

Estudio Técnico de la Implementación de una Red de Distribución con Estrategia de Cross Docking en República Dominicana

Camila Rivera, A.S¹, Mabel Castillo, A.S²
20120198@ce.pucmm.edu.do; 20120474@ce.pucmm.edu.do

Asesor: Levis R. Cabrera, MSc,
lcabrera@pucmm.edu.do

Departamento de Ingeniería Industrial
Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, Campus Santiago
República Dominicana.

RESUMEN- *El transporte terrestre es una actividad primordial en el dinamismo económico de un país. Esto se debe a que el traslado de mercancía es vital para el desarrollo del sector industrial y comercial. Por ende, ahorrar costos de transporte e implementar técnicas logísticas que reduzcan los tiempos de entrega son objetivos que tanto las empresas transportistas como las empresas manufactureras o comerciales se plantean.*

El presente estudio se ha realizado para analizar la conveniencia de introducir una red de distribución con un centro principal con estrategia de Cross Docking en la República Dominicana; con el fin de proponer la implementación de dicha red para solucionar los problemas existentes de transporte de mercancía y mejorar los sistemas de transporte actuales a nivel nacional. Esta propuesta sería favorable tanto para las empresas que se encuentren en territorio Dominicano como para el país en sí.

Para realizar el presente estudio se realizó un levantamiento de información, ya fuese consultando instituciones públicas o gubernamentales y empresas establecidas en el país, para determinar toda información que fuese relevante para el estudio. Tomando en cuenta los costos de transporte, las distancias, los tiempos de traslado, las condiciones de las vías de acceso y la situación económica de las provincias potenciales para la ubicación del centro principal, se llevaron a cabo cuatro métodos para determinar la localización óptima. Los métodos utilizados fueron: Método de los Factores Ponderados, Método del Centro de Gravedad, Método de Distancias Euclidianas y Método de Programación Lineal. A través del estudio técnico, el proyecto ha presentado de qué manera se pudiera abordar la implementación de una red de distribución con un centro principal con estrategia de Cross Docking en la República Dominicana.

Palabras claves: Transporte, Distribución, Cross Docking, Costos, Almacenamiento, Eficiencia.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la logística ha sido un tema que ha tenido mucho auge, pues hace algunos años no era muy conocida. Por lo tanto, era muy extraño escuchar el término y en muchos casos ni siquiera se conocía el mismo. Pero hoy en día la logística ha ido adquiriendo fuerza y son muchas las empresas que la han hecho suya, puesto que la misma les provee una serie de estrategias y ventajas que les permiten mejorar su productividad y competitividad.

Una de las estrategias de la logística es el manejo de la distribución de materia prima y/o productos terminados por medio del Cross Docking. El cual es un sistema de distribución en donde la materia prima y/o productos recibidos en un centro de distribución no es llevada a un área de almacenamiento, sino que es colocada inmediatamente para su envío, lo que se traduce en un flujo más rápido. Además, a esto se le adiciona que es un proceso de recolección de productos provenientes de diferentes proveedores para ser consolidados o desconsolidados y luego ser distribuidos a diferentes puntos o centros. Lo anterior hace que los productos tengan un flujo más acelerado y eficiente, evitando los costos incurridos por concepto de almacenamiento, mientras ayuda a que los clientes tengan lo que desean en el menor tiempo posible y a un bajo costo, generando así valor para la empresa. Pero, para poder aplicar esta estrategia es necesario conocer la demanda, la relación con los proveedores, la cadena de suministros, la administración de inventarios, los canales de distribución y los productos que se desean distribuir.

De este modo, considerando la importancia de la logística en las actividades relativas al transporte y almacenamiento y estudiando la necesidad que existe en la República Dominicana de poder contar con centros logísticos que hagan los procesos más eficientes, se muestra este trabajo, donde se describen los conceptos asociados a la estrategia de Cross Docking, especificando los requerimientos y componentes técnicos necesarios para implementar dicha estrategia y mostrando un análisis de la situación actual versus la situación propuesta.

II. PROPUESTA

El presente proyecto busca implementar una red de distribución con estrategia Cross Docking en la República Dominicana para abastecer las necesidades de transporte terrestre y almacenamiento para empresas ubicadas en todo el territorio nacional.

En comparación con la situación actual, esta red busca simplificar la logística del transporte terrestre en el país. Con este método, ya se tiene una sola planificación estándar y preestablecida y por tanto se evitan planificaciones diarias, poca amplitud o alcance, envíos incompletos (Less than Truckload), distancias o trayectos innecesarios, inventarios sedentarios, entre otras. Debido a que la red de distribución está compuesta por un centro principal donde se implementa la técnica de Cross Docking y seis centros regionales ubicados en distintas regiones del país, se tiene mayor alcance a nivel nacional. Muchas empresas transportistas sólo se concentran y ofrecen sus servicios en regiones específicas o próximas a sus instalaciones. Además, la capacidad de los camiones se estaría aprovechando en su totalidad, al 100%, ya que no se realizarán viajes con el camión vacío. Así como el camión se traslada de centro principal a centro regional con mercancía, este regresa del centro regional al centro principal con otra mercancía que van a otros centros regionales.

