

PLAN DE TRABAJO

Versión anotada (agosto de 2011)

TÍTULO DEL PROYECTO: Diseño de una plataforma logística a través de la optimización de redes de distribución para el sector agrícola.

DATOS DEL BENEFICIARIO

Nombre completo: Humberto Alvarez
Número de cédula: 4-126-22
Fecha de nacimiento: 29 de junio de 1958
Lugar de nacimiento: David, Chiriquí
Nacionalidad: Panameño
Dirección postal: 0819-12425, El Dorado
Teléfonos: 6673-1119 (oficina, celular)
Correo electrónico: humberto.alvarez@utp.acpa (cuenta actual, funcional!)

DATOS DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL

Nombre completo: Humberto Alvarez
Número de cédula: 4-126-22
Fecha de nacimiento: 29 de junio de 1958
Lugar de nacimiento: David, Chiriquí
Nacionalidad: Panameño
Dirección postal: 0819-12425, El Dorado
Teléfonos: 66731119 (oficina, celular)
Correo electrónico: humberto.alvarez@utp.acpa (cuenta actual, funcional!)

**TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN
DE LA PROPUESTA:** **12 meses**

MONTO TOTAL DEL PROYECTO: **B/. 35,000**

1. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El estudio de las redes de distribución es importante dentro de los problemas abordados en la gestión de la cadena de suministro ya que mantiene la conexión entre los agentes que componen los sistemas de transporte, y adquiere una importancia decisiva en la determinación del coste total de distribución. **Daganzo (1992)**, establece el principio de aplicación de redes de distribución con el objetivo de unir un origen y un destino, un origen y muchos destinos, muchos destinos y muchos orígenes utilizando centros de transbordo, y brindando métodos para resolverlos.

De acuerdo a **Agra, D. (2008)**, los costes asociados al transporte de mercancías representan una gran parte del coste final de un producto y por medio del desarrollo de la llamada ingeniería del transporte, han aparecido tipologías de redes de distribución que optimizan los recursos de una red. Según **Estrada (2007)**, dentro de la ingeniería del transporte y la logística, existen 3 tipologías básicas de redes de distribución, según la mercancía, el modo de transporte o la disposición de los puntos generadores de demanda. Estas 3 tipologías son el peddling, el many-to-many y el H&S (Hub & Spoke). Un coste muy importante que comparten cada uno de ellos son los costes derivados de la distribución de los productos a los mercados. Una mala planificación por parte de la empresa o productor en materia de transporte, o un mal estado de las infraestructuras (ya sea por falta de capacidad o por un bajo nivel de servicio), acarrea una penalización en el coste final del producto o del servicio que provoca pérdida de competitividad de la empresa.

Numerosas hipótesis se han propuesto, a nivel internacional, en relación con las redes de distribución, **Lapierre, Ruiz, and Soriano (2004)** implementan un modelo que maneja varios modos de transporte considerando dos atributos; el volumen y peso, demostrando que la elección óptima entre modos depende de la cantidad del flujo del transporte y del resultado óptimo en función de costos, **Oded Berman y Qian Wang (2006)** consideran el problema de seleccionar la apropiada estrategia de distribución para entregar una gama de productos desde un conjunto de proveedores a un conjunto de plantas para que el total transporte, el inventario, y el coste de la planta de inventario se reduzcan al mínimo.

Para resolver problemas de redes de distribución se llevan a cabo modelados matemáticos donde existen diferentes métodos de optimización para resolver el modelado, entre los más conocidos figuran (optimización lineal, no lineal, heurística, simplex etc.) y su elección dependerá de la complejidad y cantidad de variables. **Lapierre, Ruiz, and Soriano (2004)** discuten diferentes formulaciones de redes de distribución con centros de transbordo y presentan un modelo con solución heurística. **Yamada (2009)** llevo a cabo el modelado de las redes de transporte de mercancías basado en metaheurísticas. **Song, Hsu, and Cheung (2008)** formulan la red como un problema de optimización no lineal entre los proveedores y clientes a través de un centro de consolidación en una red de distribución con múltiples opciones de transporte.

