

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Escuela Académico Profesional de Informática



MODELO PARA LA RUTERIZACIÓN

Edgar Peche Perlado

Manuel Perez Yon

Trujillo - La Libertad

2016

MODELO PARA LA RUTERIZACIÓN

EDGAR PECHE PERLADO

MANUEL PEREZ YON

MODELO PARA LA RUTERIZACIÓN

Tesis presentada a la Escuela Académico Profesional de Informática en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de Trujillo, como requisito parcial para la obtención del grado de Bachiller en ciencia de la computación (Título profesional de Ing. Informático)

ASESOR: JOSÉ A. RODRIGUEZ MELQUIADES

Trujillo - La Libertad

2016

HOJA DE APROBACIÓN

Modelo para la Ruterización

Edgar Peche Perlado

Manuel Perez Yon

Tesis defendida y aprobada por el jurado examinador:

Prof. Dr. José A. Rodríguez Melquiades - Asesor
Departamento de Informática - UNT

Prof. Mg. Christian Araujo Gonzales
Departamento de Informática - UNT

Prof. Mg. Juan O. Salazar Campos
Departamento de Informática - UNT

Trujillo, 23 de octubre del 2016

Dedico esta tesis a :

Mis padres

Mi hermano

Mi

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haberme bendecido en toda mi vida

A mis profesores del Departamento de Informática, de los cuales recibí una gran cantidad de conocimientos . . .

A mi asesor Prof. Dr. José A. Rodríguez Melquiades que siempre se mostró disponible e interesado en ayudarme.

. . .

Resumen

Ejemplo:

La investigación bibliográfica revela una preocupación de los gobiernos federales en lo relacionado al destino final de los residuos sólidos urbanos (RSU), con el objetivo de preservar la salud de la población, el medio ambiente urbano y rural. En este contexto y para el caso de las ciudades brasileiras se esperaba que con la desactivación legal de los botaderos hasta el año 2014, surgiesen medidas que viabilicen la colecta selectiva, reciclaje y reutilización para aproximadamente el 80 % del volumen total de residuos colectados y destinados a locales no apropiados.

En este sentido esta investigación tiene como objetivo principal modelar y planificar una red de logística reversa para una región urbana, dimensionando el flujo de RSU que será movido a lo largo de la red, el número y capacidad de las estaciones de colecta, de las unidades productivas y especiales necesarias para su colecta, transporte y disposición final. Los resultados muestran que es posible realizar un modelo matemático para este tipo de problemas, así como su aplicación en diversas regiones sin necesidad de grandes cambios en el modelo propuesto.

Palabras claves: residuos sólidos urbanos, logística reversa, modelo matemático.

Abstract

Ejemplo:

The literature reveals a concern of Federal Governments with the disposal of municipal solid waste (MSW) in order to preserve the health of the population, the urban and rural environment. In this context and for the case of Brazilian cities, it was expected that, with the legal command for the deactivation of landfills by 2014, measures would be adopted in order to enable the selective collection, recycling and reuse for about 80 % of the total volume of collected solid waste and intended to inappropriate places.

In this sense, this research aims to model and plan a reverse logistics network to an urban area, dimensioning the flow of MSW that will be moved along the network, the number and capacity of collection stations, and the productive and special units required for their collection, transportation and final disposal. The results show to be possible perform mathematical modeling of this problem with low investment, as well as apply it in various regions without major changes in the proposed model.

Keywords: solid waste, reverse logistics, mathematical modeling.

Lista de símbolos

Constantes:

- (1) r, \bar{r} Índice que denota regiones.
- (2) n Índice de bienes finales deseados por los consumidores.
- (3) ...

Variables:

- (5) x^r Vector columna que denota la actividad de producción.
- (6) u^r ...