En relación con el tiempo, esta red ofrece un servicio de respuesta rápida, ya que la plataforma de Cross Docking del centro principal permite que en el mismo no se almacene mercancía por más de 24 horas y por ende, la mercancía estará llegando a la región correspondiente en menos de 48 horas desde que el suplidor la despacha o desde que se libera del puerto por la DGA (Dirección General de Aduanas). Además, se le permite a la empresa recibir toda su materia prima, sin importar que provenga de diferentes suplidores, a un mismo tiempo y enviar sus productos finales en transporte compartido, aunque tengan destinos opuestos.

Aparte de los problemas de transporte que se están solucionando, en adición, los problemas de almacenamiento de las empresas también se están mitigando. En los centros regionales se dispondría de una infraestructura adecuada para ofrecer servicios de almacenamiento para esas empresas que no cuenten con el espacio adecuado. Dicha mercancía se puede ir enviando desde los centros regionales por partes a medida que el cliente la vaya solicitando. La red serviría tanto para transportar materia prima como para trasladar productos terminados, ya sea a clientes dentro del país o para exportación.

III. ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de los costos de este proyecto fue basado en la evaluación y en el análisis de los costos de transporte en los cuales incurriría la empresa CD²R con el fin de determinar la ubicación ideal tanto para el centro principal de distribución como para los centros regionales.

15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Global Partnerships for Development and Engineering Education”, 19-21 July 2017, Boca Raton FL, United States.

Los costos de transporte terrestre deben ser analizados para llevar a cabo una gestión eficiente del combustible. Según la Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera, “la gestión del combustible permite aprovechar de la manera más rentable cada litro de combustible adquirido, contribuyendo con ello no solo a la economía de la empresa, sino también al ahorro energético y a la mejora de la conservación del medio ambiente” [1].

Además, una adecuada gestión del combustible está también relacionada con una adecuada planificación de las rutas y de los vehículos, con la utilización de las técnicas de conducción eficiente, con un correcto mantenimiento de los vehículos y con la calidad del servicio prestado al cliente.

Para la determinación de los costos de transporte hay varios factores que se deben tomar en consideración. Los componentes de los costos del transporte terrestre se agrupan en fijos y variables. Entre los costos fijos más representativos se pueden mencionar: seguros, costos de financiación, salarios del personal de conducción, dietas, depreciación de los vehículos, costos fiscales, entre otros. Entre los costos variables, se encuentran: combustible, lubricantes, peajes, neumáticos, mantenimiento y reparaciones. Estos mismos se pueden clasificar como costos por tiempo o por kilómetros recorridos.

Para la realización de los siguientes cálculos, se ha utilizado información de La Norma para el Cálculo, Revisión y Modificación de las Tarifas del Transporte Público de Pasajeros en República Dominicana y de una consulta con el Encargado de Servicios Full Container Load (FCL) de la empresa Frederic Schad.

Para fines de estudio, se asumió que solo se transportaría carga seca o productos no perecederos ya que al abarcar la gran variedad de productos, también se tendría que disponer de una gran variedad de vehículos equipados. Por lo que para realizar los cálculos necesarios, era imprescindible elegir un tipo de vehículo. Para el presente proyecto, se asumió que todas las operaciones se realizarían con un solo tipo de vehículo de carga este estando compuesto por una cabeza tractora Mack, año 2013, y un contenedor de 45’ junto a su chasis. En base a los datos y especificaciones de este, se estimaría el costo total por kilómetro.

Para muchos de los cálculos que se realizaron, se tuvo que contar con una estimación de los kilómetros recorridos anualmente. Para calcular los kilómetros recorridos en un año, se calcularon los kilómetros recorridos diariamente, y por tanto los kilómetros de cada ruta y la cantidad de viajes al día.

Por ende, se tuvo que hacer una programación tentativa de los viajes a realizar día a día. Para realizar dicha programación, se registraron los tiempos, en minutos, de cada ruta y se calcularon promedios, ya que todavía no se disponía de la localización exacta del centro principal. Para la programación,

se establecieron los tiempos de ruta en base a estos promedios y se definieron tiempos de carga y descarga, estas operaciones tomando aproximadamente 2 horas cada una. Para la programación, también se tuvieron que contemplar las horas prohibidas para transportar carga, ya que estas representan las horas pico, de mucha congestión y tráfico en las vías de acceso.