En el contexto regional, la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL) en 2009 publica el boletín titulado: Plataformas logísticas, elementos conceptuales y rol del sector público donde establece los criterios preliminares para una implementación exitosa de una plataforma logística. A nivel nacional, el estado del arte panameño sobre este tema es nulo y ha recibido poca atención bibliográfica hasta este momento. En un caso similar **Xu, Chen, Rajagopal, And Arunapuram, (2003)** consideraron un problema de recolección y entrega de productos en el sector logístico con una serie de complicaciones del orden práctico. Además, en Panamá no se han realizado proyectos de modelado matemático de redes de distribución de productos para el sector primario, corriendo el riesgo de no conocer la tipología de redes de distribución de nuestras cadenas logísticas que sirve para proyectos del orden nacional.

El objetivo de las redes de distribución es establecer una plataforma logística en donde ocurra la ruptura del transporte (nodo o hub), donde la carga se manipula, clasifica y se agrupa para distribuirla en otras rutas de forma tal que se reduzcan los costos y se permita la entrega en un tiempo adecuado. Por lo tanto la definición más conocida de plataforma logística es la que entrega la European Association of Freight Villages EUROPLATFORMS. "Una plataforma

logística es una zona especializada que cuenta con la infraestructura y los servicios necesarios para facilitar la complementariedad modal y servicios de valor agregado a la carga, donde distintos agentes coordinan sus acciones en beneficio de la competitividad de los productos que hacen uso de la infraestructura”.

El presente proyecto tiene como principal componente el estudio de la red de distribución de la cadena logística de un producto del sector primario, aplicando teorías de redes. La línea base de este estudio de diseño de redes de distribución nace del problema del alto costo de la canasta básica debido a las ineficiencias de las conexiones entre los productores dentro de la cadena de suministro de los productos primarios con los agro-empresarios y se propone el estudio para la localización eficiente de una plataforma logística basado en la optimización matemática con el fin de integrarlo con proyectos como la cadena de frío.

2. JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMA A INVESTIGAR

En materia agrícola en Panamá el sector agropecuario representa las principales fuentes de empleo en el medio rural aportando el 19% de la población total, con actividades que van desde la agricultura, la ganadería, la caza y la silvicultura. Aunque estas actividades en total representan solo el 3.4% del producto interno bruto agropecuario (PIBA) a 2009 según cifras de la Contraloría General de la República de Panamá, el valor de productos primarios representó, en el año 2009, el 70% de las exportaciones totales de bienes del país.

Según el Plan de Acción Estratégico del sector Agropecuario 2010-2014, el sector agropecuario se caracteriza por tener infraestructuras inadecuadas para los procesos productivos, altos costos de producción y de intermediarios las cuales afectan el desarrollo de las cadenas productivas. El reto para el país será la apertura comercial que año tras año se intensifica con los tratados de libre comercio, los cuales implica inmediata necesidad de adecuación estructural de este sector para poder competir y garantizar la continuidad de abastecimiento de la demanda interna con productos de calidad y evitar las importaciones. Este plan también proyecta como eje de desarrollo la disminución del costo de la canasta básica de alimentos mediante el estudio de los flujos de productos primarios y promueve estudio de redes para el sector primario donde el objetivo específico del mismo dicta que se deben fortalecer las cadenas agroalimentarias del país.

De acuerdo al Plan Estratégico de Gobierno (2010 – 2014), Panamá actualmente dedica el 25% de la masa total de la tierra a la agricultura, mientras que el 15% sigue siendo arable, pero sin cultivar. La mejor oportunidad para ampliar la capacidad de producción se encuentra en las provincias de Bocas del Toro y Darién. Pero la falta de acceso a los mercados debido a la infraestructura vial y la necesidad de una cadena de frío, impiden que muchas regiones de producción accedan a los mercados tanto nacionales como internacionales y esta falta de acceso reducido no solo aumenta los costos de producción, reduciendo la competitividad de los productores panameños, sino que además, hace que se incremente los precios y los riesgos de seguridad en el consumo interno.

El Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación PENCYT señala que las actividades del sector primario se desarrollan en la mayor parte del territorio nacional y están directamente relacionadas con la satisfacción de una de las necesidades básicas de todo ser humano: la alimentación. Estos subsectores también tienen bajo su responsabilidad el manejo, cuidado y protección de nuestros recursos naturales de una manera sostenible para que se pueda continuar generando riquezas para el país y sus habitantes, además este sector se interrelaciona con el sector secundario aportando materias primas para industrias.

