \in V} s_i) \sum_{j \in V} x_{ijk} B \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & x_{ijk} \in \{0, 1\} \\ & \forall i \in V, j \in V, k \in K \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & x \\ & = (x_{ijk}) \quad \in \mathbb{Z}^+ \end{aligned} \quad (11)$$

Funciones de recursos:

$$\begin{aligned} & F(x) \\ & = 2 \sum_{i=2}^n \sum_{l=1}^{\infty} p \left(\sum_{s=2}^{i-1} \epsilon_{r_s} \leq lQ_k \right) \\ & \leq \sum_{s=2}^i \epsilon_{r_s} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & F'(x) \\ & = E\varphi F'(x, \varphi(\omega)) \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} & F''(x) \\ & = x_{\zeta, \varrho, \varsigma, \tau} F''(x, \zeta, \varrho, \varsigma, \tau) \end{aligned} \quad (14)$$

La función objeto (1) integra el problema de ruteo del tractor donde se minimiza el costo – distancia en relación a la sumatoria de

requerimientos; desde un punto de partida debiendo pasar por otros puntos destinos y regresar a su lugar de salida siendo la trayectoria el nodo i hasta el nodo j donde $i < j$; ($A = \{(v_i, v_j): v_i, v_j \in V, i < j\}$) simulada y determinada en la variable – decisión representada por 1 la misma que usa el arco que va desde i hasta j usando el tractor k y 0 en caso contrario esto (x_{ijk}) permite establecer las función esperada modelamiento de arco x ($F(x)$).

Siendo la función esperada la aparición de nodos modelamiento en el arco x ($F'(x)$) y la función esperada de recursos- tiempos de recorrido y servicios en el modelamiento de nodos arco x ($F''(x)$). La función (12) modelado aleatorio de la demanda (13) modela aleatoriedad de los tiempos (14), (2), (3) y (4) son restricciones del problema de ruteo, garantiza que el tractor salga y vuelva al mismo sitio, que solo pase por cada sitio señalado en dos variable – decisión que adoptan los valores de 1 en el arco que va desde i hasta j usando el tractor k caso contrario un valor de 0, ϵ el vector aleatorio que contiene todos los valores recogidos de los nodos y ϵ_{r_s} pertenecen a los valores predeterminados por la variable aleatoria dentro de un subconjunto S de r .

Al mismo tiempo φ es un vector aleatorio que contiene todos los posibles valores de las variables aleatorias Bernoulli, x es un elemento r -ésimo ruta factible V^r factible de solución; estos vectores tienen sus variantes vinculadas (ζ), (ϱ), (τ) y (ς) vectores aleatorios que contiene todos los posibles valores del tiempo de espera al ingreso en el nodo i en el subconjunto S ; a la salida del nodo i hasta S ; los

tiempos de recorrido desde i hasta j así como de servicio en el nodo i .

La ecuaciones (5) y (6) son restricciones de cantidad y capacidad de cada tractor. Las ecuaciones (7), (8) y (9) se relacionan con los tiempos de entrega y horarios programados. En donde se establecen entre otras variables de uso (Q_k) la capacidad del k -ésimo tractor, (t_{ij}) el tiempo de recorrido desde i hasta j y la variación de horas en función del tractor y nodos como se lo establece a continuación, (b_{ik}) el tiempo de recorrido desde i hasta j , (b_{jk}) la hora de inicio nodo i llega tractor k , (b_{1k}) la hora de inicio nodo 1 sale tractor k , (e_1) la hora más temprana de salir del nodo 1 y (u_1) la hora límite de trabajo del nodo 1.

La función objeto (10) y (11) establece el modelamiento factible de los vectores recogidos en los nodos de acuerdo a probabilidades asignadas en la simulación; la metodología propuesta consiste en desarrollar un procedimiento de solución factible en función de la simulación de las ecuaciones asociadas al software diseñado para su efecto. Esta metodología inicia con la elección de variables, costos (distancia), posteriormente se procede a elegir los nodos para seleccionar la distancia menor objeto de estudio.