Finalmente, el análisis de los costos de transporte realizado con el fin de determinar la ubicación ideal tanto para el centro principal de distribución como para los centros regionales ha arrojado un valor de RD\$ 44.66 / Km, el mismo se obtuvo al sumar el costo por kilómetro de todos los factores que pueden incidir en los costos del transporte, los cuales fueron mencionados anteriormente y clasificados como fijos y variables.

IV. ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN

El análisis de macro y micro localización consiste en determinar la ubicación de los establecimientos; en primera instancia, desde un punto de vista general y luego, determinar una ubicación más exacta dentro de la macro localización. Para el análisis de macro localización, se ubicaron los centros regionales y se eligieron arbitrariamente cuatro posibles ubicaciones para el centro principal. Se dedujo que el centro principal debía tener una posición central en cuanto al territorio completo de la República Dominicana. Por ende, se seleccionaron las provincias, La Vega, Monseñor Nouel, Sánchez Ramírez y Monte Plata como provincias potenciales para localizar el centro principal de la red de distribución, ya que como se puede apreciar en el mapa del país, estas son bastantes céntricas. Para determinar la localización de los centros regionales, se utilizaron los datos proporcionados por la Oficina Nacional de Estadística sobre la cantidad de industrias en cada región y en cada provincia. Este dato se ha utilizado para poder seleccionar adecuadamente la ubicación de los centros en base a la demanda potencial. Arbitrariamente se ha decidido que se van a colocar seis centros regionales y que se desea abarcar el área máxima del territorio nacional. Por lo tanto, en primer lugar, las seis regiones con más industrias son Ozama, Cibao Norte, Valdesia, Cibao Nordeste, Yuma y Cibao Sur. En Ozama, se ha seleccionado la provincia del Distrito Nacional por ser la de mayor cantidad de industrias. De igual manera, se seleccionó la provincia de Santiago por la misma razón. En Valdesia, sin embargo, San Cristóbal ocupaba el primer lugar, pero esta provincia se encuentra justo al lado del Distrito Nacional y por ende, se decidió colocar un centro regional en Azua. En la región Cibao Nordeste, Duarte tiene la mayor cantidad de industrias. En la región de Yuma, La Romana obtuvo el primer lugar. Luego, las dos regiones con mayor cantidad de industrias son Cibao Sur e Higuamo; sin embargo, estas no fueron seleccionadas ya que sus provincias están muy próximas a otras provincias previamente seleccionadas. Por lo tanto, se decidió seleccionar la región Cibao Noroeste para contar con una red de distribución y

transporte más amplia; dentro de esta región, el centro regional se ubicará en la provincia de Valverde, ya que es la de mayor porcentaje en esta zona.

De dicho estudio se obtuvo que la macro y micro localización para los seis centros regionales es la siguiente:

1. Santiago de los Caballeros → Santiago → Avenida Hispanoamericana
2. Santo Domingo → Distrito Nacional → Avenida Luperón
3. Duarte → San Francisco de Macorís → Avenida Libertad
4. Azua de Compostela → Azua → Carretera Sánchez
5. La Romana → La Romana → Autopista del Coral
6. Valverde → Mao → Carretera Duarte

V. MÉTODOS PARA LOCALIZACIÓN DE CENTRO PRINCIPAL

La localización de la instalación es el proceso de elegir un lugar geográfico para realizar las operaciones de una empresa [2]. Dicho proceso de elegir el lugar geográfico para llevar a cabo las operaciones de la empresa, debe de considerar varios factores que pueden ser clasificados como críticos y secundarios, es decir factores que inciden de manera significativa y que por tanto pueden beneficiar o afectar las actividades que realiza la empresa y secundarios aquellos que inciden, pero a menor escala.

Siguiendo esta temática, es preciso resaltar que para dicho estudio se evaluarán cuatro métodos para ubicar el centro principal de la empresa CD²R, ya que se busca tener un equilibrio en cuanto a los factores cualitativos y cuantitativos. Por otro lado, para este análisis se tomó como referencia el libro, Investigación de Operaciones, de Roberto Carro paz y Daniel González Gómez, específicamente el capítulo número 13, Localización de Instalaciones, en el cual se plantean varios métodos para la localización de las instalaciones, tanto cualitativos como también cuantitativos, veamos:

Método de Ponderación de Factores

Este método consiste en definir los principales factores determinantes en una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se les atribuye. Según, las autoras de este estudio, los factores que inciden para decidir la localización del centro principal que funcionara como plataforma de Cross Docking son los siguientes:

1. Condición vial: El sistema vial de las ciudades es el esqueleto sobre el cual se configuran todos los espacios urbanos [3], ya que funciona como conector entre un punto y otro dentro de un país, además sirve de plataforma para el flujo vehicular y peatonal,

logrando así minimizar las distancias entre personas y productos.