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| 2.1. Aspectos claves para el desarrollo sustentable. | 12 |
| 2.2. Logística reversa incluida en el desarrollo sustentable. | 13 |
| 3.1. Esquema del proceso de colecta y transporte de RSU. | 17 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| 1.1. Estimativa en los programas de colecta selectiva formal (2008) | 4 |
| 1.2. Estimativa en los programas de colecta selectiva formal (2008) | 4 |
| 2.1. Resultados computacionales obtenidos en el modelo de Sterle (2010) | 15 |

Índice general

| | |
|---|-------------|
| Dedicatoria | IV |
| Agradecimientos | V |
| Resumen | VI |
| Abstract | VII |
| Lista de símbolos | VIII |
| Índice de Figuras | IX |
| Índice de Tablas | X |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Motivación | 2 |
| 1.2. Formulación del problema | 3 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1.3. | Importancia de la investigación | 3 |
| 1.4. | Objetivos | 4 |
| 1.4.1. | Generales | 4 |
| 1.4.2. | Específicos | 4 |
| 1.5. | Contribución de la investigación | 5 |
| 1.6. | Metodología de la investigación | 5 |
| 1.7. | Estructura de la tesis | 8 |
| 2. | Marco teórico | 10 |
| 2.1. | Optimización combinatoria y complejidad computacional | 11 |
| 2.1.1. | Problemas combinatorios | 11 |
| 2.1.2. | Heurísticas y metaheurísticas | 11 |
| 2.2. | Sustentabilidad | 11 |
| 2.3. | Logística directa y reversa | 12 |
| 2.3.1. | Logística directa | 12 |
| 2.3.2. | Logística reversa | 13 |
| 2.3.2.1. | Modelos | 14 |
| 2.4. | Modelamiento y ruteo | 14 |
| 2.4.1. | Modelos utilizados en los problemas de ruteo de vehículo | 14 |

| | |
|--|-----------|
| 3. Propuesta o tema central de la tesis | 16 |
| 3.1. Proceso de modelamiento | 17 |
| 3.1.1. Proceso de ruteo | 18 |
| 4. Resultados de la tesis | 20 |
| 4.1. Teóricos | 20 |
| 4.2. Computacionales | 20 |
| 5. Consideraciones finales | 24 |
| 5.1. Conclusiones | 24 |
| 5.2. Trabajos futuros | 25 |
| A. Primer apendice | 28 |
| B. Segundo apendice | 29 |
| C. Tercer apendice | 30 |

Capítulo 1

Introducción

Ejemplo:

A medida que las ciudades crecían, el propio sistema urbano como un todo iba quedando cada vez más complejo e insuficiente para atender la fuerte demanda de la población por servicios urbanos. Las instituciones responsables por la oferta de tales servicios urbanos no han podido acompañar el ritmo de crecimiento de las demandas, ya que necesitan inversiones para ampliar los servicios de proyectos innovadores que se adapten a la nueva realidad de la sociedad moderna y de modelos de gestión más eficientes y eficaces que dinamicen la toma de decisiones, así como una participación más proactiva de la comunidad y de todos los actores involucrados de forma directa e indirecta en esos servicios.

El transporte de carga tiene cierta ventaja sobre el transporte de personas, pues es posible intervenir e influir en los flujos de los viajes a través de una buena administración de los horarios de los sistemas logísticos de entrega, y colecta de las empresas y por medio de la implementa-

ción de proyectos de logística urbana y definición de políticas de transporte de carga por parte de los gobiernos locales, en sociedad con las empresas transportadoras y la comunidad. Diversos proyectos se han aplicado con bastante éxito en varias ciudades del primer mundo (Santos, 2008), trayendo ganancias a todos los actores y una reducción significativa de los impactos negativos en los principales centros urbanos.

1.1. Motivación

Ejemplo:

De esta forma, los sistemas integrados para el manejo, tratamiento y disposición final de los RSU que ya existen en diversas ciudades y capitales de los países desarrollados, se hacen referencias para la investigación y justifican posibles adaptaciones para la realidad brasileña con el objetivo de que las ciudades sean ambientes más sustentables y competitivos.