El problema VRP (Vehicle routing problem) tiene su grado de complejidad de acuerdo a la cantidad de variables aleatorias, subdivididas en subprogramas de simulación que integran el modelo matemático con cada una de las ecuaciones propuestas. Asignando igualmente, las restricciones que permiten regular los diferentes escenarios del

problema, como por ejemplo la capacidad y el volumen disponibles en los tractores, la estructura matemática es utilizada para modelar el sistema de transporte inicial, este diseño depende de la aplicación informática y su complejidad lo genera la programación estructurada en el sistema para encontrar una solución óptima mediante herramientas apropiadas de programación. Así lo establece: (Mora, 1986)

Una vez asignada la distancia total a recorrer se realiza el cálculo de la función objeto, en donde se multiplica la distancia por un indicador expresado como el cociente del promedio diario de la capacidad del tractor, representando de esta manera el número de veces de la ruta del tractor en el caso de que la demanda fuera constante y conocida. Las pruebas se establecieron en tres oportunidades:

La primera el tractor sale del nodo 1, se dirige al nodo 2 para seguir avanzando toma cierta información y decide si debe continuar con la trayectoria en función del tiempo. Si tiene el tiempo adecuada avanza caso contrario le indica la dirección del nodo a tomar. La segunda muestra permite recorrer hasta avanzar un tramo lineal. La decisión consiste en la capacidad de recorrido y los tiempos son los adecuados, avanzamos al siguiente nodo realiza el trabajo y retoma ruta en el nodo que ocurrió la falla. La tercera simula con diferentes capacidades del tractor y la capacidad de experticia del conductor tomando la ruta asignada por el software desde el nodo de salida al nodo objetivo. En donde se simula desde un 95% hasta un 50% de capacidad del tractor. Menos del 50% no considera

el trabajo, puesto que no será rentable la operación del tractor.

Una vez establecido los muestreos se establece la validación, verificación y acreditación a través de los conceptos establecidos en el presente trabajo dando como resultado el modelo en donde se toma en cuenta las salidas de la simulación hacienda su análisis respectivo desde el punto de vista de regresión lineal son el fin de obtener una función de costes a optimizar, sujeta a un sistema de ecuación restrictiva de distancia, tiempo y trabajo; fruto de la simulación el software permite disminuir los costos y aumenta la eficiencia con la ayuda del sistema su capacidad de respuesta y su metodología.

RESULTADOS

El estudio para la construcción de rutas mediante el cálculo del tiempo necesario en función de la zona geográfica que tienen que utilizar este medio de transporte. La definición de variables de decisión tiene como finalidad la optimización de rutas y frecuencias. Referenciándonos en un estudio de investigación de operaciones con problemas de optimización combinatoria, programación lineal. Disminuir el costo de rutas para un conjunto de clientes con demandas conocidas. Alcanzar la calidad del servicio (minimizar tiempos de viaje y espera).

Proporcionar una herramienta para la planificación de rutas y frecuencias mediante el diseño de rutas; tomando en cuenta lo mencionado, la realización del proyecto es fomentar el uso de herramientas logísticas, para optimizar los procesos y operaciones, mediante el uso de técnicas y métodos

que encuentren una solución adecuada a los problemas complejos como la asignación de vehículos a una ruta de transporte.

De esta manera se sustenta el aporte de este proyecto con base en las necesidades de la zona objeto de esta investigación el mismo que busca fomentar el uso de herramientas logísticas para optimizar los procesos y operaciones, mediante la aplicación de técnicas y métodos que encuentren una solución adecuada a los problemas complejos como la asignación de un medio de transporte adecuado una ruta.

La utilización de un sistema VRP (Vehicle routing problem) en el presente proyecto; propone dar respuesta a los problemas en la planeación de la operación del transporte mediante la utilización de técnicas y herramientas (cuantitativas) que permitirán plantear un modelo en función del tiempo y sus variables. De conformidad con: (Elver A. Bermeo Muñoz, 2009)

Igualmente, las restricciones permiten regular los diferentes escenarios del problema, como por ejemplo: la capacidad y el volumen disponibles en los tractores, la estructura matemática es utilizada para modelar el sistema de transporte inicial, la metodología informática depende de la complejidad del sistema para encontrar una solución óptima mediante herramientas de programación. Como indica textualmente: (Mora, 1986)

Este trabajo tiene como finalidad vincular a los estudiantes de 9no nivel de la Carrera de Ingeniería Industrial, para generar proyectos de Titulación, cursos de capacitación en temáticas referentes a la

optimización de rutas y frecuencias de transporte para desarrollar herramientas de apoyo en la toma de decisiones; cumpliendo con los postulados de vincular a la Universidad con la comunidad, siendo gestora de transformaciones que beneficiarían la labor diaria y optimizarían el uso de tiempo y recursos.