Este factor es crítico para dicho estudio, ya que la infraestructura vial es la plataforma por donde transitan los vehículos de carga, permitiendo de este modo el intercambio de mercancías e incentivando la economía del país. Por tales razones, la condición en la que están las vías incide de forma significativa en el desarrollo de un país. Por tal razón, se consideró dicho factor, tomando como criterio el porcentaje de vías asfaltada contra total de vías, teniendo la puntuación más alta la provincia que tenga la mayor cantidad de vías asfaltada en referencia a su cantidad total. Estos datos fueron tomados del levantamiento cartográfico que realizó la Oficina Nacional de Estadísticas, titulado “Condición de Infraestructura del Sistema Vial Urbano en las Capitales Provinciales en la República Dominicana, 2006-2010”.

2. Tipo de vías de acceso: Este factor fue tomado en cuenta para evaluar la localización del centro principal, ya que se considera significativo, debido a la naturaleza de las operaciones que se llevarán en dicho lugar. Por tanto, el tipo de vías de acceso que dispone cada una de las provincias que posiblemente se instalará el centro principal incide directamente al momento de tomar la decisión, puesto que entre mayor sea la cantidad de vías de acceso, dicha localidad tendrá mayor alcance.

Para ponderar este factor se tomó como criterio el tipo de vías que existe en cada una de las provincias que están siendo evaluadas, teniendo las mayores puntuaciones aquellas que poseen la mayor diversidad de tipos de vías. Cabe destacar que estos datos fueron tomados del levantamiento cartográfico que realizó la Oficina Nacional de Estadísticas, titulado “Condición de Infraestructura del Sistema Vial Urbano en las Capitales Provinciales en la República Dominicana, 2006-2010”.

3. Cercanía a Centros Regionales: Para determinar las distancias de todos los centros regionales hasta las opciones para centro principal, se utilizó la herramienta de Google Maps. A partir de las distancias establecidas por esta herramienta, se obtuvo un promedio de las distancias que tendría cada centro principal de los centros regionales. Luego de calcular el promedio, se pudo observar que Bonao tuvo en promedio la menor distancia, seguido por La Vega, Cotuí y, por último, Monte plata con la mayor distancia.
4. Energía Eléctrica: Para este factor, en primer lugar, se decidió comparar el precio de Kwh en cada una de las provincias candidatas para la ubicación del centro principal. Sin embargo, no existe diferencia en precio por ubicación; por lo que se procedió a comparar la potencia efectiva total en MW por provincia. Esta

potencia efectiva total incluye la producida por fuentes hidroeléctricas, de turbo vapor o motores combustión. Para obtener este dato, se utilizaron los Perfiles Estadísticos Provinciales publicados por la Oficina Nacional de Estadística.

5. Comunicaciones: Las telecomunicaciones ha sido uno de los pilares del crecimiento económico de la República Dominicana [4]. Tomar como factor el empoderamiento de Tecnologías de la Información y la Comunicación es importante para localizar una empresa, ya que el acceso que existe a la comunicación se asocia de forma positiva con el grado de empoderamiento económico que tengan dichas provincias, en otras palabras, entre mayor sean sus recursos económicos, mayor será el acceso a las telecomunicaciones.
6. Población económicamente activa: Para el factor relacionado con la mano de obra, no se pudo comparar el costo de la mano de obra ya que el salario mínimo es el mismo a nivel nacional. Por lo tanto, el estudio se basó en comparar la disponibilidad de la mano de obra. Para esto, se hizo una comparación del tamaño de la población económicamente activa por provincia. Para obtener este dato, se utilizaron los Perfiles Estadísticos Provinciales publicados por la Oficina Nacional de Estadística.
7. Actividad económica: Para este factor, también se utilizaron los Perfiles Estadísticos Provinciales publicados por la Oficina Nacional de Estadística como referencia. Se compararon los ingresos de los ayuntamientos según provincia, ya que los ingresos reflejan el dinamismo económico dentro de un área.
8. Costo de Terreno: Para poder realizar las comparaciones necesarias del costo de terreno, se contactó al tasador, Ramón Familia, para adquirir el precio por metro cuadrado de terrenos en zonas industriales o de índole similar en las cuatro provincias. En la Vega, en zonas para naves industriales, el valor por metro cuadrado puede oscilar entre RD \$1,500 - RD \$ 2,500. En Bonao, el valor puede oscilar entre RD \$1,200 - RD \$2,000. En Cotuí y Monte Plata, el valor por metro cuadrado en dichas zonas puede estar entre RD \$600 - RD \$1,500. Para hacer las comparaciones, se calculó el punto medio de estos rangos y en base a este se asignaron las ponderaciones.
9. Condiciones del clima: La República Dominicana, se caracteriza por tener un clima tropical y poseer este tipo de clima hace que cada región del país presente una serie de características distintas con relación a las demás. En este estudio se puede observar que las provincias que se están evaluando para localizar el centro principal se caracterizan de la siguiente manera, tropical húmedo de selva, en este tipo de clima las lluvias son muy abundantes y se encuentran dentro de