Por lo tanto, se puede concluir que realmente existe una necesidad para planificar y modelar una red logística reversa que atienda a las necesidades de una región urbana y que contribuya con la adecuada disposición de los residuos urbanos. A partir del modelamiento es posible estructurar el sistema organizacional, gerencial, operacional y de información de toda la red de logística reversa, y todas las otras acciones que fueron descritas en los párrafos anteriores.

1.2. Formulación del problema

Ejemplo:

En este trabajo, se propone discutir el modelo de red de logística reversa basado en el problema del ruteo de vehículos para responder a la siguiente pregunta:

¿Cómo viabilizar una red logística reversa en regiones urbanas minimizando los costos logísticos de ruteo y transporte de los RSU hasta su disposición final?

1.3. Importancia de la investigación

Ejemplo:

La colecta selectiva se define en la Ley 12.305/2010, como la colecta de residuos sólidos previamente separados de acuerdo con su constitución y composición. Esta colecta deber ser implementada por todos los municipios brasileños.

El escenario actual revela que la colecta selectiva de materiales reciclables es adoptada en aproximadamente 18 % de los municipios brasileños y estimativas indican que los residuos recuperados por los programas de colecta selectiva formales aún es muy pequeña. El reciclaje en el país se mantiene por el reciclaje pre-consumo y por la colecta post-consumo informal , conforme se puede observar en la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Estimativa en los programas de colecta selectiva formal (2008)

| Residuos | Residuos colectados(t/día) | Residuos reciclados(t/año) |
|----------|----------------------------|----------------------------|
| Metales | 5 293 | 9 817 |
| Papeles | 23 997 | 3 827 |
| Plástico | 24 847 | 962 |
| Vidrio | 4 388 | 489 |

Fuente: MMA (2011).

Tabla 1.2: Estimativa en los programas de colecta selectiva formal (2008)

| Residuos | Residuos colectados(t/día) | Residuos reciclados(t/año) |
|----------|----------------------------|----------------------------|
| Metales | 5 293 | 9 817 |
| Papeles | 23 997 | 3 827 |
| Plástico | 24 847 | 962 |
| Vidrio | 4 388 | 489 |

Fuente: MMA (2011).

1.4. Objetivos

1.4.1. Generales

1.4.2. Específicos

Ejemplo de objetivos:

Objetivo General:

- a) La investigación tiene como objetivo principal modelar y planificar una red logística reversa para una región urbana, dimensionando el flujo de RSU que será transportado a lo largo de la red y determinar el número y capacidad de las estaciones de colecta y de la

unidades productivas y especiales necesarias para la atención de la región, en cuanto a la colecta, transporte y disposición final de los RSU.

- b) Con la optimización del modelo de colecta de RSU, es posible reorganizar el sistema logístico reverso de una ciudad de forma que se consiga un mejor dimensionamiento de la red, con la consecuente disminución del número que circulan en la ciudad.

Objetivos específicos:

- a) Aplicar una metodología de programación lineal entera, considerada computacionalmente como un problema que pertenece a la clase de complejidad NP (Korte and Vygen, 2008) para solucionar el problema.
- b) Implementar con CPLEX, rodando en el sistema operativo Linux, los modelos propuestos, validarlos y testarlos en un caso práctico.

1.5. Contribución de la investigación

1.6. Metodología de la investigación

Ejemplo:

Para llegar a los objetivos propuestos, el desarrollo de la investigación comprendió las siguientes etapas de trabajo a saber:

- a) Análisis del problema de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) en el Brasil, para comprender la situación actual y levantar los principales cuellos de botella. Además, definir las principales variables de decisión para el modelamiento;
- b) Levantamiento de los principales casos de éxito en la gestión de RSU en las ciudades brasileras y de otros países;
- c) Formulación del problema principal de la investigación, justificando su importancia;
- d) Levantamiento bibliográfico de los diferentes temas necesarios para la elaboración de la investigación, tales como Leyes de RSU, sustentabilidad, ruteo, logística urbana, logística reversa y gestión de residuos, entre otros;
- e) Estudio y análisis de los modelos de ruteo, logística urbana y logística reversa que contribuyan con el estado de arte del problema formulado;
- f) Estudio y análisis de los métodos de solución para resolver los modelos evaluados en la revisión bibliográfica, así como los modelos que serán propuestos en este estudio;
- g) Investigación y estudio de software libre que permita el teste de los modelos estudiados y la implementación de los modelos desarrollados en la investigación;