La tecnología en la actualidad juega un papel preponderante ya que a través de estos medios podemos generar ahorro de dinero y reducción de tiempos de respuesta; en la actualidad se disponen de una gran variedad de dispositivos tecnológicos tales como internet, GPS, computadoras, teléfonos inteligentes entre otros que hacen posible que la trasportación en la actualidad sea más confiable, segura y efectiva a esto si le sumamos los modelos matemáticos adecuados nos da como resultado métodos y modelos de óptimos en la trasportación que sin lugar a duda se ve reflejado en una programación lineal de optimización de rutas de trasporte liviano y pesado con múltiples alternativas de solución como el método heurístico, mínimos de costos etc.

Siendo estos problemas los más aplicados en la actual economía mundial por eso la Comunidad nos ha brindado el apoyo y las facilidades necesarias en la consecución de nuestro proyecto, proporcionando las herramientas, equipos e instalaciones que disponen en la actualidad es así que se han logrado acuerdos y compromiso directos con la Comunidad para en su posterioridad informar de los resultados obtenidos a través de charlas con los directamente involucrados y así generar una línea de trabajo estructurado. Sustentado en: (Prawda, 2004)

Con este proyecto se pretende contribuir en la planificación de rutas a través de nuevas tecnologías que permitan una mejora en el servicio de entrega y una reducción de costes; para determinar los puntos críticos como tiempos, costos de mantenimiento, costos operacionales a través de un modelo matemático aplicado a la optimización de estos recursos.

CONCLUSIONES

En el presente proceso investigativo para el sistema de rutas optimas se identifica que las existentes no brindan el servicio esperado de una manera eficiente, lo que dificulta que el proceso tarde mucho tiempo lo que ocasiona gastos innecesarios e incomodidades en los usuarios. El diseño de nuevas rutas permitirá la utilización de un modelo de simulación y mediante los resultados obtenidos se logrará optimizar recursos y tiempos con los consabidos beneficios que esto ocasionará en favor de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arkansas, U. o. (2004). Investigación de trasporte. México: Taha Hamdy A.
- Borrel, J. (1982). Métodos Matemáticos para la Economía (Programación Matemática). Madrid: Pirámide.
- Cooperación_Española. (1999). Trasporte Rural. Perú: UNIFEM.
- Ecuador, G. N. (2009). Plan nacional del buen vivir. Retrieved from Estado Plurinacional e Intercultural: http://issuu.com/publisenplades/docs/pnbv_2009-2013.

- Elver A. Bermeo Muñoz, J. H. (2009). El Hombre y la Máquina. UAEM redalyc.org, 32.
- (1991). Estudio para determinar las ventajas comparativas del sector agrícola en Venezuela. Venezuela: Convenio FCA-IICA.
- Gitman, L. J. (2003). Principios de Administración Financiera. México: Pearson.
- Gobierno Autónomo Descentralizado - Parroquia Rural de Mulaló . (2014-2019). Retrieved from <http://mulalo.gob.ec/cotopaxi/?p=76>
- INEC. (2010). INEC- Gobierno de la República del Ecuador. Retrieved from Instituto Nacional de Estadística y Censos: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- La regulación de comercio de servicios. (2014). Retrieved from Revistas ICE: http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_843_135-148__C5ADC5444986971E84A43A6210DF7951.pdf
- Leidinger, I. O. (1997). In Procesos Industriales (p. 268). Perú: PUCP.
- Mora, J. (1986). Investigación de operaciones e informática. México: Trillas.
- Prawda, J. (2004). Métodos y modelos de investigación de operaciones Vol. 1 Modelos Determinísticos. México: Noriega.
- Services, B. T. (2009). Técnicas para la Optimización de Rutas de Transporte y Distribución. España.