esta clasificación las provincias de La Vega y Monseñor Nouel y tropical húmedo de bosque, se caracteriza por las diferencias significativas entre los meses más fríos y los más cálidos durante el año, encontrándose las provincias de Monte Plata y Sánchez Ramírez.

10. Seguridad vial: “Las muertes asociadas a los accidentes de tránsito, además de ser un problema de seguridad ciudadana, actualmente constituyen un problema de índole económico y social” [5], por tal razón se ha tomado la seguridad vial como uno de los factores críticos para decidir la ubicación del centro principal. Tomando como referencia el informe de la (Oficina Mundial de la Salud (OMS), 2013), sobre la situación mundial de la seguridad vial, República Dominicana ocupa el segundo lugar entre los países con más muertes por accidentes de tránsito a nivel mundial en relación a su población. Ahora bien, para ponderar este factor en cada una de las provincias que se han tomado como posibles localizaciones para el centro principal, se tomó como referencia el estudio realizado por el Observatorio Político Dominicano, en el año 2013. En dicho estudio se presentan las tasas de muertes ocurridas en accidentes de tránsito por habitantes, en cada una de las provincias del país.
11. Seguridad Ciudadana: En los últimos años la delincuencia en la República Dominicana se ha incrementado, trayendo consigo lo que es la inseguridad ciudadana, por tal razón, tomar en cuenta dicho factor a la hora de elegir la localización de una empresa es de suma importancia.

Luego de decidir los factores que inciden en la localización, se asigna una calificación a cada factor en una escala que va de cero a diez. Finalmente, en base a la suma de las calificaciones ponderadas se procederá a seleccionar la localización que mejor convenga, para instalar el centro principal de la empresa CD²R. De acuerdo con el Método de Ponderación de Factores, la alternativa escogida para la localización es la provincia de La Vega, puesto que recibe el mayor valor de medida de preferencia para la localización.

Método del Centro de Gravedad

En el método del centro de gravedad se determina la mejor ubicación de una instalación en base a la ubicación geográfica de las provincias y los factores que inciden en cada una de estas. Para este método se emplea el software Grafos, para determinar las coordenadas de cada una de las provincias que se evaluarán. Cabe destacar que en este método se utilizarán los factores que han sido descritos para el método de ponderación de factores, ya que se han considerado como los factores que poseen el grado de incidencia más significativo para localizar el centro principal de la empresa CD²R. De acuerdo con el Método de Centro de Gravedad, la alternativa

escogida para la localización es la provincia Sánchez Ramírez, puesto que las coordenadas calculadas caen sobre dicha provincia.

Cantidad de Empresas - Distancia (Distancias Euclidianas)

En el proceso de selección de la localización, se tiene que identificar los lugares más atractivos y compararlos entre sí, en términos de factores cualitativos y cuantitativos. El método de carga-distancia facilita hacer dicha comparación, ya que es un modelo matemático que se utiliza para evaluar localizaciones en términos de factores de cercanía. Cabe destacar, que para este estudio debido a la falta de información en vez de carga-distancia, se utilizará la cantidad de empresas que cada centro regional tiene a su cargo para abastecerse, por lo que dicho estudio será realizado en base a, cantidad de empresas - distancia.

Ahora bien, existen varios factores de localización que se relacionan directamente con la distancia, pero para este estudio solo se tomará en cuenta, la proximidad a otras instalaciones de la empresa, es decir del centro principal a cada uno de los centros regionales. Además, la distancia entre el nodo de origen y el nodo de destino, será la distancia en línea recta o trayectoria más corta posible entre los dos nodos, es decir la Distancia Euclidiana, la misma se expresará asignando coordenadas sobre la cuadrícula de un mapa, auxiliándose del software Grafos. De acuerdo con el Método Cantidad de Empresas - Distancia, la alternativa escogida para la localización es la provincia de La Vega, puesto que en dicha provincia es donde se encuentra el mínimo con relación a cantidad de empresas - distancia.