A fin de buscar soluciones a este problema, el gobierno nacional está implementando el proyecto de la Cadena de Frío el cual consiste en construir infraestructuras con ambientes controlados de temperatura y humedad para productos perecederos, manteniendo su calidad e inocuidad desde el momento que sale del campo (cosecha) o punto de origen a través de toda la cadena de distribución hasta llegar al consumidor final¹. Un proyecto de investigación y

¹ <http://www.cadenadefrio.gob.pa/>

desarrollo que se integre con la cadena de frío, donde su impacto ayude en la toma de decisiones es el estudio de localización de las instalaciones llamadas *hubs* mediante análisis de redes, la cual es materia creciente tanto en las redes de comunicaciones como en el flujo de pasajeros de aerolíneas, trenes, carga o redes de paquetería.

En el marco de la maestría de excelencia “*Master of Science in International Transportation and Logistic*” entre la Universidad Marítima Internacional de Panamá y SENACYT, se desarrolla el proyecto de investigación y desarrollo “**Diseño de una plataforma logística a través de la optimización de redes de distribución para el sector agrícola.**” en conjunto con investigadores de la Universidad Tecnológica de Panamá y Universidad de Panamá con el objetivo de estudiar la red de distribución de un producto agrícola para posteriormente proponer un modelo que pueda emplearse para tomas de decisión sobre localizaciones óptimas de centros de intercambio modal y plataformas logísticas “*hubs*”.

Para ello se pretende desarrollar una investigación exploratoria-descriptiva cuantitativa la cual propone a nivel regional un nuevo estudio que aporte en el área de las redes de distribución de productos agrícolas para asegurar la alimentación y consumo de países latinoamericanos. En el contexto nacional ser pionera en información básica para proyectos de desarrollo del país basados en investigaciones científicas y revelar los flujos logísticos de la cadena de un producto agrícola.

3. PERTINENCIA EN RELACIÓN CON EL PLAN ESTRATÉGICO NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (PENCIYT) 2010-2014

Este proyecto tiene relación pertinente con los programas sectoriales y transversales establecidos por SENACYT en las áreas de:

- **Sector agropecuario, acuícola, pesquero y forestal;** en donde es necesario atender un sistema de transporte óptimo ya que hay una falta de capacidad instalada, tanto a nivel de centros de distribución como de transporte, para conservar productos alimenticios perecederos el cual crea las mermas de pos cosecha.
- **Sector de industria y energía;** principalmente porque este sector se complementa del sector primario y en las áreas prioritarias de formación se encuentra la cadena de frío. En cuanto a investigación y desarrollo se promueven proyectos que influyan en disminuir la canasta básica.
- **Sector logística y transporte;** tiene la mayor pertinencia ya que el mismo menciona la necesidad de establecer zonas logísticas con sitios de almacenaje y distribución de mercancías. En materia de debilidades en el sector terrestre, existe una carencia de planificación en el transporte terrestre. Como temas prioritarios establece el diseño y optimización de cadenas de suministro y desarrollo de estrategias logísticas.

4. BENEFICIOS Y PRINCIPALES BENEFICIARIOS

El principal beneficio es dar soporte a la actividad del sector primario utilizando la logística como pilar para asegurar el suministro a la producción y al consumo, y favorecer el desarrollo ordenado y eficiente de un sector golpeado por diferentes factores donde la implementación de una plataforma logística traería repercusiones positivas para el desarrollo del país. Los principales beneficiarios son: sector primario, sector secundario, provincias centrales, cadena de frío. También tendría beneficios para los tomadores de decisiones tanto a nivel táctico, como a nivel de estrategias nacionales de desarrollo del sector primario. La educación superior también se beneficia de este proyecto producto de la generación de capacidades mediante trabajos mancomunados entre la UMIP y UTP que se encuentra sustentado en el Convenio de Cooperación No. DE – VIPE – 032 – 2010.