- h) Testes y validación de los modelos estudiados con la herramienta computacional escogida;
- i) Planificación del sistema de logística reversa para la sustentabilidad en el contexto de la logística urbana, por medio del desarrollo del modelamiento matemático del Sistema de Colecta Selectiva (ruteo) y de Transporte de los RSU hacia los centros especializado para que sean reciclados, reutilizados o rechazados;
- j) Elección de un área urbana para que sea utilizada como estudio de caso, tanto para los testes de los modelos estudiados como de los modelos desarrollados;
- k) Levantamiento de los datos necesarios para validar y testar los modelos junto a los organismos responsables y organizaciones que participan directa e indirectamente en este campo de trabajo;
- l) Levantamiento de premisas y simulación de datos para ejecutar los programas, es decir, muchas veces las bases de datos reales que se encuentran son incompletas y por un determinado dato no se puede ejecutar el programa, en este caso, esas informaciones son llenadas por medio de simulaciones de datos considerando la experiencia del analista de sistemas;
- m) Testes y validación de los modelos desarrollados en la ciudad escogida por medio de la generación de escenarios alternativos.

1.7. Estructura de la tesis

Ejemplo:

El presente trabajo está dividido en seis capítulos. El primer capítulo presenta los aspectos generales del tema tratado: la formulación del problema, importancia de la investigación, los objetivos, la contribución, además de la metodología de la investigación y la estructura de la tesis.

En el capítulo dos se presenta el referencial teórico, soporte del tema, contemplando los conceptos de sustentabilidad urbana, logística directa y reversa, modelamiento y ruteo. Los modelos reportados por literatura especializada fueron programados con CPLEX.

El tercer capítulo trata del tema central de la tesis, diseñándose los modelos respectivos propuestos...

En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación. En el capítulo cinco se presentan las consideraciones finales obtenidas en esta tesis. Inicialmente se presentan las conclusiones, seguida de las recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas al tema en cuestión.

Finalmente las referencias bibliográficas usadas para la investigación en esta tesis y los anexos donde se presentan los programas elaborados y en apéndice un pequeño glosario de ciertos términos usados en esta investigación.

Capítulo 2

Marco teórico

Ejemplo:

En este capítulo se presenta una reseña del material bibliográfico investigado con relación a los temas considerados en esta investigación. Los conocimientos investigados son muy amplios, principalmente aquel que ayudó a consolidar las bases del conocimiento científico para elaborar esta tesis, como lo son los temas de optimización combinatoria, complejidad computacional, metaheurísticas, ciencia de la información y logística, conocimientos sin los cuales sería difícil de modelar y solucionar matemática y computacionalmente cualquier tipo de problema de optimización.

2.1. Optimización combinatoria y complejidad computacional

2.1.1. Problemas combinatorios

2.1.2. Heurísticas y metaheurísticas

2.2. Sustentabilidad

Ejemplo:

La configuración, característica, jurisdicción administrativa, relaciones económicas, sociales y ambientales de un espacio urbano se define por la población y por la función que ella desarrolla en un área geográfica o región (Bugliarello, 2006). De este modo las ciudades son sistemas dinámicos que interactúan continua y constantemente con su medio ambiente, acompañando las características, perfil, cultura y ritmo de desarrollo económico y social de su población. Los medios de transporte juegan un papel importante en tal ritmo de desarrollo de las ciudades, ya que ellos tienen como función relacional los factores poblacionales con los factores uso del suelo.