Método de Programación Lineal

Este método solo se enfoca en los costos y en reducir los mismos; por lo tanto, la función objetivo busca minimizar. En cuanto a costos, se tomaron en cuenta los costos de transporte y el costo de inversión en el terreno ya que estos eran los únicos costos que se diferenciaban por la ubicación. Los costos de energía eléctrica, agua y mano de obra no se tomaron en consideración, ya que estos no representaban ninguna diferencia entre Monseñor Nouel, La Vega, Monte Plata y Sánchez Ramírez. Como se dijo anteriormente, el costo por kilómetro resultó ser RD \$44.66/Km. Por ende, en base a las distancias se determinó el costo total de transporte de todos los trayectos o rutas. Como se especificó en el método de los factores ponderados, en la Vega, en zonas para naves industriales, el valor por metro cuadrado puede oscilar entre RD \$1,500 - RD \$ 2,500. En Bonao, el valor puede oscilar entre RD \$1,200 - RD \$2,000. En Cotuí y Monte Plata, el valor por metro cuadrado en dichas zonas puede estar entre RD \$600 - RD \$1,500. Se utilizó el punto medio de estos rangos para establecer un costo por metro cuadrado y con un solar de 80,000 m², se obtuvo la inversión total para el terreno. Es decir, para

La Vega, se estableció un valor de RD \$2,000 por metro cuadrado mientras que para Bonao, RD \$1,600 y para Cotuí y Monte Plata, se utilizó el valor de RD \$1,000.

$$X_{ij} \geq 0$$

(Ecuación #4: No Negatividad)

Información:

- El centro principal tendrá las mismas dimensiones sin importar la ubicación que se elija.
- La demanda de los centros regionales se determinó en base a la capacidad de cada ruta.
- La capacidad del centro principal se determinó en base a la suma total de la cantidad de viajes y camiones asignados por ruta.

$$UY_i = 0 \text{ ó } 1$$

(Ecuación #5: Opción Binomial: Abrir o No Abrir)

$$\sum_{i=1}^4 UY_i = 1$$

(Ecuación #6: Impedimento para Apertura de Más de un Centro)

Índices

- i = candidatos para ubicación de centro principal ($i=1,2,3,4$)
- j = centros regionales ($j=1,2,3,4,5,6$)

Parámetros

- CT_i = Costo de inversión para el terreno del centro principal en ubicación i .
- C_{ij} = Costo total de ruta desde ubicación del centro principal i hasta centro regional j .
- D_j = Demanda en centro regional j .

Variables de Decisión

$UY_i = 1$ si se abre centro principal en ubicación i .
 $= 0$ si no se abre.

X_{ij} = # de viajes desde ubicación del centro principal i hasta centro regional j .

La función objetivo busca minimizar el costo total, tomando en cuenta el costo de inversión en el terreno y los costos de transporte.

Costo Total = Costo de Inversión en Terreno + Costo de Transporte

$$Min = \{(\sum_{i=1}^4 CT_i * UY_i) + (\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^6 C_{ij} * X_{ij})\} \quad (1)$$

(Ecuación #1: Función Objetivo)

Restricciones:

$$\sum_{i=1}^6 X_{ij} = D_j$$

(Ecuación #2: Satisfacción de Demanda)

$$\sum_{j=1}^6 X_{ij} = 193UY_i$$

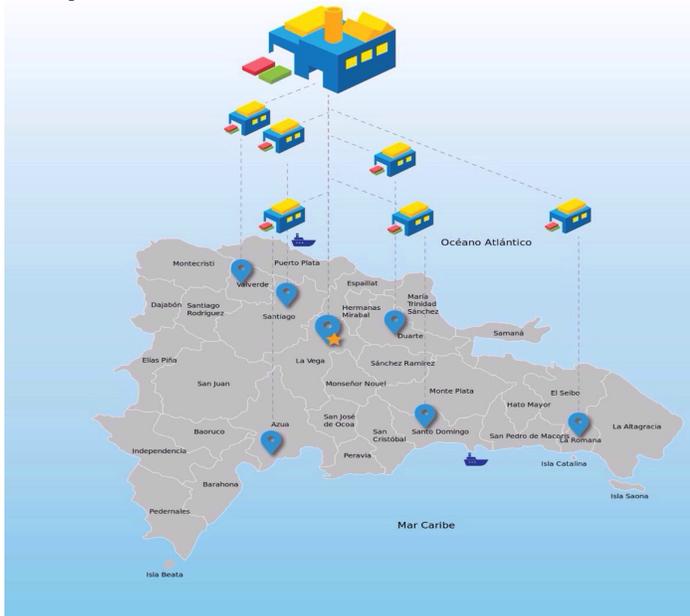
(Ecuación #3: Limitante de la Capacidad)

Para realizar el método de programación lineal, se utilizó la herramienta de Solver en Excel. Se preparó la plantilla donde se introdujeron todas las fórmulas (función objetivo, restricciones) detalladas anteriormente. A partir de ahí se definieron cuáles eran las variables sujetas a cambio por el modelo matemático; en este caso siendo, la ubicación del centro principal a elegir y por ende, la cantidad de camiones que se trasladarían en cada ruta a partir del centro principal obtenido. Luego de definir las restricciones, la función objetivo y las variables, con la plantilla creada y los datos introducidos en el programa de Solver, se obtuvo un resultado. Con el uso de esta herramienta, se obtuvo que Cotuí, Sánchez Ramírez era la ubicación óptima para localizar el centro principal. Cabe resaltar que esta herramienta solo se basa en costos y por tanto desprecia los factores subjetivos que pueden incidir en esta decisión.