5. IMPACTO ESPERADO

Con este proyecto, se busca definir alternativas para optimizar la cadena de frío lo que traerá beneficios económicos, sociales y ambientales en las diferentes áreas donde se producen, almacenan y consumen los productos. Beneficios económicos porque, por un lado disminuirá desechos y pérdidas de más de 40% de lo transportado, disminuirá costos a los productores y consumidores y generará empleo dentro de los procesos logísticos. Desde el punto de vista social, generará mejores condiciones de vida dentro de las áreas de producción y ayudará a que el panameño consuma productos frescos a mejores precios, lo que también beneficia su

alimentación y condiciones de vida. Por último, al disminuir las pérdidas por daños durante el transporte, una gran cantidad de basura orgánica no aprovechada dejará de producirse, en especial en las áreas terminales de las redes de distribución, que presentan problemas de basura y su eliminación.

6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

Desarrollar un modelo optimizado de una plataforma logística para la red de distribución de un producto agrícola.

Objetivos específicos

- (a). Identificar los orígenes-destinos del producto a estudiar en su cadenas logísticas.
- (b). Utilizar un modelo matemático para validar y ubicar de una forma eficiente una plataforma logística.
- (c). Escoger un producto para la validación del modelo mediante el diseño de su plataforma logística óptima.
- (d). Aplicar las herramientas de simulación al modelo matemático para validarlo.
- (e). Proponer los requerimientos mínimos de la plataforma logística tomando en cuenta los hallazgos principales del proyecto.

7. COLABORADORES DEL PROYECTO

Investigador principal (IP): Humberto Álvarez

Coordinador de las actividades, diseño de la red de transporte y aporta en modelado matemático. Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

Dedicación mensual: 30%.

Co-investigador 1 (Co-IP 1): Andrés Orozco

Lleva a cabo las actividades propuestas por el investigador principal, diseño de la red de transporte, prepara mensualmente informes para los demás investigadores, levantamiento de datos (parámetros de red), supervisa los asistentes en el levantamiento de datos. Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP).

Dedicación mensual: 40%.

Co-investigador 2 (Co-IP 2): Eloy Rico

Encargado del complemento matemático (modelado), ayuda en el diseño de la red y en la elección de las variables obtenidas de los parámetros de red. Universidad de Panamá (UP).

Dedicación mensual: 30%.

Co-investigador 3 (Co-IP 3): Guimara Tuñon

Lleva a cabo los cálculos de parámetros para el diseño de la red, medios de transporte, asiste en el diseño de red. Universidad Marítima Internacional de Panamá. (UMIP)

Dedicación mensual: 20%.

8. METODOLOGÍA

Materiales y métodos

El método de investigación empleado reúne los tipos exploratorio, descriptivo y cuantitativo. Se parte de los antecedentes del problema del sector primario, donde los productores tienen deficiencias en las cadenas logísticas del transporte² y se delimito al estudio de las redes de distribución de un producto, desde su cosecha (origen) hasta el consumidor final (destino)

² Plan de Acción Estratégico del sector Agropecuario 2010-2014

utilizando métodos logísticos de varios orígenes a varios destinos, Daganzo (1992). La elección del producto a estudiar está ligada a las necesidades de la Secretaria de la Cadena de Frío, donde se intenta estudiar el producto más representativo para esta institución, la cual se definirá en colaboración con ellos, y que tenga por naturaleza distintos puntos de orígenes (áreas de producción) para poder ubicar una plataforma logística (centro de distribución, re empaque o consolidación). El estado del arte panameño sobre este tema es nulo. Xu, Chen, Rajagopal, And Arunapuram, (2003) consideran un problema de recolección y entrega de productos en el sector logístico con una serie de complicaciones del orden práctico las cuales habían recibido poca atención bibliográfica hasta ese momento.

Hipótesis de trabajo: El modelado de las redes de distribución de un producto del sector primario, reducirá los tiempos de transporte y costos con la ubicación de una plataforma logística eficiente

Actividades desarrolladas por etapa

Para efectos del desarrollo de los estudios propuestos, este proyecto se ha dividido en 3 etapas, tal como se describe a continuación:

Actividades de la Etapa I

(1) Compra de insumos: Consiste en la compra del material bibliográfico, laptops, software, materiales de oficina. En esta actividad se contempla confeccionar los contratos para los estudiantes contratados.