El desarrollo sustentable, (Figura 2.1), estará garantizado si se consideran tres aspectos fun-

damentales: económico, social y ambiental, donde la intersección de estos aspectos garantiza la calidad de vida en el espacio urbano y el equilibrio en las clases sociales en busca del bienestar (Tanguay et al., 2010).

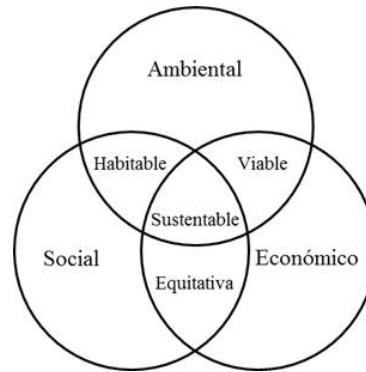


Figura 2.1: Aspectos claves para el desarrollo sustentable.
Fuente: Tanguay et al. (2010)

2.3. Logística directa y reversa

2.3.1. Logística directa

Ejemplo:

Ghiani et al. (2004) entienden que la logística trata de la planificación y control de los flujos de materiales e informaciones relacionadas en las organizaciones, tanto en los sectores público y privado. Además su misión es hacer la entrega de los productos correctos, en el local correcto

y en la hora correcta, optimizando los costos operacionales totales del proceso. satisfaciendo un determinado conjunto de restricciones o condiciones.

2.3.2. Logística reversa

Ejemplo:

En los años 90 se presentaron definiciones generales las cuales vienen siendo mejoradas. Dekker et al. (2003) presenta una mejora en la definición de logística reversa como "el proceso de planificación, implementación y control de los flujos de materias-primas, en procesos de inventarios y bienes acabados, desde el punto de fabricación, distribución o uso, hacia el punto de recuperación o de eliminación".

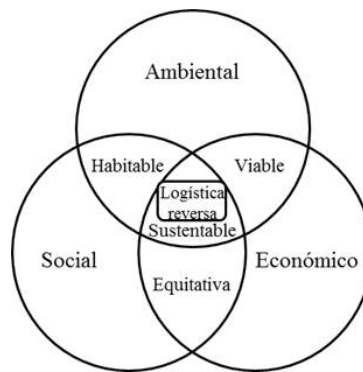


Figura 2.2: Logística reversa incluida en el desarrollo sustentable.

Fuente: Adaptación de Tanguay et al. (2010)

2.3.2.1. Modelos

2.4. Modelamiento y ruteo

Ejemplo:

El modelamiento matemático es una alternativa para expresar formalmente hechos reales que pueden ayudar en el proceso de toma de decisiones. El modelamiento permite la simulación de procesos y de escenarios con la introducción de índices de desempeño que permitan cuantificar los costos y beneficios de la implementación del sistema, la mejoría de la sustentabilidad urbana y por supuesto los índices de contaminación en las grandes ciudades y su impacto en todo el medio ambiente.

2.4.1. Modelos utilizados en los problemas de ruteo de vehículo

Ejemplo:

El problema de ruteo de vehículos (Ombuki et al., 2006; Yeun et al., 2008) y sus variantes han ganado mucho interés en la comunidad académica. La intención de estar más cerca a la realidad mediante el modelamiento matemático, hace que se hayan desarrollado nuevos modelos de optimización.

Según Sterle (2010) el primer nivel de la red comprende la distribución de la carga desde las

plataformas hasta las unidades satélites, utilizando vehículos de carga de mayor tamaño (g). El segundo nivel, consiste en montar rutas desde las unidades satélites hasta los clientes, usando para este caso vehículos de menor tamaño (v). El modelo de localización y ruteo de vehículos para la distribución de carga propuesto por el autor, además de hacer la conexión de los dos niveles y estudiar su inter relación y dependencia, el modelo busca determinar la cantidad necesaria de plataforma y de unidades satélites considerando el tamaño y dimensionamiento de la flota para el ruteo en dos niveles.