Decisión de la Localización del Centro Principal

Para determinar la localización del centro principal se utilizaron un total de 4 métodos: Método de Factores Ponderados, Método del Centro de Gravedad, Método de Distancias Euclidianas (Distancia-Cantidad de Empresas) y el Método de Programación Lineal. En el Método de Factores Ponderados y Método de Distancias Euclidianas, La Vega resultó ser la ubicación óptima mientras que en el Método del Centro de Gravedad y en el Método de Programación Lineal, Sánchez Ramírez resultó ser la localización ideal. Debido a que se obtuvieron dos opciones finales, se optó por elegir La Vega como la ubicación ideal, ya que esta provincia cuenta con mejores condiciones y oportunidades para las operaciones que se desean realizar.

Ilustración #1: Mapa con Ubicación Definida del Centro Principal



Fuente: Realizado por Arq. Amadís Zarzuela

V. SIMULACIÓN

Otra técnica implementada en este proyecto es la simulación, pero esta con el objetivo de mostrar el funcionamiento de la red de distribución que se ha planteado en el presente estudio.

Eventos que Ocurren en el Sistema:

- Traslado de los Camiones
- Llegada de los Camiones a los Centros Regionales
- Carga y Descarga de los Camiones

Entidades del Sistema:

Las entidades del sistema son todos los camiones que llegan a los centros regionales.

Atributos de las Entidades:

- Horarios de Salida
- Tiempos de Recorrido
- Capacidad por Centro Regional

Como se dijo anteriormente la simulación fue realizada con el fin de mostrar la red de distribución y no para concluir en base a esta, pero no obstante se puede decir que de la misma se pudo obtener el porcentaje de utilización que tendrá cada una de los centros regionales a nivel nacional. En una jornada de trabajo, tomando en consideración que CD²R laborara los siete días de la semana 24 horas al día, se obtuvo que el centro regional ubicado en Santiago utilizó la capacidad en un 100% mientras que en La Romana solo se utilizó un 50%.

15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Global Partnerships for Development and Engineering Education”, 19-21 July 2017, Boca Raton FL, United States.

Ilustración #2: Modelo de Red de Distribución Creada en Simio



Fuente: Realizado por Camila Rivera y Mabel Castillo

VI. CONCLUSIÓN

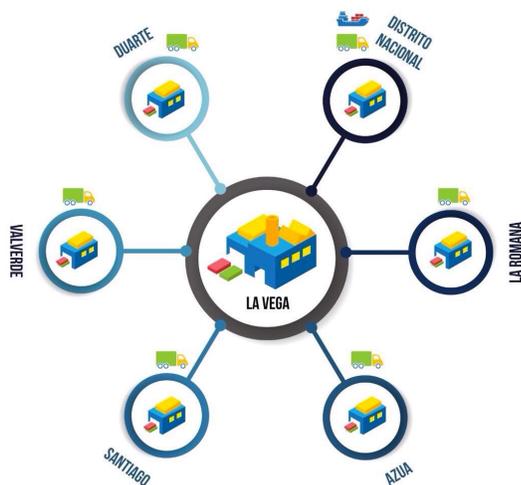
Cross Docking es una técnica de la logística que se ha implementado en diversas y poderosas empresas alrededor del mundo. Esta técnica ha sido bastante favorable y provechosa para la cadena de suministro tanto para la recepción de su materia prima como para el envío de sus productos terminados. En el presente estudio se buscó introducir dicha estrategia más allá del nivel de una sola empresa; se buscó introducir la misma para un alcance nacional, para el territorio Dominicano en su totalidad. Esta estrategia se complementó con una red de distribución que se extienda a las diferentes regiones. Además, entre los servicios complementarios se pueden mencionar almacenamiento y servicios aduaneros. Sin embargo, el presente estudio se limitó específicamente a detallar la manera en qué se adaptaría la red de distribución.