(2) Levantamiento de data: La primera actividad del proyecto reunirá información de múltiples fuentes utilizando distintas técnicas: revisión bibliográfica, consulta de bases de datos de contraloría, levantamiento de datos propios (observación), entrevistas a actores claves (productores, MIDA, CADENA DE FRÍO). El levantamiento de datos, con la ayuda de los asistentes, consiste en identificar los parámetros, que son las variables de nuestra investigación, (unidad de precio del producto, unidad de carga, origen, ubicación, destino, puntos de venta, trayectoria, distancia geográfica, tiempo de viaje, canales de comercialización, comportamiento de la demanda, estacionalidad, patrones de consumo, restricciones) para el posterior diseño de la red de transporte del producto a estudiar. En la fase de levantamiento de data también se cuenta con el apoyo de la Cadena de Frío y la base de datos más actualizada creada por Ditcher & Neira y la participación de estudiantes de GaTech, Univeridad Tecnológica de Panamá y de la Universidad de Panamá.

(3) Informe 1: se elaborará el primer informe con las conclusiones de la actividad 1.

Actividades de la Etapa II

(4) Levantamiento de la red: con los datos obtenidos de la primera actividad, se analizarán los principales actores del producto a estudiar, las variables de transporte y los orígenes-destinos del producto. También participará la Cadena de Frío para la toma de desiciones en la construcción de la red del producto agrícola.

(5) Determinación del tipo de modelado: determinar el tipo de modelado matemático para desarrollar la red de transporte del producto estudiado, el mismo varía dependiendo del número de variables válidas que se manejen y de su complejidad, por lo tanto esta fase comienza prácticamente a la par de la construcción de la red. En esta etapa, los estudiantes de GaTech, UTP,UP, UMIP analizarán los datos junto con los encargados del proyecto.

(6) Validación de datos y simulación: usar herramientas de simulación para comparar los resultados obtenidos y validar el modelo. Así, se modelará un producto que venga de una región específica, lo que permitirá analizar el hecho de una sola (o muy pocas vías) de procedencia del producto. Adicionalmente, se modelará un producto que provenga de diferentes áreas del país, con distancias, costos de producción y volúmenes movilizados

diferentes, generando una red bastante más compleja que en el caso anterior. Para validar el modelo se utilizarán diferentes herramientas, como la simulación.

(7) Proponer requerimientos mínimos para Plataforma Logística: Por último, luego de validar el modelo de la red de transporte, se determina la ubicación óptima de la plataforma logística estableciendo el lugar más económico para realizar la ruptura del transporte mediante pruebas con el modelo matemático y el producto de estudio.

(8) Informe 2: se elaborará el segundo informe con los resultados encontrados en la segunda fase.

Actividades de la Etapa III

(9) Conclusión y divulgación de resultados: esta fase contempla la elaboración del informe final del proyecto completo y su publicación y el desarrollo de tesis de investigación.

(10) Conferencia nacional: divulgar los resultados en conferencia nacionales.

(11) Conferencia internacional: publicar y divulgar los resultados en conferencia y publicación nacional.

9. PRODUCTOS

Como resultado de la ejecución de las actividades descritas en la sección anterior, se espera obtener los siguientes productos:

Productos de la Etapa I

Base de datos para un producto: base de datos actualizada para el producto estudiado, con la información esencial para la construcción del modelo, incluyendo aspectos tales como costos, distancias, merma por centro de distribución, tipo de transporte, etc.

Productos de la Etapa II

Un modelo de optimización basado en tipología de redes: que permita describir, simular y tomar decisiones en cuanto a la red logística de distribución de un producto del sector primario en Panamá.

Productos de la Etapa III

Propuesta y recomendaciones a Cadena de Frío: se presentará los hallazgos y recomendaciones encontradas a la Secretaria de la Cadena de Frío.

Contribución con artículos, conferencias y el modelo que se publicará.

La replicabilidad de este proyecto a otros productos del sector primario para mayor entendimiento de los flujos de las cadenas logísticas agropecuarias del país.

10. ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN DEL PROYECTO

La divulgación y transferencia del conocimiento del proyecto consiste en:

- Publicar los resultados en una revista indexada.
- En conferencias, talleres y ponencias universitarias nacionales.
- Conferencia internacional.