Tabla 2.1: Resultados computacionales obtenidos en el modelo de Sterle (2010)

| Escenarios | Demanda de los clientes (ton.) | Tiempo (min.) | Costo de ruteo (\$) | | | |
|------------|--|---------------|---------------------|--|------------------|--|
| | | | Costo en el nivel 1 | Vehículo: Ruta en nivel 1 | Costo en nivel 2 | Vehículo: Ruta en nivel 2 |
| 1 | P1: 1; P2: 2; P3: 2; P4: 2; P5: 1 | 0.12 | 624 | g4: pla1-sat1-pla1 | 43,42 | v1: sat1-P2-P1-P3-P4-P5-sat1 |
| 2 | P1: 1; P2: 2; P3: 2; P4: 2 P5: 1; P: 4 P7: 3 | 56.54 | 1680 | g3: pla1-sat1-pla1 g4: pla2-sat3-pla2 | 64,35 | v1: sat1-P6-P3-P4-P5-sat1 v2: sat3-P2-P7-P1-sat3 |
| 3 | P1: 1; P2: 2; P3: 2; P4: 2; P5: 1; P6: 4; P7: 3; P8: 2; P9: 2 | 287.70 | 1680 | g3: pla1-sat1-pla1 g4: pla2-sat3-pla2 | 70,72 | v1: sat1-P6-P3-P4-P5-sat1 v2: sat3-P9-P2-P7-P8-P1-sat3 |
| 4 | P1: 1; P2: 2; P3: 2; P4: 2; P5: 1; P6: 4; P7: 3; P8: 2; P9: 2; P10: 1; P11: 3 | 1848.57 | 1680 | g3: pla1-sat1-pla1 g4: pla2-sat3-pla2 | 93,46 | v1: sat1-P6-P3-P4-P5-sat1 v2: sat3-P9-P2-P7-P8-P1-sat3 v3: sat3-P10-P11-sat3 |

Fuente: Resultados obtenidos con CPLEX.

Capítulo 3

Propuesta o tema central de la tesis

Ejemplo:

Basado en los conceptos discutidos en los capítulos 1 y 2, así como de la experiencia obtenida del análisis de resultados de los modelos matemáticos estudiados y programados con CPLEX, se caracterizan los principales elementos que componen el modelo propuesto en este trabajo para la colecta y transporte de RSU en un área urbana. Así, se estructura una red logística reversa para los RSU considerando diferentes centros especializados o unidades productivas para atender las diferentes fases del proceso en la red. En este proceso de modelamiento se tuvo cuidado en mantener la propuesta lo mas cerca a la realidad de las ciudades, donde el modelo fue testado y validado.

3.1. Proceso de modelamiento

Ejemplo:

La planificación y modelamiento del sistema de logística reversa de una área urbana es una fase importante y estratégica, para obtener en el futuro óptimos resultados en el proceso de gerenciamiento y operación del sistema reverso de RSU. El modelamiento permite determinar la localización de las estaciones de colecta y de unidades especiales necesarias, así como el flujo que será movido a lo largo de la red permitiendo dimensionar todo el sistema y sus componentes (Figura 3.1).

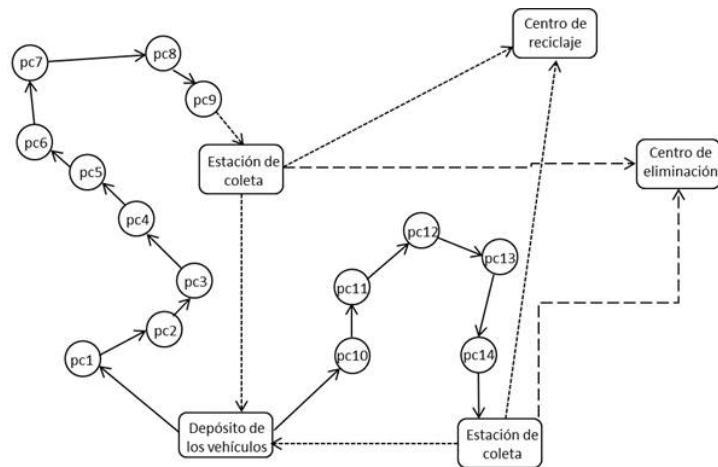


Figura 3.1: Esquema del proceso de colecta y transporte de RSU.

Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Proceso de ruteo

Capítulo 4

Resultados de la tesis

Al culminar con la investigación se llegaron a resultados interesantes del punto de vista tanto teórico como computacional. ...

4.1. Teóricos

4.2. Computacionales

Capítulo 5

Consideraciones finales

5.1. Conclusiones

Ejemplo

La investigación bibliográfica revela que realmente existe una preocupación de los gobiernos federales con el destino final de los residuos sólidos, con el objetivo de preservar la salud de la población y el medio ambiente urbano y rural. Por ejemplo, se observa la creación, en el caso del Brasil, de la Ley 12.305/10. Sin embargo existe una laguna entre las metas propuestas en la ley con las metas reales de los gobiernos locales. Eso se debe a la falta de una buena estructura organizacional, gerencial y operacional de los gobiernos locales capaz de atender las demandas locales y las necesidades de la población.

La falta de cuadros especializados, tanto en los gobiernos centrales como locales, para realizar la planificación y modelamiento de una red logística reversa puede ser compensada con la contribución de los investigadores que actúan en ese campo del conocimiento. Es muy difícil la formación de un equipo que tenga todo el conocimiento en las áreas de ciencia de la computación, de geo procesamiento, de modelamiento matemático y de logística reversa, entre otras. Esa es una de las principales justificativas que los gobiernos, federales y locales, argumentan a la falta de planificación de una red logística reversa que funciones eficaz y eficientemente.

Por lo tanto, como quedó demostrado a lo largo de este trabajo, es posible realizar el modelamiento matemático para este tipo de problema con baja inversión, así como aplicarlo en varias regiones sin necesidad de grandes cambios en el modelamiento propuesto. El modelo propuesto calcula los flujos en la red logística reversa, permitiendo dimensionar la cantidad y capacidad de las unidades productivas y de los vehículos.

...

5.2. Trabajos futuros

Bibliografía

- Bugliarello, G. (2006). Urban sustainability: Dilemmas, challenges and paradigms. *Technology in society, Elsevier.*, 28(22):19–26.
- Dekker, R., Inderfurth, K., van Wassenhove, L., and Fleischmann, M. (2003). Quantitative approaches for reverse logistics. *Springer-Verlag, Berlin. Forthcoming.*, 24(22):40–60.
- Ghiani, G., Laporte, G., and Musmanno, R. (2004). *Introduction to logistics systems planning and control*. Jhon Wiley & Sons.
- Korte, B. and Vygen, J. (2008). *Combinatorial optimization Theory and Algorithms, Fourth Edition*. Springer Heidelberg Dordrecht., London New York.
- MMA (2011). *Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*. Ministério do Meio Ambiente.
- Ombuki, B., Ross, B. J., and Hanshar, F. (2006). Multi-objective genetic algorithms for vehicle routing problem with time windows. *Applied Intelligence, Springer Science.*, 322(12):91–99.

- Santos, E. M. (2008). *Contribuição à Gestão da Distribuição de Cargas em Áreas Urbanas sob a Ótica do Conceito City Logistics*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília.
- Sterle, C. (2010). *Location-Routing models and methods for freight distribution and infomobility in city logistics*. Thèse de doctorat. Centre interuniversitaire de recherché sur les réseaux d' entreprise, la logistique et le transport., CIRRELT.
- Tanguay, G., Rajaonson, J., Lefevre, J., and Lanoie, P. (2010). Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators, Elsevier*, 26(22):100–115.
- Yeun, L., Ismail, W., Omar, K., and Zirour, M. (2008). Vehicle routing problem: Models and solutions. *Journal of Quality measurement and analysis*, 22(13):111–120.

Apéndice A

Primer apendice

hola como

Apéndice B

Segundo apendice

si te escucho

Apéndice C

Tercer apendice

sdsdsd