CD²R es una empresa que se ha propuesto para solucionar las deficiencias actuales del transporte terrestre en la República Dominicana. Con la introducción de CD²R se implementaría en el país una red de distribución que reducirían los tiempos de respuesta, los costos de transporte, las distancias innecesarias, los envíos incompletos (LTL) y los problemas de almacenamiento de las empresas. A través del proyecto realizado, no se pudieron realizar comparaciones claras de costos entre el servicio propuesto y el servicio actual. Sin embargo, se encuestaron empresas para determinar su nivel de interés y aceptación. Por presencia de ciertas limitaciones, el proyecto no se pudo desarrollar hasta dicho nivel. No obstante, se pudieron evaluar los beneficios no económicos de implementar el proyecto en la República Dominicana, se pudo determinar la localización ideal para el centro de distribución junto con el alcance y la capacidad del mismo, se definieron los clientes potenciales y se analizaron las necesidades de las distintas regiones del país para la creación de las rutas de distribución.

Varias herramientas y varias fuentes documentales sirvieron de apoyo para alcanzar los objetivos planteados. Entre

estas herramientas, se pueden mencionar la de programación lineal y la de simulación. Las informaciones investigadas y las herramientas utilizadas para el presente proyecto permitieron llevar a cabo el estudio para adquirir las conclusiones necesarias. A través de estas, se puede decir que el presente estudio se puede profundizar ya que la implementación de una red de distribución con estrategia Cross Docking es posible en la República Dominicana.

Ilustración #3: Esquema de Red de Distribución



Fuente: Realizado por Arq. Amadís Zarzuela

VI. RECOMENDACIONES

Partiendo del estudio realizado se recomienda seguir investigando y profundizando acerca de implementar la estrategia del Cross Docking en la República Dominicana, puesto que a primera instancia si sería posible llevar a cabo este proyecto en el país. Debido a esto se recomienda evaluar y tener presente los siguientes aspectos si se desea implementar el mismo, con el fin de garantizar el éxito de la operación.

- Factibilidad económica, para determinar si conviene implementar la estrategia y al mismo tiempo analizar, si a las empresas les conviene en base a costos adquirir dicho servicio.
- Evaluar si es factible subcontratar una empresa que provea el servicio de transporte, ya que la inversión para adquirir los vehículos de carga es muy alta.
- Es fundamental conocer el comportamiento que presenta el aprovisionamiento de materia prima y/o productos terminados, ya que el abastecimiento debe de tener un flujo uniforme con respecto al flujo de despacho hacia los centros regionales, ya que se debe de tener siempre en cuenta que el tiempo que puede durar una mercancía dentro del centro principal tiene que ser menor a 24 horas.

- Las operaciones llevadas a cabo dentro del centro de distribución -plataforma Cross Docking- deben de ser estudiadas y evaluadas en base a tiempo, para poder sincronizarlas, especialmente los procesos de recepción y despacho, puesto que el flujo no debe de interrumpirse para poder cumplir con la rotación de la mercancía en un tiempo menor a 24 horas.

- Ubicación del Centro de Distribución, es fundamental situarla en un lugar donde se minimice el costo del transporte desde el proveedor- cliente. Se recomienda evaluar por otro método la ubicación del centro principal, para eliminar dudas, ya que en el presente estudio se obtuvieron dos posibles ubicaciones.

- Describir y enumerar indicadores que permitan evaluar el desempeño de la implementación de la estrategia del Cross Docking.

- Encuestar una mayor cantidad de empresas para obtener un nivel de aceptación más real.

VII. REFERENCIAS

- [1] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, «Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED),» enero 2006. [En línea]. Available: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10232_Guia_gestion_combustible_flotas_carretera_06_32b_ad0b7.pdf. [Último acceso: enero 27 2017].
- [2] R. C. P. y. D. G. Gómez, «Nulan,» 2008. [En línea]. Available: http://nulan.mdp.edu.ar/1619/1/14_localizacion_ins_talaciones.pdf. [Último acceso: 3 febrero 2017].
- [3] Oficina Nacional de Estadística, «Oficina Nacional de Estadística (ONE),» 2013. [En línea]. Available: https://www.diariolibre.com/documents/10157/0/vi_deo_content_6878282_20160706121938.pdf. [Último acceso: 17 febrero 2017].
- [4] Oficina Nacional de Estadística, «Observatorio de la Sociedad de la Información y el Conocimiento (OSIC-RD),» 2009. [En línea]. Available: <http://osicrd.one.gob.do/>. [Último acceso: 17 febrero 2017].
- [5] J. P. Osorio, «Observatorio Político Dominicano (OPD),» 14 enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.opd.org.do/index.php/analisis-politicas-publicas/mortalidad-en-rd-analisis-politicas-publicas/922-mortalidad-por-accidentes-de-transito-en-republica-dominicana-ievntual-o-habitual>. [Último acceso: febrero 17 2017].