13. PRESUPUESTO COMPLETO

Para la implementación de este proyecto, se propone el siguiente presupuesto (en Balboas):

Presupuesto Proyecto (I+D) Diseño de una plataforma logística a través de la optimización de redes de distribución para el sector agrícola.				
Items	Descripción	Costo unitario	Cantidad	Total
Fase 1				B/. 21,434.91
Laptop investigadores	Laptop	B/. 1,747.00	2	B/. 3,494.00
laptop estudiantes	Laptop	B/. 519.99	3	B/. 1,559.97
Memorias usb	USB	B/. 10.95	7	B/. 76.65
Materiales de oficina	Papel Bond, CD's, lápices, plumas libretas de apuntes, etc. A razón de B/.70.00 por mes	B/. 70.00	12	B/. 840.00
bibliografía de apoyo	Libros especializados, papers, Journals.	B/. 843.58	1	B/. 843.58
Software especializado	Software con 4 licencias, para modelado matemático	B/. 4,000.00	1	B/. 4,000.00
Viáticos	Traslado a Chiriquí y provincias centrales - investigadores	B/. 75.00	20	B/. 1,500.00
Sub contrato estudiantes	Se pagarán 300 dolares mensuales a 3 asistentes 9 meses.	B/. 900.00	9	B/. 8,100.00
Sub-total fase 1				B/. 20,414.20
Imprevistos	5% del sub-total de la fase 1	B/. 20,414.20	0.05	B/. 1,020.71
Fase 2				B/. 472.50
Viáticos	Traslado a Chiriquí y provincias centrales - investigadores, validar modelo	B/. 75.00	6	B/. 450.00
Imprevistos	5% del sub-total de la fase 2	B/. 450.00	0.05	B/. 22.50
Fase 3				B/. 10,500.00
Congreso nacionales	1 congresos en Panamá	B/. 2,000.00	1	B/. 2,000.00
Publicación y viaje a congreso internacional	Publicación en revista indexada, viaje a congreso internacional para 2 investigadores del proyecto.	B/. 8,000.00	1	B/. 8,000.00
Sub-total fase 3				B/. 10,000.00
Imprevistos	5 % del total de fase 3	B/. 10,000.00	0.05	B/. 500.00
Total de costos por fases				B/. 32,407.33
Administración de fondos	Se estima un 8% del total del proyecto	B/. 32,407.33	0.08	B/. 2,592.59
Total del proyecto				B/. 35,000.00

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2010). *Warehouse & Distribution Science* (). Atlanta, GA: The Supply Chain and Logistics Institute.
2. Berman and Wang: *Minimizing Transportation and Inventory Cost* *Transportation Science* 40(3), pp. 287–299, 2006 INFORMS.
3. Chang, Y., H. Makatsoris, 2001. Supply chain modeling using simulation. *Int. J. Simulation Syst. Sci. Technol.*, 2: 24-30.
4. Daganzo, C. (1992). *Logistics Systems Analysis*. Springer-Verlag.
5. Gonsalves, Becker, J., & Braun, T. (2006). *Investigación y desarrollo participativo para la agricultura y el manejo sostenible de recursos naturales, Investigando Investigación y Desarrollo Participativo* (Vol. 3, pp. 29-35). Ottawa, ON,, CAN: IDRC Books.
6. Group, A. (2008). Diseño conceptual de un esquema de sistemas de plataformas logísticas en Colombia y análisis financiera real. (Master's thesis). Julio
7. Lapiere, Ruiz, and Soriano: *Designing Distribution Networks*, *Transportation Science* 38(2), pp. 174-187- 2004 INFORMS.
8. Martínez, D. A. (2008). *Localización de centros de intercambio modal y plataformas logísticas* (Master's thesis). Julio.
9. Robusté, F., & Antón, F. (2005). *Logística del transporte* (). Edicions UPC, España: Quality Impres.
10. Song, Hsu, and Cheung: *Distribution Coordination between Suppliers and Customers with a Consolidation Center* *Operations Research* 56(5), pp. 1264–1277, 2008 INFORMS.
11. XU, CHEN, RAJAGOPAL, AND ARUNAPURAM *Solving a Practical Pickup and Delivery Problem* *Transportation Science* 2003 INFORM Vol. 37, No. 3, Agosto 2003, pp. 347–364.
12. Yamada et al.: *Designing Multimodal Freight Transport Networks* *Transportation Science* 43(2), pp. 129–143, 2009 INFORMS.